



Uso de diferentes niveles de fósforo contenido en la dieta alimenticia del grillo de casa (*Acheta domesticus* L.)

Ayala Obando, Lisseth Sofía

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Tigrero Salas, Juan Oswaldo

10 de febrero del 2022



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación **“Uso de diferentes niveles de fósforo contenido en la dieta alimenticia del grillo de casa (*Acheta domesticus* L.)”** fue realizado por la señorita **Ayala Obando, Lisseth Sofía**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con todos los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí 04 de febrero de 2022



**JUAN OSWALDO
TIGREIRO SALAS**

Tigreiro Salas, Juan Oswaldo

CC: 1703750404



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA**

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Ayala Obando, Lisseth Sofía** con cédula de ciudadanía N 1718511353, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Uso de diferentes niveles de fósforo contenido en la dieta alimenticia del grillo de casa (*Acheta domestica* L.)”**; es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí 04 de febrero de 2022

Ayala Obando, Lisseth Sofía

CC: 1718511353



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Autorización de Publicación

Yo **Ayala Obando, Lisseth Sofia**, con cédula de ciudadanía N 1718511353, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Uso de diferentes niveles de fósforo contenido en la dieta alimenticia del grillo de casa (*Acheta domestica* L.)”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí 04 de febrero de 2022

Ayala Obando, Lisseth Sofia

CC: 1718511353

Reporte de verificación de similitud de contenidos



Ayala Obando Lisseth Sofía_Trabajo Ttitulación...docx

Scanned on: 12:53 February 10, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	776
Words with Minor Changes	224
Paraphrased Words	493
Ommited Words	0

JUAN OSWALDO
TIGRERO SALAS

Ing. Juan Oswaldo Tigreiro Salas

CI: 1703750404

Dedicatoria

Dedico la culminación de mi proyecto y formación académica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria a:

Mis padres Fátima y Gonzalo, quienes a pesar de sus desacuerdos, se unieron en un único objetivo, y a lo largo de toda mi vida me han transmitido su amor y apoyo incondicional, con este logro, y los que vendrán les demuestro mi amor y gratitud eterna hacia ustedes.

Mis hermanos Cristhian y Daniel, los admiro, muchas trabas se han presentado en nuestros caminos, y a la distancia les agradezco por su apoyo y ejemplo.

Mi abuelita, mi muje, le dedico cada una de mis alegrías, logros, si pudiera le dedicaría cada día de mi vida, le agradezco infinitamente por poder contar con usted siempre, y sobre todo, por seguir a mi lado.

Mi familia, me siento bendecida por tenerlos y poder seguir compartiendo junto a ustedes cada una de nuestras alegrías, vamos por más.

Mi compañero de carrera, de aventuras y de vida, Xavier, quien, con amor, mucha paciencia y dedicación ha sabido complementar cada uno de mis pasos.

Lisseth Sofía Ayala Obando



Agradecimientos

El agradecimiento por la culminación de mi proyecto y formación académica de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria es a:

Dios, él estuvo presente en cada paso que he dado a lo largo de estos años, me ha otorgado grandes bendiciones con mi familia y seres queridos. Me ha iluminado con fuerza, valor y sabiduría para poder seguir adelante.

Mis padres, hermanos y familia por el apoyo, la confianza, los consejos y tiempo, gracias a todos ustedes he podido escalar este peldaño, no lo hubiera logrado sin cada uno de ustedes.

Mis compañeros, aquellos quienes formaron parte de tantas vivencias y experiencias enriquecedoras a lo largo de la carrera, sus consejos, ayuda y compañía me han traído hasta este punto, desde donde espero y aspiro, sigamos creciendo y mejorando tanto como personas, así como profesionales.

Mis profesores Ing. Juan Tigreiro, Ing. Mario Ortiz e Ing. Gabriel Larrea, quienes dedicaron valioso tiempo en brindarme su experiencia, paciencia y apoyo en la realización y culminación de mi trabajo de titulación.

La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, por abrirme las puertas y permitirme ser parte de esta gran familia.

Sofía Ayala O. 🙌

Índice de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Reporte de verificación de similitud de contenidos.....	6
Dedicatoria	7
Agradecimientos.....	8
Índice de Contenidos	9
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras	15
Resumen.....	16
Abstract	17
Capítulo I	18
Introducción	18
Antecedentes	18
Justificación	20
Objetivos	22
Objetivo general	22
Objetivos específicos	23
Hipótesis.....	23
Capítulo II	24

Revisión de literatura.....	24
Entomofagia	24
Los insectos y la salud	25
La proteína animal en la dieta humana	26
Impacto del consumo de insectos	27
Grillo doméstico (<i>Acheta domestica</i>).....	28
Taxonomía	28
Anatomía	29
Morfología.....	29
Composición química	30
Generalidades	36
Insectos vs. animales de producción	38
La proteína en los insectos	40
Crianza de grillos	40
Hábitat	41
Alimentación	42
Nutrición.....	47
Sistema gastrointestinal	47
La Energía	49
La importancia del fósforo.....	50
Grillos para el consumo.....	53

	11
Uso en dietas animales	53
Uso en la alimentación humana	54
Aceptación	56
Consideraciones para el consumo de insectos	56
Análisis en harina de grillo.....	58
Capítulo III	59
Metodología	59
Trabajo de campo.....	59
Lugar o zona de estudio.....	59
Ubicación geográfica	59
Establecimiento del sistema de crianza	60
Elaboración de dietas	62
Diseño experimental.....	66
Evaluación de variables	67
Análisis Físicos	67
Análisis Químicos	71
Análisis Bromatológico	71
Análisis de la información	82
Análisis económico.....	82
Capítulo IV	83
Resultados y Discusión	83
Resultados.....	83

Estadística descriptiva de ganancia de peso	83
Estadística descriptiva de materia consumida	87
Estadística descriptiva de la conversión alimenticia	93
Estadística descriptiva de la mortalidad	95
Estadística descriptiva de peso seco	96
Descripción del tiempo de cosecha	97
Análisis bromatológico	98
Análisis del contenido de minerales	98
Análisis del contenido de aminoácidos.....	99
Análisis de Presupuesto Parcial	100
Discusión	102
Análisis físicos.....	102
Análisis químicos	107
Análisis de Rentabilidad.....	109
Capítulo V	111
Conclusiones y Recomendaciones	111
Conclusiones	111
Recomendaciones	112
Bibliografía.....	113

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Taxonomía A. domesticus</i>	29
Tabla 2	Composición bromatológica del polvo de grillo (<i>A. domesticus</i>).....	33
Tabla 3	Composición aminoacídica del polvo de grillo (<i>A. domesticus</i>).....	33
Tabla 4	Composición mineral del polvo de grillo (<i>A. domesticus</i>).....	35
Tabla 5	Composición de ácidos grasos de grillo (<i>A. domesticus</i>).....	35
Tabla 6	Composición de vitaminas de grillo (<i>A. domesticus</i>).....	37
Tabla 7	Ingredientes de las dietas en base 2kg para grillos <i>A. domesticus</i>	64
Tabla 8	Composición química de las dietas para grillos <i>A. domesticus</i>	64
Tabla 9	Composición de los minerales de las dietas para grillos <i>A. domesticus</i>	64
Tabla 10	Composición de los aminoácidos de las dietas para grillos <i>A. domesticus</i>	64
Tabla 11	Descripción de los tratamientos.....	68
Tabla 12	Técnicas de ensayo para analizar los minerales por AGRAR PROJECT S.A.	82
Tabla 13	Promedio \pm DS de la ganancia de peso en g de grillos suplementados.....	84
Tabla 14	Ganancia de peso total de grillos suplementados con 3 diferentes dietas..	87
Tabla 15	Promedio \pm DS de la ganancia de peso total en g de grillos.....	87
Tabla 16	Promedio \pm DS de la materia consumida en g de grillos.....	90
Tabla 17	Materia consumida total de grillos suplementados con 3 dietas.....	92
Tabla 18	Promedio \pm DS de la materia consumida total en g de grillos <i>suplementados con 3 diferentes dieta</i>	93
Tabla 19	Conversión alimenticia de grillos suplementados con 3 diferentes dietas.	94
Tabla 20	Promedio \pm DS de la conversión alimenticia de grillos suplementados <i>con 3 diferentes dietas</i>	94
Tabla 21	Mortalidad en grillos suplementados con 3 diferentes dietas.....	95

Tabla 22	Promedio \pm DS del porcentaje de la mortalidad en grillos suplementados con 3 diferentes dietas.....	98
Tabla 23	Comparación del peso fresco (en vivo) vs peso seco de grillos suplementados con 3 diferentes dietas.....	98
Tabla 24	Promedio \pm DS del peso fresco (en vivo) y el peso en seco en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas.....	99
Tabla 25	Contenido bromatológico analizado en la harina de grillo alimentados con tres diferentes dietas.....	100
Tabla 26	Contenido de minerales analizado en la harina de grillo alimentados con tres diferentes dietas.....	98
Tabla 27	Contenido de aminoácidos en la harina de grillo.....	99
Tabla 28	Rendimiento total y Beneficios netos de los tratamientos experimentales.....	100
Tabla 29	Rendimiento ajustado y Beneficio bruto de los tratamientos experimentales.....	98
Tabla 30	Beneficio neto y Costo variable de los tratamientos experimentales.....	99
Tabla 31	Tasa de retorno marginal de los tratamientos experimentales.....	100

Índice de figuras

Figura 1 <i>Morfología de un grillo de casa vista lateral.....</i>	29
Figura 2 <i>Sistema gastrointestinal de los grillos.....</i>	48
Figura 3 <i>Ruta metabólica de enzimas usadas para el metabolismo de los músculos.....</i>	53
Figura 4 <i>Ubicación geográfica del proyecto.....</i>	59
Figura 5 <i>Tapa de contenedores de plástico, con agujero recubierto con malla metálica.....</i>	60
Figura 6 <i>Disposición de elementos dentro de los contenedores de plástico.....</i>	61
Figura 7 <i>Disposición de elementos dentro de los contenedores de plástico.....</i>	61
Figura 8 <i>Recolección de 50 ninfas para ser colocadas en cada unidad experimental.....</i>	62
Figura 9 <i>Dietas usadas en el experimento.....</i>	66
Figura 10 <i>Croquis del experimento.....</i>	67
Figura 11 <i>Pesaje de grillos para evaluar la ganancia de peso.....</i>	68
Figura 12 <i>Pesaje del alimento para evaluar la materia consumida.....</i>	68
Figura 13 <i>Recolección de los grillos adultos en cajas plásticas.....</i>	70
Figura 14 <i>Deshidratación de los grillos por 6 horas a 60°C.....</i>	70
Figura 15 <i>Análisis bromatológico realizado en los Laboratorios de Química del IASA.....</i>	71
Figura 16 <i>Ganancia de peso de los grillos a través de los 55 días en campo.....</i>	85
Figura 17 <i>Materia consumida por los grillos a lo largo de los 55 días de investigación.....</i>	87
Figura 18 <i>Materia consumida por los grillos a lo largo de los 55 días de investigación.....</i>	91
Figura 19 <i>Materia consumida total en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas.....</i>	93
Figura 20 <i>Beneficio Neto Vs Costo Variable de los tratamientos experimentales.....</i>	101

Resumen

La crianza de insectos está manifestando auge a nivel mundial, debido a las características de ciertas especies de insectos, se ha logrado que diversas culturas practicantes de la entomofagia pudieran criarlos de manera más técnica. La importancia de la crianza, y el consumo de insectos radica en la calidad de su carne, y el mínimo uso de recursos que normalmente se explotan en la crianza de animales de granja. La FAO menciona que su alto contenido nutricional tiene el potencial para solventar los requerimientos nutricionales tanto de seres humanos, como de animales. Entre las especies más consumidas y fáciles de criar, se encuentran los grillos. Estudios realizados en *Acheta domesticus* demuestran que la inclusión de fósforo en la dieta presentó efectos positivos en los parámetros productivos de esta especie. En la presente investigación los grillos fueron criados bajo condiciones específicas en: temperatura ($24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$), humedad (50%). Las dietas implementadas fueron (0,7; 0,9; 1,1) %P. Con la dieta 0,9%P se obtuvieron los valores más altos en ganancia de peso ($p = 0,0456$) y materia consumida ($p = 0,0098$). Para la conversión alimenticia, el tratamiento que significó menor consumo de alimento para generar en biomasa 1g, fue el 1,1%P con 3,97g. En las otras variables evaluadas como mortalidad ($p = 0,3825$) y materia seca ($p = 0,0577$), no se evidenciaron diferencias significativas. Los análisis químicos, muestran un contenido nutricional completo en aminoácidos y minerales, mientras los análisis bromatológicos resaltaron altos porcentajes proteicos de 45,56%, 47,75% y 49,56% con los tres tratamientos 0,7%P, 0,9%P y 1,1%P, respectivamente.

Palabras Clave: Insectos comestibles, *Acheta domesticus*, dietas, proteína, fósforo.

Abstract

The breeding of insects is manifesting a worldwide boom, due to the characteristics of certain species of insects, it has been possible for various cultures that practice entomophagy to breed them in a more technical way. The importance of breeding and eating insects lies in the quality of their meat, and the minimal use of resources that are normally exploited in raising farm animals. The FAO mentions that its high nutritional content has the potential to meet the nutritional requirements of both humans and animals. Among the most consumed and easy to breed species are crickets. Studies carried out on *Acheta domesticus* show that the inclusion of phosphorus in the diet had positive effects on the productive parameters of this species. In the present investigation, the crickets were raised under specific conditions: temperature ($24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$), humidity (50%). The diets implemented were (0.7; 0.9; 1.1) %P. With the 0.9%P diet, the highest values were obtained in weight gain ($p = 0.0456$) and matter consumed ($p = 0.0098$). For feed conversion, the treatment that meant less feed consumption to generate 1g biomass was 1.1%P with 3.97g. In the other variables evaluated, such as mortality ($p = 0.3825$) and dry matter ($p = 0.0577$), no significant differences were found. The chemical analyzes show a complete nutritional content in amino acids and minerals, while the bromatological analyzes highlighted high protein percentages of 45.56%, 47.75% and 49.56% with the three treatments 0.7%P, 0.9 %P and 1.1%P, respectively.

Keywords: Edible insects, *Acheta domesticus*, diets, protein, phosphorus.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Existen más de 2000 especies de insectos que no son nocivos para el consumo humano, se encuentran distribuidos por todo el mundo (Varelas, 2019). La costumbre del consumo de insectos proviene en su mayoría de la cultura asiática, diferentes locaciones a nivel mundial han venido adoptando la tradición. La inclusión de insectos comestibles en productos alimenticios es una práctica de entomofagia que ha tenido auge en los últimos tiempos como una alternativa más aceptable por la cultura occidental (Hall et al., 2017). El intercambio de recetas establecidas ha generado el desarrollo de nuevos productos entre culturas en donde se resiste el consumo. Llegando a ser incluidos en variedad de alimentos, dulces, productos de panadería, entre otros.

Los insectos comestibles tienen el potencial de convertirse en un manjar para las culturas que no practican dicha tradición (Hurd et al., 2019). Los parámetros de ingesta varían según la especie, la estación, el hábitat, el clima y el biotipo. En ciertas regiones consumen a diario diferentes especies de insectos comestibles, de esto va a depender el método de cocina, los platillos en los que serán incluidos y la preferencia de la madurez del insecto al momento de ser consumidos (Ramos Elorduy et al., 1997).

Con miras hacia la obtención segura y sostenible de alimento, nuevas fuentes de proteína se han vuelto de interés debido a la creciente demanda de insumos (Belluco et al., 2017). Esta alternativa de comida convencional, ha generado interés en la recolección, crianza y procesamiento de varias especies de insectos (Halloran & Vantomme, 2014). Sin embargo, pocas especies han sido domesticadas con éxito.

Entre las especies domesticadas se tiene al grillo de casa (*Acheta domesticus*), perteneciente a la familia Gryllidae, con más de 550 especies en todo el mundo, conocido como “house cricket”. Según Huris (2020), el uso más común de los grillos ha sido como alimento para humanos, sin embargo, en su gran mayoría, la crianza de grillos está encaminada como alimento para animales ajenos al campo de la producción, es decir: reptiles, anfibios, pájaros, perros, etc.

La crianza de insectos todavía no forma parte de la industria cárnica debido al choque cultural que representa este tipo de alimentos, a pesar de que el consumo de grillos en la dieta humana es una práctica que lleva varias décadas, son las zonas rurales quienes la han ido impulsando. La incorporación de los insectos al mercado presenta ciertos obstáculos, no obstante, no resulta una tarea imposible de realizar ya que los consumidores jóvenes son quienes han demostrado interés en los productos elaborados a base de insecto (Cicatiello et al., 2020). Se han demostrado resultados favorables en dietas de humanos y animales de explotaciones comunes como las gallinas de raza broiler en el estudio de (Nakagaki et al., 1986), por lo que una gran diversidad de productos y subproductos como alimento para animales de producción, domésticos y humanos ya son comercializados con la inclusión de harina de grillo.

El interés en la adopción de esta práctica de crianza de grillos como alternativa proteica radica en la cantidad de materia que se puede producir en corto tiempo, además de la disponibilidad de nutrientes que se pueden encontrar en su carne. Elser et al. (2000) en su estudio, demuestran que la cantidad de minerales contenidos en los cuerpos de los grillos alimentados en este caso con fósforo (P), podría incorporarse al ARN de los grillos debido a que el crecimiento requiere una síntesis de proteínas extensa y aquellos grillos criados con dietas ricas en proteínas ganaron más peso con el tiempo, además el exceso de fósforo se puede almacenar en la hemolinfa, análoga de la sangre de los vertebrados, dando un valor agregado a su contenido nutricional, elevando la calidad en la carne del insecto (Visanuvimol & Bertram,

2011). En un contexto filogenético, la alimentación de los animales invertebrados se ve fuertemente influenciada por la disponibilidad de recursos, el hábitat y el tipo de alimento que utilice la especie (FAO, 1987).

Justificación

La sobrepoblación a nivel mundial sobresale directamente a la producción y demanda de alimentos, debido a que la provisión de alimentos se encuentra en estado de crisis. Se prevé que para el año 2050 la población llegará a 9,7 mil millones con una demanda del 70 – 80 % (Van Peer et al., 2021), y a pesar de que la tendencia por elegir o preferir un alimento va a depender de varios factores, para algunas regiones del mundo, todo tipo de alimentos se encuentran disponibles a lo largo del año, el consumo de ciertos alimentos también va a depender de la cultura, religión, disponibilidad y capacidad de adquisición de los alimentos, sin embargo, la reciente concientización hacia el medio ambiente y la empatía hacia los animales de explotación, están impulsando a la población a inclinarse hacia fuentes de alimento de origen vegetal (Kinyuru, 2018).

Es conveniente la adopción de nuevas prácticas que mermen la amenaza que recae sobre nuestros ecosistemas, mucha de ella proveniente de la industria cárnica al requerir vastas extensiones de terreno para la producción de proteína animal (Cicatiello et al., 2020). Además, según la FAO, cada año se incrementa la cantidad de biomasa relacionada con la producción de alimentos que se pierde o se desperdicia, cerca de 1,3 mil millones de toneladas por año, reduciendo el consumo sostenible. El gran problema de la sociedad radica en la necesidad de la obtención de proteínas ya que si bien es cierto en algunos países se evidencia un exceso de habitantes, en otros, el mayor problema es el envejecimiento de la población (Van Peer et al., 2021). Una alternativa factible a este problema, parece ser la masificación de la producción de insectos comestibles. Los insectos, se presentan como una fuente de alimento sostenible para el

futuro, debido a su alto valor nutricional, alta tasa de conversión alimenticia y baja huella ambiental. Las comunidades rurales en las que el acceso a otros alimentos es limitado, sufren de desnutrición, especialmente desnutrición proteico energética (PEM) (Yhoung Aree et al., 1997). Existen limitaciones socioculturales y económicas que obstaculizan a las comunidades rurales a poder obtener fuentes de proteínas más comunes como la carne de res, de ave, de cerdo, leche y huevos. La carne de insectos comestibles es la opción alimenticia de igual o mayor cantidad de proteína, con disponibilidad de consumo para todo el año, además de fácil acceso y producción que proporcionan un valor nutricional importante, que al final se traduce como valor económico (Hurd et al., 2019).

Debido a su contenido en nutrientes, micronutrientes y proteínas, los insectos son considerados contribuyentes a la seguridad alimentaria, pueden ayudar a combatir la desnutrición por su alta calidad nutritiva (Nowak et al., 2016), la carne de insectos comestibles presenta un alto porcentaje de digestibilidad de las proteínas, llegando hasta un 98%, es inusual encontrar casos de insectos comestibles que presenten deficiencias de triptófano y lisina para la dieta humana (Ramos Elorduy et al., 1997).

El valor nutricional del grillo de casa es aproximadamente de 62 g de proteína / 100 g de harina, sobrepasa la proteína que se obtiene de los animales de consumo convencional (Biró et al., 2020), la crianza de los grillos es más sencilla, requiere de pocos recursos y menos energía ambiental, al ser omnívoros, pueden ajustarse al consumo de materia vegetal o animal si es el caso, en un estudio realizado por Soo Hoo & Fraenkel (1966), demuestran que los insectos alimentados con plantas de alto y bajo contenido de proteína evidenciaron diferencias en su crecimiento y desarrollo, pero no se evidenció preferencia de consumo por ninguna de las plantas utilizadas.

El enfoque que generalmente tienen las dietas utilizadas en insectos comestibles, va direccionado hacia el uso de desechos de hogar, como cáscaras de frutas o vegetales, en los estudios realizados se incorporan hojas o plantas endémicas de la zona donde se da la crianza de los insectos, siempre manteniendo el concepto de sustentabilidad. La crianza de grillos de casa no ha sido sistematizada, la industria cárnica todavía no incluye entre sus animales de explotación a los grillos de casa, el propósito del aprovechamiento de esta especie está en su alta fuente de proteína, aminoácidos y minerales tanto para animales como para humanos, es por esto que se debe buscar una solución más técnica en la crianza de grillos de casa, que signifique un ciclo de vida más corto, con una alta ganancia de peso.

En el medio ambiente, la disponibilidad de ciertos minerales se vuelve casi inexistente, como el caso del fósforo o el nitrógeno, los cuales se encuentran de diez a veinte veces en menor contenido en plantas hospedantes que en los insectos fitófagos, esto ha dificultado la satisfacción de las demandas nutricionales de los herbívoros (Elser et al., 2000). Muchos experimentos demuestran que la deficiencia de fósforo en las dietas alimenticias de varios organismos vivos, incluyendo a las bacterias, se presenta como una limitante hacia el crecimiento y desarrollo de los mismos, es el caso de los invertebrados, la falta de fósforo disminuye la tasa de crecimiento en orugas (Huberty & Denno, 2006).

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de fósforo (0,7%; 0,9% y 1,1%) contenida en la dieta alimenticia, para mejorar los parámetros productivos y composición química del grillo de casa (*Acheta domesticus* L.).

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la dieta alimenticia sobre los parámetros productivos de *A. domesticus*.

Determinar la composición química de la harina de grillo mediante un análisis bromatológico y aminoacídico.

Realizar una valoración económica del tratamiento más rentable.

Hipótesis

Hipótesis nula

Los parámetros productivos de *A. domesticus* alimentados con diferentes concentraciones de P. no varían.

Hipótesis de investigación

Los parámetros productivos de *A. domesticus* alimentados con diferentes concentraciones de P. sí varían.

Capítulo II

Revisión de literatura

Entomofagia

Más de 2000 especies de insectos en el mundo se usan con fines alimenticios. Varios estudios demuestran que los insectos han sido consumidos desde mucho antes que el ser humano tuviera herramientas para cazar y obtener carne de animales vertebrados, en análisis de fósiles se encontraron restos de larvas de escarabajos, hormigas, entre otros (Varelas, 2019). Además, también se evidenció a través de pinturas en cuevas que la dieta del homínido contenía insectos (Kourimska & Adamkova, 2016). Magara, et al. (2021) menciona que, a nivel mundial en 49 países se consumen más de 60 especies diferentes de grillos.

