

Implementación de dietas isoproteicas y niveles energéticos en curvas de
crecimiento del grillo doméstico (*Acheta domesticus*)

Wiston Fernando Duran Moreno, Carmen Yesenia Vargas Antolinez

Trabajo de Grado para Optar el título de Zootecnista

Director

Leonardo Avendaño Vásquez

PhD en Acuicultura

Codirector

Rony Alexander Ortiz Aponte

Ingeniero civil

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia IPRED

Programa zootecnia

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Agradezco principalmente a Dios por guiarme en este proceso y permitirme culminar esta importante etapa de mi vida, por brindarme el don de la sabiduría e inteligencia y regalarme a los mejores padres **Silvio Vargas** y **Julia Antolínez**, los cuales han sido un apoyo incondicional en este proceso contribuyendo en mi formación personal con valores de humildad y sencillez.

A mi hija **Nathalia** por ser la persona que me motiva día a día para lograr mis metas de la mejor forma, para que aquellas que sean alcanzadas le quede como ejemplo a seguir. A mi compañero de vida por su apoyo, motivación y por compartir sus conocimientos como colegas. A mi familia que siempre estuvo presente en mi formación con sus oraciones y palabras de fortalecimiento para continuar mi carrera.

“Carmen Yesenia Vargas Antolínez”

EVALUACIÓN DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO EN GRILLO

Primeramente agradezco a Dios ya que es mi guía y me fortalece en cada paso que doy, a mi madre **Exelina Moreno** que siempre me ha apoyado en cada momento de mi vida, a mi padre **Lisandro Duran** que aunque ya no este sé que estuviese orgulloso de cada logro que consigo, a mis hermanos que de una y otra manera me ayudaron aportándome granitos de arena, consejos y enseñanzas para que me encaminara en este camino, a mis compañeros y amigos que han compartido con migo sus alegrías, tristezas pero también muchos de sus conocimientos, a los profesores por sus enseñanzas y a todas las personas que de una u otra manera fueron parte de mi formación y que hoy se puede decir que se ha alcanzado una meta más en este camino.

“Wiston Fernando Duran Moreno”

Agradecimientos

Solo Palabras de agradecimiento a Dios, a la familia **Duran moreno y Vargas Antolínez** a nuestro director y codirector de la tesis por permitirnos culminar esta etapa de nuestras vidas, guiándonos y brindándonos conocimientos, así mismo apoyándonos económica y emocionalmente durante todo el aprendizaje para lograr culminar este peldaño más. Gracias a la Universidad Industrial de Santander por permitirnos crecer como personas integra y profesionales en lo que nos apasiona. Gracias a cada uno de los docentes que participaron en nuestro proceso de formación por transmitirnos los conocimientos necesarios para hoy poder estar aquí. Y por último a nuestras familias que son el pilar fundamental del amor, la unión y la comprensión.

“Con cariño, Wiston y Yesenia”

Tabla de contenido

Introducción.....	12
1. Objetivos.....	14
1.1 Objetivo General.....	14
1.2 Objetivos Específicos	14
2. Marco referencial.....	15
2.1 Marco Teórico	15
2.1.1 Entomofagia.....	15
2.1.2. Grillo doméstico (A domesticus).....	16
2.1.3 Ciclo de vida	17
2.1.4 Alimentación.....	18
2.2 Curvas de crecimiento	20
2.3. Tipos de curvas	21
2.3.1 Asíntotas	21
2.3.2 Sigmoidea.	22
3. Metodología.....	23
3.1 Tipo de estudio	23
3.2 Unidades experimentales.	23
3.3 Tratamientos	24
3.4 Toma de datos.....	25
3.4.1. Pesaje de grillos	25
3.4.2 Medidas morfométricas	25

3.5 Parámetros evaluados	25
3.6 Análisis estadístico y curvas de crecimiento	26
4. Parámetros productivos	26
5. Resultados.....	27
5.1. Medidas morfométricas	27
5.2. Curvas de crecimiento	30
6. Discusión	37
7. Conclusiones.....	38
8. Recomendaciones	39
Referencias	40

