

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA

Evaluación nutricional del grillo café (*Acheta domestica*), zophoba (*Zophobas morio*) y tenebrio (*Tenebrio molitor*), alimentados con tres diferentes sustratos.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

GUILLERMINA TAYGETE DÍAZ CONSUELOS

ASESORES:

MVZ. MPA. DR. C. Carlos Gutiérrez Olvera

Act. ME Adriana Margarita Ducoing Watty

México, D.F:

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Animales de compañía no convencionales	3
1.2 La nutrición en los animales de compañía no convencionales.....	4
1.3 Importancia de los insectos como fuente de alimento.....	5
1.4 Características generales de los insectos.....	7
1.4.1 Integumento o pared del cuerpo	8
1.4.2 Aparato digestivo	11
1.4.3 Ciclo vital.....	13
1.5 Contenido nutricional de los insectos.....	15
1.6 Biología y hábitat de las principales especies comerciales proporcionadas como alimento vivo.....	17
2. JUSTIFICACIÓN.....	23
3. HIPOTESIS.....	24
4. OBJETIVO GENERAL	25
4.1 Objetivos específicos.....	25
5. MATERIAL Y METODOS.....	27
5.1 Diseño del estudio.....	27
5.2 Procesamiento de las muestras.....	28
5.3 Análisis de las muestras.....	28
5.4 Análisis estadístico.....	29

6. RESULTADOS.....	31
6.1 Proteína Cruda.....	31
6.2 Cenizas.....	32
6.3 Fibra Neutro Detergente	34
6.4 Fibra Acido Detergente	35
6.5 Calcio.....	36
6.6 Fósforo.....	37
7. DISCUSIÓN.....	38
7.1 Proteína Cruda.....	38
7.2 Cenizas.....	39
7.3 Fibra Neutro Detergente (FND).....	40
7.4 Fibra Acido Detergente (FAD).....	40
7.5 Calcio.....	41
7.6 Fósforo.....	44
8. CONCLUSIONES.....	46
9. LITERATURA CITADA.....	47
10. ANEXOS.....	51

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

	Página
FIGURA 1.....	6
CONTENIDO NUTICIONAL DE ALGUNOS INSECTOS OFRECIDOS COMO ALIMENTO VIVO	
FIGURA 2	7
ANATOMÍA EXTERNA DEL INSECTO	
FIGURA 3.	10
REPRESENTACIÓN DE LA CUTÍCULA CON SUS CAPAS PRINCIPALES	
FIGURA 4.....	13
ESTRUCTURA GENERAL DEL TRACTO DIGESTIVO DE LOS INSECTOS	
FIGURA 5.....	19
CICLO BIOLÓGICO DEL GRILLO <i>ACHETA DOMESTICA</i>	
FIGURA 6.....	22
CICLO BIOLÓGICO DE LOS ESCARABAJOS <i>TENEBRIO MOLITOR</i> Y <i>ZOPHOBAS MORIO</i>	
CUADRO 1.....	31
ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP) EN BASE SECA DE LAS DIETAS OFRECIDAS	
CUADRO 2.....	32
CONTENIDO PROMEDIO DE PROTEÍNA CRUDA (%) EN BASE SECA POR TRATAMIENTO	
CUADRO 3.....	33
CONTENIDO PROMEDIO DE CENIZAS (%) EN BASE SECA. EFECTO ESPECIE Y DIETA	
CUADRO 4.....	34
CONTENIDO PROMEDIO DE FND (%) EN BASE SECA POR ESPECIE	
CUADRO 5.....	35
CONTENIDO PROMEDIO DE FND (%) EN BASE SECA POR DIETA	

CUADRO 6.....	35
CONTENIDO PROMEDIO DE FAD (%) EN BASE SECA POR ESPECIE	
CUADRO 7.....	36
CONTENIDO PROMEDIO DEL ELEMENTO MINERAL CALCIO (%)	
EN BASE SECA POR DIETA	
CUADRO 8.....	37
CONTENIDO PROMEDIO DEL ELEMENTO MINERAL CALCIO (%) EN	
BASE SECA POR ESPECIE	
CUADRO 9.....	37
CONCENTRACION PROMEDIO DEL ELEMENTO MINERAL FOSFORO	
(%) EN BASE SECA POR ESPECIE Y DIETA	

DEDICATORIA

Primeramente agradecer este trabajo a mi padre Dios, dedicándole este trabajo a Él, porque es el que me enseña día a día a ser esforzada poniendo mi mirada en Cristo en cada paso que doy en mi vida y que sin su sabiduría y fortaleza no hubiera podido realizar mi titulación por modalidad tesis, ni haber llegado a este paso importante de mi vida.

A mis padres por su apoyo siempre incondicional a lo largo de mi trayectoria escolar, por motivarme a continuar hasta el final.

A mi abuelita Consuelo por ser el pilar en mi educación, por siempre recordarme que yo soy capaz, sin sus consejos no hubiera llegado a esta culminación de mi educación universitaria.

A mi abuelita Irma, porque es una parte fundamental en mi vida, por su sabiduría y apoyo incondicional.

A mi familia por confiar siempre en mí, especialmente mis tías.

A los animales que nos enseñan como amar sin importar nuestra condición y por el privilegio que nos dan de ser aquellos que veamos por su bienestar y salud para que puedan seguir brindando alegría y compañía a aquellas personas que los ven como parte de su familia, ya que me motivan a seguir aprendiendo diariamente y a hacer las cosas con excelencia.

“Los que confían en el Señor tendrán nuevas fuerzas; levantarán las alas como las águilas; correrán y no se cansarán, caminarán y no se fatigarán.” Isaías 40.31.

“Oh Dios, Señor nuestro! Cuan glorioso es tu nombre en toda la tierra! Cuando miro el cielo de noche y veo la obra de tus manos – la luna y las estrellas que pusiste e su lugar -, me pregunto: ¿Qué son los seres humanos para que te acuerdes de ellos? Los coronaste de gloria y honor, los pusiste a cargo de todo lo que creaste y sometiste todas las cosas bajo su autoridad: los rebaños, manadas y animales salvajes, las aves del cielo, los peces del mar...” Salmos 8:1 -9.

AGRADECIMIENTOS

A mi jurado:

Q. A. Agueda García Pérez
Q. A. Luz del Carmen Sierra Gómez Pedroso
Biol. Fahd Henry Carmona Torres
Por sus observaciones, tiempo y sugerencias.

Esta Investigación fue realizada gracias al Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE204811 "Desarrollo e instrumentación de materiales didácticos innovadores para la enseñanza de la nutrición animal, nutrición y alimentación de perros y gatos, animales de compañía no convencionales y nutrición clínica de perros y gatos"

A la máxima casa de estudios UNAM, por ser un medio de aprendizaje y educación de calidad y mediante la cual, tuve un crecimiento personal, por darme la oportunidad de pertenecer a esta gran Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por tener esta hermosa carrera enfocada en parte a la producción y a la salud de los animales.

Al Dr. Carlos Gutiérrez Olvera, estoy agradecida por aceptarme como su tesista y por su paciencia y ánimos, por todos los conocimientos en su materia y en el área de nutrición, mi admiración por su conocimiento y preparación, esperando que algún día tal vez no sea la mejor nutrióloga, pero se que todo el conocimiento brindado por usted, quiero transmitirlo y aplicarlo correctamente al ejercer, para ofrecer a los animales de compañía una vida de calidad.

A la Act. Ducoing, por su paciencia y accesibilidad conmigo, la orientación brindada, por su tiempo, correcciones y consejos.

A Kari, Eli, Tania y Pau por su apoyo brindado en el proceso de mi tesis, por su tiempo y paciencia, gracias.

Al laboratorio de Bromatología del departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, gracias por permitirme trabajar en él, por sus atenciones y apoyo brindado.

A la laboratorista Fer Palma, por su paciencia durante todo el tiempo que estuve en el laboratorio, por su enseñanza y alegría que transmite cada día, admiro su fortaleza.

Al laboratorista Juan Carlos Ramírez por su paciencia, tiempo y enseñanza proporcionada durante mi comienzo de la fase experimental.

A mi mamá y papá por que se que cada día se esforzaron para brindarme siempre lo mejor en mi vida y estudios, aunque esto haya implicado sacrificar el tiempo juntos, sé que siempre se preocuparon por mi bienestar y todavía lo hacen. Los amo.

A mis tías Verónica y Enriqueta que siempre estuvieron apoyándome para salir adelante y tener una carrera.

A los Médicos Veterinarios y amigos:

Liliana Muñoz y Víctor Ríos (abuelos), gracias por su paciencia, por su amistad, apoyo en mi desarrollo como MVZ, por enseñarme a curar a un animal sin importar la posición económica de los propietarios, y con lo que se tiene al alcance en el momento, los quiero y admiro, sin ustedes al salir de la carrera hubiera estado perdida.

Rebeca por tu paciencia, humor extraño, pero divertido, admiro los conocimientos que posees y la manera en que te preocupas siempre por el bienestar del animal.

Alejandro Vera, Omar, Alejandra Campos, Ricardo Regalado por todo su tiempo, paciencia, el conocimiento transmitido y consejos, sin ustedes no tendría las habilidades que se requieren para ser un MVZ, por su amistad y por la alegría que me brindaron cada día que compartimos, por ser un ejemplo a seguir.

A mis amigas incondicionales:

Flor y Viri, gracias le doy a Dios por haberlas conocido, son un ejemplo a seguir, las admiro, gracias por hacerme reír cuando lo necesito, por su apoyo y palabras que fortalecen, las quiero.

Jess, Elva, Anee, Yahaira, Noemí, estoy agradecida por tener unas amigas como ustedes, dándome siempre sabios consejos, por todo estos años, porque en todo tiempo se que puedo contar con ustedes, por soportar mi carácter, lagrimas e historias, las quiero.

RESUMEN

DÍAZ CONSUELOS GUILLERMINA TAYGETE. Evaluación nutricional del grillo café (*Acheta domestica*), zophoba (*Zophobas morio*) y tenebrio (*Tenebrio molitor*), alimentados con tres diferentes sustratos. (Bajo la dirección de: MVZ. MPA. DR. C. Carlos Gutiérrez Olvera y Act. ME Adriana Margarita Ducoing Watty).