La entomofagia, es una práctica esparcida a nivel global. Los continentes que han sumado esta tradición a sus costumbres son Asia, África y América del Sur, con excepción de algunos países. Se estima que más de dos millones de personas consumen insectos (Varelas, 2019). El consumo de insectos en el continente europeo ya es un hecho. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha aprobado al gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), grillo de casa (*Acheta domesticus*) y a la langosta migratoria (*Locusta migratoria*). Estas tres especies ya son comercializadas y son aptas para el consumo humano de acuerdo a la evaluación realizada por EFSA, varias especies se encuentran la lista de evaluación para poder ingresar al mercado como la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) (Van Peer et al., 2021).

Entre las especies de insectos que se crían masivamente se encuentran: el gusano de seda, el grillo, el avispon gigante, la termita, entre otros. Aquellos insectos usados en la alimentación son: la mosca soldado negra, los escarabajos, el gusano de seda, las langostas, etc. (Varelas, 2019).

Los insectos comestibles presentan un gran beneficio nutricional debido a sus propiedades, ya que contienen altas cantidades de proteína, así como composiciones favorables de aminoácidos y perfiles lipídicos (Cicatiello et al., 2020), dependiendo de la especie, los valores pueden variar, en todo caso, los insectos presentan mejor contenido nutricional que los animales de producción convencional.

Hay insectos que incluso se utilizan con fines medicinales como la mosca verde común (*Lucilia sericata*), la cual en su estado larval sirve para curar lesiones crónicas (Varelas, 2019).

En general el contenido de los insectos es proteínas, grasa, fibra, extracto libre de nitrógeno y cenizas. Existen varios órdenes al cual pertenecen diversidad de insectos que son considerados como comestibles. Entre los órdenes que se pueden encontrar tenemos: Blattodea (cucarachas), Coleoptera (escarabajos, larvas), Diptera (moscas), Hemiptera (bichos), Hymenoptera (hormigas, abejas), Isoptera (termitas), Lepidoptera (mariposas, polillas), Odonata (libélulas, caballitos del diablo), Orthoptera (grillos, saltamontes, langostas) (Rumpold & Schluter, 2013).

Los insectos y la salud

Para la población que está experimentando envejecimiento, el consumo de proteína va a ayudar a prevenir ciertas enfermedades relacionadas con la población anciana, como es la sarcopenia (Van Peer et al., 2021).

En países en donde la apicultura se ha vuelto parte de su cultura, *Apis mellifera* es utilizada para la producción de veneno de abeja, el cual ayuda con alergias relacionadas con las picaduras de estos insectos (Schmidt, 2011).

Es indiscutible la inquietud hacia la digestión de la quitina en la dieta humana, sin embargo, según Paoletti (2005), la actividad quitinasa que los jugos gástricos puedan presentar va a depender del alimento quitinoso que se incorpore a la dieta, es decir, entre más se

consume alimentos de este tipo, se tendrá más capacidad para poder digerirlo. Se hizo un estudio con 25 sujetos italianos de los cuales 20 presentaron dicha actividad en un pH ácido, denominada quitinasa ácida de mamíferos (AMCase) por sus siglas en inglés “acidic mammalian chitinase”, comprobando que en las dietas de los mamíferos sí se puede incorporar alimentos que contienen quitina, además, existe la presencia de quitinasas en varios tejidos humanos, esto, en respuesta al desarrollo de infecciones parasitarias o alérgicas.

Lee et al. (2011) demostraron que la (AMCase) puede inhibir la inflamación pulmonar, inhibe la lesión pulmonar inducida por oxidantes, ayuda a la cicatrización de heridas, estimula la activación de macrófagos, entre otras funciones.

La proteína animal en la dieta humana

Millones de personas en el mundo viven bajo una dieta a base de carne. En la dieta americana, un individuo llega a consumir hasta 124 kg de carne por año, esto se ve repartido en distintas especies como cerdo, aves de corral, entre otros. La proteína adicional se obtiene de subproductos de origen animal como huevos, leche etc. (Pimentel & Pimentel, 2003).

En un estudio dirigido por (Rumpold & Schluter, 2013), la FAO comprueba que el contenido de los insectos comestibles en energía, proteínas y aminoácidos requeridos por los humanos, se presentan en cantidades adecuadas para su asimilación. Poseen un elevado contenido de ácidos grasos mono y poliinsaturados, también, grandes cantidades de micronutrientes como Cu, Fe, Mg, Mn, P, Se y Zn, así como vitaminas B12, B5, B7 y, ocasionalmente B9, es decir que esta carne se puede considerar como un alimento completo.

Los insectos tienen la capacidad de convertir eficazmente el alimento consumido en biomasa con componentes de alta calidad como quitina, proteínas y grasas. El uso de productos agrícolas de poco valor, resulta ser una senda prometedora para la crianza de insectos, ya que la

biomasa excedente en la industria alimenticia tiene el potencial para ser usada como alimento para insectos y proveernos de una carne con gran valor nutricional (Sergiy Smetana, 2016).

Impacto del consumo de insectos

Hasta el 18% de gases de efecto invernadero son producto de los sistemas de producción cárnica, se prevé que estas emisiones puedan llegar aproximadamente al 40% debido al incremento de la población, además, la creciente demanda de proteína va a provocar que los costos de proteína animal se eleven, por ello se considera como fuentes de proteína cárnica con menor efecto contaminante, a varias especies de insectos, los cuales han demostrado adaptarse a diferentes condiciones climáticas, fuentes de alimento, e incluso a residuos de origen humano, como desperdicios alimenticios, excremento, entre otros (Nischalke et al., 2020).

Se estima que 1,3 mil millones de toneladas se generan de desperdicios alimentarios al año, de las cuales se podrían recuperar miles de toneladas mediante el metabolismo de los insectos, obteniendo de esta manera proteína. Es el caso de la mosca soldado negra o las moscas domésticas, sus larvas son capaces de consumir hasta estiércol, y transformarlo en biomasa de alto contenido nutricional, sobre todo proteico, pudiendo usarse como una herramienta de mitigación de daños al medio ambiente por gases de efecto invernadero, se ha comprobado que pueden reducir más del 50% del estiércol proveniente de aves de corral (Newton et al., 2005). Otra de sus ventajas es la reducción del crecimiento de las bacterias, resultando en menor expulsión de olores y supresión de agentes patógenos como la Salmonella (Erickson et al., 2004). En el caso de minerales, su reducción del fósforo es de un 61 – 70% y de nitrógeno de 30 – 50% (Makkar et al., 2014). Sin embargo, ya que este tipo de desperdicios pueden resultar no aceptables e inconvenientemente insalubres, las moscas también pueden

criarse de manera adecuada con únicamente materia de origen vegetal, al igual que diferentes especies de insectos.

El impacto que representaría para el mundo la transición de miles de granjas de producción convencional a mini granjas de cría de insectos, formaría parte del cambio que se debe lograr para apoyar a la regeneración de los ecosistemas sobreexplotados y mermar la expansión de la devastadora existencia del ser humano.

Grillo doméstico (*Acheta domestica*)

Taxonomía

Tabla 1

Taxonomía A. domestica

Categorías	Descripción
Reino:	Animalia
Subreino:	Eumetazoa
Filo:	Arthropoda
Subfilo:	Hexapoda
Clase:	Insecta
Orden:	Orthoptera
Suborden:	Ensifera
Superfamilia:	Grylloidea
Familia:	Achrididae (Gryllidae)
Subfamilia:	Gryllinae
Género:	Acheta
Especie:	<i>A. domestica</i> L.

Nota. Adaptado de *Orden Orthoptera* (p.7), por Aguirre Segura & Barranco Vega (2015), Revista IDE@ - SEA.

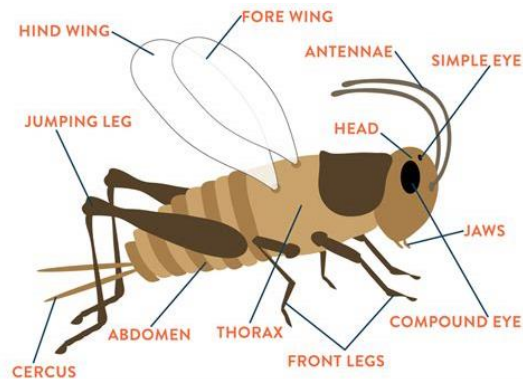
Anatomía

Las especies del orden Orthoptera, generalmente presentan un tamaño mediano. La cabeza suele formar un ángulo recto con el cuerpo, la boca se encuentra dirigida hacia abajo. Tienen ojos grandes y compuestos, posee también ocelos y antenas largas.

El tercer par de patas está especializado para el salto. Dos pares de alas, el primer par de consistencia coriácea (tegminas), el segundo (alas propiamente dichas), se encuentra plegado bajo el anterior y con consistencia más membranosa con terminación en punta (Figura 1) (Aguirre Segura & Barranco Vega, 2015).

Figura 1

Morfología de un grillo de casa vista lateral



Nota. Adaptado de *Body morphology, energy stores, and muscle enzyme activity explain cricket acoustic mate attraction signaling variation* (p.15), por Thomson et al. (2014), PLoS ONE.

Morfología

Los grillos miden de 0,25 a 0,30 cm, esto, sin contar con las alas o las antenas. El color que *A. domesticus* tiene es marrón amarillento, con el abdomen y la cabeza de un tono más oscuro (Walker, 2007).

Cabeza. Ortognata, más o menos esférica, con antenas largas: filiformes, formadas por artejos visibles, normalmente más largas que el cuerpo. Su aparato bucal es de tipo masticador, formado por mandíbulas bien desarrolladas, maxilas con palpos de cinco artejos y labio con palpos labiales de tres artejos.

Tórax. Pronoto, en el dorso se encuentra formado por el disco del pronoto lateralmente definido por las quillas laterales, por los paranotos o lóbulos laterales. Lóbulos esternales bien esclerificados. Patas formadas por coxa, trocánter, fémur, tibia y tarsos, normalmente provistos de uñas y un arolio central. El tercer par de patas con fémures fuertemente ensanchados en su base y adaptados para el salto; las tibias de este par de patas presentan espinas que en su extremo suelen ser más fuertes denominadas espolones.

Abdomen. Grande, unido al tórax, compuesto de 10 terguitos visibles, en el décimo suele aparecer un par de cercos. El ano está rodeado por tres valvas: la central se denomina epiprocto y las dos laterales paraproctos. En machos se presentan nueve esternitos, el último se denomina placa subgenital, puede llevar un par de estilos. La hembra presenta ocho esternitos, los esternitos sexto y séptimo se encuentran unidos a la placa subgenital situada en la base del oviscapto, formado por tres pares de valvas (Wolff Echeverri, 2006).

Composición química

Los insectos tienen hemolinfa, homólogo a la sangre. El pH se encuentra entre 6,4 y 6,8 (Avendaño et al., 2017). La hemolinfa tiende a hacerse más ácida ya que libera metabolitos ácidos, incluyendo el dióxido de carbono. La capacidad de amortiguador de la hemolinfa está mediada por diferentes compuestos como aminoácidos, fosfatos inorgánicos incluyendo bicarbonatos en bajas concentraciones. En muchos insectos se encuentran iones inorgánicos dentro de la hemolinfa como el Na⁺ y Cl⁻. También se encuentran cationes K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺. Los

grillos al ser insectos hemimetábolos, es decir que no pasan por una metamorfosis completa como las mariposas, se encuentra en ellos mayor cantidad de Na⁺ y Cl⁻ (Murray et al., 2009).

El azúcar que la hemolinfa contiene se llama trehalosa disacárida, y generalmente la glucosa se encuentra en una menor concentración. La hemolinfa de los insectos se caracteriza por tener en el plasma gran cantidad de aminoácidos libres los cuales sirven para amortiguar la osmorregulación, así como funcionar como sustrato para la síntesis de proteínas (Rosas Mejía et al., 2015).

En grillos, la cantidad de proteína se encuentra desde 55 al 73%, la digestibilidad que posee la especie *A. domesticus* es de 83,9%, presentándose en un valor de digestibilidad más alto que ciertas fuentes de proteína vegetal, pero bajo frente a huevos, carne de res y leche de vaca con hasta un 95% (Magara, et al., 2021). En el cuerpo de las hembras, la grasa corporal va a ayudar a producir vitelogenina para los huevos (Rosas Mejía et al., 2015).

Los lípidos van del 4,30 al 33,4% en materia seca. En ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) llegan hasta el 58% del total de ácidos grasos (Van Peer et al., 2021). Se encuentran almacenados en forma de gotas en los trofocitos. Se presentan dos formas diferentes de lípidos en los grillos comestibles, los triglicéridos representan el 80% y los fosfolípidos el 20%, esto va a depender de su etapa de desarrollo (Tzompa Sosa et al., 2014). La grasa corporal va a ser el principal lugar en donde se van a sintetizar las proteínas de la hemolinfa. El contenido de ácidos grasos, también va a depender de la dieta y del ambiente. Los ácidos grasos predominantes son los saturados, seguidos por los monoinsaturados y finalmente los poliinsaturados (Ghosh et al., 2017).

Las cenizas de los grillos comestibles van de 2,96 – 20,50 mg/100 g de peso seco, esta cantidad va a indicar el contenido de elementos minerales (McDonald et al., 1995).

Para la fibra tenemos que se encuentra de 0,5 – 13.4%, una parte importante de esta fibra se encuentra en la quitina insoluble del exoesqueleto (Van Huis, *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*, 2013). Para los grillos, la quitina ayuda como protección de parásitos o estados alérgicos, e incluso evita la formación de tumores ya que está antiviricamente activa (Stull et al., 2018).

El contenido de carbohidratos se encuentra entre 2,5 – 47,20 g / 100 g de peso seco. Los grillos sintetizan a los carbohidratos de los lípidos y aminoácidos por lo que no es una fuente necesaria en su dieta (Najim, 2001). Los grillos almacenan los carbohidratos principalmente en forma de glucógeno, el cual se transforma en trehalosa, una forma fácilmente utilizable como energía. La utilización de los carbohidratos como energía se utiliza principalmente en el cambio de exoesqueleto y la estridulación de los grillos machos (Maklakov et al., 2008).

El valor energético va a ser influido directamente por la especie, lípidos y etapa de desarrollo (Ramos Elorduy et al., 1997).

Los grillos tienen alto contenido de aminoácidos en insectos, los aminoácidos esenciales para la dieta (Van Peer et al., 2021), oscilan entre 46 y 96 g /100 g de materia seca (Xiaoming et al., 2010), para *A. domesticus*, la valina (1,07 – 11,45g /100g de materia seca), leucina (3,97 – 9,75g / 100g de materia seca) y lisina (2,42 – 7,90g /100g de materia seca) (Van Huis & Oonincx, 2017).

En un estudio realizado por Huberty & Denno (2006) se demostró que el contenido de ácido glutámico era elevado en *A. domesticus*, así como de arginina la cual ha sido considerada uno de los aminoácidos esenciales responsables del desarrollo en niños. Sin embargo, se encontraron bajas cantidades de metionina, triptófano y cisteína.

Tabla 2*Composición bromatológica del polvo de grillo (A. domesticus)*

Composición nutricional	(% MS)	(kcal/kg MS)
Proteína	45.8 ± 0.6	
Grasa	23.7 ± 0.3	
Fibra dietética insoluble	5.7 ± 0.1	
Fibra dietética soluble	0.9 ± 0.1	
Carbohidrato	19.6 ± 0.5	
Ceniza	4.3 ± 0.2	
Energía		4881

Nota. Adaptado de *Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders* (p.130), por Montowska et al., 2019, Food Chemistry.

Tabla 3*Composición aminoacídica del polvo de grillo (A. domesticus)*

Aminoácidos	Contenido (g/100 g MS)
Aminoácidos esenciales	
Valina	3.84 ± 0.09
Isoleucina	2.91 ± 0.01
Leucina	4.83 ± 0.02
Lisina	3.90 ± 0.03
Treonina	2.54 ± 0.02
Fenilalanina	2.34 ± 0.02
Metionina	1.10 ± 0.01
Histidina	1.52 ± 0.05
Triptófano	0.68 ± 0.02
Total EAAs	23.65 ± 0.17
Aminoácidos no esenciales	
Tirosina	3.18 ± 0.07
Arginina	4.04 ± 0.06
Ácido aspártico	5.66 ± 0.03

Aminoácidos	Contenido (g/100 g MS)
Ácido glutámico	6.48 ± 0.03
Serina	2.87 ± 0.06
Glicina	3.50 ± 0.07
Alanina	5.89 ± 0.02
Cisteína	0.55 ± 0.01
Prolina	3.54 ± 0.04
Total NEAAs	37 ± 0.33

Nota. EAAs - Aminoácidos esenciales, NEAAs - Aminoácidos no esenciales. Adaptado de *Characterization of protein in cricket (Acheta domesticus), locust (Locusta migratoria), and silk worm pupae (Bombyx mori) insect powders* (p.23), por Brogan et al., 2021, LWT.

Tabla 4

Composición mineral del polvo de grillo (A. domesticus)

Minerales	Composición (%)
Fósforo	29
Potasio	26
Sodio	21
Calcio	22
Magnesio	35
Zinc	169
Manganeso	228
Hierro	23
Cobre	501

Nota. Adaptado de *Nutritional value, protein and peptide composition of edible cricket powders* (p.131), por Montowska et al., 2019, Food Chemistry.

Tabla 5*Composición de ácidos grasos de grillo (A. domesticus)*

Ácidos grasos	(g/100 g materia seca)
Ácido láurico	0,10 ± 0,00
Ácido mirístico	0,44 ± 0,00
Ácido pentadecanoico	0,11 ± 0,00
Ácido palmítico	22,65 ± 0,37
Ácido heptadecanoico	0,12 ± 0,00
Ácido esteárico	8,54 ± 0,00
Ácido heneicosanoico	0,24 ± 0,00
Ácido tricosanoico	0,02 ± 0,04
Ácido miristoleico	0,44 ± 0,00
Ácido palmitoleico	0,34 ± 0,00
Ácido heptadecenoico	0,24 ± 0,00
Ácido cis oleico	20,18 ± 0,02
Ácido erúcico	0,52 ± 0,01
Ácido cis-linoleico	41,39 ± 0,29
Ácido eicosadienoico	0,00
Ácido docosadienoico	0,11 ± 0,01
Ácido linolénico	1,11 ± 0,00
Ácido eicosatrienoico	0,01 ± 0,02
Ácido araquidónico	0,01 ± 0,02
Eicosapentaenoico	0,01 ± 0,02
SFA	32,22
MUFA	21,72
PUFA	42,64
TUFA	64,36
Relación PUFA/SFA	1,32
n-3	0,01
n-6	42,63
EFA	41,39 ± 0,29

Nota. SFA – Ácido graso saturado, MUFA – Ácidos grasos monoinsaturados, PUFA – Ácidos grasos poliinsaturados, EFA – Ácidos grasos esenciales. Adaptado de *Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and Tenebrio molitor L. larvae* (p.338), por Aman et al., 2017, Journal of Asia-Pacific Entomology.

Tabla 6

Composición de vitaminas de grillo (A. domesticus)

Vitaminas	Composición mg/100g
Retinol (vitamina A)	<67,00
β caroteno	<0,02
Tiamina (vitamina B1)	0,04
Riboflavina (vitamina B2)	3,41
Niacina (vitamina B3)	3,84
Ácido pantoténico (vitamina B5)	2,30
Piridoxina (Vitamina B6)	0,23
Biotina (vitamina B7)	0,02
Ácido fólico (vitamina B9)	0,15
Vitamina B 12	0,01
Vitamina C	3
Vitamina D	<17,15
Vitamina e	1,32
Vitamina K	NR
Colina	151,9

Nota. NR - No Reportado. Adaptado de *Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores* (p.270), por Finke, 2002, Zoo Biology.

Generalidades

Los insectos tienen una alta fecundidad, ciertas especies de insectos se pueden considerar multivoltinos. Además, ya que son omnívoros pueden transformar cualquier tipo de

materia con una alta eficiencia en conversión alimenticia (Nájera & Souza, 2010). La especie *A. domesticus*, puede poner hasta 1500 huevos por mes, es decir que al mes tiene aproximadamente 10 puestas con hasta 150 huevos por puesta (ANSES, 2015).

Su demanda de espacio es baja, así como su requerimiento de agua y alimento (Rumpold & Schluter, 2013). Un grillo adulto macho gasta un 78% de energía al día en su mantenimiento metabólico (Hack, 1997).

El cambio de exoesqueleto, a lo largo de su vida ocurre de entre 7 a 8 veces, esto va a depender netamente de la temperatura, condiciones ambientales, etc. Para este proceso, el grillo deja de comer unas 24 horas antes para que pueda retraerse el tamaño del tracto gastrointestinal, y pueda ser más fácil desprenderse del exoesqueleto, después de un par de horas el grillo retoma el alimento para recuperar energía (Woodring et al., 2007), es en el proceso de muda que el grillo se encuentra más vulnerable a ser devorado.

Su ciclo de vida comienza por 15 días en estado huevo, después de la eclosión pasa a estado ninfa por dos semanas, posteriormente pasa a microgrillo por dos a tres semanas más, pasado este tiempo, casi al mes de haber eclosionado se convierte en grillo juvenil y aproximadamente 45 días después de la eclosión pasan a ser reproductores, este estado se evidencia con el desarrollo de las alas para machos y hembras, y en el caso específico de las hembras se desarrolla por completo el ovopositor, que es el órgano por donde podrán colocar los huevecillos, pueden llegar hasta 20 mm de profundidad (Vaca, 2020).

Un grillo adulto en un ambiente adecuado puede ingerir hasta 34 mg por día, en el caso de las ninfas, cuando están a punto de cambiar de exoesqueleto por primera vez, pueden consumir entre 16 – 28 mg por día (Woodring et al., 1977). Para producir 1 kg de materia seca, la especie *A. domesticus* requiere aproximadamente de 1,7 a 2kg de alimento (Paoletti M. G., 2005).

Según Halloran & Vantomme (2014), se obtiene 1kg de harina de grillo con 10 000 grillos vivos, es decir que con 10 se puede obtener 1 g de harina. El contenido de agua en el cuerpo de los grillos es de 69%, de acuerdo a la investigación realizada, los grillos adultos pueden llegar a pesar de 0,5 a 0,8g en peso vivo adulto (Vaca, 2020).

Los grillos requieren de exposición a la luz ultravioleta, mediante la cual van a poder sintetizar la vitamina D, además, ensayos han demostrado que la limitada exposición a la luz puede influir negativamente en la ingesta de alimento (Livingston et al., 2014). Estos ritmos circadianos se ven regulados por la melatonina, la cual se encuentra relacionada con la pigmentación, longevidad y la sincronización de la actividad de día y de noche (Reiter, 1995).

Insectos vs. animales de producción

El sistema alimentario basado en carne no es sostenible, requiere grandes cantidades de energía fósil no renovable, la mayor amenaza se presenta en el agotamiento de nuestros recursos naturales, mientras la proyección de la población en unos cuantos años, es de incremento (Pimentel & Pimentel, 2003).

Los insectos se presentan como una vía atractiva para ser usada en la economía circular. Con la crianza de insectos, estamos asegurando la sostenibilidad de los sistemas alimentarios, de tal forma que estaremos recuperando nutrientes que se han perdido en la cadena de suministros de alimentos debido a la bioconversión de los insectos (Silva, 2016).

Los desechos de los insectos, al igual que el de los animales de producción, han demostrado tener potencial para su aplicación como fertilizantes orgánicos (Van Peer et al., 2021).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, alega que, del total de la producción mundial de alimentos, un tercio se desperdicia. Es preciso señalar que, a pesar de los esfuerzos por mermar y reutilizar los residuos en la formulación de piensos para

los animales de producción, esta práctica sigue siendo limitada. Como consecuencia del mal manejo de nuestros sistemas alimentarios se evidencia el agotamiento de los recursos naturales y el cambio climático (Silva, 2016).

