

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE HARINA DE CUCARACHA (*NAUPHOETA CINEREA* Y *SHELFORDELLA TARTARA*) Y UTILIZACIÓN EN SUSTITUTO DE LECHE PARA CRIANZA ARTIFICIAL DE CABRITOS

TESIS

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

Presenta:

MAURICIO CERVANTES SILVA

Bajo la supervisión de: **Laura Haydée Vallejo Hernández, Dra.**



APROBADA



Chapingo, Estado de México, junio de 2024.



**Caracterización química de harina de cucaracha
(*Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*) y utilización en
sustituto de leche para crianza artificial de cabritos**

Tesis realizada por **Mauricio Cervantes Silva** bajo la supervisión del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:


Dra. Laura Haydée Vallejo Hernández

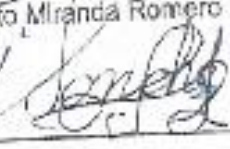
CODIRECTOR:


Dra. Rosy Gabriela Cruz Monterrosa

ASESOR:


Dr. Luis Alberto Miranda Romero

ASESOR:


M.C. Carlos Sánchez del Real

ASESOR:


Dra. Marcela Karina Castelo

Contenido

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
ABREVIATURAS	ix
DEDICATORIAS.....	xiii
AGRADECIMIENTOS	xiv
DATOS BIOGRÁFICOS	xv
RESUMEN GENERAL	xvi
GENERAL ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Caprinocultura en México	3
2.1.1. Producción de leche de cabra	3
2.1.2. Productos y comercialización	3
2.1.3. Crianza artificial de cabritos	3
2.1.4. Uso de sustitutos de leche	4
2.2. Importancia de los insectos como fuente de proteína	5
2.3. Las cucarachas en alimentación animal	6
2.3.1. Cucaracha <i>Periplaneta americana</i>	6
2.3.2 Cucaracha <i>Gromphadorhina portentosa</i>	8

2.4. Importancia de los insectos sobre el medio ambiente.....	10
2.5. Desarrollo de los insectos	10
2.6. Requerimientos ambientales de los insectos	11
2.6.1. Temperatura y humedad	11
2.7. Cría de insectos en cautiverio	12
2.7.1. Grillo doméstico (<i>Acheta domestica</i>)	13
2.7.2. Larvas de moscas soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	14
2.7.3. Gusanos de la harina (<i>Tenebrio molitor</i>)	15
2.7.4. Cucarachas	16
2.8. Generalidades de las cucarachas y clasificación taxonómica.....	17
2.8.1. Morfología y tamaño corporal	17
2.8.2. Distribución geográfica y hábitat	18
2.8.3. Comportamiento	18
2.8.4. Alimentación.....	19
2.8.5. Comportamiento reproductivo	19
2.9. Cucaracha <i>Nauphoeta cinerea</i>	21
2.9.1. Clasificación taxonómica	22
2.9.2. Distribución geográfica	22
2.9.3. Comportamiento	22
2.9.4. Ecología de la alimentación.....	23
2.9.5. Biología reproductiva.....	23
2.10. Cucaracha <i>Shelfordella tartara</i>.....	23
2.10.1. Clasificación taxonómica	24
2.10.2. Distribución geográfica	24
2.10.3. Comportamiento	24
2.10.4. Ecología de la alimentación.....	25
2.10.5. Biología reproductiva.....	25
2.11. Literatura citada.....	26

3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HARINA DE CUCARACHA Y SU EFECTO EN LA CRIANZA ARTIFICIAL DE CABRITOS.....	33
3.1. Resumen	33
3.2. Abstract	34
3.3. Introducción	35
3.4. Materiales y Métodos	36
3.4.1. Localización	36
3.4.2. Cría de las cucarachas (<i>Nauphoeta cinerea</i> y <i>Shelfordella tartara</i>) ..	36
3.4.3. Elaboración de harina de cucaracha	37
3.4.4. Costo de producción kg ⁻¹ de harina de cucaracha (<i>Nauphoeta cinerea</i>)	37
3.4.5. Análisis químico proximal, aminograma y determinación de fibras ..	38
3.4.6. Elaboración del sustituto de leche	38
3.4.7. Prueba de comportamiento en cabritos.....	40
3.4.8. Sacrificio de los cabritos y características de la canal.....	42
3.4.9. Composición química y pérdida de agua por cocción de la carne de cabrito.....	42
3.4.10. Costo de cabrito destetado.....	42
3.4.11. Modelo estadístico y variables a medir.....	42
3.5. Resultados y Discusión	44
3.5.1. Costo de producción de harina de cucaracha (<i>Nauphoeta cinerea</i>). ..	44
3.5.2. Análisis químico, aminograma y determinación de fibras	46
3.5.3. Prueba de comportamiento en cabritos.....	50
3.5.4. Características de la canal	52
3.5.5. Composición química y pérdida de agua por cocción de la carne de cabrito.....	53
3.5.6. Costo de cabrito destetado.....	54
3.6. Conclusiones	54
3.7. Literatura citada.....	55

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química ^z de la harina de cucarachas <i>Periplaneta americana</i>	6
Cuadro 2. Composición química ^z de la harina de cucarachas <i>Gromphadorhina portentosa</i>	8
Cuadro 3. Contenido de aminoácidos en <i>Tenebrio molitor</i> , <i>Gromphadorhina portentosa</i> y harina de pescado y pasta de soya ^z	9
Cuadro 4. Insumos ^z utilizados para la formulación del sustituto lácteo.....	39
Cuadro 5. Formulación del sustituto de leche con inclusión de harina de cucaracha para la crianza artificial de los cabritos.....	40
Cuadro 6. Aporte nutricional de los tratamientos ^z	41
Cuadro 7. El costo de producción de 21.3 kg de harina de <i>cucaracha Nauphoeta cinerea</i>	45
Cuadro 8. Resultados del análisis de las harinas de <i>Nauphoeta cinerea</i> y <i>Shelfordella tartara</i>	47
Cuadro 9. Aminograma de las harinas de cucarachas e ingredientes proteicos.	49
Cuadro 10. Variables productivas de los cabritos.....	50
Cuadro 11. Variables ^z de la canal de cabritos recién sacrificados y a las 24 h.	52
Cuadro 12. Composición química y pérdida de agua por cocción de la carne de cabrito ^z	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Nauphoeta cinerea</i>	22
Figura 2. <i>Shelfordella tartara</i>	24
Figura 3. Sistema de sensores.	37
Figura 4. Crianza de cucarachas.	37
Figura 5. Proceso de elaboración de harina de cucaracha.	37
Figura 6. Cabritos alojados en corrales por tratamiento, con focos infrarrojos de 250 Watts.	40

ABREVIATURAS

Abreviaturas	Palabras	Significado
CP	Costo de producción	
CQ	Composición química	
HC	Harina de cucaracha	
MS	Materia seca	
Cen	Cenizas	
EE	Extracto etéreo	
PC	Proteína cruda	
ELN	Extracto libre de nitrógeno	
FC	Fibra cruda	
FDN	Fibra detergente neutro	
FDA	Fibra detergente ácido	
EM	Energía metabolizable	
Ca	Calcio	
Mg	Magnesio	
Fe	Hierro	

K	Potasio	
P	Fósforo	
Na	Sodio	
Mn	Manganeso	
Cu	Cobre	
Zn	Zinc	
Dig	Digestibilidad	
HLTM	Harina de larvas de <i>Tenebrio molitor</i>	
HGP	Harina de <i>Gromphadorhina portentosa</i>	
HP	Harina de pescado	
PS	Pasta de soya	
N.D.	No detectado	
SL	Sustituto lácteo	
NC	<i>Nauphoeta cinerea</i>	
ST	<i>Shelfordella tartara</i>	
CC	Característica de la canal	
EAA	Eficiencia alimenticia aparente	

NVM	Núcleo de vitaminas y minerales	
Vit	Vitamina	
GB	Grasa butírica	
LE	Leche entera	
Sab	Saborizante	
Ant	Antioxidante	
SLe	Suero de leche	
SC	Sustituto lácteo comercial	
SCIHC	Sustituto con inclusión de harina de cucaracha	
NIR's	Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (por sus siglas en inglés)	
GDP	Ganancia diaria de peso	
PVC	Peso vivo del cabrito	
pHCC	pH de la canal caliente	
pHCF	pH de la canal fría	
RCC	Rendimiento de la canal caliente	
RCF	Rendimiento de la canal fría	

G	Grasa	
Hu	Humedad	
C	Colágeno	
PAC	Pérdida de agua por cocción	
C Kg ⁻¹ CD	Costo por kg de cabrito destetado	

DEDICATORIAS

Con todo mi amor a mi madre Antonia Silva Ortega, por su gran esfuerzo, sacrificio y constancia con los que ha sacado adelante a mis hermanos y a mí, por apoyarme de manera incondicional durante todos estos años, por su cariño y por nunca dudar de mí.

A mi padre Atilano Cervantes Carabes, por sus grandes consejos que me han ayudado a llegar hasta donde ahora estoy.

Con mucho cariño y respeto a mis hermanos: Ricardo, María Guadalupe, Rubén, Analicia, Esmeralda, María Leticia y Patricia, por siempre estar ahí cuando los necesitaba, por su apoyo y por ser parte de mi vida.

A Miranda Coronado Bernal, por apoyarme en todas las decisiones, por nunca dudar de mis capacidades y ser una persona muy linda conmigo.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico brindado para poder desarrollar mis estudios de posgrado y haber concluido de manera satisfactoria.

A la Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia y Posgrado en Producción Animal, por formarme profesionalmente en sus aulas, instalaciones y con sus excelentes profesores.

A la Dra. María Magdalena Crosby Galván por darnos acceso al Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Posgraduados Campus Montecillos.

Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Subirán, por su colaboración en la presente investigación.

A la Granja Experimental UACH, por el apoyo con el espacio y suministro de algunos insumos para llevar a cabo el experimento.

Al Dr. José Ricardo Bárcena Gama, jefe de la Unidad Metabólica y de Nutrición de Rumiantes del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, por apoyarnos con algunos insumos para la realizar la investigación.

A la Dra. Rosy Gabriela Cruz Monterrosa, por la gestión de recursos para los análisis de laboratorio.

Con mucho cariño y aprecio a los Dres. Carlos Enrique Moreno Alvares y Jesús Antonio García Martínez por su participación en la planeación, construcción y actividades durante todo el proceso de investigación, así mismo a todos y cada uno de los investigadores y colaboradores del **Círculo de Investigación, Capacitación y Desarrollo Agrícola (CICDA)**.

DATOS BIOGRÁFICOS



Datos personales

Nombre	Mauricio Cervantes Silva
Fecha de nacimiento	09 de octubre de 1995
Lugar de nacimiento	Tumbiscatío de Ruis, Mich. México.
CURP	CESM951009HMNRLR02
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Cédula Profesional	12914297

Desarrollo académico

Maestría (2022-2023)	Universidad Autónoma Chapingo Posgrado en Producción Animal Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera
Licenciatura (2017-2021)	Universidad Autónoma Chapingo DEIS Zootecnia Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Preparatoria (2013-2016)	Centros de Educación y Capacitación Forestal 01 Técnico Forestal con Bachillerato

RESUMEN GENERAL

Caracterización química de harina de cucaracha (*Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*) y utilización en sustituto de leche para crianza artificial de cabritos¹

La harina de insectos presenta buen aporte nutricional y su utilización en alimentación animal está desaprovechada, sin embargo, para ser empleada en la formulación de raciones para animales de interés zootécnico, se requiere una caracterización química del producto. El objetivo del estudio fue establecer un sistema de producción de cucarachas, para determinar costo de producción (CP), coliformes totales y composición química (CQ), así como evaluar el efecto de la harina de cucaracha (HC) en la crianza artificial de cabritos. Se estudiaron dos especies de cucarachas: *Nauphoeta cinerea* (NC) y *Shelfordella tartara* (ST). Para estimar el CP kg⁻¹ de HC se realizó una sumatoria de todo lo invertido, amortiguado en los años de vida útil de cada insumo; en la CQ se determinó el análisis proximal, fibras y aminograma; mientras que en la prueba de comportamiento con los cabritos se midieron variables productivas y de calidad de la carne. Los resultados indican que el CP fue de \$ 357.5 MXN, el contenido de proteína fue de 55.38 % y 52.55 % para harina de NC y ST, respectivamente, y que la carga bacteriana no representa un riesgo para la salud del animal. No se observaron diferencias ($p>0.05$) en los parámetros productivos de los cabritos. Se concluye que la HC es una excelente fuente de proteína que no afecta las variables productivas y de calidad de la carne en cabritos, sin embargo, su CP es elevado.

Palabras clave: harina de insectos, composición química, nutrición animal.

¹Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Mauricio Cervantes-Silva
Director: Laura Haydée Vallejo-Hernández

GENERAL ABSTRACT

Chemical characterization of cockroach flour (*Nauphoeta cinerea* and *Shelfordella tartara*) and use as a milk substitute for artificial rearing of kids²

Insect meal has a good nutritional contribution, and wastes its use in animal feed; however, a chemical characterization of the product is required to be used in the formulation of rations for animals of zootechnical interest. The objective of the study was to establish a cockroach production system, to determine the cost of production (CP), total coliforms, and chemical composition (CQ), as well as to evaluate the effect of cockroach meal (HC) on the artificial rearing of goats. Two species of cockroaches were studied: *Nauphoeta cinerea* (NC) and *Shelfordella tartara* (ST). To estimate the CP kg⁻¹ of HC, a sum of all the invested cushioned in the years of the useful life of each input was made; in the CQ, the proximal analysis, fibers, and aminogram were determined, while in the behavior test with the kids, productive variables and meat quality were measured. The results indicate that the CP was \$357.5 MXN, the protein content was 55.38 % and 52.55 % for NC and ST meal, respectively, and the bacterial load does not risk the animal's health. No differences ($p>0.05$) were observed in the productive parameters of the kids. In conclusion, HC is an excellent source of protein that does not affect the productive and quality variables of meat in kids; however, its CP is high.

Keywords: Insect meal, chemical composition, animal nutrition.

²Master Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Mauricio Cervantes-Silva
Advisor: Laura Haydée Vallejo-Hernández

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El 80 % de los costos de producción animal en los sistemas estabulados corresponde al concepto de alimentación (Núñez-Torres, 2017), por lo que el incremento constante de los precios en los insumos, específicamente proteicos, es motivo de preocupación para los productores. De acuerdo con Schultz (2019), la pasta de soya (PS) es la principal fuente de proteína en la industria de elaboración de alimentos para animales. En el 2020, México importó más de 5.7 millones de toneladas de proteína de soya para alimentación animal, de la cual 85.5 % provino de los Estados Unidos de América y el 14.5 % de Brasil (OPPORTIMES, 2021). Con el objetivo de sustituir total o parcialmente la pasta de soya en la elaboración de alimentos, se estudian alternativas para reducir los costos y mejorar la productividad en los sistemas pecuarios.

En México las industrias que elaboran alimentos balanceados utilizan fuentes de proteína vegetal y animal, esta última aporta además de proteína, minerales y aminoácidos esenciales. Sin embargo, se requiere contar con infraestructura especializada que genera un alto costo de inversión (Núñez-Torres, 2017); además, su uso en alimentación de rumiantes está limitado. Una fuente potencial de proteína y nutrientes de alta calidad no convencional es la producción de insectos, puesto que requiere poca infraestructura (FAO, 2020).