En la actualidad se ha incrementado la adquisición de animales exóticos como animales de compañía, los cuales de manera constante presentan enfermedades secundarias debido a una mala nutrición, por lo cual es de vital importancia evaluar su fuente de alimentación (alimento vivo). Existe poca información sobre el valor nutricional de los insectos que se obtienen comercialmente y comúnmente no provienen de un lugar confiable y poseen una cama de alimento deficiente. Debido a esto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar si al proporcionar diferentes tipos de sustrato (avena, hojuelas para pez y alimento para gato en crecimiento) a los insectos (grillos y larvas de tenebrios y zophobas) se modificaría de manera positiva su composición nutricional. Se adquirieron 450 ejemplares de cada una de las especies de insectos, se dividieron en grupos de 30 insectos y se asignaron cinco grupos a cada dieta durante 15 días, prosiguiendo a la realización de análisis químicos proximales y de fracciones de fibras (Van Soest). Los resultados mostraron que la avena promueve un mayor contenido de calcio en los insectos que las hojuelas para pez, lo cual puede ser resultado de una menor palatabilidad cuando hay una mayor concentración de calcio en los alimentos. Los grillos y zophobas presentaron el mayor contenido de este mineral. El fósforo no se ve afectado en el insecto por la concentración de este elemento en la dieta. Aunque no fue estadísticamente significativo en todos los casos, el mayor aporte de proteína cruda en la dieta incrementa el contenido de ésta en el insecto. En el

contenido de FND y FAD, las zophobas poseen una mayor cantidad de éstas. Se observó finalmente que el tipo de sustrato si tiene influencia en el contenido nutricional de los insectos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Animales de compañía no convencionales

Los animales de compañía no convencionales pueden considerarse especies que se encuentran fuera de su área de distribución original o nativa, por lo que también pueden llamarse animales exóticos .¹

Su popularidad ha aumentado debido al comercio y múltiples medios de transporte. Dentro de la lista de los más distribuidos se encuentran algunas especies como los geckos, camaleones, loros, pericos, iguanas, pitones y boas.

A mitad del siglo XX los reptiles se importaban de Australia, África, Centro y Sudamérica y Asia, sin embargo, no fue hasta en 1980 y 1990 que alcanzaron un mayor auge como mascotas. Recientemente también los invertebrados han ganado popularidad en los hogares, principalmente las tarántulas y escorpiones, especies de arácnidos carnívoros y terrestres, que la mayoría son adquiridos por moda, admiración o por coleccionistas. Su gran ventaja es que son especies que no demandan gastos importantes para su manutención en cautividad, además de que los requerimientos en su manejo y alojamiento son mínimos.^{1,2}

Debido a que México se considera un país con gran diversidad de vida silvestre, la mayoría de las ocasiones, los animales mencionados son adquiridos de forma ilegal. Los productores o vendedores obtienen ganancias económicas muy fuertes, volviéndose un negocio muy lucrativo, lo que ha ocasionado que algunas especies sean llevadas al borde de la extinción y otras se encuentren amenazadas.²

1.2 La nutrición en los animales de compañía no convencionales

La nutrición es la disciplina que estudia el consumo de alimento, los procesos físicos y químicos a los que se somete éste durante su paso por el tubo digestivo, así como la absorción de los nutrientes liberados a través de las paredes gastrointestinales, su transporte y posterior utilización celular.⁴

Es por ello que la nutrición es considerada una parte importante en el área de Medicina Veterinaria, ya que promueve la salud y longevidad. Por lo tanto, si ésta es proporcionada al animal adecuadamente, se pueden prevenir enfermedades secundarias a una mala nutrición, por ejemplo la diabetes, obesidad y enfermedad metabólica ósea. La mala nutrición se define como todo trastorno nutricional causado por una dieta no balanceada, que al promover deficiencias o excesos nutricionales, provoca efectos perjudiciales para los animales.^{5,6}

Actualmente, la mayoría de las consultas de animales exóticos se deben a enfermedades secundarias ocasionadas por una mala nutrición debido a que los propietarios desconocen la dieta adecuada, pensando que la alimentación es similar a la de los humanos. Se vuelve responsabilidad del médico veterinario, asesorar adecuadamente a los propietarios respecto a la nutrición en cada especie que se presente. Por esta razón, el médico debe aumentar sus conocimientos sobre estos animales, tomando en cuenta su medio natural, comportamiento, fisiología, enfermedades, procesos digestivos, requerimientos nutricionales y comportamiento alimenticio, considerando que todos ellos son diferentes entre sí, para que de esta manera, sea posible prevenir enfermedades

que ocasionen la muerte debido a una mala nutrición y a su vez se pueda mejorar la calidad de vida de sus mascotas.⁵

Como consecuencia del aumento de la demanda de animales no convencionales se ha incrementado la demanda de alimento para ellos, que cubra los requerimientos nutricionales ideales y que sea lo más parecido posible a su alimentación en vida libre.²

1.3 Importancia de los Insectos como fuente de alimento

Los insectos son los seres vivos más abundantes sobre la tierra. Se conocen actualmente alrededor de un millón y medio de especies, incluso algunos entomólogos describen cada año de 6,000 a 7,000 especies nuevas.⁷

En varias culturas antiguas como Mayas, Aztecas, Incas y Araucanas el insecto representó una fuente importante en la alimentación, pero a través del tiempo, debido al desarrollo y a la mejoría en la condición de vida de la sociedad, el consumo de insectos se ha perdido. Son pocos los países en los que se conserva el hábito de consumir insectos (entomofagia).^{7,8}

Debido a las características nutricionales de los insectos y a su capacidad reproductora, han atraído la atención de investigadores y especialistas, considerándolos como una buena alternativa de alimentación, ya que poseen una alta conversión alimenticia, haciéndolos una fuente de alimento con un excelente perfil proteico. Algunos insectos presentan valores similares o mayores al del huevo, carne de res y de ave, así como de algunas plantas.^{7,8,9}

Debido a estas características, los insectos se proporcionan en dietas para reptiles, aves y mamíferos insectívoros que son mantenidos en cautiverio o como mascotas.^{9, 10, 18, 20,22}

Entre los insectos más populares disponibles comercialmente como alimento vivo se pueden mencionar a algunas especies de cucarachas, larvas de escarabajos, pupa, larva y adulto de moscas de casa, grillos juveniles y adultos.^{9,20} En la figura número 1 se muestran algunos insectos y su contenido nutricional.

Figura 1. CONTENIDO NUTRICIONAL DE ALGUNOS INSECTOS OFRECIDOS COMO ALIMENTO VIVO. Finke (2002), Meredith y Redrobe (2002).

Especie	Tenebrio <i>Tenebrio Molitor</i>	Zophobas <i>Zophobas morio</i>	Polilla de la cera <i>Galleria mellonella</i>	Grillo doméstico <i>Acheta domestica</i>	Gusano de seda <i>Bombyx mori</i>	Mosca de la fruta <i>Drosophila melanogaster</i>
Hum	62.9±3.6	57±1.4	61.9±2.1	73.2±1.9	NE	67.2±4.3
PC	51.8±5.3	42.9±1.4	41.1±2.8	64.1±2.2	54	56.3±0.8
EE	31.1±3.9	40.8±2.3	51.4±5.4	22.8±1.5	43	16.7±2.1
Cen	4.3±3.7	3.5±0.6	3.3±1.0	5.1±1.4	0.5	5.3±0.8
FND	0.57	0.39	0.81	0.68	0.11	NE
FAD	0.25	0.27	0.34	0.32	0.11	NE
Ca	0.1±0.1	0.12±0.2	0.06±0.01	0.21±0.03	0.5	0.2±0.02
Vit A (UI/Kg)	811±324	972±570	150±160	811±849	NE	0

Valores expresados en porcentaje promedio en base seca (mg/kg).

Hum= Humedad, PC= Proteína Cruda, EE= Extracto Etéreo, Cen= cenizas, Ca= Calcio, P= Fósforo, FND= Fibra Neutro Detergente, FAD= Fibra Acido Detergente, NE= No evaluado.

1.4 Características generales de los insectos

Los insectos pertenecen a los invertebrados y son llamados artrópodos, derivado de la palabra Arthropoda que se compone de los términos griegos Arthros: articulación y podus: pie o pata, lo cual quiere decir que son animales que tienen patas articuladas o segmentadas. Su cuerpo posee simetría bilateral, agrupado en tres regiones distintas generalmente bien definidas: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza está formada por ojos compuestos, un par de antenas y partes bucales pareadas. La región intermedia, el tórax, lleva los órganos de locomoción: las patas y las alas. Poseen generalmente tres pares de patas segmentadas de donde se deriva el nombre de hexápoda formado por dos raíces griegas: hexa, seis y podus, pies o patas. En la parte dorsal del tórax, pueden llevar una o dos pares de alas. La tercera región es el abdomen, el cual es segmentado y termina en los genitales (Figura 2).^{7,11,12}

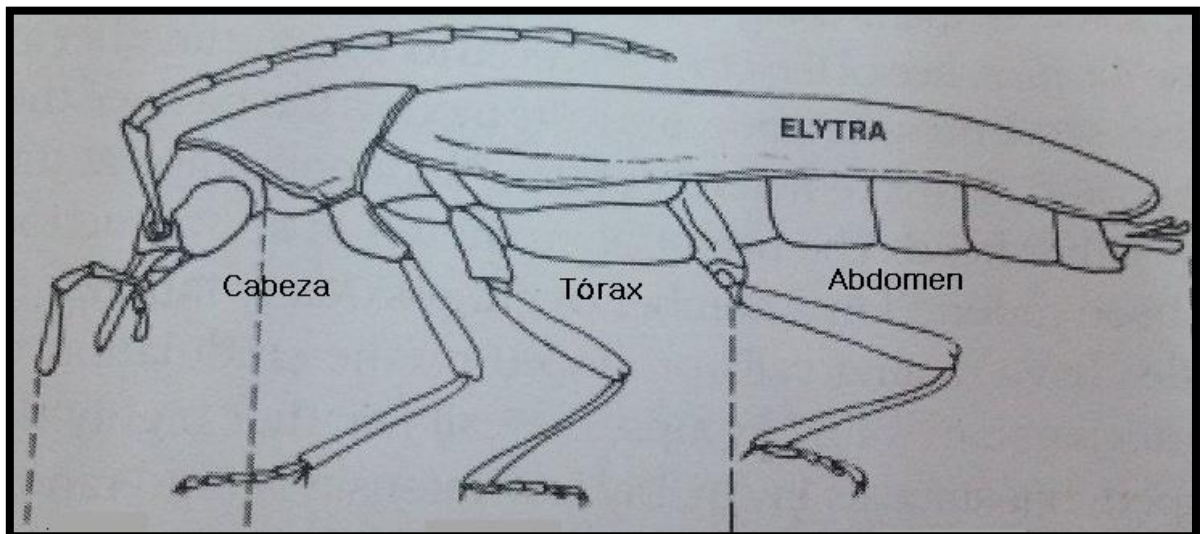


Figura 2. Anatomía externa del insecto. Arnett RH (2000).

Tienen un exoesqueleto protector y rígido (cutícula) compuesto de quitina. Los músculos se unen al exoesqueleto, que muda a medida que el animal se desarrolla y es controlado por hormonas.

Poseen pelos llamados sedas que están conectados al sistema nervioso. Su función es variada, la más importante es que son sensores del tacto, gusto y olfato respondiendo a las vibraciones, a las corrientes de aire y ondas sonoras.^{7,11}

Los insectos tienen órganos sensoriales químicos o quimiorreceptores en las piezas bucales, antenas, tarsos y otras partes del cuerpo, los cuales permiten detectar alimentos, hallar un lugar para colocar sus huevos o trazar senderos marcados en el suelo. Captan olores mediante células olfativas situadas en las antenas. Muchos insectos tienen estructuras auditivas especiales en varias partes del cuerpo: patas, alas, abdomen o antenas, llamadas órganos timpánicos.¹¹

Son generalmente unisexuales, los machos a menudo son distintos a las hembras.