Lista de Tablas

Tabla 1 Clasificación taxonómica.....	17
Tabla 2 Ingredientes utilizados en la elaboración de la dieta para la alimentación de los grillos <i>Acheta domesticus</i>	24
Tabla 3 Porcentaje de inclusión de los nutrientes.....	25
Tabla 4 Descripción matemática de los modelos no lineales evaluados.....	26
Tabla 5 Variables productivas analizadas según los 3 tratamientos utilizados durante 80 días.	27

Lista de Figuras

Figura 1 Ciclo vital de la Acheta domesticus.	18
Figura 2 Mapa ubicación de la universidad industrial de Santander	23
Figura 3 Medidas morfométricas del largo de cabeza de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.....	27
Figura 4 Medidas morfométricas del ancho de cabeza de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.....	28
Figura 5 Medidas morfométricas largo del tórax de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.....	28
Figura 6 Medidas morfométricas del ancho de tórax de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.....	29
Figura 7 Medidas morfométricas largo del abdomen de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.....	29
Figura 8 Medidas morfométricas ancho del abdomen de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.....	30
Figura 9 Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 1.	31
Figura 10 Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 2.	31
Figura 11 Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 3.	32
Figura 12 Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para el tratamiento 1.	32

Figura 13 Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para el tratamiento 2.	33
Figura 14 Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para el tratamiento 3.	34
Figura 15 Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para los tratamientos 1,2 y 3.....	35
Figura 16 Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 1,2 y 3 para la réplica 1.....	35

Resumen

Título: Implementación de dietas isoproteicas y niveles energéticos en curvas de crecimiento del grillo doméstico (*Acheta domesticus*)

Autor: Wiston Fernando Duran Moreno, Carmen Yesenia Vargas Antolinez **

Palabras Clave: Grillo doméstico, curvas de crecimiento, dietas energéticas.

Descripción: El crecimiento animal puede ser descrito por medio de funciones matemáticas que predicen el desempeño de la evolución del peso vivo, dichas funciones permiten realizar evaluaciones sobre el nivel de producción. Teniendo en cuenta que la oferta energética en la dieta puede permitir aumentar los parámetros productivos a un menor costo de producción, el objetivo del presente estudio fue evaluar la curva de crecimiento en grillos domésticos alimentados con 3 dietas con diferentes niveles de energía durante 80 días en condiciones de cautiverio, en los cuales se utilizaron 810 grillos (unidades experimentales) de un día de eclosionados bajo la implementación de 3 dietas iso energéticas, utilizando un modelo completamente aleatorio, 3 réplicas/tratamiento donde se incluyeron 90 animales por réplica, y fueron sometidos a 3 tratamientos T1: proteína del 26% y energía 2600 kcal/kg; T2: Proteína del 26%, energía 2900 kcal/kg y T3: 26% de proteína y energía de 3200 kcal/ kg. Para comprobar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de los grillos se midieron las variables como ganancia de peso diaria (gr/día), medidas morfométricas, y curvas de crecimiento. Según los resultados del análisis ANOVA para comparar las réplicas dentro de cada tratamiento indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre las réplicas dentro de cada uno de ellos, los modelos de crecimiento que más se ajustaron fueron logísticas y de Gompertz a los datos de la réplica 1 de cada tratamiento, Esto sugiere que las réplicas dentro de cada tratamiento se comportaron de manera similar en términos de ganancia de peso. Sin embargo, las ecuaciones de las curvas ajustadas proporcionan un modelo para comprender y predecir el crecimiento de peso en grillos en cada tratamiento en función del tiempo.

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez. PhD en Acuicultura. Codirector. Rony Alexander Ortiz Aponte Ingeniero civil.

Abstract

Title: Implementation of isoproteic diets and energy levels in growth curves of domestic cricket (Acheta domesticus)

Author: Wiston Fernando Duran Moreno, Carmen Yesenia Vargas Antolinez **.

Key words: Domestic cricket, growth curves, energy diets.