El impacto ecológico que figura la crianza de insectos tiene un nivel inferior al del ganado actual, demostrando que producen menos gases de efecto invernadero, así como amoníaco. Los insectos son capaces de consumir todo tipo de desechos de origen animal y vegetal, se conoce que son más eficientes en la conversión de alimentos en biomasa útil, que los animales de explotaciones tradicionales ya que son ectotérmicos, es decir que usan poca energía para mantener su temperatura corporal, de igual forma, requieren de menos espacio para su producción ya que se pueden producir en sistemas de cultivo verticales, haciéndolos más productivos por m². El consumo que tienen de agua es menor, haciendo más viable la sostenibilidad alimentaria (Van Peer et al., 2021).

La proporción de recursos requeridos por los animales de explotaciones comunes, excede por mucho lo que se necesitaría para poder producir la misma o mayor cantidad en carne de insectos. Para producir 1 kg de proteína animal, el vacuno recibe aproximadamente 13 kg de grano y 30 kg de heno, viéndolo desde el punto de requerimiento hídrico, se necesitan más de 200 000 litros de agua para producir el mismo kilogramo de carne, ya que la necesidad cubriría desde el consumo del animal *per se*, hasta el agua que los cultivos de proteína vegetal requieren (Pimentel & Pimentel, 2003). Los insectos, requieren en promedio 2 kg de alimento para poder convertirlo en 1 kg de masa de insecto. Además, los insectos producen hasta 100 veces menos gases de efecto invernadero por kg de peso, consumen menor cantidad de agua que los animales de producción tradicional, por lo que son más resistentes a las sequías (FAO, 2018).

La gran capacidad de conversión alimenticia que tienen los insectos al ser de sangre fría, su tasa de reproducción y fecundidad más elevada, supera a cualquier otro animal de granja (Halloran & Vantomme, 2014).

La proteína en los insectos

Los insectos comestibles presentan entre un 10 a 85% de proteína en base seca, esto va a variar entre especies y órdenes a los que pertenezcan (Rumpold & Schluter, 2013). Desde 35,4% en el orden Isoptera que son termitas, hasta un 61,32% en el orden Orthoptera para saltamontes, langostas y grillos, ciertas especies pertenecientes a dicha orden, sobrepasan el porcentaje de proteína, como el Chapulín mexicano (*Melanopus mexicanus*) que presentó hasta 77,13% de proteína basada en la materia seca, sin embargo, debe seguirse evaluando la calidad de proteínas que los insectos ofrecen. Para *A. domesticus*, la cantidad de proteína es de 50 – 69% con una digestibilidad del 83,9% (Magara, et al., 2021).

Se han evaluado las proteínas de insectos en ensayos con ratas, la carne de grillo (*A. domesticus* y *A. simplex*), demostraron ser fuentes proteicas igual o superiores a la proteína de la soja. Esto va a depender de la especie de insecto que se pruebe, ya que en ratas se demostró que su ingesta y ganancia de peso disminuyó con las pupas de gusano de seda, esto se atribuyó al mal olor que pudieran estar generando estas pupas al descomponerse. Un resultado contrario se obtuvo en pruebas de alimentación para pollos con una inclusión del 10 – 15% de larvas de mosca doméstica, mejoró el desarrollo y la calidad de la carne de pollos broiler, se atribuyó esto al 98,5% de digestibilidad del 63,99% de proteína de las larvas (Rumpold & Schluter, 2013).

Crianza de grillos

A pesar que la práctica de domesticación de diferentes especies de insectos se ha globalizado, el 92% de las especies de insectos comestibles se obtienen a través de recolección en los ecosistemas silvestres (Varelas, 2019). Recientemente se está logrando el cambio de

recolectores a “mini-livestock farmers” (Nischalke et al., 2020). *A. domesticus* es una especie que se destaca por comportamiento y características propicias que favorecen su domesticación y cría a gran escala (Cruz & Peniche, 2018). En general los insectos requieren menos espacio gracias a técnicas innovadoras inspiradas en la agricultura vertical. Además, el nivel de inversión necesario para su aprovechamiento es bajo, así lo aseguran Nischalke et al. (2020), quienes en su estudio comprobaron que, a favor de la creciente demanda por especies como los grillos, las granjas de grillos han incrementado en Tailandia, a razón de técnicas de crianza fáciles de aprender y alimento requerido de fácil acceso.

Hábitat

Los insectos destinados para el consumo humano o animal se crían en cajas, o tanques contruidos con materiales simples. Se colocan mallas que impidan que ingresen o salgan insectos de los contenedores (FAO, 2018). Las mallas pueden ser de alambre, plástico o de tela. Ciertas especies de insectos tienden a ser caníbales, por lo que existe el riesgo de que se puedan comer incluso a sus propios huevos o larvas, lo cual impedirá una correcta multiplicación de los insectos, por lo que también se colocan mallas en los sustratos que estén dispuestos en los contenedores para la puesta de huevos (Van Huis, 2013).

Los sustratos que se utilizan por lo general pueden ser una mezcla entre arena, turba, materia orgánica o tierra, sin embargo, esto va a depender de la disponibilidad de ciertos recursos (Raman et al., 2013). En general el sustrato debe mantener la humedad para que los huevecillos que estén dentro del mismo puedan eclosionar en óptimas condiciones, tomando en cuenta de no encharcar o sobresaturar de agua el sustrato ya que esto ahogaría a las ninfas pues llegan a medir apenas 2 mm (Wang et al., 2004).

A pesar de que la humedad y altas temperaturas son factores importantes para la crianza de grillos, se debe mantener ventilación constante ya que la comida o el sustrato pueden

criar hongos que se esparcieron rápidamente por el contenedor, comprometiendo la sanidad y mortalidad de los insectos (Cruz & Peniche, 2018).

Los grillos son poiquilotermos, es decir que su temperatura se regula mediante la temperatura disponible en el ambiente. La temperatura a la que se deben mantener es de 30°C, pudiendo variar hasta unos 10°C, mientras mayor sea la temperatura ambiental, su desarrollo será más rápido, con ello, se les brindará una temperatura óptima para oviposición, eclosión, desarrollo y reproducción a estos animales de sangre fría. La humedad relativa puede variar de 25 a 50% (Clifford et al., 1977).

Se suele recomendar colocar una capa de aserrín, pómida delgada, trozos de papel, o materiales que puedan absorber humedad, neutralizar olores, y promover un ambiente más natural dentro de los contenedores, esto depende netamente de la forma de crianza que se esté manteniendo, ya que los grillos se pueden desarrollar sin problema sin ningún tipo de sustrato en el piso (ANSES, 2015).

Se recomienda que los grillos criados sean expuestos a 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad con ello se puede regular el ritmo circadiano, estableciendo una rutina en que las hormonas pueden influir en un comportamiento regular de ingesta (Livingston et al., 2014).

Lo más importante, es mantener una adecuada sanidad, la cual es otro factor importante en la crianza de insectos ya que pueden llegar a contagiarse de enfermedades, parásitos o virus como el densovirus (Oonicx et al., 2015).

Alimentación

Las especies de la orden Orthoptera muestran desde el tiempo de la era mesozoica la preferencia de consumo por material vegetal, así como limo (Blackith, 1987).

La alimentación es un factor de gran peso en la crianza de grillos, especialmente cuando se encuentran enjaulados. Los grillos, al igual que los animales de explotaciones pecuarias

comunes deben ser alimentados con fuentes de alimento frescas, que les provean de los nutrientes necesarios para su desarrollo (Veenenbos & Oonincx, 2017).

La calidad de la dieta de los organismos es un factor importante para su desarrollo y crecimiento. Los beneficios que se van a obtener de ciertos nutrientes contenidos en el alimento, van a estar ligados hacia las interacciones con otros nutrientes, por lo que es fundamental tener en cuenta el equilibrio de los mismos. En base a esto Sterner & Elser (2002), identifican a los elementos (carbono) C, (nitrógeno) N y (fósforo) P como fundamentales (Gagnetten et al., 2015).

Ciertos invertebrados tienen la capacidad de auto evaluar su estado nutricional, por lo que ajustan su tasa de ingesta, la autoselección de materias primas realizada por (Morales-Ramos JA, 2020), indica que los grillos demuestran preferencia de consumo por pellets de alfalfa, salvado de trigo sobre la levadura de cerveza, maíz sobre salvado de arroz entero, sin embargo, en otra de las dietas, prefirieron el salvado de arroz desgrasado, su preferencia va a depender de las opciones que tenga disponible.

Los insectos tienden a variar de alimentos si es necesario, el grillo de casa es un animal omnívoro, y se puede alimentar de plantas, frutas, vegetales, e incluso carne ya que suelen cometer canibalismo cuando existe una sobrepoblación, o en el caso de que las generaciones recién nacidas sean mezcladas con grillos de mayor tamaño, esto podría explicar el comportamiento de canibalismo, ya que los herbívoros tienen mayor cantidad de proteína y nutrientes en el cuerpo que las plantas y materia vegetal (Mattson, 1980).

En busca de una dieta alternativa más económica para la alimentación de grillos se han llevado a cabo varias investigaciones con diferentes tratamientos en dietas con harina de sangre y salvado de arroz, y el tratamiento control compuesto por una mezcla de harinas, debido a que la mezcla presentó un equilibrio de nutrientes disponibles e indispensables para las diferentes

funciones fisiológicas, fue el tratamiento que mejor resultado presentó (Aman et al., 2017). Los grillos siempre van a preferir dietas balanceadas con proteínas y carbohidratos con el fin de tener un buen crecimiento y alta longevidad, así lo demuestran Akinyi Orinda et al. (2017) quienes, a partir del análisis nutricional de sus tratamientos, sometieron a los grillos a una dieta alta en grasa, fibra y proteína provocando una tasa de crecimiento baja, es decir, tardaron más tiempo en llegar a la etapa adulta.

Nájera & Souza (2010), mencionan que un alto contenido de proteína no es recomendable en las dietas de los grillos debido a que gastan gran cantidad de energía en la excreción de proteína en forma de ácido úrico y amoníaco, además Lundy & Parrella (2015) manifiestan que no se debe exponerlos a proteína de fuente animal, ya que no les resulta palatable este tipo de alimentos por su olor, baja digestibilidad y el desbalance aminoacídico que presentan, similar reacción obtuvieron (Miech et al., 2016), quienes, a través de dietas basadas en grano gastado y salvado de arroz, explican que el tipo de fibras como celulosa, hemicelulosa y lignina son indigestibles para el orden Orthoptera. Por lo tanto, se debe evitar formular dietas con exagerado contenido de fibra y proteína.

El efecto que las dietas puedan tener sobre los grillos va a depender de varios factores como el tamaño de la partícula, el ambiente, la temperatura e incluso los microbios intestinales. Un ensayo demostró que la ingesta del alimento en polvo fue un 50% mayor que la de pellet, y para la aceptación física de la comida en el caso de ser humedecidos, el tamaño de partícula debe ser igual o menor a 1mm (Cohen, 2015).

Yeng & Cheng (2017) mencionan que el grillo disminuye su mortalidad cuando se incluye en la alimentación desperdicios que contengan humedad, a razón del incremento de fuentes hídricas, por parte de la comida y el agua de bebida.

Para esta investigación se tomó en cuenta una crianza más técnica y basándonos en el estudio realizado por (Visanuvimol & Bertram, 2011), en el cual se adiciona fósforo ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) en las dietas al (0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1.0%), demuestra que los mayores valores en ganancia de peso y consumo, se obtuvieron con (0.6%, 0.8% y 1.0%) confirmando que la disponibilidad de fósforo influencia de manera positiva al crecimiento del grillo, vida útil, estequiometría corporal e incluso en la reproducción, también presenta un mejor resultado al acortar el tiempo de desarrollo. La adición de fósforo en la dieta es importante ya que los grillos en su hábitat natural pueden llegar a consumir desde un 0.2% de fósforo proveniente de plantas y como máximo hasta un 0.8% proveniente de otros insectos (Sterner & Elser, 2002).

Dietas en insectos. Los insectos criados bajo sistemas de producción se alimentan con subproductos de bajo valor alimenticio tanto para humanos como animales, esto podría generar interés en aquellos productos que actualmente son desechados, compostados o fermentados (Van Peer et al., 2021).

Los grillos de casa al ser omnívoros, se alimentan de frutas, hojas, semillas, insectos, etc. Collavo y otros (2005) en búsqueda de una dieta adecuada para la crianza de grillos, probó 4 dietas, una con productos lácteos, otra con productos lácteos enriquecida con levadura, la tercera dieta se basó únicamente en materia vegetal como hojas y la última dieta se basó en residuos de humanos conformada por frutas, verduras, arroz, pasta, carnes, etc. La cuarta dieta aplicada mostró la mejor tasa de crecimiento, rendimiento y eficiencia en conversión de alimentos. El éxito de esta dieta se debió al equilibrio de los nutrientes contenidos en la dieta. Oonicx et al. (2015) en su estudio, demostraron que las dietas altas en proteína y altas en grasa disminuyen el tiempo de desarrollo que las otras tres dietas con diferentes concentraciones de proteína y grasa. Las dietas probadas por Harsanyi et al. (2020) no presentaron diferencias significativas entre el alimento de pollo y los desperdicios.

Las necesidades en aminoácidos de los insectos no están muy alejadas de los humanos, Lynch & Morovick (2018) sugieren que la mejor materia prima para una alta ingesta de aminoácidos a través de la dieta, es la sangre con un 60% de aminoácidos presentes en su composición, u otros productos de desecho de la industria cárnica, como los riñones, el cerebro, pulmones o hígado (40 - 48%), materias primas ricas en vitamina B, e incluso menos como los labios (25%) y oídos (17%).

Como en todos los seres vivos, la proteína va a servir como reparadora de tejidos, ayuda a la digestión, sirve como refuerzo para impedir enfermedades o infecciones, también aporta energía, incrementa la masa muscular, el peso y tamaño de los individuos y finalmente ayuda a que se puedan asimilar los otros nutrientes (Toro, 2017).

En los gusanos de harina se ha probado que consumen restos de animales como carne, plumas e insectos muertos, los *T. Molitor* también son considerados como plaga ya que en estado de larva se alimentan de granos almacenados. (Oonicx y otros, 2015) investigando la supervivencia y el crecimiento del gusano de la harina encontró que las dietas con baja proteína y alto contenido de almidón presentaron lento crecimiento a diferencia de las dietas con alto contenido de proteína y bajas en almidón. Se deduce que estos resultados se debieron a la dificultad para digerir la materia prima o la toxicidad de las mismas para el gusano.

En el caso de otros insectos, para su crianza no requieren de una dieta balanceada, como es el caso de *L. migratoria*, en un estudio realizado por Dadd (1960) el pasto fue el que tuvo mejores resultados en el desarrollo de la langosta, en comparación con dietas artificiales, además se han probado diferentes tipos de plantas, observando mayor ganancia de peso con el repollo (Mehrotra y otros, 1972).

Nutrición

Se conoce que la dieta de los grillos se basa en plantas e insectos. Sus hábitos alimenticios sugieren que han logrado desarrollar sistemas homeostáticos para amortiguar el desempeño contra la variación en la ingesta de nutrientes que pueda ofrecer su dieta (Raubenheimer & Jones , 2006).

En 1967 se destacó que la inclusión de hígado seco a las dietas de *A. domesticus*, resultó en altas tasas de crecimiento, esto debido a la riboflavina, niacina o colina presentes en este tipo de alimentos de origen animal (Van Peer et al., 2021). Para *A. domesticus*, el Mn, los esteroides y las vitaminas B y C son componentes que representan un impacto positivo en la conversión de biomasa (Morales-Ramos JA, 2020).

Algunos insectos al igual que los humanos requieren de los 10 aminoácidos esenciales (Van Peer et al., 2021). Dietas probadas con 20 – 30% de proteína, con la inclusión del 47% de carbohidratos y grasa de 3,2 a 5,2%, presentaron altas tasas de supervivencia y crecimiento en *A. domesticus* (Patton, 1967).

Ya que los insectos son una excelente fuente de vitamina B, incluir vitaminas como B1, B2, B3 y B5 resulta beneficioso para su desarrollo (Lynch & Morovick, 2018). Se conoce que la vitamina B12 le va a ayudar al grillo a usar de manera más eficiente el alimento para su correcto desarrollo (Morales-Ramos JA, 2020).

Se debe considerar el aumento de la ingesta de nutrientes ya que el tracto gastrointestinal ocupa aproximadamente el 15% de masa, un 11% del peso corporal en ninfas y 13% para adultos en base de materia seca (Attard, 2013).

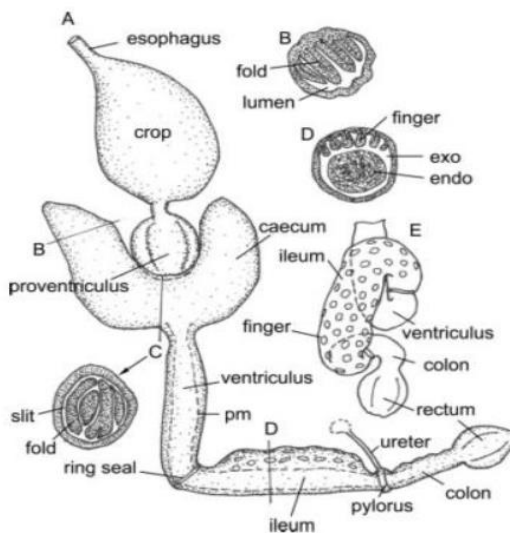
Sistema gastrointestinal

La ingesta de alimentos comienza por el estímulo sensorial captado por los palpos, los cuales se encuentran alrededor de la boca (Klein, 1982). La masticación del grillo empieza en el

intestino anterior con la faringe, seguida del esófago, el buche y el proventrículo, el cual se encuentra recubierto por dientes endurecidos y termina en un esfínter cardíaco. Posteriormente está el intestino medio el cual contiene al ventrículo y al ciego juntos y envueltos con una membrana peritrófica, cuya función es absorber enzimas y metabolitos liberados (Woodring et al., 2007), en el epitelio del intestino medio encontramos autofagosomas, autolisosomas, observados en las células digestivas (Dziewięcka y otros, 2020). Después comienza el intestino grueso que contiene el íleon, píloro, uréter, el colon y finalmente el recto. En los intestinos anterior y grueso no se da la absorción de nutrientes ya que se encuentran recubiertos por una cutícula endurecida (Woodring et al., 2007) (Figura 2).

Figura 2

Sistema gastrointestinal de los grillos



Nota. Adaptado de *Modifying the mineral profile of crickets (Acheta domesticus) using a supplemented diet* (p.270), por Maxwell, 2018, Advanced Optical Materials.

El movimiento mecánico y peristalsis al momento de consumir alimento, son controlados por un sistema nervioso estomatógástrico, el bolo alimenticio pasa por el tracto

gastrointestinal a 6mm/h, este movimiento comienza en el ganglio frontal y se realiza con la presión proventricular.

En grillos, se han encontrado que las enzimas digestivas son la endoproteasa, lipasa y amilasa. Estas enzimas son secretadas principalmente por el epitelio mucoso que se encuentra recubriendo el ciego, además, se encuentran transportándose a lo largo de todo el tracto digestivo (Woodring et al., 2007).

La Energía

Roe et al. (1985) describe que para *Acheta domesticus* la utilización de energía se expresa con energías fecales, urinarias, las que no expresan energía y la energía bruta que se concentra en calorías de la comida consumida. En la especie de grillo de casa, siempre existe un 10% de alimento que selectivamente no es consumido, especialmente aquellos alimentos altos en fibra (Clifford et al., 1977), esto también puede ser atribuido a la calidad de la dieta.

(Waldbauer, 1968) nos indica que la energía absorbida puede ser de 74%. La energía fecal, es el resultado del contenido calórico de las heces menos la energía del ácido úrico. La energía que no vamos a poder cuantificar proviene de los gases y el calor producido por el metabolismo microbiano (Mullen, 2015).

El ácido úrico encontrado proviene en su mayoría del alimento consumido (Maddrell, 1971). La energía en adultos es utilizada para la producción de huevos y esperma. La otra composición de la energía metabolizable es la energía de mantenimiento, es decir, por el metabolismo de los alimentos digeridos, incluida la digestión, absorción, transporte, catabolismo, asimilación para almacenar y excretar metabolitos, tanto la temperatura como el calor influyeron en esa pérdida de calor (Roe et al., 1985). Sin embargo, la temperatura no afecta de forma significativa la energía absorbida del gasto metabólico, la temperatura

simplemente distribuye la energía metabolizable, a 35°C se demostró mayor eficiencia metabólica que con 25°C.

La importancia del fósforo

La cantidad de fósforo dentro de los organismos está directamente relacionada con el desarrollo, crecimiento y reproducción, ya que estudios demuestran que las dietas que contienen bajas cantidades de fósforo reducen considerablemente el crecimiento de la población, la disponibilidad de los mismos para el consumo van a determinar el comportamiento de los individuos, pues su deficiencia puede provocar un desbalance en el metabolismo (INATEC, 2016).

El fósforo es uno de los minerales más requeridos en la nutrición de todos los organismos, forma parte de varias biomoléculas, como la membrana celular, también actúa en la síntesis de ácidos nucleicos (RNA), sirve para producción de proteínas (DNA) y (ATP), su limitación puede significar graves consecuencias para la función celular (Sterner & Elser, 2002).

Elser et al. (2000), menciona que la relación entre la disponibilidad de P y el crecimiento se debe al ARN ribosómico (ARNr) rico en fósforo, es importante para el crecimiento porque está constituido entre el 50-60% en el ribosoma, donde se produce el crecimiento celular. El ARN contiene alrededor de un 10% de peso en fósforo, fomentando un vínculo entre la disponibilidad de fósforo y la tasa de crecimiento (Sterner, 1995).

El fósforo en la dieta, integrado al 1% ha demostrado estar relacionado con las señales de atracción de las parejas (Bertram et al., Signalling and phosphorus: correlations between mate signalling effort and body elemental composition in crickets, 2006). Se considera que entre más ruidosos son los grillos, más oportunidad de conseguir pareja tienen y Bertram et al. (2009) relaciona la supervivencia con la actividad de sonidos que produce el macho. La abundancia de fósforo corporal es relativa al nitrógeno y al carbono, y afecta al crecimiento y la reproducción.

Un ejemplo es el de la *D. Crostacea*, con la reducción de fósforo en la dieta, se disminuye también la fecundidad, oviposición y la chance de que los huevos eclosionen (Urabe & Sterner, 2001).

Puede influir en los genes que ayudan al transporte de fósforo por el cuerpo, alterando así la expresión fenotípica del individuo, afectando su aptitud física, haciendo que se vuelva más activo (Jeyansingh & Weider, 2007).

Para insectos fitófagos el fósforo puede afectar la supervivencia de los organismos así como su crecimiento y tamaño, por lo que afecta la densidad de la población (Schade et al., 2003). Reduce la competitividad del individuo ya que es necesario en la síntesis del ARN y su producción de proteínas (Hessen & Lyche, 1991). En un estudio realizado por Perkins et al. (2004) en orugas (*Manduca sexta*), se evidenció diferencias en su crecimiento con respecto a la administración de fósforo en las dietas Frost & Elser (2002), demuestran que alto contenido de fósforo en la dieta representa altas tasas de crecimiento en efímeras juveniles, de igual manera Watts et al. (2006), obtuvieron el mismo resultado en mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

La mayoría de estudios se centran en la proteína o los lípidos en la dieta, sin embargo, al tomar en cuenta la baja disponibilidad del fósforo en biomasa vegetal de la naturaleza. Dietas probadas en grillos macho con alta proteína (45%), demostraron mejorar la supervivencia ninfa, desarrollo, tiempo de cosecha, etc. (Hunt y otros, 2004).

En el cuerpo de los grillos, el fósforo se encuentra distribuido en los fosfolípidos con 4,2% de su estructura, la molécula de energía 5' adenosin trifosfato (ATP) contiene 18% de fósforo, y los ácidos nucleicos (ARN y ADN) contienen 9,6% de fósforo (Sterner & Elser, 2002). Los fosfolípidos presentes en el ciclo de vida de los grillos, son: fosfatidilcolina,

fosfatidiletanolamina y esfingomiélinea, en menor cantidad lisolecitina y fosfatidilinositol (Lipsitz & McFarlane, 1970).