1.4.1 Integumento o pared del cuerpo

La importancia del estudio del integumento es que ayuda a comprender el 90% de las propiedades del insecto.¹³

El integumento es la capa superficial a través de la cual el insecto se relaciona con el medio externo, se compone de células epidermales que secretan la cutícula y se encuentran debajo de ella. La cutícula es gruesa y rígida, depende del medio ambiente y de la especie. Su función es la de regular la humedad, locomoción, respiración, proteger de desecación, osmoregulación, cubrir a los órganos internos y actúa como estructura de adherencia para órganos y músculos internos.^{7,13,14}

La pared del cuerpo está formada por tres partes:

- 1.- La cutícula.
- 2.- La epidermis.
- 3.- La membrana basal.

La cutícula

La cutícula o exoesqueleto, protege el cuerpo del medio externo, permite la adherencia de los órganos internos del cuerpo, músculos y los protege. Se renueva y muda periódicamente cuando el animal crece, mediante regulación hormonal (Figura 3).^{13,14}

Es una capa que se encuentra endurecida en la mayor parte del cuerpo, protege de la deshidratación (desección) y de la corrosión, haciéndola resistente al agua, disolventes orgánicos, ácidos fuertes y álcalis. Los insectos jóvenes (larvas y ninfas), poseen una cutícula flexible (membranosa) y elástica que durante su desarrollo endurece debido a las mudas o cambios que les permiten aumentar de tamaño. En los adultos se vuelve rígida e inelástica y se oscurece por el proceso llamado esclerotización. Es un receptor de estímulos externos a través de los pelos sensoriales o superficies especializadas.^{7,11,14}

La cutícula se divide en dos capas principales:

- a) Epicutícula. Capa muy delgada con una medida de 1 a 4 micras, es la más externa. Compuesta por proteínas esclerotizadas impregnadas con lipoproteínas, lípidos, cera, cemento y en menor cantidad minerales. Es la capa que proporciona a la cutícula sus propiedades. No posee quitina.^{11,15}

b) La procutícula. Compuesta de quitina, proteínas y colorantes como la melanina y carotina, se ubica debajo de la epicutícula.

Comprende dos partes: la exocutícula y endocutícula.

La exocutícula es la parte cercana a la epicutícula está altamente esclerotizada, por lo tanto es dura y rígida, de grosor variable, en los adultos es más gruesa y esclerotizada que en las larvas. Entre más grado de esclerotización más dureza se tiene, por lo tanto la quitina no controla la dureza de la cutícula.

La endocutícula. Es la capa más interna, formada por 20-60% de quitina y de 40 a 80% de proteínas. Es suave y flexible, por lo tanto posee baja esclerotización.^{7,14}

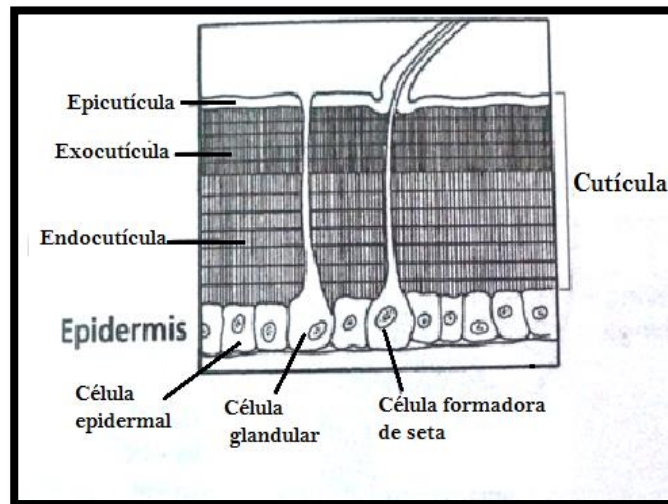


Figura 3. Representación de la cutícula con sus capas principales Moore J (2006).

Epidermis

Es una capa simple de células continuas, llamadas células epidermales y entre ellas se encuentran dispersas células glandulares. Las células epidermales son productoras de diversas secreciones como quitina, proteínas, lípidos. Una de sus funciones es disolver la vieja cutícula produciendo el líquido llamado fluido ecdisial o de muda, el cual está formado por enzimas proteasa y quitinasa, antes de que el insecto joven o inmaduro mude.

Membrana basal

Es la lámina que une a las células hipodermales y en ella se insertan los músculos, los órganos cordotonaes (conjunto de células auditivas) y las traqueólas.^{7,14,15,17}

1.4.2 Aparato digestivo

El sistema digestivo descansa a través de la cavidad central del cuerpo en toda su longitud. Se extiende de un extremo del cuerpo (boca) hacia el otro (ano), su longitud es mayor que la longitud del cuerpo. Morfológicamente se divide en tres regiones (Figura 4):

I. Intestino anterior.

Su función es almacenar el alimento ingerido y mezclarlo con secreciones. Las células epiteliales que se encuentran en esta porción del intestino no secretan ninguna enzima digestiva al lumen, excepto las células salivares en la cavidad bucal que secretan fluidos y enzimas que digieren carbohidratos (amilasas). Lo conforman:

- a) La cavidad bucal.
- b) La faringe. Pasa el alimento al esófago.
- c) Esófago. Lleva los alimentos al buche.
- d) Buche. En algunos insectos es una parte del esófago que se encuentra dilatada y sirve para almacenar alimento, permite la digestión y absorción de los nutrientes de manera eficiente en el intestino medio. Lo poseen los escarabajos y grillos.
- e) Proventrículo. Es un saco pequeño situado detrás del buche, es la parte final del intestino anterior y es donde el alimento es preparado antes de entrar al ventrículo, es muy muscular, está compuesto de placas o dientes fuertes que maceran, muelen y desmenuzan alimentos. Posee una extensión similar al de una válvula llamada válvula esofageal o cardial que permite la entrada de líquidos pero no de sólidos al intestino medio. Evita que el alimento se regrese.

II. Intestino medio

Es el sitio principal de secreción de enzimas digestivas y donde ocurre la digestión y absorción principalmente por el ciego gástrico.

III. Intestino posterior

Lo componen músculos circulares y longitudinales. El comienzo del intestino posterior lo marcan los túbulos de Malpighi; se continúa con el íleon y termina con el recto, el contenido de esta área del intestino es líquido. En el recto se reabsorben agua, iones y sustancias disueltas de la orina que eliminan los túbulos

de Malpighi devolviéndolas a los tejidos a través de glándulas rectales que las reabsorben.^{7,12,14,15}

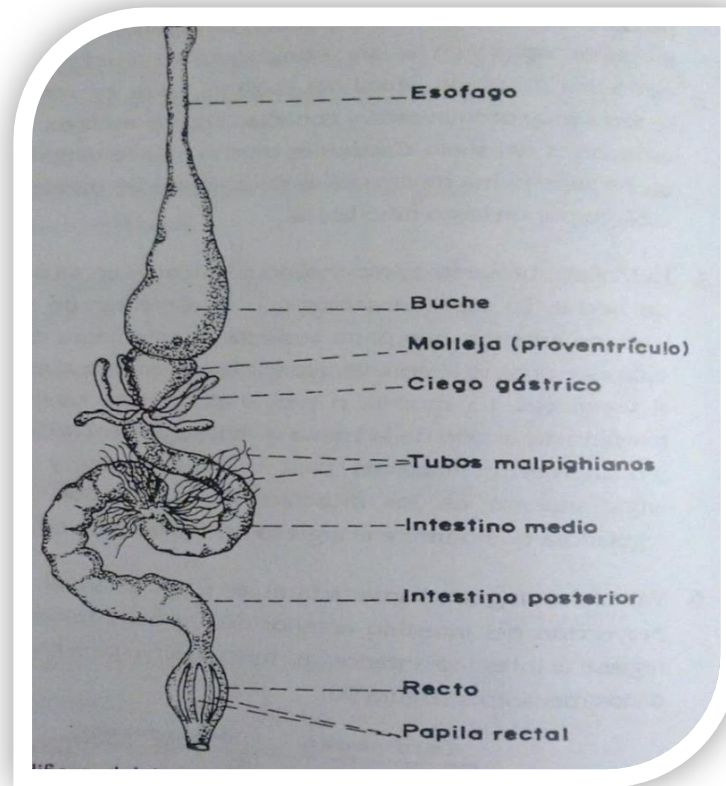


Figura 4. Estructura general del tracto digestivo de los insectos Acevedo (1997).

1.4.3 Ciclo vital

Los artrópodos tienen que desprenderse de su exoesqueleto a intervalos para poder crecer, los insectos van cambiando de aspecto en su desarrollo y el cambio es gradual. Dependiendo de la especie, temperatura y suministro de alimento va a ser el número de mudas o estadios (instars) que realizan durante su vida. Así se puede encontrar metamorfosis incompleta o completa.^{7,11}

Metamorfosis incompleta

La componen tres etapas (huevo – juvenil – adulto). Los estadios inmaduros se llaman ninfas, los cuales son similares a los adultos pero carecen de alas y de estructuras reproductivas. Las alas crecen gradualmente en el exterior del cuerpo, dentro de brotes o almohadillas alares. La muda que precede al estadio adulto se produce con la expansión de las alas, en cada muda se elimina el exoesqueleto para poder crecer. El adulto, al emerger, presenta un cuerpo blando, sus alas se encuentran arrugadas y no extendidas. Un ejemplo de insectos con este desarrollo, son los grillos, saltamontes, cucarachas, mantis y piojos.

Metamorfosis completa

La componen 4 etapas (huevo – larva – pupa – adulto). El estadio inmaduro se llama larva, cuyo aspecto es distinto al adulto. Las larvas se alimentan continuamente y atraviesan varias mudas hasta alcanzar el último estadio larval, donde dejan de alimentarse y buscan un lugar seguro para pupar. En el estadio pupal, tiene lugar la reorganización y la transformación de los tejidos larvales, los tejidos del insecto inmaduro se esparcen al mismo tiempo, crecen unos grupos de células (discos marginales) que han estado presentes desde la eclosión del huevo y se van desarrollando hasta formar los tejidos de los órganos del adulto.