Description: Animal growth can be described by means of mathematical functions that predict the performance of live weight evolution, these functions allow evaluations on the level of production. Considering that the energy supply in the diet can increase the productive parameters at a lower production cost, the objective of the present study was to evaluate the growth curve in domestic crickets fed 3 diets with different energy levels during 80 days in captivity conditions, in which 810 crickets (experimental units) of one day of hatching were used under the implementation of 3 iso energetic diets, using a completely randomized model, 3 replicates/treatment where 90 animals per replicate were included, and were subjected to 3 treatments T1: 26% protein and energy 2600 kcal/kg; T2: 26% protein, energy 2900 kcal/kg and T3: 26% protein and energy of 3200 kcal/ kg. To test the effect of the treatments on the growth of the crickets, variables such as daily weight gain (g/day), morphometric measurements, and growth curves were measured. According to the results of the ANOVA analysis to compare replicates within each treatment indicate that there are no significant statistical differences between replicates within each treatment, the growth models that best fit were logistic and Gompertz to the data from replicate 1 of each treatment, This suggests that the replicates within each treatment behaved similarly in terms of weight gain. However, the fitted curve equations provide a model for understanding and predicting weight growth in crickets in each treatment as a function of time.

** Instituto de Proyección Regional y a Distancia IPRED. Programa de Zootecnia. Director: Leonardo Avendaño Vásquez. PhD en Acuicultura. Codirector. Rony Alexander Ortiz Aponte Ingeniero civil.

Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura(FAO), el aumento de la población mundial entre los años 2009 y 2050 crecerá en 2300 millones de persona, principalmente en países en vía desarrollo; las áreas urbanas tendrán un crecimiento acelerado, representando el 30% de la población mundial, mientras que la población rural disminuirá; por lo tanto, existe la necesidad de aumentar la producción de alimentos en un 70 %(FAO, 2009).

La ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2,000 millones de personas, y se trata de un hábito que siempre ha estado presente en la conducta alimentaria de los seres humanos(FAO, 2013). Países africanos, al igual que India, China, México y Perú continúan consumiendo insectos y desarrollando nuevos métodos de producción, con el propósito de ser parte de la solución a los problemas de hambre y desnutrición, con menos uso y contaminación de los recursos naturales y del ambiente, que la cría de otros sistemas de producción con fines productivos como carne y sus derivados(Moreno et al., 2019).

Colombia, un país con gran diversidad biológica y diversidad de climas, viables para el desarrollo de insectos, posee tradiciones ancestrales como el consumo de “hormigas culonas” (*Atta laevigata*), principalmente en el departamento de Santander; según estudios realizados en la caracterización nutricional de insectos, busca que sean implementados en el consumo, para mitigar la escases de alimentos y el impacto ambiental a nivel mundial(Beltrán, 2019).

El contexto socio ecológico de los sistemas cárnicos pecuarios, que ofrecen importantes beneficios socioeconómicos a la población rural, han sido evaluados como parte de la huella ambiental en la sociedad, limitando su promoción, en el uso del suelo(Zuluaga & Etter, 2019). La mayoría de los insectos producen gases de efecto invernadero que son menos dañinos para el ambiente; estos beneficios potenciales, junto con el interés de encontrar fuentes alternativas de alimentos nutritivas y respetuosas con el medio, están impulsando la producción comercial de insectos para alimentos y piensos(FAO, 2021). Según la (FAO, 2020) los insectos, especialmente los grillos (*A domésticus*), tienen valores nutricionales y saludables aportando a la dieta energía, grasas, proteínas, fibra y micronutrientes.

Actualmente, existe un enfoque en la búsqueda de proteína y energía, manifestándose en la expansión de la producción animal, provocando cambios en el medio ambiente, los

recursos hídricos y la biodiversidad; factores que contribuyen al cambio climático; Sin embargo, la adopción de buenas prácticas industriales, reducen el impacto ambiental, siendo más eficiente en el uso de los recursos y garantizando la seguridad alimentaria(Avendaño et al., 2020).