De acuerdo con la FAO (2014), la crianza de insectos como fuente de nutrientes en la alimentación animal presenta ventajas como: mayor eficiencia en conversión alimenticia, tienen un ciclo de vida corto, el espacio que requieren para su producción es pequeño y se pueden alimentar con desechos orgánicos. La harina de cucarachas contiene 70 % PC (Contreras et al., 2018; Pérez, 2019), su producción requiere menor cantidad de recursos y provoca menor impacto ambiental que las fuentes proteicas convencionales (FAO, 2020). El objetivo de la presente investigación fue evaluar un sistema de producción de harina de *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*, para determinar su composición

nutrimental y su uso en la elaboración de un sustituto lácteo para crianza artificial de cabritos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Caprinocultura en México

La producción de cabras es común en las regiones áridas y semiáridas, se pastorean en tierras comunales con poca productividad, pero contribuyen al sustento de las familias de productores con escasos recursos (Echavarría et al., 2006).

2.1.1. Producción de leche de cabra

En 2021, el volumen de producción de leche de cabra en México superó los 165 millones de litros (SADER, 2017; Statista Research Department, 2022). Los productos lácteos provenientes de las cabras presentan una creciente demanda; siendo las regiones de la Comarca Lagunera y el Bajío las más importantes en la industria tecnificada del país, destinando su producción de leche a la industria de lácteos y confitería, utilizando principalmente las razas Alpina, Anglo-Nubia, Saanen y Toggenburg (SADER, 2017).

2.1.2. Productos y comercialización

La venta de leche y cabrito son los principales productos de este sistema de producción, las cabras adultas no se venden y cuando lo hacen se comercializan a intermediarios con base en su peso vivo (Escareño et al., 2011). La mayoría de los productores concuerdan en que la comercialización de la leche no enfrenta dificultades, pero las principales compañías que se dedican a la compra de este producto generalmente están pagando precios bajos e injustos, especialmente durante los periodos en que existe una sobreproducción (SADER, 2017).

2.1.3. Crianza artificial de cabritos

La lactancia artificial es una práctica que consiste en la separación del cabrito de la madre, para evitar el establecimiento de la relación maternofilial y la adaptación a las tetinas de amamantamiento y a la conducta de succión (Granado et al.,

2018). Además, esta práctica permite destinar una mayor cantidad de leche para la venta o la elaboración de quesos (Luparia et al., 2009). De acuerdo con Granado et al. (2018), en los sistemas de producción que utilizan razas lecheras especializadas, la lactancia artificial es una práctica común, puesto que la leche representa del 75 al 85 % de los ingresos totales y el cabrito es sólo un producto secundario. La crianza de las hembras es también importante ya que sustituirán a las cabras que salen del sistema. La crianza artificial es una alternativa para: aprovechar al máximo la producción de leche de las cabras, la crianza de los cabritos para reemplazo y para venta, destetar en menor tiempo y con mayores pesos, aumentar los ingresos y mejorar la calidad de vida de los caprinocultores (Ríos & Hernández, 2014).

2.1.4. Uso de sustitutos de leche

Puesto que la leche de cabra tiene mayor valor económico que un sustituto lácteo, sobre todo en otoño-invierno, la crianza artificial se está practicando cada vez más (Ríos & Hernández 2014). La crianza artificial de cabritos con sustitutos lácteos presenta ventajas técnicas y económicas con respecto a la lactancia natural, algunas de ellas son: rompe la relación cabrito-madre y ayuda a la eyección de la leche durante el ordeño mecánico sin la necesidad del que cabrito este presente; el periodo de lactancia se acorta, se puede iniciar la venta de los cabritos a partir de los 30 días de edad, el total de la leche se puede destinar para la venta y a la elaboración de quesos y dulces, y para obtener un mayor rendimiento económico (Granado et al., 2018; Ríos & Hernández, 2014).

La mayoría de los sustitutos de leche comercial basan su fórmula en leche de vaca, granos de cereales y grasas vegetales (Bañón et al., 2006), para lo cual se requiere conocer el valor nutritivo de los ingredientes, sobre todo de los insumo proteínicos, en los que se debe considerar el perfil de aminoácidos, la digestibilidad, la capacidad para formar cuajo, la baja solubilidad, la palatabilidad y que no exceda el precio de la leche entera (Quintero, 2007). Los ingredientes utilizados con mayor frecuencia son los derivados de la industria láctea (leche descremada, mantequilla, suero de leche, suero deslactosado, caseinatos,

albúmina de leche, etc.); de origen vegetal (soya y sus derivados; proteína de soya modificada, aislado de proteína de soya, pasta de soya; gluten de trigo, etc.), y proteínas de ingredientes derivados de la industria cárnica (plasma, suero bovino, proteínas de pescado, huevo) (Bacha & Villamide, 2015). La sustitución total o parcial de las proteínas de la leche con proteínas alternativas puede ser económicamente beneficioso; sin embargo, los procesos de elaboración, las restricciones sanitarias y el perfil de aminoácidos de estas fuentes no permite hacer uso constante de ellas (Bacha & Villamide, 2015; Hill et al., 2008). No existen reportes del uso de harina de insectos como fuente de proteína en sustitutos lácteos.

2.2. Importancia de los insectos como fuente de proteína

Los insectos son una de las mayores biomásas de la tierra, constituida por un contenido de proteína que oscila del 60 al 70 % y de 7 al 26 % de grasa (Arango, 2005; Boateng et al., 2018; Ukoroije & Bawo, 2020). El consumo de artrópodos por el hombre es común en diversas partes del mundo, principalmente en regiones de Asia, África y América Latina (FAO, 2020). De acuerdo con Avendaño et al. (2020) y FAO (2020), esta práctica se le conoce como entomofagia. Su uso en la producción de concentrados en la alimentación ha sido importante debido a los altos costos de las materias primas (Arango, 2005).

Los principales insectos consumidos por el hombre son: escarabajos (Coleoptera) 31 %, orugas (Lepidoptera) 18 %, abejas, avispas y hormigas (Hymenoptera) 14 %, saltamontes, langostas y grillos (Orthoptera) 13 %, cigarras, fulgoromorfos, saltahojas, cochinillas y chinches (Hemiptera) 10 %, termitas (Isóptera) 3 %, libélulas (Odonata) 3 %, moscas (Diptera) 2 % y otros 5 %, en este último apartado entran los insectos del orden Blattodea (Arango, 2005; Avendaño et al., 2009). Muchos de los ejemplos mencionados anteriormente podrían tener gran importancia económica, ya que larvas y ninfas de algunas especies, se encuentran en estiércol, en la acumulación de basura y desperdicios vegetales generados por la producción pecuaria y desechos domésticos, donde cumplen el papel de degradarlos y convertirlos en abono, mientras que, a su vez,

producen biomasa que puede ser empleada para la alimentación de animales de interés zootécnico (Arango, 2005).

En 2014, en el marco de la primera conferencia internacional sobre la importancia de los insectos como alimento humano y su utilización para la elaboración de alimentos balanceados, los líderes de la industria, criadores de insectos y científicos concluyeron que los insectos son una alternativa viable para la elaboración de dietas balanceadas, siendo una solución para el problema del déficit de proteína (FAO, 2014).

2.3. Las cucarachas en alimentación animal

2.3.1. Cucaracha *Periplaneta americana*

En China existen granjas de cucarachas de la especie *Periplaneta americana* (cucaracha doméstica), donde destinan parte de la producción a la industria farmacéutica y el resto a la alimentación de animales de granja. Investigadores como Boateng et al. (2018) y Ukorioje y Bawo (2020) han realizado análisis químicos evaluando la harina de cucaracha doméstica (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química² de la harina de cucarachas *Periplaneta americana*.

Determinación	Boateng et al., 2018.	Ukorioje & Bawo, 2020.
.....(%).....		
MS	97.50	87.58
Cen	4.91	3.52
EE	26.93	7.64
PC	53.04	8.72
ELN	0.40	48.76
FC	12.22	21.28
EM	4.18	-
.....(mg ⁻¹ 100 g).....		

Ca	174.00	468.00
Mg	301.00	362.00
Fe	10800.00	274.60
K	812.00	245.20
P	464.00	128.76
Na	285.00	110.68
Mn	-	12.63
Cu	-	7.54
Zn	9800.00	4.74

²MS: materia seca, Cen: cenizas, EE: extracto etéreo, PC: proteína cruda, ELN: extracto libre de nitrógeno, FC: fibra cruda, EM: energía metabolizable (Mcal kg⁻¹ de MS), Ca: Calcio, Mg: Magnesio, Fe: Hierro, K: Potasio, P: Fósforo, Na: Sodio, Mn: Manganeseo, Cu: cobre, Zn: Zinc.

Boateng et al. (2018) llevaron a cabo una prueba de comportamiento, donde se evaluó el efecto de la harina de cucaracha *Periplaneta americana* en el crecimiento de ratas albinas. Utilizaron doce machos con un peso promedio de 67.5 g, recibieron al azar tres tratamientos dietéticos; el testigo y dos más que incluían 2 y 4 % de harina de cucaracha. Cada tratamiento tenía cuatro ratas, se les proporcionó alimento y agua *ad libitum*. El experimento duró 28 días y al finalizar, las ratas fueron sacrificadas, no encontraron diferencias ($p=0.35$) en el consumo y ganancia diaria de peso (GDP), sin embargo, encontraron una tendencia en donde la conversión alimenticia (CA) disminuye conforme se incluye la harina de cucaracha (HC), también encontraron que se reduce el costo de alimentación entre un 3 y 7 %.

Orire et al. (2019) investigaron los efectos de la inclusión de harina de *Periplaneta americana*, en dietas de alevines (*Clarias gariepinus*) sustituyendo parcialmente la harina de pescado; mostraron diferencias ($p<0.05$) para crecimiento, ganando mayor peso, menor conversión alimenticia y una tasa de supervivencia del 62 %, por lo que los autores concluyeron que la harina de cucarachas puede sustituir la harina de pescado en un 10 %.

2.3.2 Cucaracha *Gromphadorhina portentosa*

Contreras et al. (2018) y Pérez (2019) investigaron la composición nutricional de harina de *Gromphadorhina portentosa* y evaluaron su aprovechamiento potencial en pollos de engorda mediante digestibilidad *in vitro* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química² de la harina de cucarachas *Gromphadorhina portentosa*.

Determinación (%)	Pérez (2019)	Contreras et al. (2018)
MS	96.18	97.59
Cen	4.54	4.25
EE	12.02	24.46
PC	68.73	60.80
FC	14.95	-
ELN	5.13	8.30
FDN	32.90	-
FDA	57.06	-
Dig	90.43	33.90

²MS: materia seca, Cen: cenizas, EE: extracto etéreo, PC: proteína cruda, FC: fibra cruda, ELN: extracto libre de nitrógeno, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, Dig: digestibilidad.

Contreras et al. (2018) reportaron la ausencia de microorganismos patógenos (*Salmonella* spp y *Escherichia coli*) y realizaron una prueba de comportamiento en pollos en etapa de iniciación, adicionando HC. Se utilizaron 99 pollos de la línea Ross, distribuidos en un diseño completamente al azar con tres tratamientos (T1 = dieta testigo; T2 = T1 + 5 % de inclusión de harina de cucaracha y T3 = T1 + 10 % de inclusión de harina de cucaracha); no observaron diferencias ($p \geq 0.05$) en GDP; sin embargo, para consumo de alimento, se observó una diferencia de 1 kg para la CA en la tercer semana ($p < 0.05$).

Pérez (2019) determinó la digestibilidad *in vitro* y composición química de las harinas de *Tenebrio molitor* y *Gromphadorhina portentosa* y encontró que la digestibilidad de HC fue en promedio 7.5 % superior con respecto a la harina de

larvas de *T. molitor*, harina de pescado y proteína de soya. El perfil de aminoácidos de la harina de larvas de *T. molitor* fue similar al de la harina de pescado y superior al de la harina de soya, por lo que *T. molitor* y *G. portentosa* contienen un perfil superior de aminoácidos esenciales que la proteína de soya (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos en *Tenebrio molitor*, *Gromphadorhina portentosa* y harina de pescado y pasta de soya^z.

Aminoácidos (mg g ⁻¹ PC)	HLTM	HGP	HP	PS
Aminoácidos esenciales				
Valina	49.67	38.52	47.91	38.97
Leucina	39.81	54.90	55.95	34.46
Isoleucina	36.67	33.08	39.25	24.65
Metionina	3.03	7.93	9.78	7.07
Treonina	61.37	23.53	120.46	20.36
Fenilalanina	73.67	52.96	172.94	36.96
Cisteína	23.97	20.03	N.D.	16.78
Lisina	66.99	89.51	104.02	51.40
Histidina	72.92	127.20	62.77	N.D.
Tirosina	11.05	40.04	11.05	60.04
Aminoácidos no esenciales				
Alanina	44.25	34.90	51.80	24.67
Glicina	45.69	28.15	155.32	10.76
Prolina	41.78	24.37	128.48	23.62
Serina	2.96	N.D.	14.40	2.54
Ácido aspártico	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Ácido glutámico	28.23	N.D.	3.25	N.D.
Glutamina	N.D.	3.19	N.D.	131.92

^z PC: proteína cruda, HLTM: harina de larvas de *Tenebrio molitor*; HGP: harina de *Gromphadorhina portentosa*, HP: harina de pescado, PS: pasta de soya, N.D.: no detectado. Fuente: Pérez, 2019.

2.4. Importancia de los insectos sobre el medio ambiente

Existe una gran diversidad de insectos consumidos por el hombre, los cuales son una alternativa para diversificar las dietas, contribuir a la seguridad alimentaria y elaborar alimentos balanceados para animales. De acuerdo con la FAO (2021), Jiménez (2017) y Smetana et al. (2023), los insectos pueden reducir el impacto ambiental de la producción ganadera entre un 40 y 97 %, en los rubros de uso de la tierra y utilización de combustibles fósiles, estos beneficios, combinados con el interés en explorar fuentes alternativas de alimentos que sean nutritivas y ambientalmente sostenibles, están estimulando la producción comercial de insectos para después convertirlos en harinas y utilizarlas como fuentes de proteína para humanos y animales.

La cría de insectos, como una opción para producir proteína no convencional, no requiere de un gran espacio y es una fuente alternativa de nutrientes (FAO, 2014). Una opción viable es la cría de cucarachas para la generación de nutrientes, gracias a su ciclo de vida corto, espacio de producción pequeño y, de acuerdo con Contreras et al. (2018) y Pérez (2018), su contenido de proteína es de aproximadamente 70 %, utilizando así una menor cantidad de recursos y menor impacto ambiental para producir biomasa, con la cual elaborar harina y alimentar animales.

2.5. Desarrollo de los insectos

El crecimiento de larvas y ninfas de insectos y crustáceos es continuo, pero el crecimiento del exoesqueleto no lo es (Gullan & Cranston, 2014). Por tal motivo ocurre la ecdisis proceso más conocido como muda del exoesqueleto, que determina el cambio de estadio (CE) de desarrollo, dicho proceso ocurre hasta que el insecto alcanza su etapa adulta de su ciclo de vida (Contador et al., 2014; Reyes, 2018), alcanzando con ello la madurez sexual (Chacón et al., 2009).