Las larvas entran al estado de pupa en función de la temperatura y suministro de alimento. Para proteger la pupa, tejen un capullo o una celda con partículas del suelo o fibras de madera masticada. La pupa se endurece, se vuelve oscura y algunas tienen mandíbulas móviles mediante las cuales se defienden. El adulto se libera de la piel pupal o del capullo con sus mandíbulas o patas. Un ejemplo de

insectos con este desarrollo son los escarabajos, moscas, abejas, mariposas y hormigas.^{7,14,15,16,17}

1.5 Contenido nutricional de los insectos

Los insectos son considerados como una fuente de alimento rica en energía y nutrientes tanto para los seres humanos como para los animales, caracterizándose por poseer un perfil nutricional alto en proteínas, aminoácidos esenciales, minerales como el cobre, hierro, zinc, magnesio, fibra y ácidos grasos esenciales. Los ácidos grasos se encuentran en mayor concentración en los estadios larvarios y generalmente disminuyen conforme llegan al estado adulto.^{8,9,18,19,20,21,22}

La etapa que comúnmente se ofrece como alimento es la etapa larvaria ya que se le encuentra comercialmente, ocasiona menos daño al animal insectívoro, es palatable y se ha observado que forma parte de su comportamiento alimenticio en vida libre.^{18,19,21}

Sin embargo, además de las grandes cualidades que estos insectos ofrecen nutricionalmente, tienen la desventaja de poseer cantidades bajas de carbohidratos, vitaminas y tienen una relación Ca: P inversa (1:2), cuando lo recomendable es 2:1 necesaria para su absorción y metabolismo. Comúnmente se recomienda espolvorearlos, antes de darlos como alimento, con complementos alimenticios ricos en Ca y otros minerales y nutrientes para mejorar su valor nutricional. La desventaja de esta acción es que el resultado será variable debido a que depende de factores como: 1. las características físicas del polvo que puede afectar la palatabilidad, 2. la cantidad que se adhiere a la superficie del insecto,

3. la capacidad del insecto de remover el polvo con su movimiento. Por lo tanto, no todo el complemento espolvoreado se mantiene íntegro, afectando la disponibilidad de los nutrientes que no son proporcionados en cantidades suficientes. Cabe aclarar que no todos estos productos han sido evaluados científicamente. ^{18,19,20,21,22,24}

La mayoría del alimento vivo que se encuentra disponible comercialmente es alimentado con camas o sustratos inadecuados, lo cual no permite que los insectos aporten los nutrientes necesarios al animal que los está consumiendo. A lo anterior se adiciona el problema de que la mayoría de los propietarios no son orientados adecuadamente, por lo que desconocen la importancia implícita de la alimentación de los insectos, provocando a largo plazo deficiencias nutricionales ocasionadas sobre todo, por exceso de fósforo y niveles bajos de calcio en la dieta. Este desbalance se manifiesta principalmente en enfermedades metabólicas donde los huesos se deforman, rompen y debilitan; las hembras pueden cursar con problemas durante la ovoposición. ^{18,19,20,21,23,24}

Se cree que en vida libre se evitan las deficiencias, ya que los animales consumen en su dieta diferentes especies de insectos que contienen en su tracto digestivo materia inorgánica y fibra de plantas, también poseen calcio adicional en partículas de la tierra que se impregnan al cuerpo del invertebrado.¹⁹

La mayoría de los insectos están compuestos en un 90% por quitina, polímero de N-acetil-D-glucosamina. Es una cubierta sólida que protege al cuerpo de la superficie llamada exoesqueleto o integumento. Este polímero sirve como una fuente rica de nitrógeno en la dieta, lo cual puede reflejarse en niveles altos de

proteína cruda , pero es importante tomar en cuenta que en realidad no será una fuente real de dicho nutriente, y solo estará disponible para aquellos animales que produzcan la enzima quitinasa, quienes la utilizarán como una fuente de fibra.^{19,20}

El contenido nutricional será variable dependiendo de varios factores, entre ellos la especie de insecto administrada, tipo de alimentación, etapa de crecimiento y lugar de procedencia.^{19,20,23,24}

1.6 Biología y hábitat de las principales especies comerciales proporcionadas como alimento vivo

Grillo doméstico

REINO: Animal

PHYLUM: Arthropoda

CLASE: Insecta

ORDEN: Orthoptera

SUBORDEN: Ensifera

FAMILIA: Gryllidae

GÉNERO: *Acheta*

ESPECIE: *domestica*

Los grillos son insectos con una medida aproximada de 0.5 a 5 cm. Se caracterizan por poseer colores terrosos debido al lugar donde viven.^{11,12,16}

Son omnívoros, comen tanto hojas, flores, semillas, restos de plantas, como material orgánico en descomposición, restos de animales y pueden ser depredadores de otros insectos. Para obtener su alimento se guían por el olor de la comida, por el tacto de la planta a través de sus receptores en la antena o

tarsos, o probándolo por los receptores del gusto en los palpos. Su aparato bucal es masticador, se compone de mandíbulas que se mueven lateralmente cortando y masticando.¹¹

Sus patas posteriores se caracterizan por estar desarrolladas para saltar. Poseen dos pares de alas anteriores y posteriores, las primeras son robustas llamadas tegminas que se disponen para la emisión de sonidos, las segundas, son las alas mediante las cuales realizan vuelo por planeo. En las fases inmaduras las alas son laterales, con el margen costal posicionado ventralmente, como en el adulto, pero en el penúltimo instar (etapas de crecimiento) éstas rotan y asumen una posición dorsal cuyo margen costal es dorsal y la superficie ventral morfológica es externa, con el ala posterior sobreponiéndose a la tegmina.

Su hábitat se localiza en temperaturas templadas, cálidas o áridas con insolación elevada. Excepto en lugares fríos, se pueden encontrar sobre las ramas y hojas, dentro de cuevas o en galerías que ellos cavan en el suelo. Se encuentran en lugares visibles; abiertos y soleados como praderas, pastizales, bosques abiertos y campos de cultivo, algunos son comensales encontrándoles viviendo con hormigas.^{11,12,16}

Las ninfas se pueden diferenciar de los adultos ya que sus alas no están completamente desarrolladas así como sus órganos reproductivos y sus segmentos en las antenas son reducidos. Las ninfas llevan a cabo varias mudas (4 a 5), las cuales dependen del sexo y de las características medio ambientales (Figura 5).¹¹ Poseen una metamorfosis incompleta.

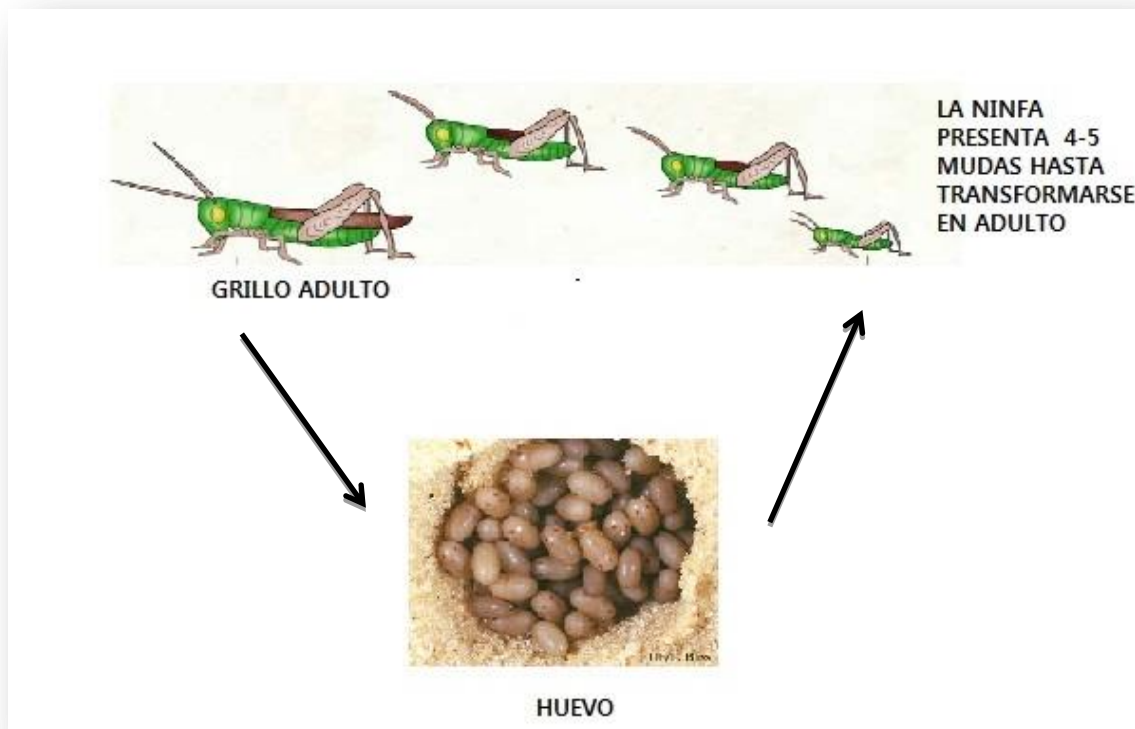


Figura 5. Ciclo biológico del Grillo *Acheta domestica*. Mc.gavin G. (2000).

Zophobas morio o escarabajos oscurecidos

REINO: Animal

PHYLUM: Arthropoda

CLASE: Insecta

ORDEN: Coleoptera

SUBORDEN: Polyphaga

FAMILIA: Tenebrionidae

GÉNERO: *Zophobas*

ESPECIE: *morio*

En el estado adulto, las zophobas son herbívoras, frugívoras y predadores de otros insectos, comen pequeñas partículas naturales de vegetales, restos de plantas, material orgánico en descomposición, restos de animales y semillas.

Su hábitat se encuentra en todas las regiones geográficas, sobretodo en regiones áridas. Consumen particularmente alimentos secos y almacenados como harina, cereales y otros granos.²⁰

Poseen cutículas duras y delgadas en la cabeza y protórax, los adultos pueden volar. Se distingue a los escarabajos por sus alas anteriores o mesotorácicas duras llamadas “elytra”, que cubren el abdomen y usualmente no se superponen. Las alas metatorácicas casi siempre están guardadas debajo de la elytra cuando no están en uso. El meso y metatórax están unidos formando el pterotórax, poseen antenas segmentadas.

Las larvas poseen cinco pares de patas en posición lateral, su cuerpo es alargado, cilíndrico y plano dorsoventralmente, sus placas están esclerotizadas, es decir son duras (cubierta por cutícula formada por quitina y proteínas) restringidas al extremo anterior del cuerpo, poseen mandíbulas prominentes cuyos músculos son muy fuertes. Se pueden encontrar en las profundidades del suelo o cerca de la superficie en la hojarasca, debajo de las cortezas de árbol, madera podrida, debajo de rocas. Realizan la microfagia, es decir, se alimentan de esporas, hifas y conidias de hongos y restos de plantas alteradas por hongos y también se alimentan de materia orgánica en descomposición incluyendo semillas, flores, ropa, carne. Los adultos viven sobre el suelo, en la madera, se alimentan de materia fecal, carroña o materia vegetal en descomposición.^{11,12,16}

Las pupas se mantienen en una posición dorsal dentro de una cámara pupal compuesta de seda que mediante membranas flexibles abdominales intersegmentales les dan la capacidad de moverse para colocarse sobre el sustrato. Están formadas por procesos esclerotizados en los márgenes de los segmentos abdominales llamados trampas gin, que son usados como defensa picando y alejando a los depredadores.¹⁹ Poseen una metamorfosis completa (Figura 6).

Tenebrio o gusano de la harina

REINO: Animal

PHYLUM: Arthropoda

CLASE: Insecta

ORDEN: Coleoptera

SUBORDEN: Polyphaga

FAMILIA: Tenebrionidae

GÉNERO: *Tenebrio*

ESPECIE: *molitor*

Las características biológicas y hábitat son similares a las mencionadas en la especie *Zophobas morio* (Figura 6).