Utilizar funciones matemáticas en el crecimiento animal ha permitido entre otras cosas: predecir el peso que tendrá un animal en rango de tiempo, y por ende la edad propicia para su sacrificio (Lenis-Valencia y Molina, 2022). Por lo que se verá, reflejado en la productividad (Agudelo et al., 2008).

El sector pecuario, es un pilar fundamental para la seguridad alimentaria, se hace necesario tener en cuenta los impactos negativos relacionados con la producción principalmente sobre los ecosistemas, es necesario buscar alternativas para la obtención de proteína y energía a través de otros sistemas de producción como los insectos; la presente investigación tiene como fin responder a la pregunta **.Evaluar el efecto de tres dietas isoproteicas con distintos niveles energéticos en la curva de crecimiento de *Acheta domesticus*?**

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Evaluar las curvas de crecimiento del grillo (*A. domesticus*) en condiciones de cautiverio alimentados a partir de tres dietas isoproteicas con diferentes niveles de energía.

1.2 Objetivos Específicos

Implementar tres dietas isoproteicas con diferentes niveles de energía a los grillos en condiciones de cautiverio.

Evaluar las longitudes morfométricas de los grillos (*A. domesticus*).

Establecer la curva de desarrollo adecuada al modelo de crecimiento del grillo (*A. domesticus*).

2. Marco referencial

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Entomofagia.

La ONU considera que para el 2025 la población mundial tendrá mayor demanda de alimentos, sobreexplotación del suelo y agua; la FAO manifiesta que el consumo de insectos contribuye a reducir el impacto ambiental, la pobreza la desnutrición de aproximadamente 9,7 billones de personas.(FAO; OPS, 2019).

Se consideran que existen alrededor de 1,5 millones de especies de animales en el mundo, de las cuales casi dos tercios (950.000) son insectos (Moreno et al., 2021). En total se han registrado aproximadamente 2037 especies de insectos comestibles, incluidas las siguientes: coleópteros con 634, mariposas con 359, himenópteros con 302, ortópteros con 279, hemípteros con 220, isópteros con 63, odonatos con 63, y Díptera con 25 especies. (Avendaño et al., 2020).

El mayor consumo de insectos en Latinoamérica se registra en 23 países, principalmente en México, Colombia, Brasil, Venezuela, Ecuador y Perú; consumiéndose hasta el 39% del total de especies de insectos comestibles a nivel global los cuales corresponden a 679 especies presentes en estos países: los investigadores de mercado esperan que el consumo de insectos crezca en un 30% los próximos cinco años(Afton & Vantomme, 2021).

En Colombia se reportan actualmente 69 especies de insectos comestibles, distribuidas en 49 géneros, 27 familias y 10 órdenes, e ingeridas por aproximadamente 13 etnias distribuidas principalmente en la Amazonía y el Caribe(Gasca & Costa, 2021).

La Entomofagia en países como China, Perú, y México forman parte de la seguridad alimentaria, reduciendo significativamente la desnutrición,; generando políticas nacionales que

busquen o permitan educar sobre sus beneficios ambientales, de salud y consumo adecuado y seguro que no alteren la salud pública (Durán & Saavedra, 2022).

Las últimas tendencias del uso de insectos están incluidas en raciones para animales donde se considera que en 2029 se extienda a 2.386 millones toneladas, creando empresas que procesen estos insectos para componer las dietas. (Guiné et al., 2021).

generando empleos directos e indirectos involucrando microempresas y visualizando grandes empresas (IPPIF, 2022).

2.1.2. Grillo doméstico (*A domesticus*)

Este género de grillos se originó en Asia, Europa y parte del norte del continente africano, se ha extendido por todo el mundo, siendo utilizados como alimento para animales y humano por su gran aporte nutricional; el grillo doméstico (*A domesticus*) presenta dimorfismo sexual, los machos son más pequeños, y son los únicos que realizan el canto denominado estridulación; las hembras tienen un órgano llamado ovopositor de aproximadamente 20 mm, que utiliza para poner huevos (Fagua et al., 2021). Su clasificación taxonómica se puede apreciar en la **Tabla 1**. Esta especie ha sido utilizada para consumo humano en países como Bélgica, Finlandia, Austria, Suiza, además en los países asiáticos en donde su producción y consumos son elevados.