2.6. Requerimientos ambientales de los insectos

En la naturaleza las poblaciones de los insectos se encuentran sometidas a diversos factores abióticos como temperatura, humedad relativa y fotoperiodo (Navarro, 2020) y, de acuerdo con Marco & Pérez (2001) y Navarro (2020), los insectos son capaces de sobrevivir únicamente dentro de ciertos límites de estos factores ambientales. Dentro de este rango, dichos factores modulan su dinámica poblacional y el desarrollo de los individuos, debido a que estos factores interactúan entre ellos de formas complejas, influenciando el crecimiento o disminución de las poblaciones dentro de un balance evolutivo y ecológico (Marco & Pérez, 2001).

La temperatura ejerce un mayor efecto sobre el desarrollo de los insectos, debido a su importancia en la regulación de procesos tales como la sobrevivencia, desarrollo, reproducción, dispersión y potencial biogeográfico de los individuos o poblaciones. Esto es debido principalmente a su importante incidencia sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos, al ser organismos poiquiloterms, es decir, "de sangre fría". Por tanto, la utilización la temperatura como regulador del crecimiento de los insectos debido a su influencia sobre el tiempo de desarrollo y como instrumento de predicción, ha sido ampliamente utilizada (García-Robledo et al., 2016; Wagner et al., 1984). La temperatura en la que comienza a ocurrir el crecimiento se le conoce como umbral mínimo de desarrollo, es difícil de medir con precisión, a medida que las temperaturas suben desde ese límite inferior, la tasa de desarrollo aumenta y conforme se acerca a la temperatura óptima (aquella en que la tasa de desarrollo es máxima), el desarrollo comienza a ralentizarse, para caer después bruscamente, a temperaturas superiores a la óptima, y cercanas al límite superior de tolerancia, donde los porcentajes de mortalidad son muy elevados (Pedido, 1996).

2.6.1. Temperatura y humedad

Cheong et al. (2015) mencionan que la velocidad de desarrollo con la que se presentan los CE en los insectos se puede ver influenciada por diferentes factores

y señales ambientales como nutrición, fotoperiodo, densidad de población, temperatura y humedad. En *Triatoma brasiliensis* un rango de temperatura de 25 a 27 °C resulta adecuado para el proceso de ecdisis y con ellos su CE, mientras que a 12, 19 y 21 °C este proceso no se presenta, mientras que a los 38 °C las ninfas mueren a los 10 días de exposición, prefiriendo temperaturas cercanas a 32 °C (Guarneri et al., 2003). Los valores bajos e intermedios de temperatura el CE podría estar influenciado por el consumo de alimento, como sugieren Pires et al. (2002), quienes mencionan que existe una relación significativa entre estas tres variables y esta influenciado directamente por la tasa metabólica dependiente de la temperatura.

La humedad relativa por su parte afecta directamente la fecundidad en los huevos y la sobrevivencia y duración de los estadios de desarrollos inmaduros de larvas *Hypothenemus hampei*, donde valores de humedad de 30 y 90 % reducen significativamente la supervivencia de huevos en 15 y 30 %, respectivamente, mientras que en larvas alcanzan hasta el 20 y 16 % en la reducción en sobrevivencia en el mismo orden (Giraldo (2018).

2.7. Cría de insectos en cautiverio

Poco se ha investigado sobre la cría de insectos como recursos alimenticios, ya sea para la alimentación de animales de granja o alimentación humana. Sin embargo, este grupo presenta características que lo hacen tener gran potencial de crecimiento, ya que son el grupo más numeroso, además de presentar una alta tasa reproductiva y gran valor nutricional (FAO, 2014; FAO, 2020). La entomofagia es muy importante para México debido a que forma parte de las costumbres tradicionales de alimentación de sus pueblos, se ha practicado desde la época prehispánica y está representada en códigos de las culturas como la Mexica y la Tlaxcalteca (Pérez et al., 2015).

En la actualidad la entomofagia se ha difundido en las grandes ciudades, debido a que los hábitos de consumo de nutrimentos se han diversificado y se consumen en larvas, pupas, ninfas o adultos (Avendaño et al., 2020; Pérez et al., 2015).

Pérez et al. (2015) reportaron que en algunos estados de la República Mexicana es muy popular consumir insectos como: hormigas, saltamontes, orugas de mariposa, larvas de escarabajos, termitas, escamoles, entre muchos otros. En la parte sur del país se consumen las reinas y zánganos de las hormigas del género *Atta*, en Oaxaca los "jumiles", una clase de chinche olorosa para elaborar una salsa con sabor a menta y canela, los saltamontes de patas rojas se marinan con jugo de limón, sal y chile. En la Ciudad de México, se sirven tortillas con gusanos rojos y blancos del maguey.

Al no haber criaderos de los insectos consumidos por el hombre, éstos se extraen de su hábitat natural, ocasionando una disminución considerable de sus poblaciones y daños al medio ambiente. Esta recolección desmedida de larvas, pupas, ninfas y adultos se mantendrá así, mientras no se desarrolle información científica y tecnología para la crianza en cautiverio de insectos que satisfaga la cantidad que la población demanda.

Avendaño et al. (2020) mencionan que los insectos más estudiados son el grillo doméstico (*Acheta domesticus*), las larvas de moscas soldado negro (*Hermetia illucens*), y los gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*), debido al alto valor biológico de sus harinas utilizadas como reemplazo de proteína en la dieta de humanos.

De acuerdo con la FAO (2014), la microganadería entomológica es un sistema de crianza intensiva de insectos que se basa en metodologías zootécnicas para realizar dicha actividad, sin afectar el medio ambiente, debido a que son cultivados en cautiverio bajo condiciones controladas, las cuales van a depender de la especie de insecto con la que se trabaje. A continuación, se describen los sistemas de crianza de: *Acheta domesticus*, *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor*.

2.7.1. Grillo doméstico (*Acheta domesticus*)

Actualmente se reproduce en cautiverio a nivel mundial con fines comerciales, como búsqueda de nuevas fuentes de proteínas y una opción viable para la

alimentación humana y animal (Apolo-Arévalo & Iannacone, 2015; Bahamon et al., 2020; Portillo, 2017; Vaca & Prado, 2020).

Las empresas Entomo Farms, Exo protein bars e Insect Nutrition se dedican a la producción y transformación a escala industrial del grillo doméstico, ofreciendo al público proteína en diferentes presentaciones como harinas, galletas, barras de proteína, grillos tostados y grillos asados.

Para la crianza, reproducción y mantenimiento en cautiverio de *Acheta domestica* de acuerdo con Apolo-Arévalo y Iannacone (2015) y Vaca y Prado (2020), se deben considerar los componentes de locación, servicios básicos, necesidades ambientales y nutricionales de la especie en sus diferentes estadios de desarrollo, instalaciones, actividades de manejo y limpieza.

2.7.2. Larvas de moscas soldado negro (*Hermetia illucens*)

La crianza de *Hermetia illucens* surge para generar alternativas relacionadas en procesos de economía circular, aprovechando los residuos orgánicos no aptos para el consumo humano, productos de desechos domésticos, selección y disposición final en los empaques de alimentos, además de ser una alternativa para alimentación animal al ser una fuente rica en proteínas y lípidos; las larvas de *Hermetia illucens* se alimentan de materia orgánica en descomposición y su desarrollo depende de la calidad y cantidad de alimento ingerido (Holalla, 2021; Huaripata & Carrasco, 2022; Márquez-Fontalvo, 2021; Romero & Araujo, 2022). Aliaga (2019) menciona que el área de crianza de las larvas de moscas deberá ser una estructura rígida de madera o plástico, cubierto por malla plástica blanca y en la parte frontal con una puerta dividida en dos las cuales se abrirán de manera independiente, y por dentro unas cortinas de tul para evitar la salida de las moscas cuando se cambian los ovopositores.

Al inicio de la crianza de las larvas (semana 0-1), deben estar ubicadas en un área con luminosidad baja, en recipientes plásticos con material de residuos orgánicos (desperdicios domésticos, gallinaza, porcinaza, etc.) o alimento

balanceado para pollos triturado y humedecido con consistencia semilíquida, un pH aproximado de 5, temperatura durante todo el proceso de 28 °C aproximadamente, y humedad en las primeras etapas entre un rango del 70 al 80 %; a partir de la tercera y séptima semana las larvas comienzan el desarrollo en la etapa de prepupa se reduce en un 20 %, pero la luminosidad, temperatura, y pH se mantienen y a partir de la octava semana la luminosidad se hace nula y pasan a un contenedor con arena para ser enterradas y ahí puedan perder humedad de sus cuerpos para facilitarles el proceso de pupación; en esta etapa no se les proporciona alimento y a partir de la semana nueve aparecen las primeras pupas (Arroyave et al., 2019; Carrasco, 2022; Márquez-Fontalvo, 2021; Romero & Araujo, 2022).

De acuerdo con Márquez-Fontalvo (2021) y Huaripata y Carrasco (2022), las moscas soldado negro completan su ciclo de vida alrededor de 45 a 60 días, dependiendo principalmente de la temperatura a la que se hayan criado. Una vez que aparecen las primeras moscas soldado negro en su etapa adulta, se deberá instalar fécula de maíz disuelta en agua para estimularlas y prepararlas para la reproducción. En esta última etapa se les debe proporcionar suficiente luz que facilite y promueva su apareamiento y ovoposición, para esto se deben colocar recolectores de huevos hechos de madera, cartón o incluso alimento.

2.7.3. Gusanos de la harina (*Tenebrio molitor*)

La crianza en cautiverio de *Tenebrio molitor* deriva de la crisis que generan los principales insumos empleados para la elaboración de alimentos balanceados debido a que usualmente se importan a México y sus precios son elevados. Esta actividad busca ser una alternativa de generación de un ingrediente proteínico para la alimentación animal, aprovechando su capacidad de reciclar residuos orgánicos de desecho (Ramos-Elorduy et al., 2002), incluso reportan que *Tenebrio molitor* tiene la capacidad de degradar residuos plásticos (Flores et al., 2019). Para la crianza artificial, esta especie requiere temperaturas entre los 26 y 30 °C y una humedad relativa de 50 a 70 %. Las larvas se pueden mantener en cajas de plástico de dimensiones variables dependientes de la cantidad de larvas

a introducir, en esta caja tendrá que haber tres cubículos uno para cada etapa del ciclo de vida de la especie (huevo, larva, pupa, escarabajo). Su alimentación puede ser con residuos orgánicos de desecho, salvado de trigo, levadura, harinas de soya, arroz, maíz, y trigo; debido a que no pueden tomar agua directamente, esta se les debe proporcionar por medio de fruta como chayote o manzana, siendo importante que el contenedor donde estén alojados los alimentos este cubierto para evitar el paso de la luz puesto que *Tenebrio molitor* presenta fotofobia (Arana, 2018; Flores et al., 2019; Kellen et al., 2013; Ramos-Elorduy et al., 2002).

De acuerdo con Aranda (2018), la obtención de las larvas de *Tenebrio molitor* se debe realizar mediante un proceso de tamizado del contenedor, utilizando tul blanco para la obtención de las larvas de un mismo tamaño, ya sea para utilizarlas como alimento vivo de mascotas exóticas o para la elaboración de harina.

2.7.4. Cucarachas

La cría de cucarachas en cautiverio se realiza a través del montaje de terrarios con ciertas características de hábitat, en el interior del contenedor se debe colocar un sustrato que tendrá la función de cama usando fibra de coco, cascarilla de café, peat moss con trozos de cartón de huevo, maderas, etc., de modo que los individuos puedan sujetarse y estar espaciados. Luego, se debe colocar un comedero, en el cual se aporta semanalmente un alimento seco, como alimento balanceado para gatos, perros, conejos, entre otros. Por fuera de este comedero, también con frecuencia semanal, se debe administrar una porción de frutas y verduras frescas, a modo de suplementar el alimento seco con alimentos con contenido de agua y otros nutrientes. Todo alimento fresco no consumido se debe retirar al cabo de 24 h para evitar la producción de hongos. Por último, se debe colocar una tapa perforada o con tela mosquitera, que permita una buena ventilación pero que impida que los insectos escapen. Los terrarios se deben disponer en ambientes cálidos, sin sol directo, con humedad ambiente intermedia

y con un ciclo de luz-oscuridad (Castillo & Calvo, 2020; Contreras et al., 2018; Pérez et al., 2015; Pérez, 2019).

2.8. Generalidades de las cucarachas y clasificación taxonómica

Hay más de 3500 especies de cucarachas en el mundo, de las cuales cerca de 30 especies se desarrollan entorno a los hogares y se convierten en plagas urbanas importantes (Ogg et al., 2006; Wu, 2013). Las cucarachas son insectos primitivos, sus ancestros datan de 200 a 350 millones de años durante el Periodo Carbonífero, aún antes de los dinosaurios; este periodo geológico algunas veces es llamado “La Época de las Cucarachas” porque fueron abundantes, cuando las condiciones climáticas de la tierra eran cálidas y húmedas, ideales para su desarrollo y reproducción (Ogg et al., 2006). Aunque en la actualidad el clima es más fresco y menos húmedo, las diferentes especies de cucarachas se han adaptado y mantienen características sorprendentemente similares a aquellas preservadas en fósiles. De acuerdo con Grzimek (2003), las cucarachas se clasifican de la siguiente manera: Dominio *Eukaria*, Reino Animal, Phylum Artropoda, Subphylum Atelocerata, Clase Hexapoda, y Orden Blattodea.

2.8.1. Morfología y tamaño corporal

Son organismos de cuerpo aplanado dorsoventralmente, oval y ensanchado, su coloración va del marrón a negro con reflejos brillantes aceitosos, cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen, tienen un par de ojos compuestos y dos ojos sencillos u ocelos al costado de la cabeza. Poseen un par de antenas largas que sobrepasan la longitud del cuerpo, son sus principales órganos sensoriales que les permiten detectar cambios de temperatura, humedad, vibraciones, sustancias químicas, depredadores y alimento, aún en condiciones de total oscuridad, contando además con un aparato bucal masticador fuerte; el tórax tiene tres pares de patas, delgadas y espinosas con las que se desplazan rápidamente y el abdomen se caracteriza por presentar en su parte terminal las estructuras genitales propias de cada sexo (Mariño, 2011). Grzimek (2003) mencionó que los tamaños varían ampliamente, donde la especie más pequeña mide 2 mm de largo

(*Nocticola sp.*) y la más grande pertenece a la familia *Blaberidae*, midiendo 8 cm de largo y puede pesar entre 15 y 30 g, conocida como cucaracha rinoceronte (*Macropanesthia rhinoceros*).

2.8.2. Distribución geográfica y hábitat

Las cucarachas son organismos eurioicos por lo que se encuentran prácticamente en todo el mundo a excepción de regiones extremadamente frías (Bell et al., 2007; Ogg et al., 2006). Sin embargo, algunos géneros son endémicos de ciertas regiones, son habitantes de bosques húmedos tropicales, viven debajo de rocas y cortezas de árboles de las cuales emergen en la oscuridad (Grimaldi & Engel, 2005). Algunas especies son plaga y si no se controlan pueden formar grandes poblaciones en hogares, negocios, edificios y alcantarillas (Grzimek, 2003). Por ende, las cucarachas son insectos muy numerosos y con requerimientos reproductivos simples, que en poco tiempo conforman grupos con gran cantidad de individuos, lo cual las hace un excelente modelo de insecto para fines productivos, por su facilidad de mantenimiento y cría.

2.8.3. Comportamiento

Hay tres tipos de comportamiento social y comunicación en las cucarachas: gregario, subsocial y solitario. La comunicación, especialmente durante la conducta de cortejo, se logra mediante feromonas (Bell et al., 2007; Grzimek, 2003). Las cucarachas *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara* presentan un comportamiento social gregario de tal modo que forman colonias de cantidades de individuos exorbitantes, por lo cual permite obtener grandes cantidades de materia prima para la elaboración de harina de cucaracha.