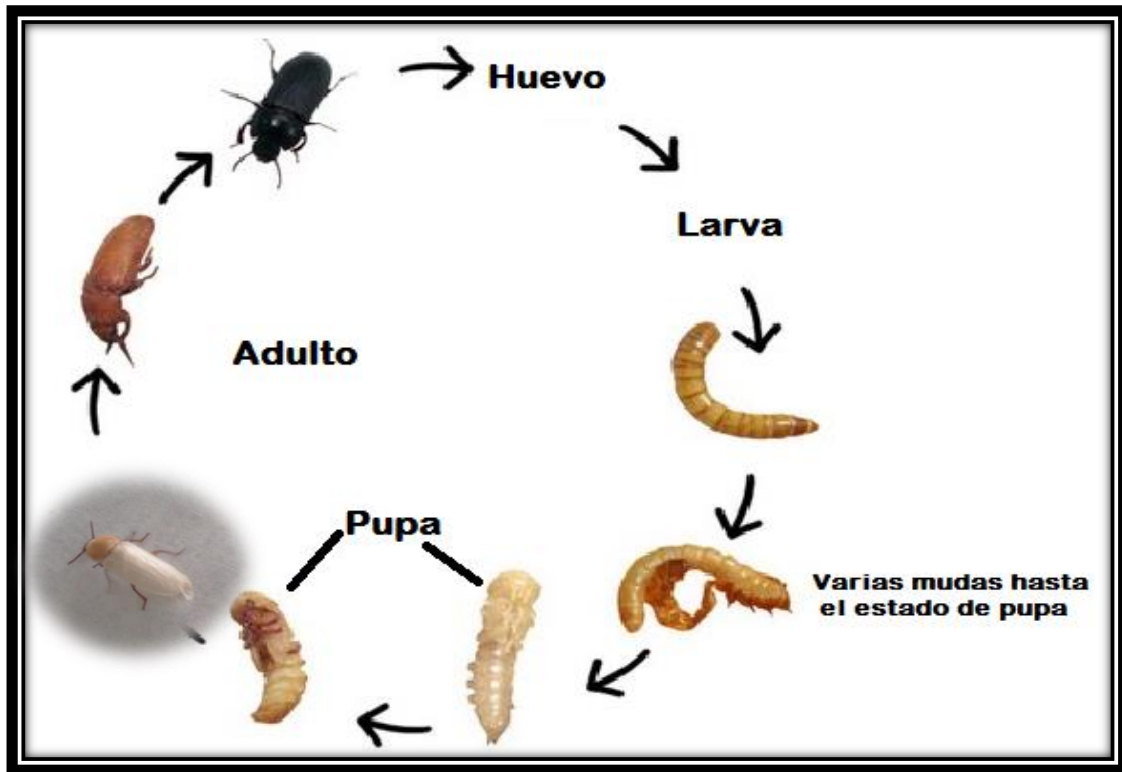


Figura 6. Ciclo biológico de los escarabajos *Zophobas morio* y *Tenebrio molitor*
Mc.gavin G. (2000).

2. JUSTIFICACIÓN

La adquisición de animales de compañía no convencionales como mascotas se ha incrementado en los últimos años, lo cual demanda mayor conocimiento e información de parte de los profesionales y propietarios respecto al alimento vivo como dieta, especialmente para aquellos animales que requieren de insectos y larvas como complemento en su alimentación, ya que comúnmente los insectos no provienen de un lugar confiable y poseen una cama de alimento deficiente. Los insectos han sido ampliamente conocidos por tener un pobre perfil nutricional en lo referente a minerales por lo que una práctica común es la de adicionar sobre ellos polvos ricos en nutrientes, antes de darse como alimento, para proporcionar una dieta balanceada y de esa manera evitar deficiencias nutricionales que pueden afectar la calidad de vida del animal de compañía.

Lo anterior se puede evitar proporcionando al alimento vivo un adecuado sustrato alimenticio, con el fin de comprobar si éste modifica la composición nutricional de estos insectos.

3. HIPÓTESIS

Al proporcionar un alimento apropiado a los insectos ofrecidos como alimento vivo (grillos y larvas), se modificará de manera positiva su composición nutricional en los niveles de proteína cruda, cenizas, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, calcio y fósforo.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la composición de Proteína Cruda, cenizas, Fibra Neutro Detergente, Fibra Ácido Detergente, Calcio y Fósforo de grillos, larvas de tenebrios y zophobas alimentados con tres sustratos diferentes (alimento extrudizado comercial para gato en crecimiento, hojuelas de avena y alimento hojuelado comercial para peces).

4.1 Objetivos específicos

1. Evaluar mediante análisis químico proximal (AQP) a grillos, larvas de tenebrios y zophobas alimentados con tres diferentes sustratos (alimento extrudizado comercial para gato en crecimiento, hojuelas de avena y alimento hojuelado comercial para peces) cuantificando la humedad, materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas.
2. Determinar la concentración de fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) mediante el análisis de fibras van Soest en grillos, larvas de tenebrios y zophobas alimentados con tres diferentes sustratos (alimento extrudizado comercial para gato en crecimiento, hojuelas de avena y alimento hojuelado comercial para peces).
3. Determinar la concentración de Calcio (Ca) y Fósforo (P) mediante espectrofotometría en grillos, larvas de tenebrios y zophobas alimentados con tres diferentes sustratos (alimento extrudizado comercial para gato en crecimiento, hojuelas de avena y alimento hojuelado comercial para peces).

4. Comparar los analitos mencionados anteriormente para establecer el mejor perfil nutrimental para los animales a los cuales se les proporcionan grillos, larvas de tenebrios y zophobas alimentados con tres diferentes sustratos (alimento extrudizado comercial para gato en crecimiento, hojuelas de avena y alimento hojuelado comercial para peces).

5. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Diseño del estudio

A 450 animales de cada una de tres especies de insectos (grillos cafés, zophobas y tenebrios) se les dividió en grupos de 30 insectos cada uno y posteriormente se asignaron aleatoriamente 5 grupos de 30 insectos a cada una de tres dietas: camas de hojuelas de avena¹, cama de dieta comercial para gato², cama de hojuelas para pez³. De este modo se tienen cinco repeticiones de cada especie en grupos de 30 insectos (Unidad Experimental) para cada dieta.

Los insectos fueron adquiridos de un mismo proveedor y se alojaron dentro del laboratorio de bromatología del departamento de Nutrición animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM en condiciones óptimas para su mantenimiento a una temperatura 25°C y humedad 80%.

Las características del alojamiento fueron las mismas para todas las unidades experimentales. Se mantuvieron en contenedores rectangulares de plástico, con una dimensión de 15 cm de largo x 10 cm de ancho x 12 cm de alto, con tapas de plástico ventiladas de 15 cm de largo x 10 cm de ancho.

Cada semana se removía la humedad acumulada en la cama y se adicionaba nuevo alimento para evitar mortalidad. Se mantuvo un régimen *ad libitum* con cama, y en el caso del agua, se proporcionó un algodón humedecido que se cambiaba diariamente.

¹ Avena Quaker® hojuela natural

² Alimento para gato en crecimiento Whiskas®

³ Alimento comercial para pez hojuelado Wardley®

Las unidades experimentales permanecieron en sus respectivos contenedores durante un periodo de 15 días. Al finalizar éste, se recolectaron a todas ellas, se pesaron y congelaron para su posterior procesamiento. Es decir, la unidad experimental completa (30 insectos) se consideró como muestra para los procesos de laboratorio.

5.2 Procesamiento de las muestras

Las muestras se mantuvieron dentro de la estufa a 50°C para su secado hasta alcanzar un peso constante. Una vez desecada la muestra se determinó la materia seca, procediendo posteriormente a molerla finamente con un mortero y colocarla en papel aluminio previamente identificado. Se almacenaron en un lugar seco y fresco para su posterior análisis.

5.3 Análisis de las muestras

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Toxicología y Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Se realizó el Análisis Químico Proximal (AQP) para determinar Humedad (Hum), Materia Seca (MS), Proteína Cruda (PC), Cenizas (CEN), el análisis de fracciones de fibra (Van Soest) para determinar Fibra Neutro Detergente (FND) y Fibra Ácido Detergente (FAD), el análisis de Calcio (Ca) por espectrofotometría de emisión atómica y el análisis de Fósforo (P) por espectrofotometría (UVvis) con la técnica de molidovanadato de amonio.

5.4 Análisis Estadístico

El diseño correspondió a un diseño factorial 3x3 con 5 repeticiones por tratamiento. El primer factor fue la especie, el segundo factor fue la dieta. La unidad experimental consistió en un grupo de 30 insectos.

Las variables respuesta a medir fueron: proteína cruda, cenizas, fibra neutro detergente, fibra ácido detergente, calcio y fósforo.

El modelo a utilizar para todas las variables respuesta a medir excepto para proteína cruda fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \gamma_j + \tau\gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : valor de la respuesta en el grupo de insectos k de la dieta j de la especie i .

$$k = 1, \dots, n_{ij} \quad j = 1, 2, 3 \quad i = 1, 2, 3$$

μ : media general

τ_i : efecto de la especie i . $i = 1, 2, 3$

γ_j : efecto de la dieta j . $j = 1, 2, 3$

$\tau\gamma_{ij}$: efecto de la interacción de la especie i con la dieta j .

ε_{ijk} : error aleatorio del grupo de insectos k de la dieta j de la especie i .

En el caso en que se encontró algún efecto significativo se realizaron pruebas de comparaciones múltiples con Tukey. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico JMP 5.0.1

En el caso de la variable respuesta proteína cruda, al realizar el análisis con el modelo anterior se encontró heterocedasticidad de las varianzas y no se pudo encontrar alguna transformación que la corrigiera por lo que se utilizó la prueba de Welch para varianzas heterogéneas de un modelo de un solo factor con nueve niveles (cada nivel es la combinación de la especie con la dieta) y para las comparaciones múltiples la prueba de Dunnett T3 también para varianzas heterogéneas. El análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS 16.0³⁷.

El modelo utilizado es:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

μ : media general

τ_i : efecto del tratamiento i . $i = 1, 2, 3, \dots, 9$

ε_{ijk} : error aleatorio del grupo de insectos j del tratamiento i

6. RESULTADOS

El contenido nutricional en porcentaje de las dietas ofrecidas a las tres especies se presenta en el cuadro 1.

CUADRO 1. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP) EN BASE SECA DE LAS DIETAS OFRECIDAS.

	% Materia seca							
	Hum	MS	PC	Cenizas	FND	FAD	Ca	P
Avena	41.51	58.49	7.00	2.00	15.38	2.68	0.44	0.33
Hojuelas para pez	3.96	19.14	36.99	10.59	12.74	3.04	1.04	0.84
Croqueta para gato	19.14	80.86	30.42	7.00	16.83	5.71	0.96	0.74

Hum= Humedad, MS= Materia Seca, PC= Proteína Cruda, FND= Fibra Neutro Detergente, FAD= Fibra Acido Detergente, Ca= Calcio y P= Fósforo.

ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL (AQP)

6.1 Proteína Cruda (PC) (Anexo 1).

En el cuadro 2 se presenta el resultado de la concentración promedio de proteína cruda y las diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$).

Se encontró que el contenido promedio de proteína cruda en el grupo de las zophobas que recibió avena, fue menor que el contenido promedio de proteína cruda de todos los demás grupos, excepto del género de zophobas que recibió hojuelas para pez y del grupo de grillos que recibió avena.

El contenido promedio de proteína cruda del grupo de grillos que recibió avena, es menor que el contenido promedio de proteína cruda de todos los demás grupos, excepto del grupo de zophobas que recibió avena.

El contenido promedio de proteína cruda del grupo de zophobas que recibió alimento para gato es inferior al contenido promedio de proteína del grupo de tenebrios que recibió comida para gato.

CUADRO 2. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE PROTEINA CRUDA (%) EN BASE SECA POR TRATAMIENTO

Especie por dieta	Media	DV	EE
Tenebrios G	56.35 ^a	3.14	1.40
Tenebrios A	55.14 ^{a b}	5.67	2.53
Grillos H	55.00 ^{a b c}	4.63	2.07
Tenebrios H	52.25 ^{a b c d}	2.66	1.19
Grillos G	51.25 ^{a b c d e}	4.15	1.86
Zophobas H	50.73 ^{a b c d e f g}	4.23	1.89
Zophobas G	47.14 ^{b c d e f}	1.90	0.85
Zophobas A	40.82 ^{g h}	2.03	0.91
Grillos A	36.196 ^h	0.70	0.31

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

DV= desviación estándar, EE= error estándar.

(A= avena, H= hojuelas para pez, G= alimento para gato en crecimiento).

6.2 Cenizas (Anexo 2).

El contenido promedio de cenizas en las diferentes especies y dietas así como las diferencias encontradas se presentan en el cuadro 3.

La interacción dieta y especie resultó significativa ($p < 0.05$).

El contenido promedio de cenizas en el grupo de zophobas que recibió alimento para gato y en el grupo de zophobas que recibió avena fue inferior al contenido promedio de cenizas de todos los grupos de tenebrios y de los grupos de grillos alimentados con hojuelas para pez y alimento para gato.

El contenido promedio de cenizas del grupo de zophobas alimentado con hojuelas para pez fue menor que el contenido promedio del grupo de tenebrios alimentados con hojuelas para pez y del contenido promedio de los grupos de grillos alimentados con hojuelas para pez y alimento para gato.

El contenido promedio de cenizas del grupo de grillos alimentados con hojuelas para pez fue superior al contenido promedio de cenizas de los grupos de tenebrios alimentados con avena y alimento para gato y del grupo de grillos alimentados con avena.

CUADRO 3. CONTENIDO PROMEDIO DE CENIZAS (%) EN BASE SECA. EFECTO ESPECIE Y DIETA

Dieta por especie	Medias por mínimos cuadrados
Grillos H	4.43 ^a
Grillos G	3.67 ^{a b}
Tenebrios H	3.65 ^{a b}
Tenebrios A	3.49 ^{b c}
Tenebrios G	3.41 ^{b c}
Grillos A	3.08 ^{b c d}
Zophobas H	3.00 ^{c d}
Zophobas A	2.88 ^d
Zophobas G	2.74 ^d

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). (A= avena, H= hojuelas para pez, G= alimento para gato en crecimiento).

ANÁLISIS DE FRACCIONES DE LA FIBRA (VAN SOEST)

6.3 Fibra Neutro Detergente (FND) (Anexo 3).

La interacción especie por dieta no resultó significativa ($p>0.05$) pero los efectos principales de dieta ($p<0.05$) y especie ($p<0.01$) si fueron significativos (cuadro 4 y 5).

Se puede observar que las zophobas presentaron mayor contenido promedio de FND (59.08%) que los grillos y tenebrios (29.04% y 19.32% respectivamente).

Además el contenido promedio en grillos, fue superior al de los tenebrios.

Respecto a la dieta, la avena presentó un contenido promedio menor de FND (33.99%) en comparación a las hojuelas para pez (36.86%), que fue mayor y similar al alimento para gato en crecimiento (36.60%).

CUADRO 4. CONTENIDO PROMEDIO DE FND (%) EN BASE SECA POR ESPECIE

Especie	Medias por mínimos cuadrados	Error estándar
Zophobas	59.08 ^a	0.828
Grillos	29.04 ^b	0.828
Tenebrios	19.32 ^c	0.828

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

**CUADRO 5. CONTENIDO PROMEDIO DE FND (%) EN BASE SECA
POR DIETA**

Tratamiento	Medias por mínimos cuadrados	Error estándar
Avena	33.99 ^a	0.829
Hojuelas para pez	36.86 ^b	0.829
Gato	36.60 ^{ab}	0.829

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$)

6.4 FIBRA ACIDO DETERGENTE (FAD) (Anexo 4).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas únicamente entre especies ($p < 0.01$). Las zophobas presentaron el mayor contenido promedio de FAD (42.23%) en comparación a los grillos (17.99%), quienes presentaron menor contenido de FAD y quedando al final el contenido en el Tenebrio (12.09%) (Cuadro 6).

**CUADRO 6. CONTENIDO PROMEDIO DE FAD (%) EN BASE SECA
POR ESPECIE**

Especie	Medias por mínimos cuadrados	Error estándar
Zophobas	42.23 ^a	0.902
Grillo	17.99 ^b	0.902
Tenebrio	12.09 ^c	0.902

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

6.5 Calcio (Ca) (Anexo 5).

El contenido de calcio promedio por dieta se presenta en el cuadro 7 y por especie se presenta en el cuadro 8.

Entre dietas se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la concentración promedio de calcio, siendo mayor para avena (0.52 %) y menor para hojuelas de pez (0.37%). Respecto a la especie, el grillo (*Acheta domestica*) y zophobas (*Zophobas morio*) presentaron el mayor contenido promedio de calcio (0.52 % y 0.45 % respectivamente) a diferencia de los tenebrios (*Tenebrio molitor*) que presentaron el menor contenido (0.35 %).

CUADRO 7. CONTENIDO PROMEDIO DEL ELEMENTO MINERAL CALCIO (%) EN BASE SECA POR DIETA

Tratamiento	Medias por mínimos cuadrados	Error Estándar
Avena	0.519 ^a	0.026
Hojuelas para pez	0.371 ^b	0.026
Alimento para gato en crecimiento	0.429 ^{a,b}	0.026

Literales diferentes por columna indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

CUADRO 8. CONTENIDO PROMEDIO DEL ELEMENTO MINERAL CALCIO (%) EN BASE SECA POR ESPECIE

Especie	Medias por mínimos cuadrados	Error estándar
Zophobas	0.448 ^a	0.026
Grillos	0.517 ^a	0.026
Tenebrios	0.353 ^b	0.026

Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

6.6 Fósforo (P) (Anexo 6).

En el cuadro 9 se presenta la concentración promedio de fósforo por especie y dieta. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre especie, dieta ni para su interacción ($p > 0.05$).

CUADRO 9. CONCENTRACIÓN PROMEDIO DEL ELEMENTO MINERAL FÓSFORO (%) EN BASE SECA POR ESPECIE Y DIETA.

Especie por dieta	Medias por mínimos cuadrados	Error Estándar
Zophobas A	0.92	0.126
Zophobas H	0.80	0.126
Zophobas G	0.76	0.126
Grillos A	0.86	0.126
Grillos H	0.94	0.126
Grillos G	1.05	0.126
TenebriosA	0.96	0.126
Tenebrios H	0.86	0.126
Tenebrios G	1.08	0.126

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para especie, dieta ni para su interacción ($p > 0.05$).

(A= dieta de avena, H= dieta de hojuelas para pez, G= dieta de alimento para gato en crecimiento).

7. DISCUSIÓN

7.1 Proteína cruda (PC)

Se pudo observar en los resultados obtenidos que los tenebrios no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre dietas por lo que el contenido de proteína cruda de los alimentos proporcionados no afectó el contenido del animal (Cuadro 2). Por otra parte la literatura menciona que debido al tipo de alimentación (fitófago) que se adapta a cualquier medio, los insectos se caracterizan por obtener de las proteínas la fuente de energía principal para su desarrollo por lo cual puede ser razón de que el contenido proteico no se viera afectado de manera considerable en las dietas.^{14,15}

En grillos se puede observar que a mayor contenido de proteína cruda del alimento se encontró un mayor contenido de este analito en el insecto, esto es, los animales que consumieron hojuela para pez y alimento para gato tuvieron un mayor contenido de proteína cruda que los que consumieron avena (55, 51.25 y 36.2 % respectivamente).

El exoesqueleto de los insectos está formado por quitina que contiene nitrógeno, el cual en el análisis químico proximal es reportado como proteína cruda, por lo que los insectos con exoesqueleto más grueso requieren mayor porcentaje de proteína cruda para formar la quitina.^{14,15,20} Por lo tanto, las dietas con menos proteína cruda se reflejarán con un menor contenido de proteína cruda en el insecto.

Este es el caso de los resultados obtenidos en este estudio para los grillos y zophobas alimentados con avena.

Los tenebrios con las tres dietas, tuvieron un porcentaje promedio de PC entre 52.25 y 56.35%, los grillos presentaron un porcentaje de proteína de 36.20 a 55% y las zophobas presentaron un porcentaje promedio de 40.82 a 50.73%. Los grillos se encontraron por debajo de lo mencionado por Rumpold and Schlüter (2013), quienes reportaron en especies silvestres un porcentaje de PC en grillos de 64 a 66%, tenebrios de 47 a 49% y zophobas de 43 a 47%.

7.2 Cenizas

En el presente estudio se puede observar que la dieta no provocó diferencias en el contenido de cenizas de las tres especies, a excepción de los grillos que consumieron avena en comparación con las otras dos dietas (Cuadro 3).

Las zophobas con dieta para gato y avena tuvieron un contenido promedio menor que los tenebrios con cualquier dieta y los grillos con dieta de hojuelas para pez y con dieta para gato.

Los porcentajes de cenizas fueron similares a lo mencionado por Rumpold y Schlüter en insectos silvestres (2 a 3%). Los mismos autores en otro estudio mencionan un contenido de cenizas de *Coleoptera* (tenebrios y zophobas) de 2.5 a 5.7% y en *Orthoptera* (grillos) de 3.6 a 5.1%.

Barker *et al.* (1998), mencionan que el contenido de cenizas es mayor en los tenebrios que en zophobas (3.7 y 0.6% respectivamente) y que los grillos superan a las otras especies (5.1%), lo cual fue similar a los resultados de este estudio respecto al contenido de cenizas en tenebrios y zophobas.

7.3 Fibra Neutro Detergente (FND)

En el presente estudio, el contenido promedio de FND fue mayor en las zophobas que en los grillos y los tenebrios, y a su vez mayor en el grillo que en el tenebrio (Cuadro 4). Esto puede ser explicado por el contenido de quitina (carbohidrato estructural del exoesqueleto) que posee cada uno de los insectos, siendo el tenebrio el que posee un exoesqueleto más blando.