Tabla 1*Clasificación taxonómica.*

Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Orthoptera
Familia	Gryllidae
Genero	<i>Acheta</i>
Especie	<i>A. domesticus</i>

Nota. Tabla tomada de (Eldridge, 2023).clasificación taxonómica del A domesticus

2.1.3 Ciclo de vida

El grillo doméstico es un insecto con metamorfosis incompleta (holometábolo) de tres estados (huevo, ninfa y adulto), puede vivir hasta un año y logra formar 7 mudas, su reproducción se presenta cada dos semanas; la hembra oviposita de 30 a 200 huevos, la reproducción y puesta de la hembra, depende de las condiciones ambientales y nutricionales; Después de dos semanas de puesta de huevos, la temperatura de los huevos debe estar entre 28 y 32 °C para que eclosionen(Monteros, 2020).

Según Hackewitz (2018) el ciclo de vida del *Acheta domesticus*, inicia en la puesta de huevo, con una duración de 10 días. Después de su eclosión, saldrá la ninfa, la cual tendrá 6 mudas sucesivas que se producirán durante los siguientes 45 días; pasando a ser adulto, estadio durante el cual se observan sus alas y se termina de desarrollar sus órganos sexuales. Esta fase puede durar hasta 40 días donde las hembras pueden llegar a poner hasta 200 huevos durante su etapa adulta. Tal como lo muestra la *Figura 1*.

Figura 1
Ciclo vital de la *Acheta domesticus*.



Nota. ciclo de vida *A. domesticus*(Arevalo et al., 2021)

2.1.4 Alimentación

Los insectos son una parte natural de la dieta de los animales, incluyendo peces, aves y mamíferos, generalmente se alimentan de madera, granos o desechos que presentan contenidos de proteínas de moderado a muy alto. (Martínez et al., 2016)

El *Acheta Domesticus* es un animal ectodérmico (de sangre fría) que produce calor corporal a través de procesos metabólicos que involucran convertir los alimentos ingeridos en calor, lo que significa mayores costos tróficos(Fajardo et al., 2019). No gastan energía para mantener una temperatura corporal constante; esta energía la invierte en el crecimiento y desarrollo, y por ello, a diferencia de otras especies de animales, necesitan menos alimento para producir la misma cantidad de proteína (Selaledi et al., 2020). El alimento diario, dado a los animales debe contener el valor nutricional correcto, este valor está determinado por su composición; la cantidad diaria de alimento requerida depende del alimento disponible y su

digestibilidad, de las características fisiológicas, la edad, el ambiente y el propósito reproductivo de cada especie(Pigozzi, 2020).

El *Acheta domesticus* y los insectos en general requieren nutrientes como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales, que son fuentes de energía y son importantes para la nutrición, el crecimiento y la reproducción(Chacon et al., 2020).

Los grillos son omnívoros y carroñeros pues se alimentan de los recursos naturales disponibles y, además, pueden ser caníbales. En la producción industrial, se les suele alimentar con pienso para pollos que contiene 21% de proteína este alimento se provee desde la eclosión hasta el día 15, a partir de esta etapa reciben dos dosis iguales de 21% y 14% de proteína hasta la edad adulta; el suministro de agua es a voluntad de cada individuo, como estrategia de hidratación y conservación de la humedad relativa necesaria(Arevalo et al., 2021).

Según Depot (2022) el tipo de alimento depende del propósito de uso de los grillos, como croquetas para perros y alimento para gallinas. Además, se pueden usar diferentes alimentos húmedos como; diente de león, col rizada, remolacha, bayas, zanahoria, pimiento, hojas de parra, polen de abeja, espirulina, cáscaras de calabaza, cúrcuma, polvo de algas secas, alfalfa, chíá, pegamento vegetal y semillas de cáñamo; cereales como el arroz y el germen de trigo.