Las funciones neurales también se ven ligadas al fósforo, ya que es importante en la regulación fisiológica, la fosforilación de la proteína (Degrelle et al., 1994).

Ruta metabólica del fósforo. En los insectos el sistema osmorregulador y excretor se conoce como túbulos de Malpighi, poseen dos terminaciones, la primera tiene un extremo ciego, y la segunda desemboca en el aparato digestivo. El transporte de los fluidos comienza de manera extracelular (Finke M. D., 2002). (Hazelton et al., 2002) demuestra que la secreción que debe darse normalmente en el intestino medio, se duplica cuando se encuentra en endocitosis. Cuando los fluidos pasan por los túbulos de Malpighi, se ven envueltos en la transcitosis y se crean vesículas de las paredes de los tubos, cruzan las células y se dirigen hacia el lumen, el cual se va a ir fusionando para formar canales intracelulares.

La movilización de los macronutrientes es controlada por la hormona adipo cinética (AKH) perteneciente a la familia de los péptidos y de los péptidos que son parecidos a la insulina (ILPs). La AKH es producida por el cuerpo cardíaco, y los ILPs son producidos en el cerebro, cuerpo cardíaco, los tejidos periféricos, incluyendo la grasa del cuerpo (Rossum et al., 1987).

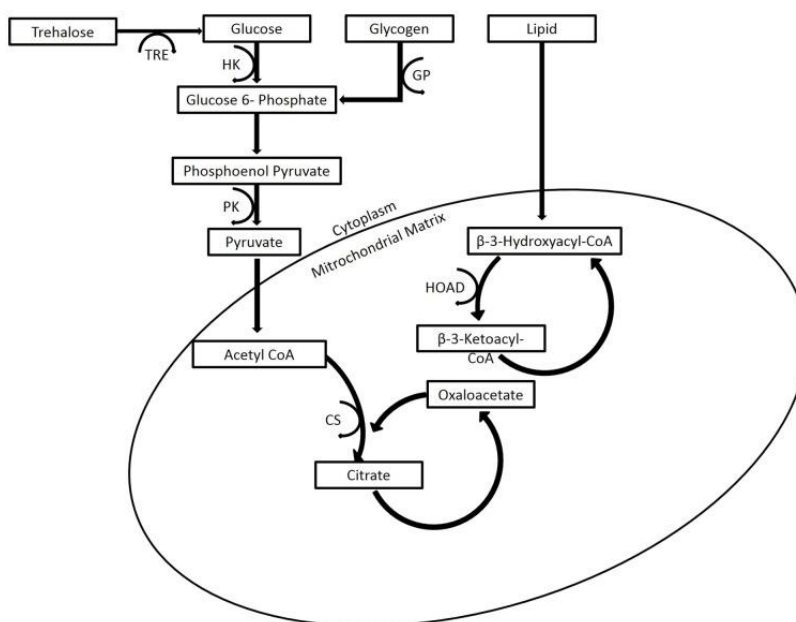
Los túbulos de Malpighi son los órganos principales en la regulación osmótica e iónica de la hemolinfa (Rossum et al., 1987). El transporte de macronutrientes empieza por la absorción desde la superficie celular, endocitosis de fase fluida, continua con la transcitosis del fluido del lumen, cruza la membrana peritrófica, después con exocitosis cruza la membrana basolateral, a través de transportes fluviales, que además de transportar agua, transportan iones por toda la célula, e ingresa a la hemolinfa circulante (Fishman, 1979).

El fósforo es parte del metabolismo de los músculos y, debido a que forma parte de las enzimas que ayudan a la síntesis del glucógeno, influye directamente en la energía que los

insectos van a tener disponible (Ijaiya & Eko, 2009). La movilización del glucógeno depende del glucógeno fosforilasa, el cual se convierte en fosfato 6 glucosa, y es utilizado en la síntesis de la trehalosa. El glucógeno fosforilasa de la grasa corporal es estimulado por la hormona AKH conocida también como HK por medio de la fosforilación de la proteína (Van Straalen et al., 2004) (Figura 3).

Figura 3

Ruta metabólica de enzimas usadas para el metabolismo de los músculos



Nota. Adaptado de *Body morphology, energy stores, and muscle enzyme activity explain cricket acoustic mate attraction signaling variation* (p.15), por Thomson et al., 2014, PLoS ONE.

Grillos para el consumo

Uso en dietas animales

En diversos estudios se ha documentado la sustitución del balanceado convencional con balanceados a base de harina de *Acheta domesticus* (Makkar et al., 2014), el *Tenebrio molitor* en pollos (Ramos Elorduy et al., 2002) y cerdos (Jin et al., 2016). Con estos alimentos se comprueban pesos similares a los obtenidos con alimentos convencionales, y de mejores niveles

de conversión de alimento. El potencial que presentan estos piensos sostenibles también se ha incluido en la producción acuícola (CONAPESCA, 2012).

(Ezewudo et al., 2015) mencionan que con la inclusión de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) del 50 al 60% con alimento convencional (Cruz & Peniche, 2018) y del 60 al 100% de harina de grillo con diferentes porcentajes de salvado de arroz, dan resultados positivos en la supervivencia y crecimiento de tilapia (Lee et al., 2017).

Se han utilizado larvas de mosca para ensayos en dietas de aves de corral, a un nivel aproximado de 25% no presentaron efectos negativos en la ganancia de peso, consumo o conversión, es decir, que la inclusión de estos insectos puede sustituir a la harina de soya, pescado e incluso a frutos secos como las nueces (FAO, 2013).

El uso de insectos en la dieta de animales luce prometedor desde varios puntos de vista, sin embargo, debido a que contienen quitina en su exoesqueleto, ciertos estudios han creado cierto recelo con respecto a la influencia que representa la quitina en los nutrientes que podrán ser asimilados por los animales (Longvah et al., 2011). Al igual que los humanos, los animales pueden llegar a digerir quitina, el aumento del consumo de insectos, ha impulsado a los pollos a producir quitinasa en el proventrículo y en los hepatocitos (Suzuki et al., 2002). Las aves de corral, se pueden beneficiar también del contenido de péptidos antimicrobianos que poseen ciertas especies de insectos, esto se vio evidenciado en el íleo de pollos de engorde (Józefiak & Engberg, 2015).

Uso en la alimentación humana

Se conoce que el consumo de insectos se ha fijado en Asia, África, recientemente en Europa y con respecto al continente americano, el país que más consumo de insectos mantiene, es México; algunos países de Sur América han incluido el consumo de insectos en sus dietas, sin

embargo, es en un porcentaje muy por debajo de países que mantienen la costumbre (FAO, 2018).

El 53% de los expertos afirman que la barrera sociocultural que representa ingresar el consumo y crianza de insectos a zonas en donde dicha tradición no existía, resulta un desafío difícil pero no imposible de lograr. En Países Bajos y Tailandia se demostró que la política tiene un gran manejo en la aceptación por parte de la sociedad al reconocimiento de la producción de grillos. Según Biró et al. (2020), los productos de panadería están ganando más relevancia en el mercado, siendo la mejor opción para la introducción de recetas en base a insectos ya que la calidad de la masa mejora incomparablemente, por tanto, las propiedades del producto final. En Madagascar los insectos comestibles ya forman parte de planes de nutrición (Nischalke et al., 2020).

Los grillos pertenecen al grupo de especies de insectos que más comúnmente se las consume en el mundo. Los insectos como fuente de nutrientes para combatir la desnutrición han sido usados en diferentes países y comunidades del mundo, se ha incluido *Bombix mori pupae* en programas de alimentación para niños en Tailandia (Defoliart, 1995). El contenido de energía de 100 g de carne fresca de insectos es similar a la de cerdo. Para el uso de insectos en la dieta de humanos se debe estandarizar parámetros de crianza, así como la dieta bajo la que se desarrollan los insectos, especialmente para las personas que sufren algún trastorno metabólico (FAO, 2018).

Las especies más comercializadas a nivel mundial pertenecen al orden Orthoptera, gran diversidad de productos como proteína en polvo, barras energéticas con frutos secos y productos de panadería como galletas, han tenido gran demanda por su harina a base de grillo (TECA, 2013).

Aceptación

En la Unión Europea se comercializa harina de insectos ya que es la presentación más aceptable para esta cultura, en otras partes del mundo como Asia, África o América del Sur se encuentran fritos, hervidos, asados, preparados como carne convencional (Saraguro, 2019).

Se ha demostrado que las personas que han expresado interés por el consumo de alimentos a base de insectos comestibles, son los jóvenes, un estudio afirma que, entre la edad de 18 a 35 años, la aceptación de alimentos que no impliquen la visibilidad del insecto tal cual, superó a alimentos en los que si se visualizaban los insectos (Cicatiello et al., 2020). Por tal motivo, se incluyen en los alimentos más consumidos como pan, productos de panadería, pasta, en donde se pueden adicionar diferentes porcentajes de harinas de insectos, mejorando las cualidades nutricionales de los productos finales (Carcea, 2020). La aceptación a este tipo de alimentos también se crea en las personas que toman conciencia del daño que la producción convencional le causa al medio ambiente, este movimiento adoptado por la sociedad genera un gran peso sobre el mercado, la aceptación hacia este tipo de productos y ayudará a romper esa barrera cultural del consumo de insectos (Domínguez et al., 2019).

Por lo tanto, el incremento en la aceptación al consumo de insectos va a depender fuertemente de factores como el uso al que se puedan adaptar los diferentes subproductos a base de insectos, tendencias culinarias, estrategias de marketing, la educación de la sociedad respecto al tema y la importancia que la política pueda generar en el mismo (Sogari et al., 2017).

Consideraciones para el consumo de insectos

Al igual que la carne convencional, la carne de insecto puede contaminarse de algún patógeno en la cadena de producción o comercialización. De igual forma, las cualidades sanas de la carne de insectos, deben ser las mismas que se consideran en la carne común (FAO, 2012).

No se debe comercializar para consumo, insectos que hayan sido recogidos del medio natural. Existen especies de insectos comestibles y no comestibles, siempre se recomienda verificar este tipo de información ya que ciertas especies pueden contener veneno, sustancias tóxicas, dependiendo del tiempo de vida o estado que estas sean cosechadas (FAO, 2018).

Mientras la carne sea manipulada como un alimento cualquiera, la transmisión de parásitos o enfermedades va a ser muy baja, sin embargo, puede provocar algún tipo de reacción a las personas que son alérgicas a los crustáceos debido al exoesqueleto. Por el lado de las enfermedades zoonóticas, el ganado convencional representa un riesgo mayor, que el que representan los insectos (Halloran & Vantomme, 2014).

Vandeweyer et al. (2017) menciona que la preparación correcta de los grillos debe ser sumergirlos en agua caliente por 1 minuto para reducir el crecimiento bacteriano. Sin embargo, al ser carne, el almacenamiento debe ser bajo congelación. Los procesos térmicos como freír, secar o extruir demostraron una mejor conservación del producto.

Según EFSA (2015), los grillos no contienen sustancias tóxicas para los humanos, de igual forma no tienen órganos que puedan producir sustancias tóxicas o bioacumularlas.

De acuerdo a la exposición que los grillos puedan tener a metales pesados se ha demostrado que pueden autorregular el consumo de zinc, lo contrario ocurre con el cadmio, con el cual sí pueden presentar el riesgo de bioacumulación (Fernandez et al., 2018).

Los riesgos de contraer virus, hongos, parásitos o priones deben considerarse de bajo riesgo en cuanto al consumo de grillos (ANSES, 2015). Los insectos, al igual que otros animales, pueden presentar el riesgo potencial de contener microbios patógenos (Gicos, 2015). Por ello, resulta importante exponerlos a altas temperaturas en los diversos métodos de preparación, ya sea, poniéndolos directamente al sol para secarlos, hirviéndolos, rostizándolos o friéndolos. Con ello, disminuir e incluso eliminar por completo la presencia de estos agentes dañinos (Imathiu,

2020). Estudios comprueban que los procesamientos térmicos a los que se someten los insectos comestibles, reducen el riesgo alérgico de las personas con alergia a los crustáceos (Madin, 2019).

Para su conservación, los insectos se pueden mantener a temperatura ambiente, cuando han pasado por un tratamiento de deshidratación. Estos deben ser envueltos y sellados en un paquete obscuro que evite tener contacto con calor y luz ya que el principal peligro que corren es la susceptibilidad a peroxidación (rancidez), pudiendo producir aromas desagradables o disminución de la calidad nutricional. Para esto, ciertos productores han optado por empaclar al vacío y mantenerlos en refrigeración (ANSES, 2015).

Análisis en harina de grillo

Es imperativo conocer la cantidad de nutrientes que se encuentran contenidos y sobre todo disponibles en la carne de los insectos, la composición química puede variar incluso entre especies, por lo que se requiere realizar un análisis proximal y un perfil aminoacídico de la harina proveniente de grillo.

Los análisis proximales comprenden el contenido de proteína, carbohidratos, grasa, cenizas, humedad y fibra que se encuentran en los alimentos. Su objetivo es dar a conocer el valor alimenticio de un alimento. Para obtener un resultado confiable, se debe tener cuidado desde la toma de muestra del alimento hasta la elección del análisis con el que se va a proceder (FAO, 2020).

Los análisis para conocer el contenido de minerales y aminoácidos se deben realizar principalmente por química húmeda, y en el caso de aminoácidos se realiza una comparación específica con bases de datos que presenten alto nivel de proteína como lo contiene la harina de grillo.

Capítulo III

Metodología

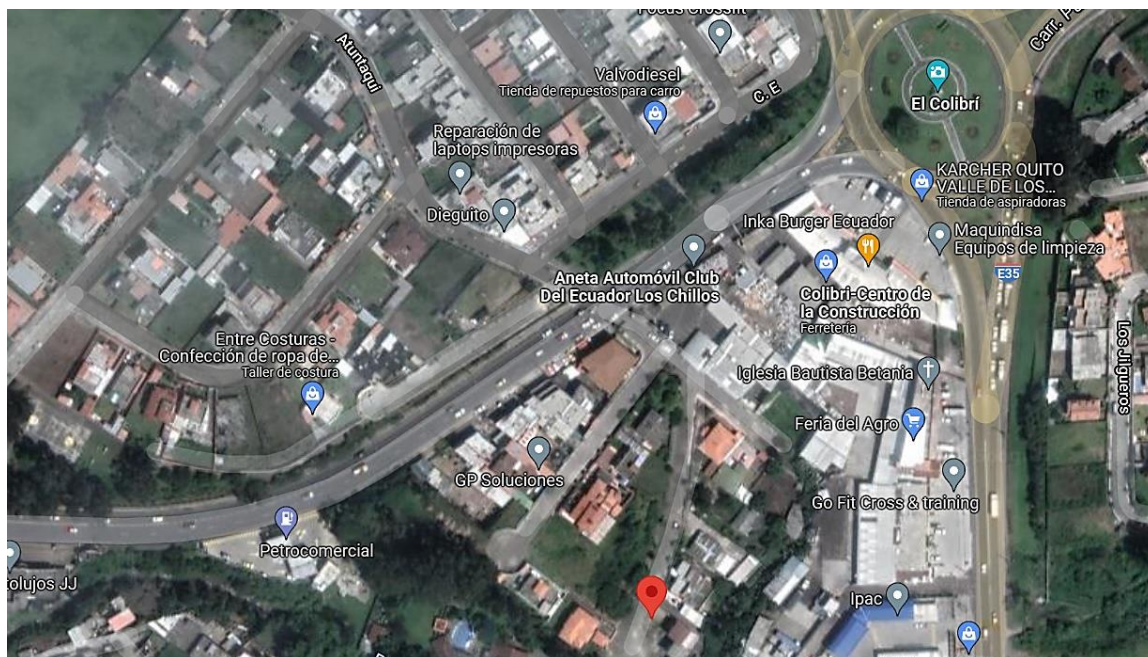
Trabajo de campo

Lugar o zona de estudio

La presente investigación se llevó a cabo en un espacio adecuado para la instalación del sistema de crianza, el cual se encuentra dentro de la Urb. El Colibrí, ubicada en el Barrio El Colibrí, Parroquia Sangolquí, Cantón Rumiñahui, Provincia Pichincha (Figura 4).

Figura 4

Ubicación geográfica del proyecto



Nota. Tomado de Google maps, 2021.

Ubicación geográfica

Geográficamente el espacio se ubica a $0^{\circ}20'03.7''S$ $78^{\circ}26'08.2''W$ (-0.334355 , -78.435605) y 2550 m.s.n.m. Según LARCO (2018), la temperatura promedio de la Cabecera

Cantonal Sangolquí se mantiene en 17°C, sin representar problema para mantener la temperatura adecuada que se requiere en el sistema de crianza.

Establecimiento del sistema de crianza

Para el establecimiento del sistema de crianza se ocupó contenedores de plástico transparente, los contenedores de plástico facilitaron el manejo de la unidad experimental para limpieza y medición de variables. Cada caja plástica contó con una tapa, en la cual se formó un agujero de 7*5 cm aproximadamente, cubierto con una malla metálica de 1.2-0.4mm de diámetro (Figura 5), con el fin de evitar fugas de los individuos debido a que en su etapa adulta pueden llegar a saltar hasta 14 cm de alto.

Figura 5

Tapa de contenedores de plástico, con agujero recubierto con malla metálica



Dentro de los contenedores se colocaron cartones de huevo en retazos, que permitieron brindar las condiciones adecuadas para el crecimiento de los grillos de casa, los cartones de huevo son el material más adecuado para la crianza de grillos ya que les permite una mayor movilidad y agarre (Figura 6). Cada 7 días, se limpiaron las excretas con el fin de mantener una condición sanitaria óptima.

Figura 6

Disposición de elementos dentro de los contenedores de plástico.



Los recipientes se colocaron en estantes, en un espacio totalmente cerrado para evitar corrientes de aire, en un cuarto en donde únicamente se criaron los grillos (Figura 7). La humedad relativa se mantuvo en 50% con un fotoperíodo de 12 horas luz y 12 horas oscuridad (Clifford et al., 1977), a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Figura 7

Disposición de elementos dentro de los contenedores de plástico.



En total se utilizaron 9 contenedores, o cajas plásticas de dimensiones (31x22x17 cm), se colocaron 50 grillos de 15 días de nacidos (ninfa) por caja. Para ello se adquirieron 180 reproductores entre machos y hembras en el Centro Jambatu de Investigación y Conservación de Anfibios, en tres cajas plásticas se colocaron 60 reproductores, se trató de mantener la proporción 1:10 de machos y hembras, se colocó el sustrato con turba húmeda para la oviposición, pasada la primera semana, se ubicó el sustrato a una caja nueva, esto evitó que la eclosión fuera en la misma caja que los reproductores.

La selección de los grillos se hizo al día 15 después del nacimiento, esto debido a la dificultad que presentaron los individuos al momento de ser seleccionados y distribuidos en las cajas de experimentación en el estado de recién nacidos (Figura 8) (Sorjonen et al., 2019).

Figura 8

Recolección de 50 ninfas para ser colocadas en cada unidad experimental.



Elaboración de dietas

Para la alimentación se realizó una dieta homogénea para todas las unidades experimentales, con características isoproteicas e isoenergéticas determinando así el efecto real del papel que jugó el fósforo en la crianza de los grillos, los cálculos se realizaron mediante el software NUTRION, se debe tomar en cuenta que únicamente el 65% del fósforo presente es digestible, los diferentes porcentajes de inclusión fueron de (0,7%, 0,9% y 1,1%) (Figura 9), estos

niveles de fósforo se escogieron porque en la naturaleza, los grillos no tienen gran disponibilidad de fósforo, sus fuentes alimenticias proveen desde un 0,2% encontrado en hongos, plantas, hasta un 0,8% en el mejor de los casos, proveniente de otros insectos (Sternier & Elser, 2002). La formulación de la dieta fue sustentada con el estudio realizado por Neville et al. (1961), tomando en cuenta la cantidad de fósforo que cada una de las materias primas aportó a la dieta (Tabla 7, 8, 9 y 10).

Tabla 7

Ingredientes de las diferentes dietas en base 2 kg para grillos A. domesticus.

Insumos	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Soya 46% Prot.	0.836	0.839	0.843
Maíz Amarillo 7,86% Prot.	0.641	0.616	0.591
Afrecho de trigo	0.309	0.311	0.314
Aceite de palma	0.116	0.125	0.134
Carbonato de calcio 36%	0.063	0.054	0.057
Fosfato bi cálcico 27% Prot.	0.019	0.038	0.045
Sal	0.015	0.015	0.015
Minerales broiler inicial	0.002	0.002	0.002
Metionina	0.00084	0.00085	0.00087

Tabla 8

Composición química de las dietas experimentales para grillos A. domesticus.

Nutriente	0.7%P	0.9%P	1.1%P
E.M Verdadera (Mc/Kg)	3000	3000	3000
Proteína Total (%)	24	24	24
Fibra (%)	4	4	4
Grasa (%)	7.89	8.29	8.69
Ceniza (%)	8.68	9.14	9.59
Humedad (%)	9.74	9.69	9.64

Tabla 9

Composición de los minerales de las dietas experimentales para grillos A. domesticus.

Nutriente	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Fósforo total	0.7	0.9	1.1
Fósforo disponible	0.322	0.503	0.684
Calcio	1.4	1.4	1.4
Magnesio	0.217	0.221	0.225
Potasio	1.173	1.174	1.176
Sodio	0.318	0.329	0.339
Cloruro	0.5	0.5	0.5
Azufre	0.255	0.265	0.276
Cobalto	0.12	0.120	0.12
Cobre	12.414	12.981	13.548
Yodo	0.095	0.094	0.093
Manganeso	61.365	62.407	63.449
Selenio	0.269	0.276	0.282
Zinc	40.727	42.818	44.909

Tabla 10

Composición de los aminoácidos de las dietas experimentales para grillos A. domesticus.

Nutriente	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Arginina	1.717	1.720	1.723
Lisina	1.4	1.403	1.406
Metionina	0.4	0.4	0.4
Met + Cis	0.775	0.775	0.774
Triptófano	0.314	0.314	0.315
Treonina	0.937	0.937	0.937
Valina	1.202	1.202	1.202
Histidina	0.637	0.637	0.636
Isoleucina	1.137	1.138	1.14

Nutriente	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Leucina	1.927	1.922	1.917
Fenilalanina	1.174	1.174	1.174
Fen + Tir	1.968	1.967	1.967
Glicina	2.197	2.199	2.2

En las dietas realizadas no se tomó en cuenta la inclusión de proteína de origen animal. Lundy & Parrella (2015), demostró que el consumo de materia prima de origen animal, como médula de hueso, con alto porcentaje de N, no cubrió las necesidades proteicas de la población de grillos. Por lo que, a pesar de ser una especie omnívora, la adición de materia prima de origen animal en las dietas no fue de mucha importancia.

La inclusión de nutrientes y minerales en las dietas de los insectos es necesaria, Hoby et al. (2010) menciona que los insectos comestibles si contienen los nutrientes, aminoácidos y minerales requeridos por humanos, como animales, sin embargo, bajo crianza controlada los insectos presentan menor cantidad de nutrientes como calcio, vitamina A, D y E, por ello se adicionó una base nutricional con minerales y nutrientes que pudieran ayudar a que los insectos absorben en cantidades suficientes para poder ser transmitidos.

El alimento se presentó en forma de polvo, de acuerdo con Ramos Elorduy et al. (1997) unas dietas probadas en *Tenebrio molitor* estaban conformadas por desperdicios orgánicos, levadura y excretas de *T. molitor*, se facilitó su manejo y consumo al convertirlas en partículas pequeñas, lo cual les permitió hacer diferentes combinaciones y preservar el alimento por más tiempo. Para el caso de orugas (*A. gemmatalis*), el mayor consumo de alimento se dio cuando se hizo una dilución de la comida con agua, similar comportamiento ocurre cuando diluyeron la comida con celulosa (SLANSKY & WHEELER, 1991).