El contenido promedio de FND resultó menor en los insectos alimentados con avena que los alimentados con hojuela para pez (Cuadro 5).

Barker *et al.* (1998) atribuyen niveles altos de FND en los insectos, al contenido intestinal y al tipo de alimento, por lo que por ser la avena un alimento más natural para los insectos, la FND de este alimento, puede ser más digestible que la FND presente en las hojuelas para pez, encontrándose por tanto en mayor proporción en el intestino del insecto y dando una mayor concentración en el análisis.

7.4 Fibra ácido detergente (FAD)

En el presente estudio entre las especies hubo diferencias estadísticamente significativas, siendo las zophobas quienes presentaron un contenido mayor de FAD (42.23%) seguido de los grillos (18%) y tenebrios (12.09%) (Cuadro 6), lo cual coincide con lo descrito por Finke en 2002 quien menciona que la quitina se encuentra en mayor proporción en los insectos de exoesqueleto duro y que ésta es similar estructuralmente a la celulosa, por lo que en estos animales la FAD se encontraría en un porcentaje mayor. Las zophobas, son larvas de insectos con un

exoesqueleto más duro por lo cual es de esperarse que contengan mayor porcentaje de quitina y por tanto de FAD.

Los resultados del presente estudio fueron mayores a lo reportado por Finke (2002), quien menciona porcentajes de 6.3 a 8.4% en zophobas, 9.6 a 10.2% en grillos y excepto en tenebrios, donde reporta 20.4%.

7.5 Calcio (Ca)

Es de importancia mencionar que este elemento mineral es indispensable para el crecimiento adecuado de los animales que consumen a los insectos, así como para el desarrollo y funcionamiento óptimo de órganos y tejidos, especialmente de los huesos y que en estudios previos se ha observado que los insectos son pobres en Ca, por este motivo hay un especial énfasis en el contenido de éste elemento mineral.⁶

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo, es posible observar que la concentración de calcio fue diferente entre especies (Cuadro 8), a pesar de que se esperaba que fuera similar entre tenebrios y zophobas por pertenecer a la misma familia. Tanto los grillos como las zophobas presentaron en promedio, un contenido mayor de calcio (0.5 y 0.45% respectivamente) que los tenebrios (0.35%). Finke (2003) y Allen y Oftedal (1989) mencionan que en los grillos el contenido de Ca puede modificarse por el tipo de dieta. Para el caso de los tenebrios, el menor contenido de este mineral, pudo deberse a que no necesariamente ingirieron aquellos alimentos ricos en calcio sino el que fue más palatable para ellos debido a la presencia de otros nutrientes como aminoácidos, carbohidratos o ácidos grasos.¹⁴ Finke (2003) enfatiza el efecto negativo que

puede ocasionar el Ca en la palatabilidad en los insectos que lo consumen, mencionando que un exceso de este puede promover una disminución de la ingesta y por tanto una menor incorporación de dicho elemento mineral.

Un factor por el cual probablemente los insectos no presentaron el comportamiento esperado sobre la concentración de calcio (1%) pudo haber sido la duración del experimento (15 días), ya que se ha mencionado que en el caso de los tenebrios, el momento adecuado para mejorar el contenido de este mineral, debido al ciclo de vida corto (38 días) es antes de la etapa de pupa, observándose durante el experimento, que en el lapso de una semana, existió una cantidad considerable de pupas.²⁸ Ghaly y Alkoaik (2009) mencionan que entre mayor sea el peso corporal adquirido a lo largo del tiempo se vuelve más difícil que los tenebrios acepten una dieta, por lo cual dejan de comer, pierden peso y entran al estadio de pupa.

En términos generales los insectos (sin importar especie) que presentaron mayor porcentaje de calcio fueron los que consumieron avena, siendo diferentes significativamente a los que consumieron hojuelas para pez (Cuadro 7). Esto es contradictorio respecto al contenido de calcio de estos alimentos, ya que la hojuela para pez contiene una mayor concentración de calcio (1.04 vs 0.44) (Cuadro 1). Esta situación puede deberse a que se sabe que los insectos son muy selectivos al alimentarse, ya que escogen una dieta dependiendo de los nutrientes que contengan o del olor de esta (debido al gran desarrollo de sus sentidos), por lo que algunas especies de insectos, que permanecen durante largos periodos de tiempo en dietas artificiales que no son su fuente de alimento natural, dejan de comer o

disminuyen su consumo, deprimiendo su estado físico. En adición, si la dieta contiene Ca en concentraciones mayores a las requeridas, el exceso será excretado causando estrés.^{14,15} Anderson (1997) proporcionó a grillos y tenebrios ocho dietas diferentes: dietas estándar y alimentos enriquecidos, entre ellos alimentos Plus para tenebrios y grillos, menciona una diferencia en el contenido de Ca entre dietas. El consumo fue mayor en las dietas específicas para insectos en ambas especies, sin embargo, las dietas enriquecidas, cuyos niveles de Ca eran altos, en los grillos no fueron las que contuvieron mayor porcentaje de Ca, esto debido a que prefirieron la dieta específica para su especie. Los tenebrios que consumieron la dieta más elevada en calcio (35% de Ca), presentaron un contenido del 1% de calcio. La segunda dieta que ocasionó un mayor contenido de calcio (0.8%) en el insecto, no fue necesariamente la segunda dieta alta en Ca en su perfil (20%). En el mismo estudio Anderson obtuvo muestras en diferentes periodos de tiempo (24, 48 y 72 horas) concluyendo que los niveles de calcio son afectados tanto por el tiempo como por el tipo de dieta. Los tenebrios presentaron un mayor contenido a las 72 horas y el grillo a las 24 horas.

Allen y Oftedal (1989) proporcionaron a grillos seis dietas, cada una con porcentajes crecientes de calcio (2, 4, 6, 8, 10, 12%) basados en un solo tipo de alimento y se evaluaron a los grillos en diferentes intervalos de tiempo (12, 24, 48, 72, 96 y 120 horas). Mediante la toma de radiografías, mostraron mayor material radio opaco en el tracto gastro intestinal en el lapso de 48 a 120 horas en la concentración de 8 a 12% del alimento, obteniendo en los grillos un porcentaje de 1% de Ca.

La mayoría de los estudios se han realizado en grillos y tenebrios por su fácil manejo y crianza, existiendo escasa información en la especie zophobas y su comportamiento en diferentes dietas. Hasta el momento, sólo se ha evaluado su composición nutricional en vida libre, sin embargo, tuvieron una concentración de Ca similar a los grillos.^{9,19,20}

7.6 Fósforo

Respecto a este elemento mineral, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). El contenido promedio de fósforo en este estudio, fluctuó en los insectos entre 0.76 y 1.08% (Cuadro 9) y no se vio influenciado ni por la especie ni por el tipo de dieta.

Allen y Oftedal (1989) observaron que el contenido de fósforo en dietas con diferentes concentraciones de Ca (2, 4, 6, 8, 10, 12%) y periodo de tiempo (12, 24, 48, 72, 86, 120 horas) no se vió afectado por la duración ni por el tipo de tratamiento manteniendo una concentración de este elemento sin variación (0.66 a 0.78%).

Anderson (1997) menciona que en un trabajo donde se utilizaron dietas con niveles variables de P, el contenido de éste en tenebrios no se afectó por su concentración en la dieta ni por el tiempo, mientras que en los grillos se observó que el tipo de la dieta no modificaba la concentración de P, pero si la duración del experimento, aunque no de manera consistente.

Rumpold y Shlüter (2013) realizaron un perfil nutricional a diferentes familias de insectos silvestres consumibles, reportando en tenebrios un porcentaje de P de

0.69 a 0.75%, en zophobas 0.56 a 0.83% y en grillos 0.79 a 0.95%, lo cual demuestra que la concentración de P en dieta no afecta el contenido en el insecto ya que se mantiene sin cambios y se comporta de manera similar en las diferentes especies. Así mismo, la literatura menciona que las especies fitófagas como estas, necesitan grandes cantidades de fósforo, por este motivo en general aprovechan de manera eficiente este mineral aunque en la dieta haya una concentración de fósforo alta o baja, estando éste siempre disponible.¹⁴

8. CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, parece ser que el depósito de calcio en el insecto no está influenciado por el contenido de este elemento en el alimento, si no por su efecto en la palatabilidad, ya que los que consumieron avena (menor concentración de Ca) tuvieron mayor concentración que los que consumieron hojuelas para pez.
- El fósforo no se ve afectado en el insecto por la concentración de este elemento en la dieta.
- Aunque no fue estadísticamente significativo en todos los casos, el mayor aporte de proteína cruda en la dieta incrementa el contenido de ésta en el insecto.
- De acuerdo a lo esperado, los insectos con exoesqueleto más duro poseen una mayor cantidad de FND y FAD.
- En este estudio se observó finalmente que el tipo de sustrato (alimento) si tiene influencia en el contenido nutricional de los insectos (sobre todo en los grillos y zophobas).
- Como los insectos tuvieron respuestas diferentes en cuanto a cada uno de los elementos medidos en este estudio es difícil establecer cual dieta proporcionada sería la mejor, por ejemplo, si se refiere a un mayor aporte proteico, la dieta de hojuelas para pez incremento el contenido de esta en los insectos, sin embargo esta fue también la que proporcionó menor cantidad de calcio.

9. LITERATURA CITADA

1. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. "Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad": SEMARNAT. [fecha de consulta Julio 2013]. Disponible en:
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/vidasilvestre/Documents/publicaciones/animales-exoticos.pdf>
2. MITCHELL MA, TULLY TN. Manual of exotic pet practice. St. Louis, Missouri: Saunders, 2009.
3. Procuraduría federal de protección al ambiente. "Tráfico ilegal de especies": PROFEPA. [fecha de consulta Julio 2013]. Disponible en:
http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/436/1/mx/trafico_ilegal_de_especies.html.
4. SHIMADA AM. Nutrición animal. México: Trillas, 2009.
5. AGAR S. Small animal nutrition. 1st ed. UK: Butterworth-Heinemann, 2001.
6. HAND *et al.* Nutrición clínica en pequeños animales. Buenos Aires: Intermedica, 2000.
7. ACEVEDO EJ. Aspectos básicos sobre morfología y fisiología de insectos. Manizales: Universidad de Caldas, 1997.
8. CHEN X, FENG Y, CHEN Z. Common edible insects and their utilization in China. Entomol Res. 2009; 39: 299 - 303.
9. RUMPOLD BA, SCHLÜTER OK. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol Nutr Food Res 2013; 57: 802 - 823.