Muchas especies de cucarachas se entierran en el sustrato cuando se les molesta o durante periodos de actividad como limpieza y alimentación; Grzimek (2003) menciona que algunas se esconden de hojas muertas, en cuevas que excavan en el guano o en grietas, otras especies corren rápidamente, vuelan o se quedan inmóviles ante la presencia o aproximación de un depredador o

persona. Por tal motivo, en condiciones de cría de laboratorio se les debe de proveer de esos escondites a los que ellas están acostumbradas en la vida libre, mediante cavidades, huecos, aserrín, madera, cartón y algunos otros materiales de reciclaje.

2.8.4. Alimentación

Las cucarachas son omnívoras y carroñeras, lo cual les permite comer cualquier cosa. En su hábitat natural se pueden alimentar de heces, material vegetal, invertebrados, entre otros (Atocha, 2008; Mariño, 2011). Todas las especies de cucarachas del género *Cryptocercus* viven y se alimentan de madera en descomposición, gracias a la simbiosis que mantienen con protozoos en sus intestinos, permitiéndoles digerir la celulosa (Grzimek, 2003; Mariño, 2011). Grzimek (2003) reporta que la subfamilia *Panesthiinae*, también se alimenta de madera, pero en estas la celulosa es digerida por bacterias. Esta amplitud en la alimentación les confiere a las cucarachas una ventaja frente a otros insectos en la crianza artificial con fines productivos en la industria de la alimentación de animales de interés zootécnico.

2.8.5. Comportamiento reproductivo

En las cucarachas existe dimorfismo sexual, en las colonias coexisten machos y hembras, siendo estas últimas de mayor talla y la culminación de la madurez sexual da paso a la reproducción (Bell et al., 2007; Mariño, 2011). De acuerdo con Grzimek (2003), las cucarachas son insectos crepusculares o nocturnos, que tienen su máxima actividad de alimentación y reproducción durante la noche. En general, durante las horas de luz se encuentran escondidas en refugios, con escasa o nula actividad.

Por lo tanto, la ausencia de luz propicia las actividades de cortejo, cópula y oviposición. El cortejo precede al apareamiento y está controlado por feromonas sexuales secretadas por glándulas especializadas (Grzimek, 2003; Mariño, 2011). Algunas hembras asumen una posición levantando las alas, exponen las

membranas intertergales, expanden sus cámaras genitales y liberan una feromona que atrae al macho, el cual deposita un espermatóforo a la bursa copulatrix de la hembra (Grzimek, 2003).

Prácticamente todas las cucarachas depositan sus huevos en una cápsula proteica color canela conocida como ooteca, la cual es una estructura dura, también contiene feromonas de repulsión, que evitan que otros animales se acerquen, su capacidad va de cuatro a 50 huevos (Atocha, 2008). Cuando los ovarios maduran, los huevos se extruyen a través de una secreción de las glándulas coleteriales y con la ayuda de las válvulas ovipositorias, se alinean vertical y alternativamente en un lado y luego en el otro, cuando se completa, hay dos filas de huevos cubiertos por una cápsula, los óvulos se extruyen con los extremos micropilares (la región donde los espermatozoides ingresan al óvulo) y la quilla ocular (el área que contiene las cámaras de aire para la respiración del óvulo) hacia arriba. La posición en la que la hembra lleva la ooteca en el momento en que se deposita y la forma de nacimiento de las crías, son atributos taxonómicamente significativos y desempeñan un papel importante en la evolución de la forma de reproducción de los blatodeos (Grzimek, 2003).

Existen cuatro tipos de reproducción:

1.- Oviparidad: se da en todas las familias excepto *Blaberidae*, la hembra deposita la ooteca en sitios seguros y húmedos, posterior a esto la hembra no realizan ningún cuidado y protección, estos huevos tienen suficiente vitelo para completar su desarrollo, pero el agua la obtienen del sustrato (Grzimek, 2003).

2.- Ovoviviparidad falsa: ocurre en casi todos los *Blaberidae* y cuatro géneros de *Blattellidae*. Una vez formada la ooteca, esta se retrae hacia un útero o saco de cría, donde permanece durante la gestación, los huevos tienen suficiente vitelo para completar el desarrollo y obtienen agua de la madre durante la gestación (Grandcolas, 1999; Grzimek, 2003).

3.- Ovoviviparidad verdadera: sólo se da en cuatro géneros australianos, presentan este tipo de reproducción los géneros *Geoscapheus*, *Macropanesthia*, *Neogeoscapheus* y *Parapanesthia*, y se diferencia de la falsa ovoviviparidad debido a que no se forma una ooteca, los huevos pasan directamente del oviducto al útero o aurícula, donde permanecen en una masa desordenada hasta el parto. Los huevos tienen suficiente vitelo inicialmente para completar el desarrollo, pero obtienen agua de la madre (Grzimek, 2003).

4.- Viviparidad: sólo presente en una especie (*Diploptera punctata*), la ooteca muy pequeña se rota y se retrae hacia el útero, los huevos son pequeños y están encerrados por una membrana incompleta; los huevos carecen de suficiente vitelo y agua para completar el desarrollo, pero durante la gestación los embriones absorben agua, proteínas disueltas, y carbohidratos sintetizados, transportados por el útero de la madre (Grandcolas, 1999; Grzimek, 2003).

De los cuatro tipos de reproducción, la oviparidad y la ovoviviparidad falsa son los que presentan las especies de cucaracha con mayores tasas de crecimiento poblacional, con lo cual les confiere la ventaja de formar grandes colonias de individuos en periodos más breves que el resto de las cucarachas.

2.9. Cucaracha *Nauphoeta cinerea*

Conocida vulgarmente como cucaracha lobster (Figura 1), alcanza en estado adulto hasta 29 mm de longitud, ambos sexos son similares, excepto que las tegminas en los machos alcanzan aproximadamente el quinto tergito abdominal y son un poco más largas en la hembra, son de color café oscuro y su pronoto tiene un diseño de langosta (Grzimek, 2003).



Figura 1. *Nauphoeta cinerea*.

2.9.1. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Pérez (2015) y Fundación Charles Darwin (2022), la cucaracha *Nauphoeta cinerea* se clasifica en el Orden Dictyoptera, Suborden Blattodea, Superfamilia Blaberoidea, Familia Blaberidae, Género *Nauphoeta* y Especie *Nauphoeta cinerea*.

2.9.2. Distribución geográfica

Originaria de África Oriental, pero distribuida ampliamente en los trópicos por el comercio (Grzimek, 2003). De igual forma se encuentra presente en las grandes ciudades ya que son muy utilizadas como alimento vivo para reptiles y anfibios (Cerón de la Cruz et al., 2020).

2.9.3. Comportamiento

Las cucarachas *Nauphoeta cinerea* presentan un comportamiento social gregario de tal modo que forman colonias con un gran número de integrantes. Son insectos nocturnos, que tienen su máxima actividad de alimentación y reproducción durante la noche, durante las horas de luz se encuentran escondidas en refugios, con escasa o nula actividad (Grzimek, 2003).

2.9.4. Ecología de la alimentación

La especie *Nauphoeta cinerea* es omnívora y carroñera, lo que le permite alimentarse de cualquier residuo orgánico (Grzimek, 2003).

2.9.5. Biología reproductiva

La cucaracha *Nauphoeta cinerea* presenta reproducción en ovoviviparidad falsa, el rango de temperatura ideal para la reproducción oscila de 30 a 36 °C. Las ootecas de *N. cinerea* contienen aproximadamente 33 huevos, la gestación dura 31 días, y las ninfas recién nacidas se arrastran debajo de la hembra o debajo de sus alas, permaneciendo allí hasta aproximadamente una hora después del nacimiento, se crían en grupos y pasan por siete u ocho mudas para llegar a la etapa adulta; a los machos les lleva 72 días y las hembras 85 días completar su desarrollo. El macho adulto vive alrededor de un año, mientras que la hembra promedia 344 días, tiempo durante el cual produce cerca de seis ootecas (Grzimek, 2003).

2.10. Cucaracha *Shelfordella tartara*

Conocida como cucaracha runner o cucaracha roja oxidada (Figura 2), alcanza en estado adulto de 25 a 29 mm de longitud (Toksöz et al., 2019). De acuerdo con Шиленьков & Суслов (2009), esta especie de cucaracha presenta un dimorfismo sexual fuertemente pronunciado, el macho es de alas completas, las alas anteriores van más allá del ápice del abdomen, la coloración es de color amarillo rojizo o amarillo pajizo, los ojos son grandes, fuertemente cerrados; la hembra es de color marrón resina, brillante, el abdomen generalmente con manchas amarillas redondeadas a los lados de los tergitos, con menos frecuencia monocromáticas, las alas anteriores son fuertemente acortadas, escamosas, de color marrón resina con una franja amarilla a lo largo del borde frontal, alas apenas sobresalientes, lóbulos con venas bien definidas y los ojos son muy pequeños y espaciados.



Figura 2. *Shelfordella tartara*.

2.10.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica presenta una serie de confusiones, debido a que en literatura científica es común encontrarla como *Shelfordella tartara* o *Shelfordella lateralis*. De acuerdo con la base de datos mundial de la EPPO (2022), ambos nombres científicos son correctos y clasifica esta especie en el Orden Dictyoptera, Suborden Battodea, Familia Blattidae, el género *Shelfordella* y Especie *Shelfordella tartara*.

2.10.2. Distribución geográfica

La especie *Shelfordella tartara* habita principalmente al aire libre, es nativa del norte de África y Asia Central (Toksöz et al., 2019), pero se encuentra distribuida ampliamente en el mundo debido a que es muy utilizada como alimento vivo para reptiles, anfibios y arácnidos (Leonela, 2018).

2.10.3. Comportamiento

Las cucarachas *Shelfordella tartara* presentan un comportamiento social gregario, son insectos nocturnos huyen de la luz (Grzimek, 2003; Redkoi, 2020). No pueden trepar superficies lisas como el vidrio debido al débil desarrollo de ventosas entre las garras, lo que facilita su mantenimiento en el insectario (Шиленьков & Суслов, 2009).

2.10.4. Ecología de la alimentación

La *Shelfordella tartara* es omnívora y carroñera, su alimentación es amplia ya que consume todo tipo de desechos orgánicos, aunque particularmente le gustan los alimentos dulces, como fuente de agua son suficientes las verduras y las frutas (Grzimek, 2003; Redkoi, 2020).

2.10.5. Biología reproductiva

La cucaracha *Shelfordella tartara* presenta reproducción ovípara (Grzimek, 2003; Шиленков & Суслов, 2009; Toksöz, 2019). Шиленков & Суслов (2009) mencionan que esta especie tiene una alta fecundidad, produciendo de 10 a 18 huevos por ooteca, los cuales después de aproximadamente 30 días eclosionan, liberando las ninfas con alrededor de 3.0 mm de tamaño, las cuales tardan cerca de 4.5 meses en completar su ciclo de desarrollo y su esperanza de vida va de ocho a diez meses.

2.11. Literatura citada

- Aliaga, C. L. M. (2019). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de larvas de mosca soldado negra (Hermetia illucens)*. (Tesis de licenciatura, Universidad Antonio Ruiz de Montoya, Perú). Consultada en: <http://hdl.handle.net/20.500.12833/2032>
- Apolo-Arévalo, L., & Iannacone J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*, 17(17), 161-173. doi.org/10.31381/scientia.v17i17.389
- Arana, E. S. G. (2018). *Manejo en cuativerio de Tenebrio molitor (coleoptera tenebrionidae) usando cinco tipos de harina*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Quintana Roo, Quinatana Roo). Consultada en: <http://hdl.handle.net/20.500.12249/1953>
- Arango, G. G. P. (2005). Los insectos: una materia prima alimenticia promisoría contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 33-37.
- Arroyave, S. O. J., Juliana Chamorro R. J., & Ochoa M. A. F. (2019). Crecimiento de larvas de mosca soldado alimentadas con gallinaza, porcínaza y alimento para ponedoras. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 11(2). 730. doi.org/10.24188/recia.v11.n2.2019.730
- Atocha, A. (2008). Las cucarachas: fósiles vivientes inmunes a casi todo. Habitan el planeta desde hace 350 millones de años. Sitio web: <http://www.acervo.gaceta.unam.mx/index.php/gum00/article/view/60538> [15/02/2024].
- Avendaño, C., Sánchez, M., & Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y Humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1029-1037. doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029
- Bacha, F., & Villamide, M. J. (2015). Nutrición y alimentación de rumiantes jóvenes. En Centro Médico Veterinario de Paysandú, *Jornada Uruguaya Buiatría*, 53, 85-97
- Bahamon, B. V., Castro, F. V. I., Ordíerez, Z. L. D., & González, A. E. (2020). Crianza y producción de *Acheta domestica* como fuente proteica para el sector piscícola en el departamento del Huila aplicando técnicas IoT. *Investigación, Tecnología y Ciencia*, 1(14), 83-90. doi.org/10.57173/ritc.v1n14a11
- Bañón, S., Vila, R., Price, A., Ferrandini, E., & Garrido, M. D. 2006. Effects of goat milk or milk replacer diet on meat quality and fat composition of suckling goat kids. *Meat Science*, 72(2): 216-221. doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.004
- Bell, W. J., Roth, L. M., & Nalepa, C. A. 2007. Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA. 230 pp.

- Blasco, M. I., Roberti, A., Horak, C. I., Narvaiz, P., & Kairiyama, E. (1999). *Descontaminación de un sustituto lácteo para terneros por radiaciones gamma*. (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Luján, Argentina). Consultada en: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/33/064/33064246.pdf?r=1>
- Boateng, M., Okay, D. B., Frimpong, Y. O., Ntim A., & Acheampong, Y. S. (2018). Entomophagous response of albino rats to cockroach (*Periplaneta Americana*) meal. *The Journal Open Agriculture*, 3(1), 220-225. doi.org/10.1515/opag-2018-0023
- Castillo, F. K. K., & Calvo, T. H. (2020). *Conversión de residuos sólidos orgánicos de cocina en biomasa corporal de cucarachas (Periplaneta americana) para la producción de harina y su utilización como suplemento alimenticio de pollos bebés Huanuco 2019*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Huanuco, Perú. Consultada en: <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2430>
- Cerón de la Cruz, N. M., Contreras, C. A. I., & Lara, H. F. A. (2020). Observaciones sobre comportamiento y reproducción de *Tripurion spinosus* (anura: hylidae) en cautiverio. *Revista Latinoamericana De Herpetología*, 3(1), 49-52. doi.org/10.22201/fc.25942158e.2020.1.55
- Chacón, V. A. (2005). Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones en el proceso agroindustrial. *Agronomía Mesoamericana*. 16(2), 239-252.
- Contador T., Kennedy J., Ojeda J., Feinsinger P., & Rozzi R. (2014). Ciclos de vida de insectos dulceacuícolas y cambio climático global en la ecorregión subantártica de Magallanes: investigaciones ecológicas a largo plazo en el Parque Etnobotánico Omora, Reserva de Biosfera Cabo de Hornos (55° S). *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 429-437. doi.org/10.4067/S0717-92002014000300018
- Contreras, M. R. N., García, M. C. A., Arredondo, F. J. L., & Ibarra, J. L. A. (2018). *Uso de harina de cucaracha madagascar (Gromphadorhina portentosa) como fuente de proteína para la alimentación de pollos*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes) consultada en: <https://es.scribd.com/document/518504140/valor-nutricional-cucaracha-de-madagascar>
- Echavarría, C. F. G., Gutiérrez L. R., Ledesma, R. R. I., Bañuelos, V. R., Aguilera, S. J. I., & Serna, P. A. (2006). Influencia de los sistemas de pastoreo de pequeños rumiantes en una serranía semiárida del Estado de Zacatecas México. I Vegetación autóctona. *Técnica Pecuaria en México*, 44(2), 203-217.
- EPPO. (2022). *Shelfordella tartara* (BLATLA). Sitio web: <https://gd.eppo.int/search?k=Shelfordella+Tartara>[15/02/2024].