Figura 9

Dietas usadas en el experimento



La cantidad de comida que se colocó fue de aproximadamente 4-5 gramos en una tapa de tarrina plástica transparente de medio litro, a la cual se lijó los bordes para que los grillos pudieran escalar sin problema hacia la comida, los 4-5 g de alimento fueron renovados cada tres días, sin embargo, al notar que en la comida se recolectaba heces y el pesaje no era coherente, se cambió el recipiente por uno más pequeño de cartón. Para el agua se colocó 10 ml en una tapa de tarrina plástica transparente, a la cual se le lijaron los bordes y se colocó una toalla de papel absorbente de fondo para evitar pérdidas de individuos por ahogamiento (Sorjonen et al., 2019).

Diseño experimental

Se sometió a los grillos de casa *A. domesticus*, a una dieta enriquecida con diferentes concentraciones de fósforo (Tabla 11) (Visanuvimol & Bertram, 2011). El agua fue dispuesta *ad libitum* para todas las unidades experimentales, de acuerdo a sus requerimientos.

Tabla 11

Descripción de los tratamientos

N°	Descripción
T ₁	Dieta enriquecida con 1,1% de fósforo
T ₂	Dieta enriquecida con 0,9% de fósforo.
T ₃	Dieta enriquecida con 0,7% de fósforo.

El experimento se dispuso mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) en un arreglo unifactorial con 3 repeticiones, donde el factor son las dietas (0,7%, 0,9% y 1,1%), mediante el siguiente modelo matemático:

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

En donde:

Y_{ij} = El índice productivo de los grillos

μ = Media general

D_i = Efecto de la i -ésima dieta

ε_{ij} = Error experimental

La disposición del experimento en el campo se muestra en la (Figura 10):

Figura 10

Croquis del experimento.



Nota. T1 = tratamiento 1 (1.1% de fósforo), T2 = tratamiento 2 (0.9% de fósforo), T3 = tratamiento 3 (0,7% de fósforo).

Evaluación de variables

Análisis Físicos

Se evaluaron los siguientes parámetros productivos como: ganancia de peso, materia consumida, conversión alimenticia, supervivencia, peso seco, tiempo de cosecha.

La ganancia de peso se evaluó de acuerdo a Veenenbos & Oonincx (2017), de cada contenedor plástico se retiraron todos los implementos (comederos, bebederos, cubetas de huevos). Una vez vaciado el contenedor, se recolectaron los grillos en un recipiente alto y fueron pesados, obteniendo el peso total de los grillos (Figura 11). Y se calculó con la siguiente fórmula:

$$GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

Figura 11

Pesaje de grillos para evaluar la ganancia de peso



Este procedimiento se realizó cada 7 días.

Para calcular la materia consumida, se retiraba el recipiente de cartón y se recogía un poco de la comida dependiendo si fue esparcida, ya que a veces los grillos escarbaban en la comida, posteriormente se pesaba (Figura 12), y se colocaba nueva comida en el recipiente de cartón.

Figura 12

Pesaje del alimento para evaluar la materia consumida



Se calculó con la fórmula recomendada por Vaga et al. (2021):

$$\text{Materia consumida} = \text{Alimento suministrado} - \text{Alimento recolectado}$$

Este procedimiento se realizó cada 3 días.

El cálculo para la conversión alimenticia se efectuó al final del ciclo de producción, es decir en la cosecha de los grillos, justo antes de la madurez sexual. Según Miech et al. (2016) la madurez sexual se evidenciará aproximadamente al día 49, sin embargo, el método utilizado más exacto para asegurar el tiempo de cosecha fue observar en cada uno de los contenedores el primer grillo con diferenciación sexual, para el caso de los machos se evidenció el desarrollo de su par de alas, y en el caso de las hembras se evidenció su madurez mediante el desarrollo del ovipositor y las alas. Para el cálculo de la conversión alimenticia, indicativo del alimento que un animal requiere consumir para producir 1 kg de peso, mediante la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{Consumo alimento en promedio}}{\text{Peso promedio}}$$

La obtención del porcentaje de mortalidad se calculó al final del ciclo de producción, se contó el número de grillos vivos al final y se comparó con el número de grillos vivos al inicio del experimento a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{grillos iniciales} - \text{grillos finales}}{\text{grillos iniciales}} * 100$$

Para la obtención de la materia seca se esperó hasta el final del ciclo de producción, ya que se retiraron del contenedor los implementos (comederos, bebederos, cubetas de huevos), esto facilitó la recolección de los grillos. Los grillos se mantuvieron en ayunas 24 horas antes de la recolección, con el fin de que los alimentos que pudieran encontrarse aun dirigiéndose por el intestino, no influyeron de alguna manera en los análisis (Finke M. D., 2015).

De cada contenedor se colocaron los grillos recolectados en recipientes con tapa, para evitar que se escaparan (Figura 13), a los recipientes se los colocó en un congelador a una

temperatura de -15°C por aproximadamente 8-9 horas, considerando que ésta fue la forma más adecuada para el sacrificio de grillos. A esta temperatura y en este tiempo, las proteínas y la composición nutricional no van a verse comprometidas en este proceso (McCusker et al., 2014).

Figura 13

Recolección de los grillos adultos en cajas plásticas



Una vez que los grillos murieron, se mantuvieron a temperatura ambiente por 2 - 3 horas aproximadamente, para evitar exponer los insectos de muy baja temperatura en el deshidratador (Rumpold & Schluter, 2013). Posteriormente se deshidrataron a una temperatura de 60°C por 6 horas. Finalmente se procedió a tomar el peso seco de cada unidad experimental (Figura 14).

Figura 14

Deshidratación de los grillos por 6 horas a 60°C



Una vez deshidratados los grillos se molieron en licuadora, se obtuvo como resultado grosor de partícula de 0,2 mm.

Ya que los grillos fueron recolectados antes de su madurez sexual, no se contabilizó ni evaluó ningún parámetro reproductivo en este estudio.

Análisis Químicos

Los análisis químicos que se realizaron en la harina de grillo, constan de tres partes:

El primer análisis fue el bromatológico, se realizó en los Laboratorios de Química de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA (Figura 15). Los análisis químicos del contenido nutricional de los grillos que son expuestos a dietas, deben ser: contenido de Nitrógeno (N), proteína bruta, contenido de fibra de detergente ácido (ADF), contenido de grasa cruda (CF), contenido de cenizas y materia seca, según (Lundy & Parrella, 2015).

Análisis Bromatológico

Figura 15

Análisis bromatológico realizado en los Laboratorios de Química del IASA



Determinación de la humedad

La determinación de la humedad se hizo siguiendo el método de (IASA, Procedimientos específicos de ensayo para Humedad, 2021):

Materiales y equipos

- Molino de laboratorio
- Balanza analítica, sensibilidad 0,1 mg.
- Estufa
- Cápsulas de porcelana
- Desecador
- Pinza de crisol

Procedimiento

- Se colocaron marcas de identificación en las muestras
- Se pesó la cápsula bien lavada y seca
- Se pesaron 3 g de la muestra, y se colocó en la cápsula
- Se colocó la cápsula en la estufa a 100°C por 24 horas
- Después del tiempo programado, se retiró la capsula de la estufa
- Se dejó enfriar y se tomó el peso

Determinación de proteínas por el método Kjeldahl

La determinación de la proteína se hizo siguiente el método de (IASA, 2021):

Materiales, equipos, insumos y reactivos

- Balanza analítica, sensibilidad 0,1mg
- Equipo manto calefactor Kjendahl
- Unidad de destilación kjeldah
- Sistema de titulación
- Tubos Kjeldahl
- Matraz de 250 ml y materiales volumétricos de laboratorio.

- Ácido sulfúrico concentrado, p.a. con densidad de 1,84 g/cm³ a 20°C, exento de nitrógeno.
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a.
- Sulfato cúprico, p.a.
- Solución de hidróxido de sodio al 15 %. Disolver 150 g de NaOH y completar a 1 litro.
- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N. Tomar 2.7 mL de H₂SO₄ conc. y completar a 1 litro, luego estandarizar con Na₂CO₃ anhidro p.a.
- Solución de hidróxido de sodio al 32 %. Disolver 320 g de NaOH y completar a 1 litro.
- Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 mL de etanol (95 %).
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1 litro con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
- Ácido bórico al 4 %. Disolver 40 g de ácido bórico y completar a 1 litro.
- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 % en relación de 2:1, en alcohol etílico.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N. Tomar 8.3 mL de HCl conc. y enrasar a 1 litro.
Valorar con Na₂CO₃ anhidro

Procedimiento

Digestión

- Se realizó la muestra en duplicado.
- Se colocaron marcas de identificación en las muestras
- Se pesaron 1,5 g de muestra homogeneizada a 0.1 mg, y se colocó en un tubo de digestión Kjeldahl.

- Se adiciona una tableta catalizadora Kjeldahl 3,5 g (48,9 % de sulfato de potasio, 48,8% de sulfato de sodio, 0.3 g de sulfato cúprico) y 23 ml de ácido sulfúrico, el ácido fue concentrado.
- Se conectó el tubo Kjeldahl a la trampa de absorción que contenía 250 ml de hidróxido de sodio al 15 % y se encendió la bomba de succión. El disco poroso produjo la división de los humos en finas burbujas con lo cual facilitó la absorción.
- Los depósitos de sulfito sódico se eliminaron con ácido clorhídrico.
- Se encendió la manta calefactora iniciando por 15 minutos a 100 °C, 15 minutos más a 200°C y finalmente a la temperatura de ebullición del ácido sulfúrico (340°C) y una vez que la solución estuvo transparente, se dejó en ebullición 15 a 20 minutos más, para la destrucción total de la materia orgánica.
- Se dejó enfriar los tubos conectados a la trampa de succión hasta que alcanzó la temperatura ambiente, y luego se agregaron 75 ml de agua destilada.

Destilación

- A cada tubo se añadieron 75 ml de agua destilada con mucha precaución vertiendo por el borde del tubo.
- Se conectó el tubo a la unidad de destilación, se verificó que el programa del equipo esté calibrado de acuerdo al tipo de muestra requerido (ver manual VELD UDK 129, 50 ml de NaOH al 32 %) y los tanques de agua y del hidróxido de sodio se encuentran en niveles de operatividad.
- Se colocó sumergido en el extremo del tubo colector un matraz de 250 ml con: 30 ml de ácido bórico al 4 % y 2 gotas solución indicadora Tashiro.

- Se colocó 15 ml de ácido de solución de ácido sulfúrico 0,1N, 15 ml de agua destilada y 2 gotas de solución indicadora de rojo de metilo, asegurando un exceso de H₂SO₄ para que se pueda realizar la retrotitulación.
- Se encendió el equipo y se destiló según el programa del equipo 5,50 minutos (aproximadamente 70 ml hasta completar 100 ml y, se obtuvo una coloración verdosa).

Titulación

- Se tituló con ácido clorhídrico 0.1 N hasta observar un viraje de color de verde a rosado.

Cálculos y análisis de resultados

El contenido de nitrógeno en muestras en base seca, se calculó mediante la siguiente

ecuación:

$$\%N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

Donde:

N = Normalidad de la solución

V = Gasto de titulación de HCl al 0,1 N.

m = Masa de la muestra en gramos

El contenido de % Proteína en muestras en base seca, se calculó mediante la siguiente

ecuación:

$$\%P = \%N \times factor$$

Donde el factor es:

6.25: para carne, pescado, huevo, leguminosas y proteínas en general

5.7: para cereales y derivados de soya

6.38: leche

5.55: gelatina

5.95: arroz

Determinación de grasa por el método Soxhlet

La determinación de la grasa se hizo siguiente el método de (IASA, 2021):

Materiales, equipos, insumos y reactivos

- Molino de laboratorio
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- Placa de calentamiento
- Equipo de Soxhlet completo
- Desecador
- Mangueras
- Soporte universal
- Pinzas universales
- Materiales volumétricos de laboratorio.
- Papel filtro (dedales)
- Esferas de vidrio
- Acetona

Procedimiento

- Se pesó el balón de destilación limpio y seco con las esferas de vidrio dentro.
- Se pesaron las muestras, 3 g molidas y se introdujeron en un dedal de papel filtro y se lo colocaron dentro del sifón Soxhlet al armar el sistema.
- Se agregó solvente al sifón hasta que cayera al balón (cada caída se llamó “sifonada”); luego se vertió más solvente 20 ml.
- Se revisaron las conexiones, se dejó fluir agua por el refrigerante, y se prendió la placa de calentamiento a 250 °C.
- Se realizaron un máximo de 4 sifonadas.

- Después de la última sifonada se retiró el dedal con la muestra y se procedió a la extracción de la mayor cantidad de solvente del balón hasta que quedó solo la grasa.
- Se desmontó el sistema y se evaporó el solvente de la grasa en estufa a 80 °C por 24 horas.
- Se dejó enfriar el balón dentro del desecador y se pesó.

Cálculos y análisis de resultados

- El contenido de grasa en muestras en base seca, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%G = \frac{B1 - B2}{m} \times 100$$

Donde:

B1 = Peso del balón inicial

B2 = Peso del balón con muestra final.

m = Masa de la muestra en gramos

Determinación de fibra

La determinación de la fibra se hizo siguiente el método de (IASA, 2021):

Materiales, equipos, insumos y reactivos

- Molino de laboratorio
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- Estufa
- Plancha de calentamiento
- Embudos de vidrio
- Erlenmeyer (250ml y 500ml)
- Desecador

- Papel filtro
- Ácido Clorhídrico 1N (84 ml ácido clorhídrico + 916 ml agua destilada)
- Hidróxido de sodio 1N (40 g hidróxido de sodio + 1000 ml agua destilada)

Procedimiento

Digestión

- Se colocaron marcas de identificación en las muestras
- Se pesaron 3 g de muestra homogeneizada (4 dígitos), se colocaron en matraz de 250 ml.
- Se adicionaron 100 ml de ácido clorhídrico 1 N.
- Se colocó el matraz con la muestra en la placa de calentamiento hasta ebullición por 2 horas (agite cada cierto tiempo)
- Se instaló el embudo de vidrio con papel filtro para la primera filtrada y se lavó con agua destilada (200 ml).
- Después del filtrado, se lavó el papel filtro que contenía la muestra con 100 ml de hidróxido de sodio 1N en el mismo matraz.
- Se colocó el matraz nuevamente en la placa de calentamiento hasta ebullición por 2 horas.
- Se instaló nuevamente el embudo con papel filtro previamente secado en estufa a 80 °C por una hora y se pesaron con 4 dígitos individualmente etiquetados con el mismo número de la muestra a ser filtrada y lavada con 200 ml de agua destilada.
- Luego del filtrado se llevó el papel filtro con toda la muestra a la estufa a 80 °C por 24 horas.
- Se sacaron las muestras de la estufa en desecador, se esperó que se enfriaran y se pesó (4 dígitos).

Cálculos y análisis de resultados

- El contenido de fibra en muestras en base seca, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%F = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Donde:

A = Peso papel + muestra.

B = Peso papel.

C = Peso de la muestra

Determinación de ceniza

La determinación de la ceniza se hizo siguiente el método de (IASA, 2021):

Equipos y materiales

- Molino de laboratorio
- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- Mufra
- Crisoles
- Desecador
- Pinza de crisol

Procedimiento

- Se colocaron marcas de identificación en cada muestra, en la parte de la base externa con lápiz.
- Se pesó el crisol solo.
- Se pesaron 3 g de cada muestra y se colocaron en el crisol.

- Se quemaron dentro de la cámara extractora de gases, en placa de calentamiento hasta que dejara de salir humo.
- Se colocó el crisol en la mufla a 500 °C por 4 horas.
- Después del tiempo programado se retiraron los crisoles dentro de un desecador, se dejó enfriar y después se pesó

Cálculos y análisis de resultados

El contenido de ceniza en muestras en base seca, se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{Pf - C}{M} \times 100$$

Donde:

Pf = Peso final.

C = Peso crisol.

M = Peso de la muestra

Determinación del extracto libre de Nitrógeno (ELN)

La fórmula que se utilizó para el cálculo del ELN fue:

$$ELN = 100 - (A + B + C + D)$$

Donde:

A = Contenido de ceniza (%)

B = Contenido de proteína cruda (%)

C = Contenido de lípidos crudos (%)

D = Contenido de fibra cruda (%)

No se toma en cuenta la humedad debido a que estamos realizando el análisis bromatológico en base seca.

El segundo análisis fue el de minerales contenidos en la harina de grillo (Tabla 12), se envió una muestra de 60 g de cada tratamiento al laboratorio AGRAR PROJECT S.A.

Tabla 12

Técnicas de ensayo empleadas para analizar los parámetros de minerales del laboratorio AGRAR PROJECT S.A.

Parámetros	Método de Referencia / Técnica de ensayo
pH	EPA 9045 / Potenciométrico
Nitrato	DIN 38405 – 9 / AAV
Amonio	SM 4500 – NH3 F / AAV
Fosfato	AOAC 958.01 / AAV
Potasio	EPA 7000 – B / AAL
Magnesio	AOAC 965.09 / AAF
Calcio	AOAC 965.09 / AAF
Sulfato	AOAC 973.57 / AAV
Sodio	AOAC 983.04 / AAL
Cloruro	M. O. ACL – 1
Hierro	AOAC 965.09 / AAF
Manganeso	AOAC 972.02 / AAF
Cobre	AOAC 965.09 / AAF
Zinc	AOAC 965.09 / AAF
Boro	AOAC 982.01 / AAV
Molibdeno	EPA 7010 / HG
Silicio	EPA 7010 / HG
Aluminio	EPA 7010 / HG
Nitrógeno total (NTK)	AOAC 970.02 / Titulométrico

Y el tercer análisis se lo realizó en la Planta de Nutrición Animal POFASA, el método que se utilizó fue a través de calibración evonika, una calibración, a través de un método matemático, realizada por la empresa EVONIK, el procedimiento para la calibración comenzó por química húmeda y posteriormente se realizó NIRS para poder calcular las concentraciones de aminoácidos de la harina de grillo.

La muestra fue comparada con diferentes perfiles en donde se tomaron en cuenta rangos de datos ya establecidos por otras harinas que presentaron alto porcentaje de proteína, esto se realizó a través de varios datos analizados con los que se fijó un rango por medio de regresiones lineales, en este caso de cada uno de los aminoácidos y demás variables que se midieron, la harina de grillo, presentó valores que calzaron dentro de los rangos que la curva de estas harinas presentaron, por lo que se tiene certeza de los resultados obtenidos.

Análisis de la información

Las variables evaluadas se analizaron mediante estadística descriptiva (Media y Desviación Estándar). Para comparar todas las variables entre tratamientos se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) para un Diseño Completamente al Azar con 3 repeticiones. Además, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey al 5% para los tratamientos. Todos los análisis fueron realizados en el software INFOSTAT.

Análisis económico

Para el análisis económico se basó en la metodología descrita por (Perrin, 1976). Para lo cual se determinaron los costos variables y el beneficio neto de cada tratamiento. El beneficio neto se obtuvo del residuo del beneficio bruto y costos variables y se determinó la tasa de retorno marginal con los datos obtenidos.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

Resultados

Estadística descriptiva de ganancia de peso

Ganancia de peso por semana

La ganancia de peso fue calculada mediante la siguiente ecuación:

$$GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

La ganancia de peso al día 7 presentó diferencias significativas, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 5,09$; $p = 0,0510$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor ganancia de peso que los grillos alimentados con la dieta 1,1% de fósforo (Tabla 13).

La ganancia de peso al día 14 presentó diferencias significativas, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,37$; $p = 0,0113$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% y 1,1% de fósforo presentaron mayor ganancia de peso que los grillos alimentados con la dieta 0,7% de fósforo (Tabla 13).

No se presentaron diferencias significativas en la ganancia de peso al día 21 en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 0,07$; $p = 0,9375$) (Tabla 13).

No se presentaron diferencias significativas en la ganancia de peso al día 28 en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 0,70$; $p = 0,5343$) (Tabla 13).

No se presentaron diferencias significativas en la ganancia de peso al día 35 en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 0,83$; $p = 0,4809$) (Tabla 13).

No se presentaron diferencias significativas en la ganancia de peso al día 42 en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 0,48$; $p = 0,6424$) (Tabla 13).

La ganancia de peso al día 49 presentó diferencias significativas, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 1,42$; $p = 0,0313$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de Fósforo presentaron mayor ganancia de peso que los grillos alimentados con la dieta 0,7% de Fósforo (Tabla 13).

La ganancia de peso al día 56 presentó diferencias significativas, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 2,78$; $p = 0,0139$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor ganancia de peso que los grillos alimentados con la dieta 0,7% de fósforo (Tabla 13).

Tabla 13

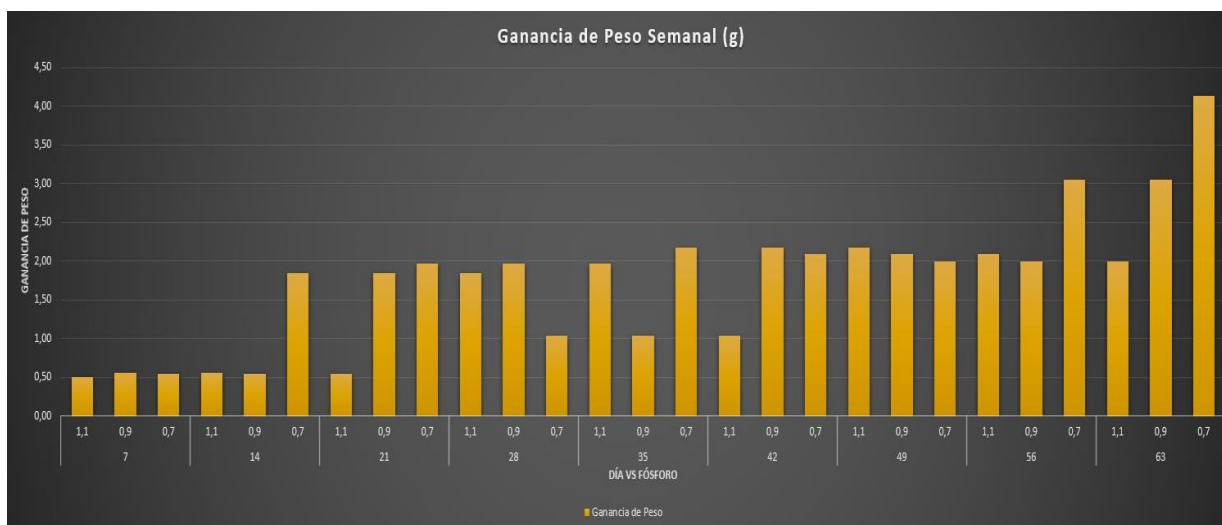
Promedio \pm DS de la ganancia de peso en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas, cada 7 días.

n	Día	0.7%P	0.9%P	1.1%P
3	7	0.54 \pm 0.01 ab	0.55 \pm 0.02 a	0.50 \pm 0.01 b
3	14	1.04 \pm 0.25 b	1.96 \pm 0.18 a	1.85 \pm 0.36 a
3	21	2.00 \pm 0.81 a	2.09 \pm 0.54 a	2.17 \pm 0.28 a
3	28	3.13 \pm 1.25 a	4.14 \pm 1.40 a	3.06 \pm 1.08 a
3	35	2.68 \pm 0.02 a	2.83 \pm 0.33 a	2.64 \pm 0.04 a
3	42	3.48 \pm 0.03 a	3.48 \pm 0.03 a	3.50 \pm 0.01 a
3	49	2.53 \pm 0.29 b	3.96 \pm 0.47 a	3.68 \pm 0.02 ab
3	56	3.21 \pm 0.04 b	4.27 \pm 0.04 a	4.27 \pm 0.03 ab

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

Figura 16

Ganancia de peso de los grillos a través de los 55 días de duración del trabajo en campo.



En la tabla 13, se muestra la ganancia de peso obtenida cada semana (7 días), en g de grillos suplementados con tres dietas diferentes, se encontraron diferencias significativas para el día 7 ($p = 0,0510$), 14 ($p = 0,0113$), 49 ($p = 0,0313$) y 56 ($p = 0,0139$) de los tratamientos con los diferentes porcentajes de fósforo (Gráfico 1).