10. JABIR AR, VIKINESWARY S, RASAK RA. Chemical composition and nutrient digestibility of superworm meal in red tilapia juvenile. Pakistan Veterinary Journal. 2012: 32; 489 – 493.
11. MC. GAVIN GC. Manuales de identificación: insectos, arañas y otros artrópodos terrestres. Barcelona: Ediciones Omega, 2000.
12. RESH VH, CARDÉ RT. Encyclopedia of insects. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier, 2009.
13. MOORE J. An introduction to the invertebrates. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
14. NATION JL. Insect physiology and biochemistry. 2nd ed. USA: CRC Press, 2008.
15. HARRISON JF. Ecological and environmental physiology of insects. Oxford: Oxford University Press, 2012.
16. ARNETT RH. American insects: A handbook of the Insects of America North of Mexico. 2nd Ed. Florida: CRC Press, 2000.
17. ELZINGA RJ. Fundamentals of entomology. 4THEd. New Jersey: Prentice hall, 1997.
18. FINKE MD. Complete nutrient content of four species of feeder insects. Zoo Biol 2012: 00; 1-15
19. BARKER D, FITZPATRICK MP, DIERENFELD ES. Nutrient composition of selected whole invertebrates. Zoo Biol. 1998: 17; 123 -134.
20. FINKE MD. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biol 2002: 21; 269 - 285.

21. RICH NC, TALENT LG. The effects of prey species on food conversion efficiency and growth of an insectivorous lizard. *Zoo Biol* 2008; 27; 181 - 187.
22. FINKE MD. Gut loading to enhance the nutrient content of insects as food for reptiles: A mathematical approach. *Zoo Biol* 2003; 22; 147 - 162.
23. FERGUSON GW, *et al.* Indoor husbandry of the panther chameleon *Chamaeleo [Furcifer] pardalis*: Effects of dietary vitamins A and D and ultraviolet irradiation on pathology and life story traits. *Zoo Biol* 1996; 15; 279 - 299.
24. ANDERSON JS. Increasing calcium levels in cultured insects. *Zoo Biol* 2000; 19; 1-19.
25. RUMPOLD BA, SCHLÜTER OK. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative food science and emerging technologies* 2013; 17; 1 - 11.
26. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias: Informe final SNIB – CONABIO, GE001: “Ortopteroides de Oaxaca, México: Orthoptera, Mantodea y Phasmatodea”. [Fecha de consulta Julio 2013]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGE001.pdf>
27. ALLEN EM, OFTEDAL TO. Dietary manipulation of the calcium content of feed crickets. *J of zoo and Wildlife Med* 1989; 20; 26 - 33.
28. L. Li *et al.* Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor L.*) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. *Acta Astronautica* 2012; 3; 1-7.

29. JABIR MDAR, RASAK SA, VIKINESWARY S. Chemical composition and nutrient digestibility of superworm meal in red tilapia juvenile. *Pak Vet J* 2012; 32; 489 - 493.
30. GHALY AE, ALKOAİK FN. The yellow mealworm as a novel source of protein. *Am J of agricultural and biological sciences* 2009; 4; 319 - 331.
31. L. Yi, *et al.* Extraction and characterization of protein fractions from five insect species. *Food Chemistry* 2013; 141; 3341 - 3348.
32. DÍAZER, *et al.* Determination of chitin and protein contents during the isolation of chitin from shrimp waste. *Macromol Biosci* 2006; 6; 340 - 347.
33. AGULLO E., RODRIGUEZ M., RAMOS V., ALBERTENGO L. Present and future role of chitin and chitosan in food *Macromol Biosci* 2003; 3; 521 - 530.
34. FINKE MD. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol* 2007; 26; 105 - 115.
35. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Volume 2, 19a ed. EUA: AOAC Publications Inc, 2012.
36. MEREDITH A, REDROBE S. *BSAVA Manual of exotic pets*. 4th ed. Gloucester: BSAVA, 2002.
37. KUEHL RO. *Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*. 2^a ed. México: Thompson learning, 2000.

10. ANEXOS

ANEXO 1. ANALISIS ESTADISTICO DE PROTEINA CRUDA EN ALIMENTO E INSECTOS

Robust Tests of Equality of Means				
PC				
	Statistic ^a	df1	df2	Sig.
Welch	58.343	8	14.249	.000
a. Asymptotically F distributed.				

PC

Dunnett T3

(I) tratxspeci	(J) tratxspeci	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
1	2	-9.910444808185368E0	2.098006582117357E0	.060
	3	-6.319722048868314E0*	1.242754948905850E0	.022
	4	4.621899667786352E0	.959887064509729	.071
	5	-1.418041592023385E1*	2.261103914281419E0	.018
	6	-1.043221626700480E1*	2.066558906531878E0	.044
	7	-1.432550865876683E1*	2.691850588269642E0	.046
	8	-1.142893734832232E1*	1.495106081281686E0	.002
	9	-1.553575311740815E1*	1.671086109766685E0	.001
2	1	9.910444808185368E0	2.098006582117357E0	.060
	3	3.590722759317053E0	2.073084511522801E0	.865
	4	1.453234447597172E1*	1.916930542690281E0	.017
	5	-4.269971112048481E0	2.804608785564308E0	.949
	6	-5.217714588194298E-1	2.650265126935790E0	1.000
	7	-4.415063850581461E0	3.162166839123668E0	.973
	8	-1.518492540136954E0	2.233513313855825E0	1.000
	9	-5.625308309222781E0	2.354945501522467E0	.546

3	1	6.319722048868314E0 ⁺	1.242754948905850E0	.022
	2	-3.590722759317053E0	2.073084511522801E0	.865
	4	1.094162171665467E1 ⁺	.904118880414009	.001
	5	-7.860693871365534E0	2.237998812440867E0	.203
	6	-4.112494218136483E0	2.041252920995878E0	.739
	7	-8.005786609898514E0	2.672472144452696E0	.341
	8	-5.109215299454007E0	1.459928069321724E0	.162
	9	-9.216031068539834E0 ⁺	1.639687945788201E0	.019
	4	1	-4.621899667786352E0	.959887064509729
2		-1.453234447597172E1 ⁺	1.916930542690281E0	.017
3		-1.094162171665467E1 ⁺	.904118880414009	.001
5		-1.880231558802020E1 ⁺	2.094178119948218E0	.009
6		-1.505411593479115E1 ⁺	1.882460305307214E0	.014
7		-1.894740832655318E1 ⁺	2.553243168297669E0	.020
8		-1.605083701610867E1 ⁺	1.228142207228698E0	.001
9		-2.015765278519450E1 ⁺	1.437191661938746E0	.001
5		1	1.418041592023385E1 ⁺	2.261103914281419E0
	2	4.269971112048481E0	2.804608785564308E0	.949
	3	7.860693871365534E0	2.237998812440867E0	.203
	4	1.880231558802020E1 ⁺	2.094178119948218E0	.009
	6	3.748199653229051E0	2.781162443228187E0	.981
	7	-1.450927385329806E-1	3.272653114985511E0	1.000
	8	2.751478571911527E0	2.387371151652425E0	.995
	9	-1.355337197174300E0	2.501345159651483E0	1.000
	6	1	1.043221626700480E1 ⁺	2.066558906531878E0
2		.521771458819430	2.650265126935790E0	1.000
3		4.112494218136483E0	2.041252920995878E0	.739
4		1.505411593479115E1 ⁺	1.882460305307214E0	.014
5		-3.748199653229051E0	2.781162443228187E0	.981
7		-3.893292391762032E0	3.141390331367919E0	.991
8		-9.967210813175242E-1	2.203999958876974E0	1.000
9		-5.103536850403351E0	2.326972799733460E0	.649

7	1	1.432550865876683E1*	2.691850588269642E0	.046
	2	4.415063850581461E0	3.162166839123668E0	.973
	3	8.005786609898514E0	2.672472144452696E0	.341
	4	1.894740832655318E1*	2.553243168297669E0	.020
	5	.145092738532981	3.272653114985511E0	1.000
	6	3.893292391762032E0	3.141390331367919E0	.991
	8	2.896571310444507E0	2.798751452725142E0	.998
	9	-1.210244458641320E0	2.896583554137662E0	1.000
	8	1	1.142893734832232E1*	1.495106081281686E0
2		1.518492540136954E0	2.233513313855825E0	1.000
3		5.109215299454007E0	1.459928069321724E0	.162
4		1.605083701610867E1*	1.228142207228698E0	.001
5		-2.751478571911527E0	2.387371151652425E0	.995
6		.996721081317524	2.203999958876974E0	1.000
7		-2.896571310444507E0	2.798751452725142E0	.998
9		-4.106815769085827E0	1.838335902608288E0	.626
9		1	1.553575311740815E1*	1.671086109766685E0
	2	5.625308309222781E0	2.354945501522467E0	.546
	3	9.216031068539834E0*	1.639687945788201E0	.019
	4	2.015765278519450E1*	1.437191661938746E0	.001
	5	1.355337197174300E0	2.501345159651483E0	1.000
	6	5.103536850403351E0	2.326972799733460E0	.649
	7	1.210244458641320E0	2.896583554137662E0	1.000
	8	4.106815769085827E0	1.838335902608288E0	.626

ANEXO 2. ANALISIS ESTADISTICO DE CENIZAS EN ALIMENTO E INSECTOS

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	8.684531	1.08557	14.4536
Error	36	2.703846	0.07511	Prob > F
C. Total	44	11.388377		<.0001

EffectTests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio
Especie	2	2	5.9249845	39.4437
TX	2	2	1.4293424	9.5154
TX*Especie	4	4	1.3302043	4.4277

ANEXO 3. ANALISIS ESTADISTICO DE FIBRA NEUTRO DETERGENTE EN ALIMENTO E INSECTOS

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	13062.978	1632.87	158.4026
Error	36	371.101	10.31	Prob> F
C. Total	44	13434.079		<.0001

EffectTests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob> F
Especie	2	2	12891.110	625.2741	<.0001
TX	2	2	75.905	3.6817	0.0351
TX*Especie	4	4	95.963	2.3273	0.0748

ANEXO 4. ANALISIS ESTADISTICO DE FIBRA ACIDO DETERGENTE FAD EN ALIMENTO E INSECTOS

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	7731.3981	966.425	79.1298
Error	36	439.6740	12.213	Prob> F
C. Total	44	8171.0720		<.0001

EffectTests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob> F
Especie	2	2	7655.6284	313.4170	<.0001
TX	2	2	11.1003	0.4544	0.6384
TX*Especie	4	4	64.6693	1.3238	0.2798

ANEXO 5. ANALISIS ESTADISTICO DE CALCIO EN ALIMENTO E INSECTOS

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	0.42981111	0.053726	5.1345
Error	36	0.37670000	0.010464	Prob> F
C. Total	44	0.80651111		0.0003

EffectTests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob> F
TX	2	2	0.16763444	8.0101	0.0013
Especie	2	2	0.20418778	9.7568	0.0004
Especie*TX	4	4	0.05798889	1.3855	0.2584

ANEXO 6. ANALISIS ESTADISTICO DE FOSFORO EN ALIMENTO E INSECTOS

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	0.4430135	0.055377	0.6945
Error	36	2.8703609	0.079732	Prob> F
C. Total	44	3.3133745		0.6938

EffectTests

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob> F
TX	2	2	0.06897526	0.4325	0.6522
Especie	2	2	0.16440813	1.0310	0.3669
Especie*TX	4	4	0.20963014	0.6573	0.6256