Según (Nakagaki & Defoliart, 1991) en estudios realizados se propone dietas de bajo costo con 22% de proteína cruda, 5,5% de grasa cruda, 4,9% de fibra cruda y 4,4,% de cenizas, recomienda la siguiente formulación:

- 58 % maíz amarillo molido o maíz,
- 35 % harina de soja,
- 3 % aceite de maíz,
- 2 % fertilizante de fosfato dicálcico,
- 1 % carbonato de calcio, 0,5 % sal yodada.

Como resultado, el rendimiento de los grillos con la dieta preparada en laboratorio fue ligeramente mejor que con la dieta comercial; se encontró que la eficiencia de conversión alimenticia de los grillos era mayor que la de los pollos, los cerdos, las ovejas y el ganado, en condiciones de 30 °C de temperatura promedio.

2.2 Curvas de crecimiento

Se ha desarrollado una gran cantidad de funciones matemáticas para describir el crecimiento, incluido el modelo de Gompertz. (Niño et al., 2010). Según Winsor (1932), quien propuso el uso del modelo de Gompertz, para describir los fenómenos biológicos y económicos relacionados con el crecimiento, asume que la tasa de crecimiento posnatal aumenta monótonamente hasta alcanzar un máximo y luego decrece asintóticamente, la curva de crecimiento correspondiente es sigmoidea, con un punto de inflexión (correspondiente a la tasa máxima de crecimiento con la edad) y una asíntota al inicio de la curva, la cual se observa en un período donde la tasa de crecimiento es cercana a cero, también llamada fase de latencia, como se cita en (Afanador et al., 2010).

(Rodríguez et al., 2022) evaluaron los índices de producción estimados en diferentes tiempos de iluminación para pollos de engorde sometidos a modelos no lineales de Gompertz (MNLG), no lineal logístico (MNLL), no lineal de Von Bertalanffy (MNLV) y no lineal de Richards (MNLR). Para la corrección de curvas de crecimiento y selección de un modelo no lineal, utilizaron el programa R; y utilizaron la plataforma de computación y programación numérica MATLAB para encontrar las ecuaciones de Gompertz; donde determinaron que el patrón de crecimiento ajustado a las curvas era sigmoidal; denota el error de mínimos cuadrados del conjunto de datos; a pesar de que las diferencias entre los modelos no lineales son pequeñas

y por ser un criterio de selección, se adaptó el modelo de Gompertz a los parámetros de crecimiento de los pollos.

El modelo de Gompertz, aplicado a datos de crecimiento de cerdos macho castrados comerciales, muestra parámetros sensibles que pueden interpretarse a partir del peso de cerdos adultos, lo que ayuda a evaluar directamente el efecto de factores ambientales que ralentizan o aceleran el crecimiento. Emmans (1988) describe un aumento sigmoideal en el contenido de proteína a lo largo del tiempo, similar al observado para el peso corporal, con un máximo en la madurez temprana (peso adulto 36,8). Esto permite que la proteína aumente más lentamente en la fase descendente que en la fase ascendente, como se menciona (Afanador et al., 2010).

Según estudio realizado por (Patton, 1967) donde analizaron 16 dietas oligídicas a base de alimentos como harina de alfalfa, levadura de cerveza, caseína, harina de maíz, harina de pescado, polvo de hígado, harina de soya, harina de trigo, restos de carne, leche descremada en polvo y mezclas de sal donde se manejó una temperatura de $(37\pm 1^{\circ}\text{C})$ se estableció que cuatro de las dietas con niveles de proteína entre el 20 y 30 % y carbohidratos entre el 32 y 47% dieron el crecimiento y desarrollo más satisfactorio para la cría rutinaria del grillo basados en supervivencia índices de crecimiento, conversión, ganancia media de peso y uniformidad de crecimiento.

2.3. Tipos de curvas

Las curvas de crecimiento permiten estimar parámetros biológicos; determinados por el tamaño, el peso y el crecimiento del animal en relación a la madurez sexual (Patricia; et al., 2022).