En los días 21 ($p = 0,9375$), 28 ($p = 0,5343$), 35 ($p = 0,4809$) y 42 ($p = 0,0313$), los grillos no presentaron diferencias significativas en la ganancia de peso con respecto a las diferentes dosis de fósforo presentes en la dieta (Gráfico 1).

Ganancia de peso total

La ganancia de peso fue calculada mediante la siguiente ecuación:

$$GP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

Tabla 14

Ganancia de peso total de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Fósforo	Repetición	Ganancia de peso (g)
1.1	1	22.45
1.1	2	22.35
1.1	3	20.53
0.9	1	22.62
0.9	2	24.67
0.9	3	22.57
0.7	1	21.07
0.7	2	20.08
0.7	3	20.86

La ganancia de peso total presentó diferencias significativas, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 5,40$; $p = 0,0456$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor ganancia de peso total que los grillos alimentados con la dieta 0,7% de fósforo (Tabla 15).

Tabla 15

Promedio \pm DS de la ganancia de peso total en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Ganancia de peso (g)		
n	Fósforo	Media \pm D.E.
3	0.7%	20.67 \pm 0.52 b
3	0.9%	23.29 \pm 1.20 a
3	1.1%	21.78 \pm 1.08 ab

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

Figura 17

Ganancia de peso total de los grillos suplementados con tres dietas diferentes



En la tabla 15 se muestra la media y la desviación estándar de la ganancia de peso total, la ganancia fue medida en g de grillos alimentados con diferentes porcentajes de fósforo, se obtuvieron diferencias significativas en la ganancia de peso total ($p=0,0456$), de los tratamientos. La dieta 0,9%P tuvo mayor ganancia de peso total que la dieta 0,7%P (Gráfico 2).

Estadística descriptiva de materia consumida

Materia consumida cada 3 días

No se presentaron diferencias significativas en la materia consumida al día 3 en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 0,29$; $p = 0,7574$) (Tabla 16).

No se presentaron diferencias significativas en la materia consumida al día 6 en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 0,49$; $p = 0,6354$) (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 9, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 16,23$; $p = 0,0038$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 9 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 12, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 13,43$; $p = 0,0061$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 12 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 15, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,46$; $p = 0,0111$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de Fósforo al día 15 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 18, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 9,47$; $p = 0,0139$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 18 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 21, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 6,69$; $p = 0,0296$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% de fósforo al día 21 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 24, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 7,17$; $p = 0,0257$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 24 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 27, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 17,10$; $p = 0,0033$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 27 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 30, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,86$; $p = 0,0101$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 30 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 30, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,86$; $p = 0,0101$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 30 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 33, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,86$; $p = 0,0101$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 33 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 36, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,42$; $p = 0,0112$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 36 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 39, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,86$; $p = 0,0101$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 39 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 42, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,86$; $p = 0,0101$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 42 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 45, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,82$; $p = 0,0102$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 45 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 48, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,42$; $p = 0,0112$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 48 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 51, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 10,86$; $p = 0,0101$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 51 (Tabla 16).

La materia consumida presentó diferencias significativas para el día 54, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 7,99$; $p = 0,0204$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo al día 54 (Tabla 16).

Tabla 16

Promedio \pm DS de la materia consumida en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

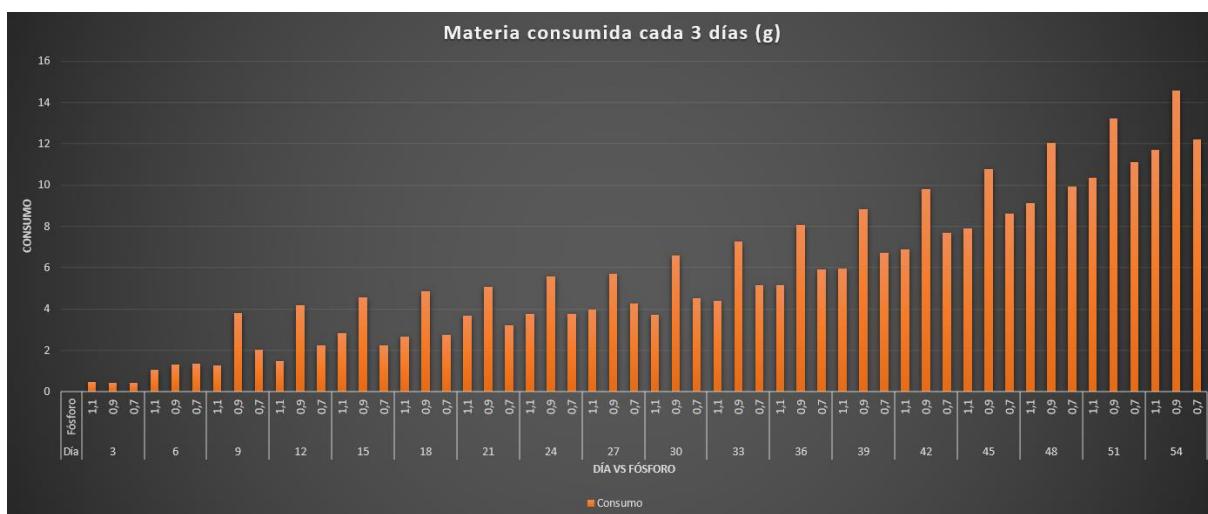
n	Día	0.7%P	0.9%P	1.1%P
3	3	0.42 \pm 0.05 a	0.44 \pm 0.09 a	0.47 \pm 0.07 a
3	6	1.36 \pm 0.34 a	1.32 \pm 0.15 a	1.06 \pm 0.61 a
3	9	2.04 \pm 0.58 b	3.81 \pm 0.49 a	1.27 \pm 0.6 b
3	12	2.24 \pm 0.54 b	4.18 \pm 0.78 a	1.47 \pm 0.62 b
3	15	2.24 \pm 0.21 b	4.58 \pm 1.05 a	2.82 \pm 0.33 b
3	18	2.77 \pm 0.58 b	4.87 \pm 1.07 a	2.66 \pm 0.08 b
3	21	3.23 \pm 0.42 b	5.07 \pm 0.84 a	3.68 \pm 0.59 ab
3	24	3.76 \pm 0.40 b	5.58 \pm 1.06 a	3.78 \pm 0.30 b
3	27	4.27 \pm 0.38 b	5.71 \pm 0.49 a	3.96 \pm 0.26 b
3	30	4.51 \pm 0.58 b	6.61 \pm 1.03 a	3.74 \pm 0.61 b

n	Día	0.7%P	0.9%P	1.1%P
3	33	5.17 ± 0.57 b	7.27 ± 1.07 a	4.40 ± 0.63 b
3	36	5.92 ± 0.54 b	8.06 ± 1.12 a	5.15 ± 0.67 b
3	39	6.72 ± 0.55 b	8.82 ± 1.02 a	5.95 ± 0.6 b
3	42	7.68 ± 0.58 b	9.78 ± 1.07 a	6.91 ± 0.61 b
3	45	8.62 ± 0.60 b	10.79 ± 1.09 a	7.92 ± 0.63 b
3	48	9.91 ± 0.58 b	12.05 ± 1.12 a	9.14 ± 0.61 b
3	51	11.11 ± 0.58 b	13.21 ± 1.07 a	10.34 ± 0.61 b
3	54	12.20 ± 1.02 b	14.56 ± 1.10 a	11.72 ± 0.61 b

Nota. Medias en la misma fila con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

Figura 18

Materia consumida por los grillos a lo largo de los 55 días de duración del proyecto de investigación.



En la tabla 16, se muestra la materia consumida obtenida cada 3 días, en g de grillos suplementados con tres dietas diferentes, se encontraron diferencias significativas para el día 9 ($p = 0,0038$), 12 ($p = 0,0061$), 15 ($p = 0,0111$), 18 ($p = 0,0139$), día 21 ($p = 0,0296$), 24 ($p = 0,0257$), 27 ($p = 0,0101$), 30 ($p = 0,0101$), 33 ($p = 0,0101$), 36 ($p = 0,0112$), día 39 ($p = 0,0101$), 42

($p = 0,0101$), 45 ($p = 0,0102$), 48 ($p = 0,0101$), 51 ($p = 0,0101$), día 54 ($p = 0,0204$), de los tratamientos con los diferentes porcentajes de fósforo.

En los días 3 ($p = 0,7574$) y 6 ($p = 0,6354$), los grillos no presentaron diferencias significativas en la materia consumida con respecto a las diferentes dosis de fósforo presente en la dieta.

Materia consumida total

Tabla 17

Materia consumida total de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Fósforo	Repetición	Consumo (g)
1.1	1	95.78
1.1	2	82.77
1.1	3	80.65
0.9	1	116.33
0.9	2	144.73
0.9	3	119.15
0.7	1	87.28
0.7	2	92.47
0.7	3	102.78

La materia consumida total presentó diferencias significativas, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 11,02$; $p = 0,0098$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron mayor materia consumida total que los grillos alimentados con la dieta 0,7% y 1,1% de fósforo (Tabla 18).

Tabla 18

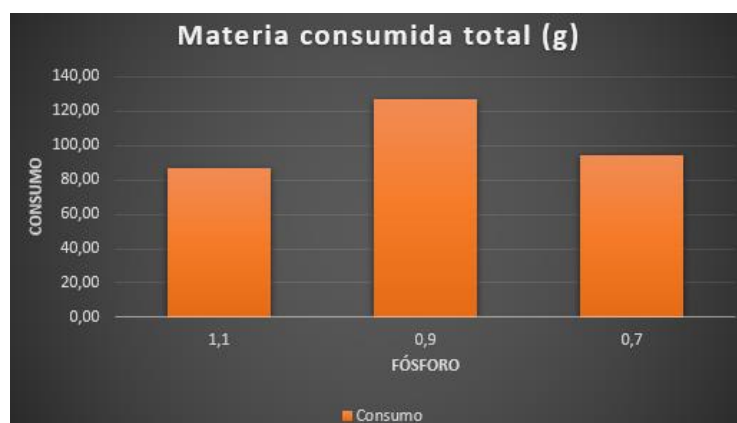
Promedio \pm DS de la materia consumida total en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas.

Materia consumida (g)		
n	Fósforo	Media \pm D.E.
3	0.7%	94.18 \pm 7.89 b
3	0.9%	126.74 \pm 15.65 a
3	1.1%	86.40 \pm 8.19 b

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

Figura 19

Materia consumida total en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas



En la tabla 20, se muestra la materia consumida total, en g de grillos alimentados con diferentes porcentajes de fósforo, se obtuvieron diferencias significativas en la materia consumida total ($p = 0,0098$), de los tratamientos. Las dietas 0,7%P y 1,1%P tuvieron menor materia consumida total.

Estadística descriptiva de la conversión alimenticia

La conversión alimenticia se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$CA = \frac{\text{Consumo alimento total}}{\text{Ganancia de peso final}}$$

Tabla 19

Conversión alimenticia de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Fósforo	Repetición	Peso (g)	Consumo (g)	CA
1.1	1	22.45	95.78	4,27
1.1	2	22.35	82.77	3,70
1.1	3	20.53	80.65	3,93
0.9	1	22.62	116.33	5,14
0.9	2	24.67	144.73	5,87
0.9	3	22.57	119.15	5,28
0.7	1	21.07	87.28	4,14
0.7	2	20.08	92.47	4,61
0.7	3	20.86	102.78	4,93

La conversión alimenticia presentó diferencias significativas con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 9,09$; $p = 0,0070$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron un mayor factor de conversión alimenticia, sin embargo, las diferencias significativas fueron nulas con respecto a los otros dos tratamientos (Tabla 20).

Tabla 20

Promedio \pm DS de la conversión alimenticia de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

n	Fósforo	Conversión alimenticia
		Media \pm D.E.
3	0.7%	4.56 \pm 0.21 ab
3	0.9%	5.43 \pm 0.21 a
3	1.1%	3.97 \pm 0.21 b

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

En la tabla 20, se muestra la conversión alimenticia de grillos alimentados con diferentes porcentajes de fósforo, se obtuvieron diferencias significativas en la materia consumida total ($p = 0,0153$), de los tratamientos. La conversión alimenticia del tratamiento T3 (1,1%P) fue la mejor ya que significa que por cada 3,97g de alimento consumido, el insecto ganó 1g de masa corporal.

Estadística descriptiva de la mortalidad

Para calcular el porcentaje de grillos muertos, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{grillos iniciales} - \text{grillos finales}}{\text{grillos iniciales}} * 100$$

Tabla 21

Mortalidad en grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Fósforo	Repetición	# Iniciales	# Finales	% Mortalidad
1.1	1	50	33	34
1.1	2	50	26	48
1.1	3	50	20	60
0.9	1	50	36	28
0.9	2	50	30	40
0.9	3	50	26	48
0.7	1	50	30	40
0.7	2	50	41	18
0.7	3	50	30	40

El porcentaje de mortalidad de grillos de casa no presentó diferencias significativas para el final del experimento, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 1,13$; $p = 0,3825$) (Tabla 22).

Tabla 22

Promedio \pm DS del porcentaje de la mortalidad en grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Mortalidad		
n	Fósforo	Media \pm D.E.
3	0.7%	32.67 \pm 12.70 a
3	0.9%	38.67 \pm 10.07 a
3	1.1%	47.33 \pm 13.01 a

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

En la tabla 22, se muestra el porcentaje de mortalidad, de grillos alimentados con diferentes porcentajes de fósforo, no se obtuvieron diferencias significativas ($p = 0,3825$) con respecto a los tratamientos.

Estadística descriptiva de peso seco

Tabla 23

Comparación del peso fresco (en vivo) vs peso seco de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

Fósforo	Repetición	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)
1.1	1	22.93	7.4
1.1	2	22.86	7.36
1.1	3	21.01	6.89
0.9	1	23.15	7.61
0.9	2	25.15	7.26
0.9	3	23.03	7.78
0.7	1	21.54	7
0.7	2	20.52	5.97
0.7	3	20.3	6.8

Se encontró diferencias significativas en el peso fresco (vivos) en g en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 5,53$; $p = 0,0435$).

Los grillos alimentados con la dieta 0,9% de fósforo presentaron un mayor peso fresco (vivos) que los grillos alimentados con la dieta 0,7% de fósforo (Tabla 24).

No se encontró diferencias significativas en el peso seco en g en los grillos, con respecto a las 3 dietas empleadas ($F_{2,6} = 4,76$; $p = 0,0577$) (Tabla 24).

Tabla 24

Promedio \pm DS del peso fresco (en vivo) y el peso en seco en g de grillos suplementados con 3 diferentes dietas

n	Fósforo	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Humedad (%)
		Media \pm D.E.		
3	0.7%	21.12 \pm 0.53 b	6.59 \pm 0.55 a	68.9
3	0.9%	23.78 \pm 1.19 a	7.55 \pm 0.27 a	68.2
3	1.1%	22.27 \pm 1.09 ab	7.22 \pm 0.28 a	67.6

Nota. Medias en la misma columna con letras diferentes, difieren estadísticamente (Tukey; $\alpha=0,05$).

En la tabla 24, se muestra el peso fresco y peso seco, de grillos alimentados con diferentes porcentajes de fósforo, no se obtuvieron diferencias significativas ($p = 0,0577$) con respecto a los tratamientos, el mayor porcentaje de humedad contenido en la muestra fue de 68.9%.

Descripción del tiempo de cosecha

Debido a la falta de recursos para poder realizar la preparación de las muestras post recolección, se decidió hacer una sola cosecha de todas las unidades experimentales, a los 55 días de iniciado el proyecto de investigación, a este punto en todas las unidades experimentales se evidenció la presencia de reproductores.

Análisis bromatológico

Para este análisis se tomaron en cuenta los tres tratamientos. En la tabla 25 se muestran los parámetros evaluados para el análisis bromatológico.

Tabla 25

Contenido bromatológico analizado en la harina de grillo alimentados con tres diferentes dietas

Parámetro	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Proteína (%)	45.56	47.75	49.56
Grasa (%)	26.57	27.85	27.49
Fibra (%)	18.73	12.38	14
Humedad (%)	68.9	68.2	67.6
Ceniza (%)	8.7	9.2	9.08
ELN	0.44	2.82	0.13

La tabla 25 muestra el contenido de parámetros medidos bajo el análisis bromatológico, el mayor porcentaje de proteína fue 49,56% (1,1%P), de grasa fue 27,85% (0,9%), de fibra 18.73 (0,9%P), de humedad 68,9% (0,7%P), de ceniza 9,2% (0,9%), y finalmente de extracto libre de nitrógeno 13,18% (0,7%P).

Análisis del contenido de minerales

Tabla 26

Contenido de minerales analizado en la harina de grillo alimentados con tres diferentes dietas

Parámetros	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Fósforo	1.59	1.60	1.84
Potasio	0.74	0.75	0.79
Magnesio	0.08	0.09	0.09
Calcio	0.15	0.16	0.28
Azufre	0.02	0.02	0.02
Sodio	0.29	0.32	0.29

Parámetros	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Cloro	0.60	0.61	0.62
Hierro	0.01	0.01	0.02
Manganeso	<0.01	<0.01	<0.01
Cobre	<0.01	<0.01	<0.01
Zinc	0.02	0.02	0.02
Boro	<0.01	<0.01	<0.01

En la tabla 26, se muestra el contenido de minerales, el tratamiento 1,1%P presentó los más altos valores de minerales contenidos, los contenidos de minerales de Fe, Mn, Cu, Zn y B fueron los más bajos (0,02 - <0,01) para los tres tratamientos. El fósforo se presentó en cantidades de 1,59 (0,7%P), 1,60 (0,9%P) y 1,84 (1,1%P). Por otro lado, el calcio demuestra un incremento acorde al incremento de fósforo en la dieta, Coslik et al. (2009), recomienda que la relación óptima de Ca : P sea de 2 : 1 en la dieta de los insectos ya que esto va a significar un balance necesario para que el calcio contenido en la dieta sea asimilado con mayor facilidad por los insectos y aún más por las especies que puedan consumirlos.

Análisis del contenido de aminoácidos

De acuerdo con los resultados obtenidos en los laboratorios de nutrición animal de POFASA, el contenido de aminoácidos en la harina de grillo, de manera general, ya que para este análisis no se realizó diferenciación entre dietas, es:

Tabla 27

Contenido de aminoácidos en la harina de grillo

Aminoácido	%	0.7%P (g)	0.9%P (g)	1.1%P (g)
Metionina	0.81	0.16	0.18	0.17
Cisteína	0.23	0.05	0.06	0.058
Lisina	2.37	0.015	0.017	0.016
Treonina	1.38	0.090	0.10	0.099

Aminoácido	%	0.7%P (g)	0.9%P (g)	1.1%P (g)
Triptófano	0.69	0.045	0.052	0.049
Arginina	2.07	0.136	0.156	0.149
Isoleucina	1.82	0.119	0.137	0.131
Leucina	2.83	0.186	0.21	0.20
Valina	2.53	0.166	0.191	0.182
Histidina	1.14	0.075	0.086	0.082
Fenilalanina	1.35	0.088	0.101	0.097

De acuerdo a los resultados obtenidos, la Tabla 27 del contenido de aminoácidos en la harina de grillo, muestra que los grillos criados bajo 3 dietas con diferentes concentraciones de fósforo contienen 11 aminoácidos, con el mayor porcentaje se tiene a Leucina (2,83%) y el menor porcentaje lo presentó Cisteína (0,23%).

Análisis de Presupuesto Parcial

Tabla 28

Rendimiento total y Beneficios netos de los tratamientos experimentales

	0.7%P	0.9%P	1.1%P
Rendimiento total	6.59	7.55	7.22
Rendimiento ajustado	5.931	6.795	6.498
Beneficio bruto	0.890	1.019	0.975
Costo alimento / g	0.00044841	0.00045577	0.00046313
Total Costos variables	0.00044841	0.00045577	0.00046313
Beneficios Netos	0.8892	1.0188	0.9742

Para obtener el Beneficio neto se muestra la resta del Beneficio bruto con los Costos variables, que en este caso es únicamente el alimento ya que cambia de acuerdo a los tratamientos. Además, en la Tabla 28, se parte del rendimiento total, siendo el mayor el tratamiento T2 (0,9%P).

Tabla 29

Rendimiento ajustado y Beneficio bruto de los tratamientos experimentales

Tratamientos	Fósforo	Rendimiento Ajustado	Costo por unidad (g)	Beneficio Bruto
1	0.7	5.931	0.15	0.89
2	0.9	6.795	0.15	1.02
3	1.1	6.498	0.15	0.97

El costo por unidad se obtuvo de la comparación de precios en que la harina de grillo se encuentra disponible en el mercado. En la Tabla 29 se muestra que el beneficio bruto del tratamiento T2 es el mayor (1,02) en comparación con los otros dos tratamientos.

Tasa de Retorno Marginal

Tabla 30

Beneficio neto y Costo variable de los tratamientos experimentales

Tratamientos	Beneficio neto	Costo Variable
1	0.8892	0.00044841
2	1.0188	0.00045577
3	0.9742	0.00046313

Figura 20

Beneficio Neto Vs Costo Variable de los tratamientos experimentales

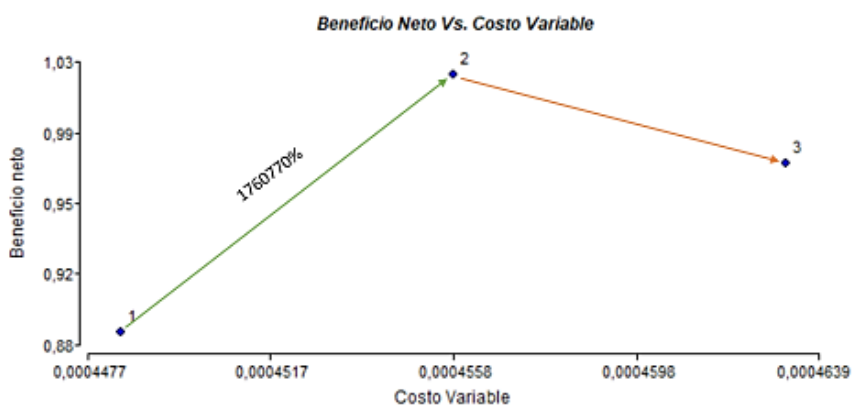


Tabla 31

Tasa de retorno marginal de los tratamientos experimentales

Tratamientos	Costo Variable	Costo Variable Marginal	Beneficio Neto	Beneficio Neto Marginal	Tasa de Retorno Marginal
1	0.00044841	0.0000074	0.88920159	0.12959264	1760770%
2	0.00045577		1.01879423		

La tasa de retorno marginal (Tabla 30 y 31), se calculó por medio de la comparación de los dos tratamientos no dominantes T1 y T2 con un costo variable bajo de (0.00044841 y 0.00045577) respectivamente, obteniéndose una tasa de retorno de 1760770%. Además, en la gráfica 16 se muestra que el recorrido de la pendiente es negativo para el tratamiento T3 haciéndolo dominado, por el alto Costo variable (0.00046313) y bajo Beneficio neto (0.9742).

Discusión

Análisis físicos

Ganancia de peso

En la presente investigación se obtuvieron diferencias significativas en la ganancias de peso, se demostró mayor ganancia de peso en los grillos con las dietas que tenían alto contenido de fósforo, en concordancia con varios estudios que han comprobado que el fósforo actúa como limitante para la ganancia de peso, incluso en bacterias (Vadstein, 2000). Según (Sutcliffe, 1970), el contenido de ARN y la cantidad de fósforo es lo que relaciona directamente el crecimiento acelerado y la ganancia de peso, lo que concuerda con Perkins et al. (2004) quienes en su estudio demuestran que la ganancia de peso en larvas de gusano cuerno del tabaco, fueron altas debido al fósforo presente en la dieta.