- Escareño, S. L. M., Wurzinger, M., Pastor, L. F., Salinas, H., Sölkner, J., & Iñíguez L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 235-246. doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.087
- Flores, D. S. L., Uribe, R. P. A. & Vásquez, O. L. A. (2019). *Desarrollo de un sistema de ambiente controlado para la producción y cría de Tenebrio molitor y Zophoba morio*. (Tesis de licenciatura, Universidad De Cundinamarca, Colombia). Consultada en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/2847/Informe%20Desarrollo%20de%20un%20ambiente%20controlado%20para%20la%20produccion%20y%20cria%20de%20tenebrio%20molitor%20y%20zophoba%20morio.pdf?sequence=1>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. Sitio web: <https://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf> [15/02/2024].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014). Aprovechar el potencial de los insectos para la alimentación animal. Sitio web: <https://www.fao.org/news/story/es/item/231855/icode/> [15/02/2024].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2021). Food safety aspects of edible insects outlined in new publication. Website: <https://www.fao.org/food-safety/news/news-details/en/c/1393477/> [15/02/2024].
- Fundación Charles Darwin. (2022). *Nauphoeta cinerea*. Sitio web: <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=10368> [15/02/2024].
- García-Robledo, C., Kuprewicz, E. K., Staines, C. L., Erwin, T. L., & Kress, W. J. (2016). Limited tolerance by insects to high temperatures across tropical elevational gradients and the implications of global warming for extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(3), 680-685. doi.org/10.1073/pnas.1507681113
- Granado, J., Días, G. C., Rodríguez, E. V., & Rodríguez, S. M. (2018). Avances en el manejo y las instalaciones en la crianza de cabritos con lactancia artificial. Sitio web: [https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/14063/avances-en-el-manejo-y-las-instalaciones-en-la-cria-de-cabritos-con-lactancia-artificial.html#:~:text=La%20pr%C3%A1ctica%20de%20lactancia%20artificial,de%20succio%C3%B3n%20\(figura%201\)](https://www.portalveterinaria.com/articoli/articulos/14063/avances-en-el-manejo-y-las-instalaciones-en-la-cria-de-cabritos-con-lactancia-artificial.html#:~:text=La%20pr%C3%A1ctica%20de%20lactancia%20artificial,de%20succio%C3%B3n%20(figura%201)) [15/02/2024].
- Grandcolas, P. (1999). El origen de la diversidad en las cucarachas: perspectiva filogenética de su gregarismo, reproducción, comunicación y ecología. *Evolución y Filogenia de Arthropoda*, 26, 397-420.

- Grimaldi, D., & Engel, S. M. (2005). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press. New York.
- Grzimek, B. (2003). Grzimek's Animal Life Encyclopedia (2^a ed). vol.3. Series Editor In association with the American Zoo and Aquarium Association, Francia.
- Hill, T. M., Bateman II, H. G., Aldrich, J. M., & Schlotterbeck, R. L. (2008). Effects of using wheat gluten and rice protein concentrate in dairy calf milk replacers. *The Professional Animal Scientist*, 24(5), 465-472. doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30879-2
- Gullan, P. J., & Cranston, P. S. (2014). *The Insects: An Outline of Entomology* (5^{ta} ed). Wiley Blackwell, Malden.
- Holalla, Y. A. N. (2021). *Diseño de un sistema de crianza de Hermetia illucens (mosca soldado negro) para la producción de pie de cría*. (Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador). Consultada en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53192/1/T-111342%20HOLALLA.pdf>
- Huaripata, P. J., & Carrasco, A. A. R. (2022). *Eficiencia de la larva de mosca soldado negro (Hermetia illucens) para aprovechar los residuos orgánicos municipales*. (Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Perú. Consultada en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/2189>
- Jiménez, C. G. (2017). Insectos contra el cambio climático. Sitio web: http://edicionimpresa.expreso.com.mx/edicion_impresa/20170613/1/2.pdf [15/02/2024].
- Kellen, F., Fagundes, P. F., Oliveira, K. S., Nonato, O. H., Perassa, C. D., & Cola, Z. J. (2013). Biological characteristics of *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae) are influenced by the number of females exposed per pupa of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Florida Entomologist*, 96(2), 583-589. doi.org/10.1653/024.096.0224
- Leonela, S. (2018). *Ecología y biología de la conservación de una tarántula de Argentina en peligro de extinción, Grammostola vachoni: énfasis en el sistema de Ventania (Buenos Aires)*. (Tesis de doctorado, Universidad Nacional del Sur, Argentina). Consultada en: file:///C:/Users/mcerv/Downloads/CONICET_Digital_Nro.51526fbd-9bf7-4764-89a0-1351fecdabb0_A.pdf
- Luparia, F., Martínez, M., & Candotti, J. J. (2009). Crianza de cabritos: uso de dietas sólidas para un desleche precoz. *Revista Argentina de Producción Animal*, 29(2), 89-97.
- Marco, V., & Pérez, M. I. (2001). Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al Manejo Integrado de Plagas

- mediante el método de grados-día. *Bilogía Sociedad Entomológica Aragonesa*, 28, 147-150.
- Mariño, P. E. (2011). Fósiles vivientes: Cucarachas. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. 97, 6-9.
- Márquez-Fontalvo, G. A. (2021). Propuesta de negocio para producción de larvas de moscas soldado negro utilizando residuos orgánicos provenientes de bancos de alimentos. *Clío América*, 15(30), 697–707. doi.org/10.21676/23897848.4506
- Navarro, L. (2020). Respuestas moleculares de insectos a factores de estrés ambientales y biológicos. *Cenicafé*, 142-157. doi.org/10.38141/10791/0001_6
- Núñez-Torres, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. Vol. 4(2). 93-94
- Ogg, B., Ogg, C., Ferraro, D., & Jeferson D. (2006). Manual de control de cucarachas (2ª ed.) *University of Nebraska–Lincoln*, EE. UU.
- OPPORTIMES (2021). Importaciones de soya a México mantienen tendencia a la alza. Sitio web: <https://www.opportimes.com/importaciones-de-soya-a-mexico-mantienen-tendencia-a-la-alza/> [15/02/2024].
- Orire, A. M., Fasomo, G. B., & Haruna, M. A. (2019). Effects of replacing fish meal with cockroach (*Periplaneta americana*) meal in the diet of african catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. *Journal of Aquatic Sciences*, 34(2), 133-142. doi.org/10.4314.jas.v34i2.16
- Pedigo, L. P., Rice, M. E., & Krell, R. K. (1996). Entomology and pest management. 2nd edi). Prentice-Hall Inc. New Jersey.
- Pérez, A. (2015). *Nauphoeta cinerea*. CLONOPSIS. Sitio web: <http://clonopsis.blogspot.com/2015/05/nauphoeta-cinerea.html> [15/02/2024].
- Pérez, A. A. (2019). *Valoración nutricional de harina de cucaracha de madagascar (Grompadhorina portentosa) y tenebrios (Tenebrio molitor) para su uso en la acuicultura*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes). Consultada en: <https://www.scribd.com/document/518504140/valor-nutricional-cucaracha-de-madagascar> [15/02/2024].
- Portillo, R. E. O. (2017). *Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (Acheta domesticus), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador*. (Tesis de licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras). Sitio web: consultada en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/3fc3a396-c983-4516-989c-e1ff682dd323/content>

- Quintero, B. G. (2007). Sustitutos lecheros en la alimentación de terneros. *Revista electrónica de Veterinaria*, (5), 1695-7504.
- Ramos-Elorduy, J., Avila, G. E., Rocha, H. A., & Pino, M. J. (2002). Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 214-220. doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214
- Redkoi (2020). Cucaracha Runner (*Shelfordella tartara*). Sitio web: https://www.redkoi.es/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=alimentacion&rewrite=alimento-vivo-peces-cucaracha-runner#:~:text=Este%20insecto%2C%20es%20bien%20conocido,incluso%20dentro%20de%20nuestros%20hogares [15/02/2024].
- Reyes, A. W. (2018). El síndrome de la ecdisis incompleta en machos adultos de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) y sus consecuencias en cultivo intensivo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29, 368-374. doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14200
- Ríos, Q. C., & Hernández, R. P. (2014). Crianza artificial de cabritos y Hembras de reemplazo con el uso de tinas amamantadoras. Sitio Web: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/1009.pdf> [15/02/2024].
- Romero, R. M. H., & Araujo, G. P. A. (2022). Modelización del ciclo de vida de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) desarrollándose sobre desechos orgánicos. (Tesis de licenciatura, Universidad Central Del Ecuador Facultad De Ingeniería Química, Ecuador). Consultada en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25656/1/FIQ-SA-ROMERO%20MAURICIO.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2017). La caprinocultura en México. Sitio web: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico> [15/02/2024].
- Smetana, S., Bhatia, A., Batta, U., Mouhrim, N., & Tonda, A. (2023). Environmental impact potential of insect production chains for food and feed in Europe. *Animal Frontiers*, 13(4), 112-120. doi.org/10.1093/af/vfad033
- Statista Research Department. (2022). México: volumen de producción de leche de cabra 2011-2021. Sitio Web: <https://es.statista.com/estadisticas/595102/volumen-de-produccion-de-leche-de-cabra-mexico/#:~:text=En%202021%2C%20el%20volumen%20de,al%20mayor%20cifra%20del%20periodo> [15/02/2024].
- Toksöz, S., Oksal, E., & Akça, I. (2019). Effect of entomopathogenic fungus, *Purpureocillium lilacinum* (syn: *Paecilomyces Lilacinus*) on *Blatta orientalis* and *Shelfordella tartara* under laboratory conditions. *Munis Entomology & Zoology Journal*, 14(1), 259-264.

- Ukoroije, R., & Bawo, D. (2020). Cockroach (*Periplaneta americana*): nutritional value as food and feed for man and livestock. *Asian Food Science Journal*, 15(2), 37-46. doi.org/10.9734/afsj/2020/v15i230150
- Vaca, M. J. G., & Prado, B. J. (2020). *Evaluación de dietas en la cría y reproducción de grillos (Acheta domesticus linnaeus) para la obtención de harina en la granja experimental la praderachaltura*. (Tesis de licenciatura, Universidad Técnica Del Norte, Ecuador) consultada en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10548/2/03%20AGP%20272%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Wagner, T.L., Wu, H., Sharpe, P. J. H., Schoolfield, R. M., & Coulson, R. N. (1984). Modeling insect development rates: a literature review and application of a biophysical model. *Annals of the Entomological Society of America*, 77(2), 208-225. doi.org/10.1093/aesa/77.2.208
- Wu, H. (2013). *Biology of Blaptica dubia (Blattodea: Blaberidae)*. (Tesis de maestría, Auburn University Graduate School). Consultada en: http://etd.auburn.edu/bitstream/handle/10415/3735/Thesis_Hao_7_15_final.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Шиленков, В. Г., & Суслов А. В. (2009). Новый вид синантропного таракана *Shelfordella tartara* Sauss. *Дикая природа Азии*, 1, 36-37.

3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HARINA DE CUCARACHA Y SU EFECTO EN LA CRIANZA ARTIFICIAL DE CABRITOS

3.1. Resumen

Los sustitutos lácteos (SL) comerciales presentan calidad y contenido de nutrientes deficiente, mientras que el aprovechamiento de insectos representa una oportunidad para la nutrición animal. Se determinó el costo de producción (CP) y la composición química (CQ) de harina de cucaracha (HC) y se evaluó su efecto en la crianza artificial de cabritos. Se utilizó harina de *Nauphoeta cinerea* (NC) y *Shelfordella tartara* (ST), se emplearon 19 cabritos machos Saanen, de 10 ± 5 días de edad y 4.8 ± 0.6 kg de peso vivo, distribuidos al azar en: T0 (SL comercial) y T1 (SL con 8 % de HC). Los SL contenían 23.0 % de proteína cruda (PC) y 33.0 % de extracto etéreo (EE). La prueba duró 21 días, al finalizar, se sacrificaron cuatro cabritos por tratamiento para determinar características de la canal (CC) y CQ de la carne. Se analizaron las variables productivas: consumo, ganancia de peso, eficiencia alimenticia (EA). Los datos se analizaron con un modelo mixto con medidas repetidas con PROC MIXED de SAS®, mientras que para las variables de laboratorio se empleó un diseño completamente al azar con PROC GLM de SAS®. El CP de HC fue de \$ 357.5 MXN kg⁻¹, el contenido de EE 26.6 y 25.6 %, y PC 55.4 y 52.6 % para harina de NS y ST, respectivamente, se destaca su alto contenido de aminoácidos esenciales en ambas especies. El peso final de los cabritos fue de 5.0 y 5.6 kg para T0 y T1, solo se presentó mortalidad en T0 (11.0 %), las CC y CQ de la carne, fueron muy similares entre sí ($p>0.05$), pero con cierta tendencia a mejorar en T1. La CQ de HC es excelente, sin embargo, su CP es elevado, los cabritos que consumieron HC presentaron una tendencia a mejorar la calidad de carne.

Palabras clave: harina de cucarachas, composición química, crianza artificial de cabritos.

Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal,
Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Mauricio Cervantes-Silva
Director de Tesis: Laura Haydée Vallejo-Hernández

3.2. Abstract

Commercial milk replacement (MR) have poor quality and nutrient content, while the use of insects represents an opportunity for animal nutrition. The cost of production (CP) and chemical composition (CQ) of cockroach meal (HC) were determined and their effect on artificial rearing of kids was evaluated. *Nauphoeta cinerea* (NC) and *Shelfordella tartara* (ST) flour was used, 19 male Saanen kids, 10 ± 5 days old and 4.8 ± 0.6 kg live weight, randomly distributed in: T0 (commercial SL) and T1 (SL with 8 % HC). MR contained 23.0% crude protein (CP) and 33.0% ether extract (EE). The trial lasted 21 days, at the end, four kids were slaughtered per treatment to determine carcass characteristics (CC) and CQ of the meat. The productive variables were analyzed: consumption, weight gain, feed efficiency (EA). Data were analyzed using a mixed model with repeated measures with SAS[®] PROC MIXED, while a completely randomized design with SAS[®] PROC GLM was used for laboratory variables. The CP of HC was \$ 357.5 MXN kg⁻¹, the content of EE 26.6 and 25.6 %, and PC 55.4 and 52.6 % for flour of NS and ST, respectively, highlighting its high content of essential amino acids in both species. The final weight of the kids was 5.0 and 5.6 kg for T0 and T1, mortality was only present in T0 (11.0%), the CC and CQ of the meat were very similar to each other ($p>0.05$), but with a certain tendency to improve in T1. The CQ of HC is excellent, however, its CP is high, the kids who consumed HC showed a tendency to improve the quality of meat.