2.3.1 Asíntotas

Una asíntota es una línea recta o curva a la que una función se acerca continuamente pero no toca, es decir, una línea que describe el comportamiento límite de una función en una o ambas direcciones, una medida por la cual la variable independiente se acerca a ciertos

valores 0, que va al infinito; los tipos de asíntotas, incluyendo horizontales, verticales y oblicuas; las asíntotas horizontales son donde la función se aproxima a un valor constante a medida que la variable independiente aumenta o disminuye sin límite; las asíntotas verticales son donde la función se acerca al infinito o al infinito negativo cuando la variable independiente se acerca a un valor específico; las asíntotas inclinadas son aquellas en las que la función se aproxima a una línea recta con pendiente finita a medida que la variable independiente crece o decrece sin límite(Flores, 2021).

2.3.2 Sigmoidea.

Existen diferentes tipos de curvas sigmoideas según su forma y características, algunos de los tipos más comunes incluyen:

2.3.2.1 Función logística: esta es una de las curvas sigmoideas más famosas y se utiliza para modelar sistemas biológicos, sociales y económicos; su forma se asemeja a una "S" y su crecimiento es lento al principio, luego se acelera y finalmente se estabiliza en un valor límite(González et al., 2021).

2.3.2.2 Función de Gompertz. Para (Martínez Niño et al., 2010) el desconocimiento sobre curvas de crecimiento y parámetros de producción económicamente interesantes ha limitado la implementación de programas de mejoramiento que permitan aumentar la productividad por lo que el uso de este tipo de herramientas es importante en los sistemas de producción animal; La necesidad de obtener información suficiente sobre las funciones utilizadas en la modelización de los fenómenos biológicos y los procesos matemáticos mediante los cuales se obtiene información sobre los mismos.

3. Metodología

3.1 Tipo de estudio

La presente investigación fue de tipo experimental y metodológicamente, se llevó a cabo en la Universidad Industrial de Santander (**Figura 2**), laboratorio de acuicultura del municipio de Málaga Santander; cuyas coordenadas son 6°42'23"N 72°43'41"O, con temperatura promedio de 18°C, y altitud de 2213 msnm, el área de ejecución del proyecto cuenta con 16 m², adaptado para la cría de insectos en cautiverio. El objetivo principal de este estudio fue evaluar las curvas de crecimiento del grillo domestico mediante la implementación de 3 dietas iso energéticas y diferentes niveles de energía.

Figura 2

Mapa ubicación de la universidad industrial de Santander – sede Málaga



Nota. Ubicación geográfica del área de estudio

3.2 Unidades experimentales.

Se utilizaron 810 grillos de un día de eclosionados se mantuvieron en adecuadas condiciones de temperatura estables. (Apéndice A) Las unidades experimentales (grillos) se distribuyeron aleatoriamente contando con 3 tratamientos y 3 réplicas en los cuales cada recipiente (réplica) contó con 90 grillos, En total el experimento conto con 270 muestras por tratamiento y tuvo una duración de 80 días.

3.3 Tratamientos

Los insectos fueron sometidos a 3 dietas isoproteicas y diferentes niveles de energía, bajo la formulación del complemento Solver de Excel, (Apéndice B) la cantidad de alimento se suministró ad libitum durante 80 días en base seca, realizando cambios de la misma cada 3 días, para prevenir la aparición de mohos, haciendo pesajes del alimento suministrado como del retirado para determinar el consumo. Los componentes de cada uno de los tratamientos los presenta la **Tabla 2**.