Los grillos del presente estudio fueron sometidos a las mismas condiciones ambientales, con ello se comprueba que las diferencias encontradas en la ganancia de peso son debido a la

concentración de fósforo en las dietas, la ganancia de peso obtenida en este estudio fue menor, con un promedio de ganancia de peso de 0.44 g/grillo, mientras que Visanuvimol & Bertram (2011) obtuvieron una ganancia promedio de 0.64 g/grillo. Este resultado se atribuye a las condiciones de crianza ya que según Becker (1986), esta relación del fósforo con la ganancia de peso está impulsada también por la condición ambiental en donde son criados los insectos, además, varios factores van a influir, como el sexo, la interacción del peso inicial con el peso final y la disponibilidad del fósforo.

De acuerdo a los datos obtenidos se concuerda con Quraishi & Brust (1996), quien menciona que la ganancia de peso en los grillos de la especie *A. domesticus* va a ser influenciada directamente por la disponibilidad de fósforo en la dieta, el tratamiento 0,9%P obtuvo la mayor ganancia de peso. No solo en grillos y larvas se presentan resultados acordes a esta investigación, Watts et al. (2006) en su estudio realizado en mosquitos domésticos del sur, presenta elevadas ganancias de peso con respecto a las dietas ricas en fósforo, otros organismos también se ven afectados por la disponibilidad de fósforo, como el zooplancton (Rothhaupt, 1992).

Materia consumida

Según Boersma (2006), ciertos invertebrados tienden a compensar las dietas de mala calidad con el aumento de consumo, o variando en su fuente de alimento, sin embargo, en el estudio realizado se obtuvieron resultados contrarios, estos resultados se atribuyen a que, debido a que los grillos únicamente fueron expuestos a la dieta destinada, no se pudo evidenciar la preferencia por algún otro alimento, y el consumo se vio reducido para los tratamientos 0,7%P y 1,1%P.

Para Visanuvimol & Bertram (2011) toman el consumo de alimento como “alimentación compensatoria”, la cual no consideran sea un parámetro efectivo para medir el incremento o

disminución del consumo de alimento. En su estudio se evaluaron diferentes porcentajes de fósforo, sin obtener diferencias significativas en los tratamientos con inclusión de 0,2%P; 0,4%P; 0,6%P; 0,8%P y 1%P, con un consumo máximo de 0,2mg con respecto al fósforo presente en las dietas, mientras menos fósforo había en las dietas el consumo fue menor, se coincide con dicho estudio, ya que la inclusión de 0,7%P; 0,9%P y 1,1%P, implementadas en el presente estudio, demostraron un mayor consumo con la dieta 0,9%P, sin embargo el resultado esperado no concuerda con lo obtenido, esto se atribuye a la incapacidad por parte de los grillos para evaluar, la calidad de la comida que van a consumir y se cuestiona que puedan evaluar su composición nutricional interna, para estimar que nutrientes pudieran o no necesitar, al contrario de lo que se esperaría en el estudio de Visanuvimol & Bertram (2011), los grillos tendieron a comer menos con las dietas que tenían menor disponibilidad de fósforo, por ello, concluyeron que este parámetro evidenció encontrarse más relacionado con el peso inicial de los grillos que con la dieta. El consumo de alimento puede tomarse como una variable veraz para otras especies de insectos como en orugas, ya que Thomson et al. (2014) en su estudio, demuestra que se puede evidenciar el estado interno de estos insectos por medio del almacenamiento de azúcar (trehalosa) en la sangre de los insectos (hemolinfa).

Hay diversos estudios que demuestran que los insectos pueden seleccionar qué materia prima consumir para tener una óptima relación de vitaminas (Schiff NM, 1988), de igual forma pasa con la sal (Trumper S, 1993), y a pesar de que en el estudio de (Harrison et al., 2014), los grillos adultos regulan la ingesta de proteínas e hidratos de carbono, no lo hacen con minerales como el fósforo, por ello, esto es algo que aún no se ha podido identificar de manera concreta en los grillos.

Conversión alimenticia

Para Main (1997), la disponibilidad de fósforo puede ser una necesidad celular, ya que el fósforo forma gran parte de los ribosomas, por ello, se debe esperar que la conversión alimenticia, la concentración de ARN y la cantidad de fósforo, mantengan una asociación. Esto corrobora que, mientras más fósforo se encuentre presente en la dieta, más elevada va a ser la conversión alimenticia, así se ha demostrado en insectos, como la mosca de la fruta (Watts et al., 2006).

Resultados similares se obtuvieron en el presente estudio, se evidenció el incremento de conversión alimenticia con la dieta 0,9%P, pero la diferencia significativa del tratamiento 1,1%P con 0,9% y 0,7%P es estadísticamente igual, se hubiera esperado que mientras más %P se hubiera tenido una mejor CA, en contraposición con Lundy & Parrella (2015), quienes obtuvieron la CA de (1,47) con dietas a base de granos, el resultado del presente estudio (3,97) se atribuye a las necesidades fisiológicas de los grillos con respecto al fósforo, para los grillos, una fuente de fósforo de hasta 0,8%P sería relativamente normal, ya que en su entorno sería un porcentaje alto y difícil de hallar, por lo que 1,1% resulta sobrepasar los requerimientos de fósforo y 0,7%P resultó muy bajo para *A. domesticus*.

Porcentaje de mortalidad

Según Visanuvimol & Bertram (2011), la mortalidad no fue influenciada por la cantidad de fósforo disponible en la dieta, eso puede explicar que en el presente estudio realizado tampoco se hayan observado diferencias en la mortalidad, sin embargo, la mortalidad del presente estudio se atribuye a que la principal causa de muerte, fue el manejo, la toma de datos representó estrés y disminución de la población de forma involuntaria, el movimiento de los implementos dentro de las cajas de crianza resultó mortal para ciertos individuos, y, ciertos grillos murieron por ahogamiento o canibalismo, la mortalidad fue alta, llegando hasta un 60%

en el tratamiento 1,1%P, cuando en el estudio de Vaga et al. (2021), la mortalidad máxima fue de 18%. Sin embargo, las diferencias significativas en la mortalidad con respecto a los tratamientos no fueron significativas, no se puede atribuir el canibalismo a los porcentajes de fósforo en las dietas.

Materia seca

En contraste a lo obtenido por Visanuvimol & Bertram (2011), en el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas, esto, se puede atribuir al factor temperatura, Roe et al. (1985) menciona que con la temperatura adecuada ($28 \pm 3^{\circ}\text{C}$), el crecimiento se va a presentar de una manera más rápida, sin embargo, no se pudo mantener a través del desarrollo del proyecto una alta temperatura adecuada ($24^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$), por lo tanto, la temperatura influyó negativamente en el peso final, pudo ser influenciado por la dieta o el peso inicial. El contenido de humedad que Brogan et al. (2021) muestra en su estudio (72%), es mayor al obtenido en el presente estudio (68%). A pesar de ello, un factor que pudo influir en el peso final, es la aceptabilidad del alimento, para el caso de orugas *A. gemmatalis*, el consumo del alimento aumentó cuando se diluyó con agua, se llegó a resolver que el agua en dilución con la comida ayuda a la absorción y digestión de los nutrientes (SLANSKY & WHEELER, 1991). Es importante tener en cuenta que todos los insectos van a presentar diferentes receptores de alimento, por lo que el tamaño del alimento juega un papel esencial en cuanto a cantidad consumida, frecuencia de consumo y aceptación por el alimento, se deben realizar más estudios al respecto en grillos.

Tiempo de cosecha

El tiempo para llegar a edad adulta en el estudio de Visanuvimol & Bertram (2011), no se vio diferenciado con respecto al porcentaje de fósforo en la dieta, al igual que en este estudio. También se coincidió en que los primeros en llegar a reproductores fueron los machos, apenas una hembra fue evidenciada como reproductora dentro de los tratamientos.

Según Huberty & Denno (2006), en *P. marginata* se muestra que el fósforo contenido en las plantas que fueron consumidas por el insecto, ayudó a su supervivencia, incrementó el tamaño de su cuerpo y demoró menos tiempo en desarrollarse.

Las diferencias que se presentaron en cuanto condición corporal, se evidenciaron en la dieta más baja en fósforo (0,7%P), los reproductores eran de un tamaño menor al que presentaron las dietas (0,9% y 1,1%) P, esto quiere decir que la dieta 0,7%P aceleró el crecimiento de los grillos, de manera ineficiente.

Un factor externo que se tomó en cuenta, fue el espacio necesario para la crianza de cada unidad experimental, según Nakagaki BJ (1991), el área mínima que un grillo debe ocupar es de 2,5 cm² ya que cuando el entorno les proporciona gran espacio, el costo metabólico también llegará a aumentar, y por ende su tamaño no va a verse influenciado de manera negativa por el hábitat, ocurre lo mismo cuando los individuos son sometidos a una elevada temperatura o humedad relativa.

Análisis químicos

Análisis bromatológico

Van Peer et al. (2021) menciona que la composición nutricional que los grillos presentan no va a ser afectada en su totalidad por la dieta. Para ANSES (2015) cuando los grillos son alimentados por dietas a base de cereales presentan una conversión de proteínas mayores al 35%, esto concuerda con los resultados obtenidos, ya que se evaluó más del 45% de proteína contenida en la harina de cada una de los tratamientos en donde fueron incorporadas soya, maíz y afrecho como base para las dietas.

El extracto etéreo se presentó en alto porcentaje, el mayor porcentaje de lípidos obtenidos fue de 27, 85% (0,9%P). Collavo et al. (2005) demostró que los grillos alimentados con dietas altas en proteína cruda (45 – 59%), no presentaron alta composición de grasa, en el

presente estudio, esto se atribuye a que la formulación de las dietas, no contó con alto contenido proteico (24%), sin embargo, sí fueron de alta calidad, ya que se concuerda con el estudio realizado por Harsanyi et al. (2020) en donde los grillos alimentados con dietas no nutritivas, presentan un contenido bajo de proteína y alto en grasa. Hay ciertas especies de insectos que pueden llegar a tener un contenido de grasa menor a 1% como las larvas *O. rinoceros* con 0,66% de grasa, pero también existen insectos que sobrepasan el contenido de grasa de los grillos, como las larvas *P. triangularis*, pertenecientes al orden Lepidoptera con hasta 77,13%.

En cuanto a fibra, diversos estudios varían en el porcentaje con respecto a este parámetro, pueden encontrarse referencias de 5,20 – 19,10%, de acuerdo a Bawa et al. (2021), se obtuvieron porcentajes de fibra entre 5,99 y 6,19, atribuible a la quitina presente en el exoesqueleto de los grillos.

A pesar de los diferentes porcentajes obtenidos en los parámetros, la OMS concluye en que los insectos en general y especialmente de las especies pertenecientes al orden Orthoptera, representan fuentes valiosas de consumo y especialmente de proteínas (Rumpold & Schluter, 2013).

Análisis del contenido de minerales

En la presente investigación, el contenido de Ca fue alto (0,15 - 0,18%), mientras que en el estudio de Finke M. D. (2015) fue de 0,036%, es un contenido bajo y consistente en la mayoría de datos tomados de insectos criados. En el caso del P, el contenido fue mayor (1,59 – 1,84%), en contraste con 0,219 %, sin embargo, anteriores estudios también reportan mayores cantidades que satisfacían las necesidades de aves de corral y ratas en crecimiento (Finke M. D., 2002). Es probable que el fósforo esté fácilmente disponible en los insectos, lo cual podría compensar los niveles ligeramente bajos en una dieta. El Mg estuvo presente con (0,08 –

0,09%), más alto que 0,0193%, ciertas especies del orden Orthoptera son ricas en Mg (Barker, 1998).

En cuanto a Na, se obtuvo (0,29 – 0,32%), mayor que 0,111% Morales-Ramos JA (2020), mientras que los otros minerales como el Fe, Zn, Cu, Mn, I, Se, se encuentran en bajas concentraciones <0,01% (Finke M. D., 2015). Estos valores obtenidos se atribuyen a la alta calidad de la dieta en cuanto a minerales.

Análisis del contenido de aminoácidos

Con el análisis realizado por la empresa de nutrición animal POFASA, se obtuvieron un total de 11 aminoácidos, que comparados con los porcentajes de aminoácidos obtenidos por Udomsil et al. (2019), se encuentra un menor contenido en el presente estudio, con los valores: Metionina (0,98%), Cisteína (0,40%), Lisina (3,22%), Treonina (1,65%), Triptófano (0,43%), Arginina (3,92%), Isoleucina (2,90%), Leucina (3,80%), Valina (4,50%), Histidina (1,72%) y Fenilalanina (2,38%).

El contenido de los aminoácidos va a depender del factor genético, ciertas especies de cierto orden pueden llegar a presentar mayor cantidad que los grillos (OMS, 2005).

Análisis de Rentabilidad

El componente principal para la elaboración de las dietas fue el fósforo, las dietas se ajustaron a 0,7%, 0,9% y 1,1% de fósforo total, se utilizaron como materias primas al maíz, soya y sorgo, obteniendo como menor conversión alimenticia 3,97 a diferencia de Lundy & Parrella (2015) quienes obtuvieron que el uso de una dieta compuesta por cereales de soya, basada en pienso para pollos, tuvo una conversión de 1,47 en toda la población de grillos. Esto se atribuye al gasto energético de los grillos ya que no se encontraban a una temperatura adecuada para su desarrollo.

Los grillos, al ser animales omnívoros presentan un aparato bucal bien desarrollado, y en contraste con SLANSKY & WHEELER (1991) demuestran que el peso seco de las orugas *A. gemmatalis* aumentó cuando el alimento era compuesto de 81% agua y 19% materia seca, y se presentó menor cantidad de agua contenida en los tejidos cuando la composición fue de 68% agua, los grillos tienen mayor preferencia al alimento en forma de polvo, además, la humedad de los grillos es de 68% (Barker, 1998).

Según Morales-Ramos JA (2020), la adición de alimentos de origen animal va a mejorar el rendimiento del grillo, sin embargo, ya que esto supondría una crianza que ya no estaría bajo el concepto de sostenible, no se consideró ya que implicaría una huella de carbono y un alto costo de producción.

Capítulo V

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Los parámetros productivos, con diferentes niveles de fósforo, al día 7, 49 y 56 presentaron diferencias significativas con 0,9%P en ganancia de peso ($p < 0,05$). Para la materia consumida, del día 12 al 54. La mejor conversión alimenticia se obtuvo con el tratamiento 1,1%P ($p < 0,05$). La mortalidad y la materia seca no mostró diferencias para ninguno de los tratamientos ($p > 0,05$).
- Los análisis químicos presentaron un alto porcentaje de proteína para los tres tratamientos, siendo el mayor el del tratamiento 1,1%P, y los porcentajes de grasa, fibra, humedad y ceniza fueron los más altos para el tratamiento 0,9%P, finalmente, el tratamiento 0,7%P obtuvo un alto contenido de ELN. El contenido de minerales fue completo, los minerales que tuvieron mayor presencia fueron P, K, Mg, Ca, S, Cl, en el tratamiento 1,1%P. y los minerales con menor presencia fueron Fe, Mn, Cu, Zn, B, para los tres tratamientos ($< 0.01 - 0.02\%$). El contenido de los aminoácidos principales, representa el potencial de la harina de grillo para consumo humano y animal, con calidad de proteína, el aminoácido limitante, la lisina se encuentra en 0,16 (0,7%P), 0,18 (0,9%P) y 0,17 (1,1%P), otros aminoácidos con alto valor fueron la Leucina (2,83%) y Valina (2,53%).
- El análisis de presupuesto parcial, nos muestra que el tratamiento T2 presentó el mejor rendimiento total (7,55), beneficio neto (1.0188), beneficio bruto (1.02). El tratamiento T3 se determinó como dominado con un alto costo variable (0.00046313) y bajo beneficio neto (0.9742). Y se evaluó la tasa de retorno marginal (1760770%) del tratamiento T1 al T2.

Recomendaciones

- Usar una inclusión mayor de 1,1% de fósforo en las dietas, y de esta manera continuar evidenciando el efecto que tenga el fósforo sobre los parámetros productivos y contenido nutricional del grillo de casa.
- Realizar más proyectos de investigación, con respecto a evaluar el consumo diario de los grillos (mg/día), en este caso puede ser probando diferentes materias primas en las dietas, para conocer la ganancia de peso, aceptación, preferencia, etc.
- La nutrición se debe alinear a la condición climática, al medio ambiente, a cierto nivel de temperatura, qué nivel de energía se va a dar, o a su vez evaluar dietas en donde se comparen diferentes niveles de energía, con esto se quiere evidenciar la necesidad energética de los grillos.
- Debido al alto contenido de proteína, se recomienda evaluar la proteína bruta con respecto a los principales aminoácidos esenciales, si existe limitación dentro de los porcentajes contenidos en el grillo, y cómo afecta esto a la composición y quizás al comportamiento de los mismos. La nutrición debe alinearse al medio ambiente y condiciones bajo las cuales van a ser criados los grillos.
- Debido a la alta mortalidad que se obtuvo en el presente experimento, se recomienda evaluar otros sistemas de crianza, puede ser variando en el material de los contenedores de crianza, los recipientes del agua y comida, e incluso en reemplazar los cartones de huevo con algún material que asemeje sus funciones.

Bibliografía

- Aguirre, S. A., & Barranco, V. P. (2015). Orden Orthoptera. *Revista IDE@ - SEA*, 1–13.
- Akinyi Orinda, M., Oyoo Mosi, R., Awuor Ayieko, M., Anangwe Amimo, F., Oginga Odinga, J., & Mary Akinyi Orinda, C. (2017). Growth performance of Common house cricket (*Acheta domesticus*) and field cricket (*Gryllus bimaculatus*) crickets fed on agro-byproducts. ~ 1664 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 1664–1668.
- Aman, P., Frederich, M., Megido, R. C., Alabi, T., Malik, P., Uyttendbroeck, R., Francis, F., Blecker, C., Haubruge, E., Lognay, G., & Danthine, S. (2017). Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(2), 337–340. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>
- ANSES. (2015). Opinion of the French Agency for Food , Environmental and Occupational Health & Safety. *Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety*, 33(2009), 27–31.
- Attard, L. (2013). *The development and evaluation of a gut loading diet for feeder crickets formulated Thesis, provide a balanced nutrient source for insectivorous amphibians and reptiles*. Master's University of Guelph, Canada.
- Avendaño, R., Francys, A., Aldana, E., Dávila, V., Delsy, M. B., & Rosa, V. (2017). Estudio de componentes hemolinfáticos de *Rhodnius prolixus* y *Triatoma maculata* alimentados con diferentes fuentes sanguíneas. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(4), 519–533. <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n4-2017001>
- Barker, D. F. (1998). Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, 17(2), 123–134. <https://www.feedipedia.org/node/16410>
- Bawa, M., Songsermpong, S., Kaewtapee, C., & Chanput, W. (2021). Effect of diet on the growth performance, feed conversion, and nutrient content of the house cricket. *Journal of Insect*

- Science*, 20(2). <https://doi.org/10.1093/JISESA/IEAA014>
- Belluco, S., Halloran, A., & Ricci, A. (2017). New protein sources and food legislation: the case of edible insects and EU law. *Springer Link*, 803–814.
- Bertram, S. M., Schade, J. D., & Elser, J. J. (2006). Signalling and phosphorus: correlations between mate signalling effort and body elemental composition in crickets. *Animal Behaviour*, 72(4), 899–907. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.02.012>
- Bertram, S. M., Whattam, E. M., Visanuvimol, L., Bennett, R., & Lauzon, C. (2009). Phosphorus availability influences cricket mate attraction displays. *Animal Behaviour*, 77(2), 525–530. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2008.11.012>
- Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., & Gere, A. (2020). Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. *Foods*, 9(11), 1561. <https://doi.org/10.3390/foods9111561>
- Blackith, R. E. (1987). Primitive Orthoptera and primitive plants. *Evolutionary Biology of Orthopteroid Insects*, Ellis Horw, 124–126.
- Boersma, M. (2006). Too much of a good thing: on stoichiometrically balanced diets and maximal growth. *Ecology*, 87, 1325–1330.
- Brogan, E. N., Park, Y. L., Matak, K. E., & Jaczynski, J. (2021). Characterization of protein in cricket (*Acheta domesticus*), locust (*Locusta migratoria*), and silk worm pupae (*Bombyx mori*) insect powders. *Lwt*, 152(August), 112314. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112314>
- Carcea, M. (2020). Quality and nutritional/textural properties of durum wheat pasta enriched with cricket powder. *Foods*, 9(9), 10–13. <https://doi.org/10.3390/foods9091298>
- Cicatiello, C., Vitali, A., & Lacetera, N. (2020). How does it taste? Appreciation of insect-based snacks and its determinants. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 21(October 2019), 100211. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100211>

- Clifford, C., Roe, R. M., & Woodring, J. P. (1977). Rearing methods for obtaining house crickets, *Ache domesticus*, of known age, sex, and instar. *Annals of the Entomological Society of America*, 70, 69–74.
- Cohen, A. C. (2015). *Insect diets: science and technology*. 2nd Ed. *Nd Press*.
- Collavo, A., Glew, R., Huang, Y., Chuang, L., Bosse, R., & Paoletti, M. (2005). House Cricket Small-scale Farming. En M. Poletti, *Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*. *New Hampshire: Science Publishers: Enfield*, 515–540.
- CONAPESCA. (2012). *Es la acuacultura la actividad económica de mayor crecimiento en México*. COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA.
<https://www.gob.mx/conapesca/prensa/es-la-acuacultura-la-actividad-economica-de-mayor-crecimiento-en-mexico-conapesca>
- Coslik, H., Ward, A., & McClements, R. (2009). Gut loading as a method to effectively supplement crickets with calcium and vitamin A. *Nutritional Advisory Group, Proceedings*, 163–171.
- Cruz, D. P., & Peniche, C. (2018). *Sostenible, Desarrollo Seguridad, Y L A En, Alimentaria*. 4(2).
- Dadd, R. (1960). The nutritional requirements of locusts-I Development of synthetic diets and lipid requirements. *Journal of Insects Physiology*, 319–347.
- Defoliart, G. R. (1995). *Bio diversity and Conservation*, 306-321 (1995) *Edible insects as minilivestock*. 1993.
http://labs.russell.wisc.edu/insectsasfood/files/2012/09/18_Minilivestock.pdf
- Degrelle, F., Tirard, A., Strambi, C., Renucci, M., & Strambi, A. (1994). Protein phosphorylation in the neural tissue of an adult cricket (*Acheta domesticus*): Endogenous substrates and their protein kinases. *Journal of Insect Physiology*, 40(4), 293–302.
[https://doi.org/10.1016/0022-1910\(94\)90069-8](https://doi.org/10.1016/0022-1910(94)90069-8)
- Domínguez, R., León, M., Samaniego, J., & Sunkel, O. (2019). Recursos naturales, medio

ambiente y sostenibilidad. In *Cepal*.

www.cepal.org/apps%0Ahttps://www.cepal.org/es/publicaciones/44785-recursos-naturales-medio-ambiente-sostenibilidad-70-anos-pensamiento-la-cepal

Dziewięcka, M., Flasz, B., Rost - Roszkowska, M., Kędziorski, A., Kochanowicz, A., & Augustyniak,

M. (2020). Graphene oxide as a new anthropogenic stress factor - multigenerational study at the molecular, cellular, individual and population level of *Acheta domesticus*. *Journal of Hazardous Materials*, 396(March). <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122775>

EFSA. (2015). Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed.

EFSA Journal, 13(10), 60. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>

Elser, J., Wein, R., Esther, G., & Walter, F. (2000). Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecology Letters*, 540–550.

Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., & Doyle, M. P. (2004). Erickson2004E-coli_reduction. *Journal of Food Protection*, 67(4), 685–690.

Ezewudo, B. I., Monebi, C. O., & Ugwumba, A. A. (2015). Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings.

African Journal of Agricultural Researc, 2363–2371.

FAO. (1987). *Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados manual de capacitacion*.

<https://www.fao.org/3/ab492s/AB492S00.htm#TOC>.

FAO. (2012). Buenas Prácticas Pecuarias (BPP) para la producción y comercialización porcina familiar. In *Onu - Fao*.

FAO. (2013). Revisión del Desarrollo Avícola. In *Revisión del desarrollo avícola*.