Keywords: Cockroach meal, chemical composition, artificial rearing of goats.

Master Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Mauricio Cervantes-Silva
Advisor: Laura Haydée Vallejo-Hernández

3.3. Introducción

La lactancia artificial en los sistemas de producción intensivos de leche de cabras es una práctica generalizada, que consiste en separar al cabrito de la madre y alimentarlo con un sustituto lácteo (Escareño et al., 2011; Luparia et al., 2009). Esta tecnología es importante en las unidades de producción donde la leche es el producto principal que representa del 75 al 85 % de los ingresos totales, y el cabrito es sólo un producto secundario, esta práctica permite destinar una mayor cantidad de leche para la venta o la elaboración de quesos (Granado et al., 2018). Sin embargo, la crianza artificial conlleva el riesgo de no alcanzar el desarrollo óptimo de los cabritos para remplazo o venta, si es que el sustituto lácteo no contiene la proporción y calidad de nutrientes similares a los de la leche de cabra, con fuentes de proteína de buen valor biológico. Comúnmente los sustitutos lácteos comerciales sacrifican la calidad y contenido de nutrientes, con la finalidad de ser económicamente competitivos en el mercado. Bajo la premisa de la deficiente calidad y contenido de nutrientes en los sustitutos lácteos, existe la necesidad de buscar fuentes alternativas de insumos para atacar este problema.

Por otro lado, los insectos son una de las mayores biomasas que pueblan la tierra, contienen proteína que oscila del 60 al 70 % y de 7 al 26 % de grasas (Boateng et al., 2018; Ukoroije & Bawo, 2020), lo que los hace una fuente potencial de proteína y grasa de alta calidad para utilizarlos como fuente sostenible de materia para la alimentación animal o para la formulación de sustitutos lácteos en crianza artificial de cabritos. Además, son una alternativa para aprovechar los productos orgánicos residuales de la cadena alimentaria en su alimentación, lo cual promueve y estimula una economía circular. Sin embargo, las unidades de producción de insectos no cuentan con procesos estandarizados e infraestructura adecuada; los análisis químicos-bacteriológicos de su producto y sus costos de producción son elevados (Veldkamp & Gasco, 2023). Niyonsaba et al. (2021) mencionan que los precios de larvas secas de *Hermetia illucens*, larvas secas de *Tenebrio molitor* y harina de *Acheta domesticus* pueden alcanzar los 285.0, 526.4 y 1443.7 pesos mexicanos kg⁻¹,

respectivamente; Debido a esto, se dificulta incluir harina de insectos en la formulación de dietas balanceadas para animales de interés zootécnico. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue establecer una unidad de producción de harina de cucarachas de las especies *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*, y determinar costos de producción, composición química y evaluar su efecto como ingrediente de un sustituto lácteo, en la crianza artificial de cabritos.

3.4. Materiales y Métodos

3.4.1. Localización

La crianza de las cucarachas y la prueba con cabritos se llevó a cabo en la Granja Experimental de la UACH, los análisis bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología Pecuaria del Departamento de Zootecnia de la UACH, el análisis proximal se determinó en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Posgraduados-Montecillo y el aminograma se realizó en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Subirán. Por último, los análisis de calidad de la carne se realizaron en el Laboratorio del Posgrado en Producción Animal.

3.4.2. Cría de las cucarachas (*Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*)

Se criaron cucarachas de las especies *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*, en cajas de plástico de 60 litros (60 x 32 x 40 cm) con orificios para ventilación, la temperatura (± 28 °C) se mantuvo con focos incandescentes de 40 Watts, empaques de cartón para huevo y aserrín, los cuales también sirvieron como escondites para las cucarachas. El monitoreo de la temperatura y humedad relativa se hizo con un sistema de sensores (Figuras 3 y 4). Las cucarachas fueron alimentadas cada tres días a libre acceso con alimento comercial (Conejo Plus + de UNION TEPEXPAN® con 16 % PC) e hidratadas con fruta picada (manzana, sandía, papaya y plátano).



Figura 3. Sistema de sensores.



Figura 4. Crianza de cucarachas.

3.4.3. Elaboración de harina de cucaracha

Después de seis meses de cría, los individuos que constituían las colonias de cucarachas habían saturado y humedeciendo, con la transpiración de su cuerpo todo el terrario. Estas condiciones fueron el criterio para realizar el sacrificio, mediante frío a -7°C en un congelador (Criotec: CTCC-25) durante 36 h. Posteriormente, se secaron en una estufa de aire forzado (Riossa: ECFD-71) a 60°C y se molieron en un molino Thomas-Willey (Laboratory Mill, Model 4, Philadelphia) con una criba de 2.0 mm (Figura 5), con ello se obtuvo la harina de cucarachas.



Figura 1. Proceso de elaboración de harina de cucaracha.

3.4.4. Costo de producción kg^{-1} de harina de cucaracha (*Nauphoeta cinerea*)

Para la estimación del costo de producción se realizó una suma de todo lo invertido: alimentación, gasto de electricidad, construcción de los terrarios y materiales para la calefacción, amortiguando entre los años de vida útil de cada insumo, sin incluir los costos de mano de obra.

3.4.5. Análisis químico proximal, aminograma y determinación de fibras

Las determinaciones de materia seca, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno, proteína cruda, cenizas y el aminograma se realizaron de acuerdo con la metodología propuesta por el AOAC (2005), mientras que el contenido de fibras se determinó siguiendo la metodología de Van Soest (2015).

El aporte de energía metabolizable se obtuvo a partir de la ecuación 3-2 del NRC (2021), donde:

$$\text{EM de la MS de una dieta (Mcal kg}^{-1} \text{ de MS)} = 0.042 \times \text{NDF} + 0.0423 \times \text{Starch} + 0.040 \times \text{ROM} + 0.094 \times \text{FD} + 0.0565 \times \text{CP} + 0.0089 \times \text{Znpscpe}.$$

Donde:

NDT: fibra detergente neutro.

Starch: almidón

ROM: residual materia orgánica

CP: proteína cruda.

Znpscpe: nitrógeno no proteínico suplementario (0.89 Mcal kg⁻¹ de PC equivalente).

3.4.6. Elaboración del sustituto de leche

Se determinó la composición de la leche de cabra de la raza Saanen. Se utilizó un MilkoScan FT 120 (Foss Analytical Foss Electric, Denmark, Infrarrojo por transformada de Fourier), para obtener los porcentajes de grasa, proteína, sólidos no grasos, sólidos totales y acidez.

Para la formulación y balanceo del sustituto lácteo para la crianza artificial de cabritos se utilizó la herramienta Solver de Microsoft Excel®, utilizando una base de datos con los insumos descritos en el Cuadro 4. En el Cuadro 5 se muestra la

composición del sustituto, formulado con inclusión de harina de cucaracha (*Nauphoeta cinerea*) para la crianza artificial de los cabritos.

Cuadro 4. Insumos^z utilizados para la formulación del sustituto lácteo.

Nutrientes ^y	Ingredientes							
	HC	SLe	GB	LE	Plasma	NVM	Sab	Ant
MS (%)	97.83	96.00	99.00	96.00	92.00	100.00	100.00	100.00
EM (Mcal kg ⁻¹ de MS)	3.20	3.50	7.50	4.30	2.85	0.00	0.00	0.00
PC%	55.38	11.00	0.00	25.50	80.00	0.00	0.00	0.00
EE (%)	26.45	0.75	99.50	26.70	1.10	0.00	0.00	0.00
Cenizas (%)	3.74	7.75	1.44	5.70	5.10	0.00	0.00	0.00
FC (%)	10.50	0.20	0.20	0.10	1.20	0.00	0.00	0.00
Ca (%)	0.17	0.67	0.00	0.95	0.69	20.00	0.00	0.00
P (%)	0.46	0.79	0.00	0.74	0.52	5.00	0.00	0.00
Vit A (UI)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7 500 000.00	0.00	0.00
Vit D (UI)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1 900 000.00	0.00	0.00
Vit E (UI)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	28 500 000.00	0.00	0.00

^zHC: harina de cucaracha, SLe: suero de leche, GB: grasa butírica, LE: leche entera, NVM: núcleo de vitaminas y minerales, Sab: saborizante, Ant: antioxidante ^y MS: materia seca, EM: energía metabolizable en Mcal por kg de materia seca, PC: proteína cruda, EE: extracto etéreo, FC: fibra cruda, Ca: calcio, P: fósforo, Vit A (UI): vitamina A en Unidades Internacionales, Vit D (UI): vitamina D en Unidades Internacionales, Vit E (UI): vitamina E en Unidades Internacionales.

Cuadro 5. Formulación del sustituto de leche con inclusión de harina de cucaracha para la crianza artificial de los cabritos.

	Aporte nutricional (%) ^z										
	MS	EM	PC	EE	Cen	FC	Ca	P	Vit A (UI)	Vit D (UI)	Vit E (UI)
SLC ^y	96.5	4.5	23.0	33.0	5.0	1.2	0.7	0.6	82 000.0	20 000.0	311 600.0
LC ^x	-	4.0	23.4	36.2	6.9	0.5	1.0	0.7	82 000.0	21 000.0	310 000.0

^z MS: materia seca, EM: energía metabolizable (Mcal kg⁻¹ de MS), PC: proteína cruda EE: extracto etéreo, Cen: cenizas, FC: fibra cruda, Ca: calcio, P: fosforo, Vit A (UI): vitamina A (Unidades Internacionales), Vit D (UI): vitamina D (Unidades Internacionales), Vit E (UI): vitamina E (Unidades Internacionales). ^ySLC: sustituto lácteo con inclusión de harina de cucaracha (8 %) "datos teóricos". ^xLC: composición de la leche de cabra.

3.4.7. Prueba de comportamiento en cabritos

Se utilizaron 19 cabritos machos de la raza Saanen, de 13 ± 5 días de edad y 4.8 ± 0.7 kg de PV (Figura 6), a los cuales se les aplicó una bacterina clostridial de 11 vías (0.5 mL animal⁻¹ vía subcutánea), tres dosis de un antibiótico de amplio espectro (Emicina®/LA Oxitetraciclinas 200 mg mL⁻¹, 2.5 mL animal⁻¹ vía intramuscular), por último, se les aplicó vitaminas (Vigantol® ADE fuerte, 1 mL animal⁻¹ vía intramuscular).



Figura 6. Cabritos alojados en corrales por tratamiento, con focos infrarrojos de 250 Watts.

Los cabritos fueron distribuidos al azar en dos tratamientos, la prueba de comportamiento de crianza artificial fue de 21 días. Los tratamientos fueron isoproteicos (23.0 % PC), su composición se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Aporte nutricional de los tratamientos^z.

Nutriente	Composición nutrimental	
	SC (T0)	SCIHC ^y (T1)
MS (%)	-	96.48
EM (Mcal kg de MS)	-	4.52
PC (%)	23.00	23.00
EE (%)	32.00	33.00
Cenizas (%)	-	4.99
FC (%)	0.25	1.15
Ca (%)	-	0.73
P (%)	-	0.56
Vit A (UI)	115 000.00	82 000.00
Vit D (UI)	22 000.00	20 000.77
Vit E (UI)	225 000.00	311 000.60

^zSC: sustituto lácteo comercial, SCIHC: sustituto con inclusión de harina de cucaracha. ^y 8 % de inclusión de harina de cucaracha (20 % de la proteína total en el sustituto). Relación sustituto(kg):agua(kg): T0, 1:5.92; T1, 1:6.79 o T0: 169.0 g de sustituto l⁻¹ de agua, T1: 147.0 g de sustituto l⁻¹ de agua.

Alimentación: la fase de adaptación a los sustitutos comerciales y al amamantamiento en tetinas fue 5 días. El sustituto lácteo fue ofrecido a las 7:00 y 16:00 horas, ajustado diariamente de acuerdo con su consumo del día anterior, la alimentación fue en mamilas para medir consumo individual.

3.4.8. Sacrificio de los cabritos y características de la canal

Una vez finalizada la prueba de comportamiento (día 22) cuatro cabritos de cada tratamiento fueron sacrificados de acuerdo con el Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados (COLPOS, 2016). Se midió: peso vivo del cabrito, pH de la canal, peso de la canal caliente y peso de la canal fría (24 h post mortem); las canales se guardaron en refrigeración (4 °C). Se calculó además el rendimiento de la canal caliente y canal fría.

3.4.9. Composición química y pérdida de agua por cocción de la carne de cabrito

De la canal fría, se tomaron 200 g de músculo *Longissimos dorsi* y se realizó una molienda con un procesador de alimentos Picalica (Moulinex®, Francia), posteriormente, el contenido de humedad, proteína, grasa y colágeno de la carne se determinaron por espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR's) en el FoodScan™ Lab. Así mismo, se determinó la pérdida de agua por cocción a 72 °C en una parrilla eléctrica con la metodología propuesta por Bejerholm y Aaslyng (2003).

3.4.10. Costo de cabrito destetado

El costo de cabrito destetado por kilogramo se obtuvo mediante la sumatoria de los costos de adquisición, alimentación, fármacos y mano de obra.

3.4.11. Modelo estadístico y variables a medir

Para analizar las variables: peso, ganancia diaria de peso, consumo y eficiencia alimenticia aparente, se utilizó un modelo mixto con medidas repetidas con PROC MIXED de SAS® (SAS, 2023) y se compararon las medias con una prueba de contrastes ($p < 0.05$).

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_{0i} + \beta_{1i} * T_{ik} + \alpha_{0ij} + \alpha_{1ij} * T_{ijk} + E_{ij}$$

Donde:

$i = 2$ tratamientos.

$j = 10$ repeticiones.

$k = 21$ días.

Y_{ijk} = Es el peso del j -ésimo cabrito, del i -ésimo tratamiento, registrado en el k -ésimo día del periodo de crianza artificial.

μ = Media general.

β_{0i} = Es el intercepto del i -ésimo tratamiento de la regresión fija de peso vivo del cabrito (kg) sobre tiempo (días) de crianza artificial desde que inicio el experimento.

β_{1i} = Es la pendiente lineal del i -ésimo tratamiento de la regresión fija de peso vivo del cabrito (kg) sobre tiempo (días) de crianza artificial desde que inicio el experimento.

T_{ik} = Es el k -ésimo día de pesada, del i -ésimo tratamiento.

α_{0ij} = Es el intercepto del j -ésimo cabrito, del i -ésimo tratamiento de la regresión aleatoria para peso vivo del cabrito (kg) sobre días de crianza artificial.

α_{1ij} = Es la pendiente lineal del j -ésimo cabrito, del i -ésimo tratamiento de la regresión aleatoria para peso vivo del cabrito (kg) sobre días de crianza artificial.

T_{ijk} = Es el k -ésimo día de pesada, del j -ésimo cabrito en el i -ésimo tratamiento.

e_{ijk} = Error aleatorio.

Para analizar pH de la canal caliente, rendimiento de la canal caliente, pH 24 h, rendimiento de la canal a las 24 h, proteína cruda, grasa, humedad, colágeno y pérdida de agua por cocción, se empleó un diseño completamente al azar con PROC GLM de SAS® (SAS, 2023), y se compararon las medias con una Prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

i = 2 tratamientos.

j = 4 repeticiones.

Y_{ij} = Es el valor de la variable respuesta correspondiente al i-ésimo tratamiento en las j-ésima repetición.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental o error asociado a Y_{ij} .

3.5. Resultados y Discusión

3.5.1. Costo de producción de harina de cucaracha (*Nauphoeta cinerea*).

El costo de producción de harina de cucaracha *Nauphoeta cinerea* resultó en \$ 357.5 MXN kg⁻¹. En el Cuadro 7, se muestra un desglose de los componentes del costo.

El costo de producción de harina de cucaracha en la presente investigación resultó elevado, complicando con ellos su inclusión en dietas para animales de interés zootécnico, debido a que generalmente se formula al mínimo costo. La producción de insectos es una industria emergente, donde existen grandes lagunas de desconocimiento sobre su crianza, reproducción y procesamiento, así mismo se carece de tecnología e infraestructura especializada. Lo anterior concuerda con Veldkamp y Gasco (2023), quienes mencionan que el alto costo de producción de harina de insectos es debido que esta industria se encuentra en etapas iniciales, carece de investigación e infraestructura necesaria para abaratar costos en sus productos.

Cuadro 7. El costo de producción de 21.3 kg de harina de *cucaracha Nauphoeta cinerea*.

Insumo	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo total (\$)	Costo depreciado (\$)	Porcentaje
Cajas	40.00	90.00	3600.00	720.00	14.08
Aserrín	2.00	50.00	100.00	100.00	
Cartones de huevo	250.00	1.00	250.00	250.00	
Cable calibre 16	1.00	500.00	500.00	100.00	6.44
Sockets	43.00	5.50	236.50	47.30	
Focos	60.00	5.70	342.00	342.00	
Alimento de conejo	3.00	1000.00	3000.00	3000.00	39.47
Electricidad	3456.00	0.88/KWH	3041.28	3041.28	40.01
Total			8028.50	7600.58	100.00

Sin embargo, estas mismas dificultades por las que ahora se enfrentan aunado con el desperdicio de productos orgánicos que genera la cadena de suministro de alimentos y el hogar, son una gran oportunidad para que la cría de insectos en granjas especializadas se consolide en una empresa con gran potencial de desarrollo y sostenibilidad, transformando residuos orgánicos en materias primas de buen valor nutricional para animales. Se requiere promover una economía circular y estimulando eficazmente un cambio de paradigma en la conciencia de los humanos, para comprender el funcionamiento del concepto de negocio en la industria de insectos para consumo animal y humano (Cerritos & Klewer, 2015; Deguerry et al., 2023; RaboResearch, 2024; Tanga & Kababu, 2023).

La cría de insectos es una alternativa eficiente para reciclar nutrientes y mejorar la nutrición de animales tanto de traspatio como de sistemas intensivos. Además, se genera un subproducto con el sustrato donde fueron producidos junto con sus

heces e insectos muertos, denominado “Insect frass”, el cual se puede emplear como biofertilizante, en el desarrollo de la agricultura orgánica con grandes beneficios puesto que contienen derivados de insectos, como las exuvias, ricas en quitina y nitrógeno, en otros nutrientes que pueden mejorar la calidad del suelo y el crecimiento de las plantas (Barragán-Fonseca, 2022; Tanga & Kababu, 2023). Sin embargo, es necesaria más investigación enfocada en maximizar su producción a escala industrial, así como en temas de regulación sanitaria (Cerritos & Klewer, 2015; Deguerry et al., 2023; Larouche et al., 2023; Tanga & Kababu, 2023), con el fin de impulsar esta industria.

3.5.2. Análisis químico, aminograma y determinación de fibras

Los resultados del análisis químico y la determinación de fibras de las harinas de cucaracha se muestran en el Cuadro 8, donde se destaca el elevado contenido de extracto etéreo (26.45 y 25.57 %) y proteína cruda (55.38 y 52.55 %) para *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*.

Los resultados obtenidos coinciden con Boateng et al. (2018), quienes encontraron 26.93 y 53.04 % de extracto etéreo y proteína cruda, respectivamente, para la cucaracha *Periplaneta americana*. Así mismo, estos valores son similares a los reportados por Contreras et al. (2018), 24.26 y 60.80 % para extracto etéreo y proteína cruda para la especie *Gromphadorhina portentosa*. Pero estos valores de proteína cruda y extracto etéreo varían de forma importante entre estadios de desarrollo y entre especies de insectos. Veldkamp & Bosch (2015) reportan 62.50, 42.30, 38.10 y 49.10 % de PC para pupas de *Musca domestica*, larvas y prepupa de *Hermetia illucens* y larvas de *Tenebrio molitor*.

Cuadro 8. Resultados del análisis de las harinas de *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara*.

Determinación	<i>Nauphoeta cinerea</i> <i>Shelfordella tartara</i>	
	Contenido (%)	
Humedad	2.17	2.77
Materia seca	97.83	97.24
Extracto etéreo	26.45	25.57
Extracto libre de nitrógeno	3.94	4.14
Proteína cruda	55.38	52.55
Cenizas	3.74	4.10
Fibra Cruda	10.50	13.65
EM (Mcal Kg ⁻¹ de MS) NRC, 2021.	3.20	3.15
Fibras ^z		
FDN	39.22	27.67
FDA	13.26	12.87

^zFDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido.

En la industria de alimentos balanceados de animales de interés zootécnico la principal fuente de proteína empleada es la PS, la cual alcanza hasta un 52.54 % de PC (NRC, 2021), una vez que se extrae el aceite. Si se extrae parte del alto contenido del extracto etéreo que contiene la harina de insecto mediante presión o con solventes, se podría elevar su contenido de proteína cruda, como recomienda Veldkamp & Bosch (2015), con lo cual se alcanzaría el porcentaje en la harina de pescado (69.19 % de PC; NRC, 2021), la cual es considerada a nivel mundial como una de las mejores fuentes de proteína por su excepcional valor nutricional. Sin embargo, tanto la proteína de soya, como la de pescado presentan grandes inconvenientes como lo es la reducción de tierras para el cultivo, aunado con la sobre explotación de la tierra y los disturbios ecológicos provocados por el uso desmedido de agroquímicos; la sobreexplotación marina

ha reducido la abundancia de los peces, causando problemas ecológicos, sociales y económicos (Tran et al., 2015; Veldkamp & Bosch, 2015).

Por otro lado, la harina de cucaracha podría resolver el problema que presentan las proteínas animales procesadas, las cuales están prohibidas en la Unión Europea debido a la legislación sobre encefalopatía espongiforme transmisible (IPIFF, 2022).

El perfil de aminoácidos de la harina de cucaracha *Nauphoeta cinerea* y *Shelfordella tartara* se muestra en el Cuadro 9, se aprecia su alto contenido de aminoácidos, así mismo se muestra el perfil de aminoácidos de pasta de soya y harina de pescado, dos ingredientes de uso común en la formulación de dietas para animales de interés zootécnico.

Con respecto al contenido total de aminoácidos esenciales presente en la harina de ambas especies de cucaracha, presentan un valor promedio ligeramente superior a la proteína de soya y harina de pescado con 3.58 y 2.75 %, respectivamente, los cuales son insumos utilizados cotidianamente en la elaboración de alimento iniciador y sustitutos lácteos para cabritos, corderos y terneros.

Belluco et al. (2015) mencionan que los insectos aportan entre el 46 y el 96 % del requerimiento de aminoácidos esenciales en una proteína ideal.

Los aminoácidos azufrados y sus productos metabólicos son de importancia en el crecimiento y la salud (Espinosa & Araiza, 2010); la cisteína en particular puede derivar de la metionina a través de procesos de enzimáticos, esta a su vez se considera un aminoácido semiesencial para recién nacidos, los productos finales principales del metabolismo de metionina y cisteína son el glutatión, la homocisteína y la taurina participan en la respuesta inmune intestinal (Grimble, 2006; Shoveller et al., 2005).

Cuadro 9. Aminograma de las harinas de cucarachas e ingredientes proteicos.

Aminoácido	<i>Nauphoeta cinerea</i>	<i>Shelfordella tartara</i>	Pasta de soya ^z	Harina de pescado ^y
g/100g de Proteína				
Esenciales				
PC ^x %	55.38	52.55	52.54	69.19
Triptófano	0.48	0.57	1.38	0.96
Valina	7.04	6.45	4.76	7.01
Isoleucina	3.66	3.65	4.45	3.89
Treonina	5.43	5.12	3.95	3.89
Fenilalanina	5.38	4.96	5.03	3.73
Leucina	9.32	8.93	7.63	6.74
Lisina	6.46	6.15	6.16	6.82
Metionina	1.37	1.66	1.38	2.53
No esenciales				
Histidina	16.50	12.89	2.64	2.35
Ácido aspártico	11.29	10.28	-	-
Serina	6.27	5.72	-	-
Ácido Glutámico	14.27	13.99	-	-
Prolina	6.98	6.43	-	-
Glicina	7.22	6.73	-	-
Alanina	11.68	10.31	-	-
Cisteína	1.41	2.29	1.48	1.17
Tirosina	8.55	7.91	-	-
Arginina	7.18	5.87	7.29	5.63

^zPasta de soya: valores tomados de NRC, 2021, FEDNA, 2022^a y FEDNA, 2022^b. ^yHarina de pescado: valores tomados de NRC, 2021, FEDNA, 2022a y FEDNA, 2022b. ^xPC: proteína cruda.

El contenido de aminoácidos en las materias primas es de suma importancia, ya que la calidad de las proteínas hace referencia a la capacidad que tienen estas fuentes para suministrar aminoácidos indispensables y satisfacer los requisitos del organismo del animal (Malla et al., 2023); es por ello, que si existe un aminoácido esencial deficiente en la ración, la síntesis de proteínas del animal que la consume no podrá avanzar más allá de la velocidad a la que ese aminoácido está disponible (Veldkamp & Bosch, 2015), estos aminoácidos limitantes, pueden tener mayor o menor importancia de acuerdo con la especie y al estado fisiológico del animal.

3.5.3. Prueba de comportamiento en cabritos

El comportamiento que presentaron los cabritos durante la prueba de crianza artificial en las variables productivas de peso, GDP, consumo de sustituto lácteo y eficiencia alimenticia se muestran en el Cuadro 10. Ninguna de las variables presentó diferencias ($p>0.05$), sin embargo, hay una tendencia a mejorar el peso de los cabritos y la eficiencia alimenticia aparente en 9.5 % en T1 con respecto a T0. La tasa de mortalidad no se analizó mediante un análisis de varianza puesto que sólo se presentó en un evento y está fue de 11 % para T0, mientras que T1 no se vio afectado.

Cuadro 10. Variables productivas de los cabritos.

Tratamiento	Variable	Coeficientes de regresión para la regresión fija de tratamiento (e.e.) ¹		Contrastes para la igualdad de coeficientes a través de tratamientos (Pr > F) ¹	
		β_0	β_1^z	β_0 T0 vs T1	β_1 T0 vs T1
T0	Peso vivo final (kg)	4.60(0.19)****	0.038(0.007)****	0.521	0.001
T1		5.12(0.13)****	0.039(0.005)****		
T0	Consumo (kg de MS)	0.81(0.07)****	-	0.03	-
T1		0.84(0.02)****	-		
T0	EAA ^y (%)	56.2(0.16)****	-	9.5	-
T1		65.7(0.13)****	-		

¹NS: no significativo; *: $p<0.05$; **: $p<0.01$; ***: $p<0.001$; ****: $p<0.0001$. ^z β_1 : Es la pendiente lineal del i-ésimo tratamiento de la regresión fija de peso vivo del cabrito (kg) sobre tiempo (días) de crianza artificial desde que inicio el experimento (Ganancia diaria de peso). ^yEAA: eficiencia alimenticia aparente.

En la variable de peso de los cabritos en el presente estudio, se obtuvieron 38 y 39 g de GDP para T0 y T1, respectivamente, valores bajos para la etapa de crianza artificial y la especie; de manera general se esperarían ente 110 y 150 g de GDP, como reporta Pérez-Baena et al. (2021), quienes evaluaron el desarrollo

de cabritos alimentados con sustituto lácteo, donde encontraron GDP promedios de 114 y 150 g para los cabritos Murciano-Granadina y Murciano-Granadina x Bóer, respectivamente. Simonetti et al. (2019) evaluaron en la etapa de crianza artificial el crecimiento de cabritas de raza Anglo Nubian, alimentadas con un sustituto lácteo para terneros comparado con leche entera en polvo, donde obtuvieron GDP promedio en toda la etapa de 132 y 137 g, respectivamente. Así mismo, Arias et al. (2019) compararon la utilización de un sustituto lácteo para caprinos vs un sustituto lácteo formulado para bovinos, en la crianza artificial de cabritos, obteniendo 132 g de GDP. La baja GDP obtenida en los cabritos se podría deber al cambio del más del 50 % del origen de la proteína láctea por otras fuentes, limitando el suministro de aminoácidos como ácido glutámico y taurina, algunas proteínas como las α y β caseínas, los cuales en su conjunto son nutrientes ricos en la leche de cabra, limitándose así el desarrollo de los cabritos.

La mortalidad fue cero para T1, un excelente resultado para la crianza artificial de cabritos, puesto que esta variable normalmente alcanza valores del 8.5 al 17.9 % (Pérez-Baena et al., (2021). De acuerdo con Biasato et al. (2023), esto es debido a que la harina de insectos aumenta la diversidad del microbioma intestinal, donde se destaca los ácidos grasos de cadena corta que promueven la función de barrera de las células epiteliales; así mismo, los insectos contienen quitina, péptidos antimicrobianos y ácido láurico, moléculas que reducen las bacterias patógenas en el intestino. Esto concuerda con Bellezza et al. (2021), quienes evaluaron el efecto de la inclusión de larvas vivas de *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor* (5 % de la MS) en la engorda de pollos (Ross 308), midiendo crecimiento y bienestar animal, comparado con el desempeño de una dieta comercial disponible en el mercado, donde encontraron que los parámetros de crecimiento no se vieron afectados por los tratamientos dietéticos, pero a pesar de la ausencia de diferencias estadísticas, se encontró una tendencia numérica mayor a mejorar estas variables; no se registró mortalidad por el consumo de larvas, dado que de manera natural y evolutiva las aves consumen insectos; concluyendo que la adición de 5 % de *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor* no

tiene efectos negativos en el crecimiento de pollos de engorda y podrían estimular el sistema inmune debido al efecto de la quitina.

No se observan diferencias ($p>0.05$) en la eficiencia alimenticia aparente (EAA) obtenida en esta investigación, la cual fue de 56.2 % en T0 y 65.7 % para T1, siendo inferiores a las reportadas por Pérez-Baena et al. (2021), al evaluar el efecto de genotipo del cabrito en la etapa de crianza artificial, alcanzando 73.5 y 86.2 % para cabritos Murciano-Granadina y Murciano-Granadina x Bóer, respectivamente, lo cual se explica por el vigor híbrido obtenido por la cruce.

3.5.4. Características de la canal

El Cuadro 11 presenta los resultados de las características de la canal al momento del sacrificio y a las 24 h, donde se observa como el rendimiento de la canal caliente y de la canal fría es mayor en 2 % en T1 con respecto a T0, sin mostrar diferencias ($p>0.05$), mientras que el pH de la canal fría fue de 6.1 y 5.8 para T0 y T1, respectivamente, siendo diferentes ($p<0.05$).

Cuadro 11. Variables² de la canal de cabritos recién sacrificados y a las 24 h.