<http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>

FAO. (2018). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. *Fao*, 1–4. <http://www.fao.org/edible-insects/en/>

- Fernandez Cassi, X., Supeanu, A., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2018). Novel foods: A risk profile for the house cricket (*acheta domesticus*). *EFSA Journal*, *16*(Special Issue), 1–15. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16082>
- Finke, M. D. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, *21*(3), 269–285. <https://doi.org/10.1002/zoo.10031>
- Finke, M. D. (2015). Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. *Zoo Biology*, *34*(6), 554–564. <https://doi.org/10.1002/zoo.21246>
- Fishman, S. M. (1979). Transendothelial movement of large molecules in the microvasculature. *Pulmonary Edema. Bethesda, MD: American Physiological P, Society.*, 39–52.
- Frost, P. C., & Elser, J. J. (2002). Growth responses of littoral mayflies to the phosphorus content of their food. *Ecology Letters*, *5*, 232–240.
- Gagneten, A. M., Imhof, A., Marini, M., Zabala, J., Zabala, M., Tomas, P., Amavet, P., Ravera, L., & Ojea, N. (2015). Unidad 2. La química de la vida. *Biología Conceptos Básicos*, 33. http://www.unl.edu.ar/ingreso/cursos/biologia/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/BIO_02.pdf
- Ghosh, S., Lee, M., Jung, C., & Meyer, R. (2017). South, Nutritional composition of five commercial edible insects in Korea. *J. Asia Pac. Entomol*, *20*, 686–694.
- Gicos, R. B. Ó. (2015). *Riesgos biológicos*. *38*, 7–10.
- Hack, M. A. (1997). . The effects of mass and age on standard metabolic rate in house crickets. *Physiological Entomology*, *22*, 325–331. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1997.tb01176.x>
- Hall, F. G., Jones, O. G. O., Haire, M. E., & Liceaga, A. M. (2017). Functional properties of tropical banded cricket (*Gryllodes sigillatus*) protein hydrolysates. *ELSEVIER - Food Chemistry*, 414–

422.

- Halloran, A., & Vantomme, P. (2014). La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. *Roma, Italia: Viale Delle Caracalla*.
www.fao.org/forestry/edibleinsects/en/
- Harrison, S. J., Raubenheimer, D., Simpson, S. J., Godin, J. G. J., & Bertram, S. M. (2014). Towards a synthesis of frameworks in nutritional ecology: Interacting effects of protein, carbohydrate and phosphorus on field cricket fitness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1792). <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0539>
- Harsanyi, J. C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., & Fekete, G. (2020). Evaluation of organic wastes as substrates for rearing zophobas morio, Tenebrio molitor, and Acheta domesticus larvae as alternative feed supplements. *Insects*, 604.
- Hazelton, S. R., Spring, J. H., & Felgenhauer, B. E. (2002). Fluid-phase endocytosis does not contribute to rapid fluid secretion in the malpighian tubules of the house cricket, Acheta domesticus. *Journal of Experimental Zoology*, 292(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1002/jez.1137>
- Hessen, D. O., & Lyche, A. (1991). Inter- and intraspecific variations zooplankton element composition. *Arch Hydrobiol*, 121, 343– 353.
- Hoby, S., Wenker, C., Robert, N., Jermann, T., Hartnack, S., Segner, H., Aebischer, C. P., & Liesegang, A. (2010). Nutritional metabolic bone disease in juvenile veiled chameleons (Chamaeleo calyptratus) and its prevention. *Journal of Nutrition*, 140(11), 1923–1931.
<https://doi.org/10.3945/jn.110.120998>
- Huberty, A. F., & Denno, R. F. (2006). Consequences of nitrogen and phosphorus limitation for the performance of two planthoppers with divergent life-history strategies. *Oecologia*, 149(3), 444–455. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0462-8>

- Hunt, J., Brooks, R., Jennions, M. D., Smith, M. J., Bentsen, C. L., & Bussiere, L. F. (2004). High-quality male field crickets invest heavily in sexual display but die young. *Nature*, *432*1024e1027.
- Hurd, K., Shertukde, S., Toia, T., Trujillo, A., & Pérez, R. (2019). The Cultural Importance of Edible Insects in Oaxaca, Mexico. *Annals of the Entomological Society of America*, 552–559.
- Huris, A. V. (2020). Edible crickets, but which species? *Journal of Insects as Food and Feed*, 91–94.
- IASA, L. (2021a). Procedimientos específicos de ensayo Ceniza. *La, Ciencias D E Agricultura, Vida Y Foliars, Aguas Y*, 9–11.
- IASA, L. (2021b). Procedimientos específicos de ensayo para Fibra. *La, Ciencias D E Agricultura, Vida Y Foliars, Aguas Y*, 1–2.
- IASA, L. (2021c). Procedimientos específicos de ensayo para grasa. *La, Ciencias D E Agricultura, Vida Y Foliars, Aguas Y*, 1–2.
- IASA, L. (2021d). Procedimientos específicos de ensayo para Humedad. *La, Ciencias D E Agricultura, Vida Y Foliars, Aguas Y*, 1–2.
- IASA, L. (2021e). Procedimientos específicos de ensayo para proteínas. *La, Ciencias D E Agricultura, Vida Y Foliars, Aguas Y*, 8–10.
- Ijaiya, A. T., & Eko, E. O. (2009). Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition*, *8*(6), 850–855. <https://doi.org/10.3923/pjn.2009.850.855>
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*, *18*(August 2019), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- INATEC. (2016). Manual Del Protagonista Nutrición Animal. *Nutrición Animal*, 140.

- Jeyansingh, P. D., & Weider, L. J. (2007). Fundamental links between genes and Molecular, elements: evolutionary implications of ecological stoichiometry. *Molecular Ecology*, *16*, 4649–4661.
- Jin, X. H., Heo, P. S., Hong, J. S., Kim, N. J., & Kim, Y. Y. (2016). Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 979–986.
- Józefiak, D., & Engberg, R. M. (2015). Insects as poultry feed. *20TH European Symposium on Poultry*, August, 24–27.
- K. O. Rothhaupt. (1992). Stimulation of phosphorus-limited phytoplankton by bacterivorous flagellates in laboratory experiments. *Limnology and Oceanography*, *37*, 750–759.
- Klein, U. (1982). The articulation of cricket palps: morphology and movement patterns in behavior. *Physiological Entomology*, *7*, 297–314.
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, *4*, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- LARCO, Z. M. A. (2018). *UNIVERSIDAD UTE FACULTAD DE COMUNICACIÓN , ARTES Y HUMANIDADES EN DISEÑO GRÁFICO PUBLICITARIO “ ESTUDIO DESCRIPTIVO DE LOS MONUMENTOS DEL CANTÓN RUMIÑAHUI . INTERPRETACIÓN SEMIÓTICA , CULTURAL Y SIMBÓLICA .”*
- Lee, C. G., Da Silva, C. A., De la Cruz, C. S., Ahangari, F., Bing, M., & Kang, M. J. (2011). Role of chitin and chitinase/chitinase-like proteins in inflammation, tissue remodeling, and injury. *Annual Review of Physiology*, 479–501.
- Lee, S. W., Tey, H. C., Wendy, W., & Wan Zahari, M. (2017). The effect of house cricket (*Acheta domesticus*) meal on growth performance of red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Int. J. of Aquatic Science*, *8*(2), 78–82.

- Lipsitz, E. Y., & McFarlane, J. E. (1970). Total lipid and phospholipid during the life cycle of the house cricket, *Acheta domesticus* (L.). *Comparative Biochemistry And Physiology*, 34(3), 699–705. [https://doi.org/10.1016/0010-406X\(70\)90295-1](https://doi.org/10.1016/0010-406X(70)90295-1)
- Livingston, S., Lavin, S. R., Sullivan, K., Attard, L., & Valdes, E. V. (2014). Challenges with effective nutrient supplementation for amphibians: a review of cricket studies. *Zoo Biology*, 33, 565–576. <https://doi.org/10.1002/zoo.21177>
- Longvah, T., Mangthya, K., & Ramulu, P. (2011). Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chemistry*, 128(2), 400–403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.041>
- Lundy, M. E., & Parrella, M. P. (2015). Crickets are not a free lunch: Protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domesticus*. *PLoS ONE*, 10(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>
- Lynch, S. A., & Morovick, A. (2018). Opportunities and perspectives for utilisation of co-products in the meat industry. *Meat Sci*, 62–73.
- M Quraishi, R. B. (1996). Uptake, transfer and loss of ³²P during metamorphosis, mating and ovoposition in *Aedes vexans*. *Journal of Economic Entomology*, 59, 1331–1333.
- Maddrell, S. H. P. (1971). The mechanisms of insect tory systems. *Adv. Insect Physiol*, 8, 199.
- Madin, D. E. (2019). Novel foods: Enzymatic and thermal food processing make edible insects non-allergenic. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*.
- Magara, H. J. O., Niassy, S., Ayieko, M. A., Mukundamago, M., Egonyu, J. P., Tanga, C. M., Kimathi, E. K., Ongere, J. O., Fiaboe, K. K. M., Hugel, S., Orinda, M. A., Roos, N., & Ekesi, S. (2021). Edible Crickets (Orthoptera) Around the World: Distribution, Nutritional Value, and Other Benefits—A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7(January), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.537915>

- Main, T. M. (1997). N:P Stoichiometry and ontogeny of crustacean zooplankton: a test of growth rate hypothesis. *Limnology and Oceanography*, *42*, 1474–1478.
- Makkar, H. P. S., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, *197*, 1–33.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Maklakov, A. A., Simpson, S. J., Zajitschek, F., Hall, M. D., Dessmann, J., & Clissold, F. J. (2008). Sex-specific fitness effects of nutrient intake on reproduction and lifespan. *Curr Biol*, *18*, 1062 – 1066. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.059>
- Mattson, J. J. (1980). Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *11*, 119–161.
- McCusker, S., Buff, P. R., Yu, Z., & Fascetti, A. J. (2014). Amino acid content of selected plant, algae and insect species: a search for alternative protein sources for use in pet foods. *Journal of Nutritional Science*, *3*, 1–5. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.33>
- McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F., & Morgan, C. A. (1995). *Animal Nutrition*. Harlow: Longman Scientific and Technical, 5.
- Mehrotra, K., Rao, P., & Farooqi, T. (1972). The consumption, digestion and utilization of food by locusts. *Entomol. Exp. Appl*, 90–96.
- Miech, P., Berggren, Lindberg, J. E., Chhay, T., Khieu, B., & Jansson, A. (2016). Growth and survival of reared Cambodian field crickets (*Teleogryllus testaceus*) fed weeds, agricultural and food industry by-products. *Journal of Insects as Food and Feed*, *2*(4), 285–292.
<https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0028>
- Morales-Ramos, J. A., Rojas, M. G., Dossey, A. T., & Berhow, M. (2020). Self-selection of food ingredients and agricultural by-products by the house cricket, *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae): A holistic approach to develop optimized diets. *PLoS ONE*, *15*(1),

- 1–30. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227400>
- Mullen, C. Á. (2015). Classification and target compounds. En C. M. Galanakis. *Food Waste Recovery - Academic Press*, 25–57.
- Murray, K., Bender, A., Botham, M., Kennely, J., Rodwell, W., & Weil, P. (2009). *HARPER Bioquímica ilustrada* (28th ed.).
- Nájera, R. M. B., & Souza, B. (2010). Insectos benéficos. Guía para su identificación. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias México*, 72.
- Najim, J. . L. (2001). *Insect Physiology and Biochemistry*. Boca Raton, Fla: CRC, 485.
<https://doi.org/10.1201/9781420058376>
- Nakagaki, B. J., Sunde, M. L., & Defoliart, G. R. (1987). Protein Quality of the House Cricket, *Acheta domesticus*, When Fed to Broiler Chicks. *Poultry Science*, 66(8), 1367–1371.
<https://doi.org/10.3382/ps.0661367>
- Neville, P. ., Stone, P. ., & Luckey, T. . (1961). An unidentified Factor in the Nutrition of. *J. Nutrition*, 74, 265–273.
- Newton, L., Craig, S., Wes D, W., Gary, B., & Robert, D. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. *Journal Korean Entomology and Applied Science*, 36(12), 17 pp.
- Nischalke, S., Wagler, I., Tanga, C., Allan, D., Phankaew, C., Ratompouarison, C., Razafindrakotomamonjy, A., & Kusia, E. (2020). How to turn collectors of edible insects into mini-livestock farmers: Multidimensional sustainability challenges to a thriving industry. *Global Food Security*, 26(September 2019). <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100376>
- Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., & Charrondiere, U. R. (2016). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*. <https://doi.org/e0144601>

- OMS, & FAO. (2005). CODEX ALIMENTARIUS. Alimentos producidos orgánicamente. *Codex Alimentarius*, 2, 75. <http://www.fao.org/3/a0369s/a0369s.pdf>
- Oonix, D., Van Broekhoven, S., Van Huis, A., & Van Loon, J. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*. <https://doi.org/e0144601>
- Paoletti, M. G. (2005). Ecological implications of minilivestock : potential of insects, rodents, frogs, and snails. *Science Publishers*.
- Patton, R. L. (1967). Oligidic Diets for *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 1238–1242.
- Perkins, M. C., Woods, H. A., & Harrison, J. F. (2004). Dietary phosphorus affects the growths of larval *Manduca sexta*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 55, 153–168.
- Perrin, R. (1976). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos*.
- Pilar, R., Marua, M., & Martinez, A. P. (2013). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *American Journal of Clinical Nutrition*, 78(3 SUPPL.), 660–663. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660s>
- Ramos-Elorduy, J., González, E. A., Hernández, A. R., & Pino, J. M. (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. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.214>
- Ramos, E. J., Moreno, J. M. P., Prado, E. E., Perez, M. A., Otero, J. L., & De Guevara, O. L. (1997). Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, Mexico. *J. Food Compos Anal*, 10, 142–157. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>

- Raubenheimer, D., & Jones, S. A. (2006). Nutritional imbalance in an extreme generalist omnivore: tolerance and recovery through complementary food selection. *Anim. Behav.*, *71*, 1253–1262.
- Reiter, R. . (1995). Intracellular action of melatonin with a summary of its interactions with reactive oxygen. *The Pineal Gland and Its Hormone, NATO ASI Series. Plenum*, 21–32.
- Roe, R. M., Clifford, C. W., & Woodring, J. P. (1985). The effect of temperature on energy distribution during the last-larval stadium of the female house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Physiology*, *31*(5), 371–378. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(85\)90080-0](https://doi.org/10.1016/0022-1910(85)90080-0)
- Rosas-Mejía, M., Correa-Sandoval, A., Venegas-Barrera, C. S., & Horta-Vega, J. V. (2015). Preferencias entre cinco carbohidratos en *Pheidole bilimeki* (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)*, *31*(2), 291–297. <https://doi.org/10.21829/azm.2015.312985>
- Rossum, V., A., R. M., & C., S. J. (1987). Role of cytoplasmic vesicles in volume maintenance. Current topics in membranes and transport. *Academic Press San Diego Ca.*, *30*, 45–74.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013a). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, *57*(5), 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013b). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *17*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.11.005>
- Saraguro, A. A. (2019). Facultad de ciencias químicas y de la salud carrera de bioquímica y farmacia. (*Bachelor's Thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala*)., 1–117. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16242/1/E-11896_PALADINES TENE

ANDREA CAROLINA.pdf

Schade, J. D., Kyle, M., Hobbie, S. E., Fagan, W. F., & Elser, J. J. (2003). Stoichiometric Tracking Of Soil Nutrients By A Desert Insect Herbivore. *Ecol Lett*, *6*, 96–101.

Schiff, N. M., & Wagnern, G. (1988). Dietary self-selection for vitamins and lipid by larvae of the corn earworm, *Heliothis zea*. *Entomol. Exp. Appl*, *240–256*.

Schmidt, J. O. (2011). Chemical Composition and Application Justin in Bee Products. *Carl Hayden Bee Research Center*, *55*, 2609–2625.

Sergiy Smetana, M. P. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, *741–751*.

Silva, M. B. (2016). Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador. *Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca*, *1(9)*, 211. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Libro-Blanco-final-web_mayo102021.pdf

SLANSKY, F., & WHEELER, G. S. (1991). Food consumption and utilization responses to dietary dilution with cellulose and water by velvetbean caterpillars, *Anticarsia gemmatalis*. *Physiological Entomology*, *16(1)*, 99–116. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1991.tb00547.x>

Sogari, G., Menozzi, D., & Mora, C. (2017). Exploring young foodies' knowledge and attitude regarding entomophagy: A qualitative study in Italy. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *7*(June 2016), 16–19. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.12.002>

Soo Hoo, C., & Fraenkel, G. (1966). The selection of food plants in a polyphagous insect, *Prodenia eridania* (Cramer). *Journal of Insect Physiology*, *693–709*.

Sorjonen, J. M., Valtonen, A., Hirvisalo, E., Karhapää, M., Lehtovaara, V. J., Lindgren, J., Marnila, P., Mooney, P., Mäki, M., Siljander-Rasi, H., Tapio, M., Tuiskula-Haavisto, M., & Roininen, H. (2019). The plant-based by-product diets for the mass-rearing of *Acheta domesticus* and

- Gryllus bimaculatus. *PLoS ONE*, 14(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218830>
- Sterner, R. W. (1995). Elemental stoichiometry of species in ecosystems. *Linking Species and Ecosystems*.
- Sterner, R. W., & Elser, J. J. (2002). Ecological Stoichiometry: the Biology of Elements from Molecules to the Biosphere. *Princeton, New Jersey: Princeton University Press*.
- Stull, V. J., Finer, E., Bergmans, R. S., Febvre, H. P., Longhurst, C., Manter, D. K., Patz, J. A., & Weir, T. L. (2018). Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Scientific Reports*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29032-2>
- Sutcliffe. (1970). Relationship between growth rate and ribonucleic acid concentration in some invertebrates. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 27, 606–609.
- Suzuki, M., Fujimoto, W., Goto, M., Morimatsu, M., Syuto, B., & Iwanaga, T. (2002). Cellular expression of gut chitinase mRNA in the gastrointestinal tract of mice and chickens. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 50(8), 1081–1089. <https://doi.org/10.1177/002215540205000810>
- TECA. (2013). Cricket Farming for Human Consumption. *Patología Experimental y Molecular*, 92, 194–201.
- Thompson, S. (2003). Trehalose - the insect “blood” sugar. *Advances in Insect Physiology*, 31, 205–285.
- Thomson, I. R., Darveau, C. A., & Bertram, S. M. (2014). Body morphology, energy stores, and muscle enzyme activity explain cricket acoustic mate attraction signaling variation. *PLoS ONE*, 9(3), 1–16. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0090409>
- Toro, C. (2017). *Bondades de la harina de grillos*. <https://www.arthrofood.co/single-post/2017/06/28/Esto-es-lo-que-dicen-losexpertossobre-la-harina-de-grillo>.

- Trumper, S. S. (1993). Regulation of salt intake by nymphs of *Locusta migratoria*. *J. Ins. Physio*, 857–864.
- Tzompa-Sosa, D. A., Van Valenberg, H. J., & Van Boekel, M. A. (2014). Insect, Lakemond CM. Organic, lipid profile: aqueous versus. *Food Res Int.* (2014).
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052>, 94
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C., & Ketudat-Cairns, M. (2019). Nutritional Values and Functional Properties of House Cricket (*Acheta domesticus*) and Field Cricket (*Gryllus bimaculatus*). *Food Science and Technology Research*, 25(4), 597–605.
<https://doi.org/10.3136/fstr.25.597>
- Urabe, J., & Sterner, R. W. (2001). Contrasting effects of different Functional, types of resource depletion on life-history traits in *Daphnia*. *Ecology*, 15, 165–174.
- Vaca, M. 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 PRADERA- CHALTURA. *Universidad Técnica Del Norte*.
- Vadstein. (2000). Hemotrophic, planktonic bacteria and cycling of phosphorus: Phosphorus requirements, competitive ability, and food web interactions. *Advances in Microbial*, 16, 115–167.
- Vaga, M., Berggren, & Jansson, A. (2021). Growth, survival and development of house crickets (*Acheta domesticus*) fed flowering plants. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(2), 151–161. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0048>
- Van Huis, A. (2013). Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. *Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 171.
- Van Huis, A., & Oonincx, D. G. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron Sustain Dev*. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>, 37:43.

- Van Peer, M., Froominckx, L., Coudron, C., Berrens, S., Álvarez, C., Deruytter, D., Verheyen, G., & Van Miert, S. (2021). Valorisation potential of using organic side streams as feed for *tenebrio molitor*, *acheta domesticus* and *locusta migratoria*. *Insects*, *12*(9), 1–32.
<https://doi.org/10.3390/insects12090796>
- van Straalen, N., van Gestel, C., & Korsloot, A. (2004). The stress-protein system. *Environmental Stress and Cellular Response in Arthropods*, *87*, 19–58.
<https://doi.org/10.1201/9781420023336.ch3>
- Vandeweyer, D., Crauwels, S., Lievens, B., & Van Campenhout, L. (2017). Metagenetic analysis of the bacterial International, communities of edible insects from diverse production cycles at industrial rearing companies. *Journal of Food Microbiology*, *261*, 11–18.
- Varelas, V. (2019). Food wastes as a potential new source for edible insect mass production for food and feed: A review. *Fermentation*, *5*(3).
<https://doi.org/10.3390/fermentation5030081>
- Veenenbos, M. E., & Oonincx, D. G. A. B. (2017). Carrot supplementation does not affect house cricket performance (*Acheta domesticus*). *Journal of Insects as Food and Feed*, *3*(3), 217–221. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0006>
- Visanuvimol, L., & Bertram, S. M. (2011). How dietary phosphorus availability during development influences condition and life history traits of the cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Science*, *11*(May 2011). <https://doi.org/10.1673/031.011.6301>
- W. M. Becker. (1986). The World off Cell. *Limnology and Oceanog*, *43*, 1147–1161.
- Waldbauer. (1968). Toe consumption and utilization i, The group food by insects. *Adv. Insect Physiol.*, *5*, 229–288.
- Walker, T. (2007). Featured Creatures. *University of Florida/IFAS. House Cricket, Acheta L., Domesticus*, 234–244.

- Wang, D., Bai, Y. Y., Li, J. H., & Zhang, C. X. (2004). Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* walker). *Insect Science*, *11*(4), 275–283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2004.tb00424.x>
- Watts, T., Woods, H. A., Hargand, S., Elser, J. J., & Markow. (2006). Biological stoichiometry of growth in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, *52*, 187–193.
- Wolff Echeverri, M. (2006). Orden Orthoptera. *Insectos de Colombia*, *46*, 77–87.
- Woodring, J., Hoffmann, K. H., & Lorenz, M. W. (2007). Activity, release and flow of digestive enzymes in the cricket, *Gryllus bimaculatus*. *Physiological Entomology*, *32*, 56–63. <http://doi.org/10.1111/j.1365-3032.2006.00541.x>
- Woodring, J., & Lorenz, M. W. (2007). Feeding, nutrient flow, and functional gut morphology in the Morphology, cricket *Gryllus bimaculatus*. *Journal of Morphology*, *268*, 254–274. <http://doi.org/10.1002/jmor>
- Woodring, J. P., Roe, R. M., & Clifford, C. W. (1977). Relation of feeding, growth, and metabolism to age in the larval Insect, female house cricket. *Physiological Entomology*, *23*, 207–212.
- Xiaoming, C., Ying, F., & Hong, Z. (2010). Review of the nutritive value of edible insects. In: *Edible Insects and Other Invertebrates in Australia: Future Prospects. For, Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and Their Potential Development*, 85–92.
- Yeng, K. J., & Cheng, S. L. (2017). Effects of moisture content of food waste on residue separation, larval growth and larval survival in black soldier fly bioconversion. *Waste Management*, 315–323.
- Yhoun, A. J., Puwastien, P., & Attig, G. (1997). Edible insects in Thailand: An unconventional protein source? *Ecology of Food and Nutrition*, 133–149.

Enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1ZK3an-QB22qk3r-CdNIhTEUsB3BR-9h1?usp=sharing>