Tratamiento	PVC (kg)	pHCC	pHCF	RCC (%)	RCF (%)
T0	6.06 ± 0.42	7.20 ± 0.15	6.06 ± 0.08 ^b	43.16 ± 1.34	40.55 ± 1.71
T1	6.96 ± 0.43	6.83 ± 0.09	5.84 ± 0.03 ^a	45.07 ± 0.92	42.80 ± 1.35
<i>P</i>	0.18	0.071	0.04	0.28	0.34

²PVC: peso vivo del cabrito, pHCC: pH de la canal caliente, pHCF: pH de la canal fría, RCC: rendimiento de la canal caliente, RCF: rendimiento de la canal fría.

En las características de la canal, el pHCF mostró diferencias ($p<0.05$), y existe una tendencia numérica a mejorar el resto de las variables, lo cual coincide con

Boateng et al. (2018), y Ukoroije y Bawo (2020), quienes evaluaron el uso de HC de *Periplaneta Americana* en el desarrollo de ratones y alevines y encontraron las mismas tendencias; similarmente, Bellezza et al. (2021) no encontraron diferencias el rendimiento de la canal de pollos de engorda al incluir 5 % de larvas de *Hermetia illucens* y *Tenebrio molitor* en su alimentación.

3.5.5. Composición química y pérdida de agua por cocción de la carne de cabrito

La carne de los cabritos de ambos tratamientos presentó una composición química y pérdida de agua por cocción similar en ambos tratamientos ($p>0.05$) como se muestra en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Composición química y pérdida de agua por cocción de la carne de cabrito².

Trat	PC (%)	G (%)	Hu (%)	C (%)	PAC (%)
T0	19.08 ± 0.50	2.15 ± 0.13	78.96 ± 0.46	1.35 ± 0.12	30.94 ± 1.73
T1	19.40 ± 0.32	2.11 ± 0.11	78.32 ± 0.39	1.49 ± 0.07	30.30 ± 1.12
<i>P</i>	0.29	0.74	0.05	0.10	0.75

²Trat: tratamiento, PC: Proteína cruda, G: grasa, Hu: humedad, C: colágeno, PAC: pérdida de agua por cocción.

La composición química de la carne de los cabritos en T0 y T1 no presentaron diferencias, pero sus valores se mantienen en rango normal para la especie como menciona Ivanović et al. (2016), quienes reportan 75.4, 3.6 y 19.9 % de Hu, G y PC, respectivamente.

Con respecto a la pérdida de agua por cocción a los 72 °C, no se encontraron diferencias entre los tratamientos ($p>0.05$) y fue de 30.6 % en promedio, siendo 20.1 % menor con respecto a lo encontrado por Ježek et al. (2019), quienes evaluaron la pérdida de agua por cocción a 70 °C en parrilla del músculo

Longissimus thoracis, obtenido 38.3 % para esta variable, lo cual quiere decir que la carne de cabrito presenta una mayor estabilidad de las miofibrillas musculares.

3.5.6. Costo de cabrito destetado

En el costo de cabrito destetado, fue de \$ 188.61 $\pm$ 7.42 y \$ 170.02 $\pm$ 4.74 MNMX kg⁻¹ para T0 y T1, respectivamente, el cual fue diferente ($p < 0.05$), siendo \$ 18.60 MNMX más barato en T1 con respecto a T0.

Si los \$ 18.6 MNMX de ahorro por kilogramo de cabrito destetado en T1 se analiza de forma individual, no parece ser una gran mejora, sin embargo, si se extrapola a sistemas de producción caprina semi-intensivos e intensivos, donde se crían gran número de cabritos de forma cotidiana, esta reducción de precio podría representar una mejora económica importante dentro del sistema. El valor obtenido en esta investigación es ligeramente superior a lo reportado por Quintana (2018), quien evaluó un sustituto lácteo en el destete precoz de cabrito lechal sobre el costo de producción, obteniendo \$ 138.2 MNMX kg⁻¹ de PV de cabrito destetado.

3.6. Conclusiones

El aporte nutricional de la harina de cucaracha es idóneo para formular sustitutos lácteos para cabritos, con aporte nutricional similar al de la leche de cabra, sin representar un riesgo para su salud; sin embargo, su costo de producción es elevado y su efecto en la crianza artificial de cabritos no genera variaciones positivas importantes en su desarrollo o calidad de la carne, pero se podría utilizar con éxito, a la vez que se reutilizan desechos orgánicos.

3.7. Literatura citada

- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (18th ed.). Association of Official Analytical Chemists, EE. UU.
- Arias, R. O., Muro, M. G., Movilio, L. R., Ahihi, A. Trigo, M. S. Steffen K. et al. (2019). Evaluación de dos tipos de sustitutos lácteos en la crianza artificial de cabritos. *Revista Veterinaria Argentina*, 34(416). doi.org/10.1079/9780851993690.0000
- Barragán, F. K. Y., Nurfikari, A., Van de Zande, E. M., Wantulla, M., Van Loon, J. J. A., De Boer W., & Dicke, M. (2022). Insect frass and exuviae to promote plant growth and health. *Trends in Plant Science*, 27(7), 646-654. doi.org/10.1016/j.tplants.2022.01.007
- Bejerholm, C., & Aaslyng, M. D. (2003). The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork-depending on the raw meat quality. *Food Quality and Preference*, 15(1), 19-30. doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00018-1
- Bellezza, O. S., Biasato, I., Imarisio, A., Pipan, M., Dekleva, D., Colombino, E. et al. (2021). Black soldier fly and yellow mealworm live larvae for broiler chickens: Effects on bird performance and health status. *Journal of Anim Physiology and Animal Nutrition*, 105(1), 10-18. doi.org/10.1111/jpn.13567
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C., Ricci, A., & Paoletti, M. G. (2015). Edible insects: a food security solution or a food safety concern? *Animal Frontiers*, 5(2), 25-30. doi.org/10.2527/af.2015-0016
- Boateng, M., Okay, D. B., Frimpong, Y. O., Ntim, A., & Acheampong, Y. S. (2018). Entomophagous response of albino rats to cockroach (*Periplaneta Americana*) meal. *The journal Open Agriculture*, 3(1), 220-225. doi.org/10.1515/opag-2018-0023
- Cerritos, R., & Klewer, M. (2015). Pre-Hispanic agricultural practices: Using pest insects as an alternative source of protein. *Animal Frontiers*, 5(2), 31-36. doi.org/10.2527/af.2015-0017
- COLPOS (2016). Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados. Colegio de Posgraduados, México.
- Contreras, M. R., García, M.C. A., Arredondo, F. J. L., & Ibarra, J. L. A. (2018). *Uso de harina de cucaracha madagascar (Grompadhorina portentosa) como fuente de proteína para la alimentación de pollos*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México). Consultada en: <http://hdl.handle.net/11317/1554> [15/02/2024].
- Deguerri, A., Preteseille, N., Kovitvadhi, A., John, A. D., Nampanya, S., & Newman, S. (2023). From the heart of the animal feed industry: a Southeast Asian perspective

- on insects for feed in Asia. *Animal Frontiers*,13(4), 41-49. doi.org/10.1093/af/vfad036
- Escareño, S. L. M., Wurzinger, M., Pastor, L. F., Salinas, H., Sölkner, J., & Iñiguez L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*,17, 235-246. doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.10.087
- Espinosa, G. N. S., & Araiza, P. B. A. (2010). *Adición de glutamina y metionina en dietas para lechones recién destetados*. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma De Baja California, México). Consultada en: <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/entities/publication/419fb737-eedd-45a0-ac9f-9529220e21d2> [15/02/2024].
- FEDNA. (2020a). Harina de soja 44% PB. Sitio web: https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-soja-44-pb [15/2/2024].
- FEDNA. (2020b). Harina de pescado, 70/9/13. Sitio web: https://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-pescado-70913 [15/2/2024].
- Granado, J., Días, G. C., Rodríguez, E. V., & Rodríguez, S. M. (2018). Avances en el manejo y las instalaciones en la crianza de cabritos con lactancia artificial. Sitio web: <https://www.portalveterinaria.com/rumiantes/articulos/14063/avances-en-el-manejo-y-las-instalaciones-en-la-cria-de-cabritos-con-lactancia-artificial.html> [15/2/2024].
- Grimble, R. F. (2006). The effects of sulphur amino acids intake on immune function in humans. *The Journal of Nutrition*, 136(6), 1660-1665. doi.org/10.1093/jn/136.6.1660S
- Ivanović, S., Pavlović, I., & Pisinov, B. (2016). The quality of goat meat and it's impact on human health. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 32(2), 111-122. doi.org/10.2298/BAH1602111I
- Ježek, F., Kameník, J., Macharáčková, B., Bogdanovičová, K., & Bednář, I. (2019). Cooking of meat: effect on texture, cooking loss and microbiological quality – a review. *Acta Veterinaria Brno*, 88(4), 487-496. doi.org/10.2754/avb201988040487
- Larouche, J., Campbell, B., Hénault-Éthier, L., Banks, I. J., Tomberlin, J. K., Preyer, C., et al. (2023). The edible insect sector in Canada and the United States. *Animal Frontiers*, 13(4), 1-25. doi.org/10.1093/af/vfad047
- Luparia, F., Martínez, M., & Candotti, J. J. (2009). Crianza de cabritos: uso de dietas sólidas para un desleche precoz. *Revista Argentina de Producción Animal*, 29(2), 89-97.
- Malla, N., Nørgaard, J. V., & Roos, N. (2023). Protein quality of edible insects in the view of current assessment methods. *Animal Frontiers*, 13(4), 50-63. doi.org/10.1093/af/vfad015

- Niyonsaba, H. H., Höhler, J., Kooistra, J., Van der Fels-Klerx, H. J., & Meuwissen, M. P. M. (2021). Profitability of insect farms. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 923-934. doi.org/10.3920/JIFF2020.0087
- NRC. (2021). Nutrient Requirements of Dairy Cattle (8th ed.): The National Academies Press, Washington.
- Pérez-Baena, I., Jarque-Durán, M., Gómez, E. A., Díaz, J. R., & Peris, C. (2021). Terminal Crossbreeding of Murciano-Granadina Goats to Boer Bucks: Effects on Reproductive Performance of Goats and Growth of Kids in Artificial Rearing. *Animals*, 11(4), 986. doi: 10.3390/ani11040986.
- Quintana, Q. O. R. (2018). *Evaluación de lacto reemplazantes en el destete precoz de cabrito lechal*. (Tesis de licenciatura, Universidad De San Carlos De Guatemala, Guatemala). Consultada en: <https://core.ac.uk/download/pdf/158623961.pdf> [15/2/2024].
- RaboResearch. (2021). No Longer Crawling: Insect Protein to Come of Age in the 2020s. website: https://insectfeed.nl/wp-content/uploads/2021/03/Rabobank_No-Longer-Crawling-Insect-Protein-to-Come-of-Age-in-the-2020s_Feb2021-1.pdf [15/2/2024].
- SAS Institute (2023) Base SAS® 2023.11 Procedures Guide: Statistical Procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Shoveller, A. K., Stoll, B., Ball, R. O., & Burrin, D. G. (2005). Nutritional and functional importance of intestinal sulfur amino acid metabolism. *Journal of Nutrition*, 135(7), 1609-1612. doi.org/ 10.1093/jn/135.7.1609
- Simonetti, L., Valverde, C., & Ghibaudi, M. (2019). Crianza artificial de cabritas Anglo Nubian: comparación de dos lacto-reemplazantes. *Livestock Research for Rural Development*, 31(12).
- Tanga, C. M., & Kababu, M. O. (2023). New insights into the emerging edible insect industry in Africa. *Animal Frontiers*, 13(4), 26-40. doi.org/ 10.1093/af/vfad039
- Tran, G., Heuzé, V., & Makkar, H. P. S. (2015). Insects in fish diets. *Animal Frontiers*, 5(2), 37-44. doi.org/10.2527/af.2015-0018
- Ukoroije, R., & Bawo, D. (2020). Cockroach (*Periplaneta americana*): nutritional value as food and feed for man and livestock. *Asian Food Science Journal*, 15(2), 37-46. doi.org/ 10.9734/afsj/2020/v15i230150
- Van Soest, P. J., (2015). The Detergent System for Analysis of Foods and Feeds. Cornell University, EE. UU.
- Veldkamp, T., & Bosch, G. (2015). Insects: a protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets. *Animal Frontiers*, 5(2), 45-50. doi.org/10.2527/af.2015-0019
- Veldkamp, T., & Gasco, L. (2023). Insects as global opportunity. *Animal Frontiers*, 13(4), 3-5. doi.org/10.1093/af/vfad034

Anexos

Los eventos y congresos científicos son importantes para presentar y difundir los resultados de las investigaciones, así mismo, como interactuar con investigadores, recibir opiniones, críticas y puntos de vista acerca de lo presentado. Lo cual ayuda a fortalecer los puntos débiles de los temas de investigación. A continuación, se presentan las constancias de participación en eventos de carácter científico que se obtuvieron como fruto de este tema de tesis.

Constancia de participación en el **XI Congreso Internacional y XXV Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas** con el tema “**Innovación alimentaria: harinas de cucaracha y su viabilidad económica en la alimentación animal**”.



Constancia de participación en el **12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas** con el tema **“Calidad bacteriológica y degradabilidad *in vitro* de harina de cucaracha para alimentación animal”**.

ASOCIACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, COLEGIO DE POSTGRADUADOS
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO – ADMINISTRATIVAS Y DEPARTAMENTO DE PREPARATORIA AGRÍCOLA

12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias
Básicas y Agronómicas
OTORGA LA PRESENTE
CONSTANCIA

*A. Mauricio Cervantes Silva Laura Haydée Vallejo Hernández,
Luis Alberto Miranda Romero y Marcela Karina Castelo*

Por su participación como **PONENTE** con la conferencia intitulada **“Calidad bacteriológica y degradabilidad *in vitro* de harina de cucaracha para alimentación animal”** del 12° Congreso Internacional de Investigación en Ciencias Básicas y Agronómicas, llevado a cabo los días 07 y 08 de septiembre de 2023 en la Universidad Autónoma Chapingo.


Folio: 23090020-CIEMA

M.A. José Samuel Banda Arrieta
Director de la DICEA

Dr. Francisco Pérez Soto
Coordinador General del Congreso



Cualquier duda, aclaración y/o validación comunicarse al teléfono 5959521500 Ext. 6554 ó al correo dicea.investigacion@chapingo.mx

Constancia de participación en el **2° Encuentro de rumiantes, Crecer para avanzar-UNAM** con el tema **“Caracterización química de harina de cucaracha para su utilización en la formulación de un sustituto lácteo para cabrito”**.



Constancia de participación en el **2° Encuentro de rumiantes, Crecer para avanzar-UNAM** con el tema **“Efecto de la inclusión de harina de cucaracha en un sustituto lácteo en la crianza artificial de cabritos”**.



El 7 de diciembre del 2023 se llevó a cabo la final del certamen “Ideas Chapingo” que realiza la Universidad Autónoma Chapingo por octava edición, donde se compitió con el modelo de negocio “**CUCAPEZ**”, donde su modelo de negocio gira en torno a ser una empresa con el objetivo de producir alimento balanceado a base de harina de cucaracha para peces de ornato. A continuación, se presenta la constancia de participación, así mismo, se deja el enlace del video del mismo reconocimiento.

Link: [Cucapez es uno de los emprendimientos ganadores de nuestro Certamen IDEA 2023, ¡te invitamos a conocer su innovadora propuesta! 💡](#)
[#YoSoyChapingo | By Fundación ChapingoFacebook | Facebook](#)