Tabla 2

*Ingredientes utilizados en la elaboración de la dieta para la alimentación de los grillos *Acheta domesticus*.*

Ingrediente	% Inclusión T1	% Inclusión T2	% Inclusión T3
Harina de Peces	0,2000	0,0900	0,2728
Harina de Soya	0,2467	0,3544	0,1100
Avena	0,1000	0,1500	0,1500
Harina de trigo	0,1000	0,1200	0,1200
Harina de Maíz	0,0869	0,1707	0,3420
Cascarilla de Arroz	0,2620	0,1104	0,0010
Aceite de Soya	0,0010	0,0010	0,0010
Premix	0,0006	0,0006	0,0005
Sal	0,0020	0,0020	0,0020
Fosfato bicalcico	0,0002	0,0002	0,0002
Cal	0,0002	0,0002	0,0000
Vita C	0,0005	0,0005	0,0005

Nota: Porcentajes de inclusión de las materias primas utilizadas en la dieta de los diferentes tratamientos.

Tabla 3*Porcentaje de inclusión de los nutrientes.*

Nutrientes	% Inclusión T1	% Inclusión T2	% Inclusión T3
Proteína	26,00	26,00	26,00
Energía Kcal/kg	2600,00	2900,00	3200,00
Fibra	15,75	10,36	4,31
Grasa total	3,06	2,56	3,98
Amido	11,62	18,81	26,49
Calcio	1,31	0,68	1,68
Fosforo	0,75	0,43	0,89
Lisina	1,49	1,46	1,45
Metionina	0,49	0,43	0,56
Vit C	0,018	0,018	0,018

Nota. Porcentaje inclusión de los nutrientes para cada tratamiento.

3.4 Toma de datos

3.4.1. Pesaje de grillos

Las muestras (90 grillos) de cada tratamiento fueron seleccionados al azar y pesados diariamente, (Apéndice C) utilizando una balanza analítica de la marca OHAUS modelo PX224E la cual tiene una capacidad de 220 g x 0,0001 g, llevando registro del peso para posteriormente determinar la curva que más se ajuste a su crecimiento.

3.4.2 Medidas morfométricas

Los insectos fueron medidos mediante el Software Zen Zeiss, que emplea el microscopio triocular de luz transmitida modelo primo star de alta resolución, con cámara 4k para microscopia; lo cual facilito la medición cabeza (nm), tórax (nm) y abdomen (nm) del grillo *A. domésticus*, (Zeiss, 2014). El procedimiento se realizó en el laboratorio de química los días viernes de cada semana (Apéndice D).

3.5 Parámetros evaluados

Para el cálculo de las variables productivas, se realizó el respectivo pesaje de los grillos diariamente, desde su eclosión, hasta el día 80 que fue la duración del ciclo, se utilizó una balanza analítica, para el proceso del cálculo se emplearon las siguientes fórmulas:

GDP (Ganancia Diaria de Peso) (gr/día) = $(P_f - P_i)/t$, donde P_f es el peso final, P_i es el peso inicial y t es el tiempo que dura el ciclo productivo.

3.6 Análisis estadístico y curvas de crecimiento

Según el estudio sobre la ganancia de peso en grillos mediante la aplicación de tres tratamientos diferentes (**T1** Proteína 26% energía 2600 kcal/kg; **T2** Proteína 26% energía 2900 kcal/kg y **T3** Proteína 26% Energía 3200 kcal/kg) Se llevaron a cabo replicas para cada tratamiento, y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar las réplicas dentro de cada tratamiento y luego entre los tres tratamientos. Además, se ajustaron curvas logísticas y de Gompertz a los datos de la réplica 1 de cada tratamiento, y se presentan los coeficientes obtenidos junto con las ecuaciones ajustadas. Según los modelos no lineales presentados a continuación.

Tabla 4

Descripción matemática de los modelos no lineales evaluados.

Modelo	Fórmula
Gompertz	$Y = \beta_0 \cdot e^{-\beta_1} e^{-\beta_2 t}$
Logístico	$y = \beta_1 + \beta \cdot e^{-\beta t}$

Nota: Descripción matemática de los modelos no lineales evaluados.

4. Parámetros productivos

En la **Tabla 5** se presentan las variables productivas que serán sometidas a análisis ANOVA utilizados durante 80 días.

Tabla 5

Variables productivas analizadas según los 3 tratamientos utilizados durante 80 días.

Variable	Tratamiento		
	T1	T2	T3
	Según las dietas suministradas a cada tratamiento		
GDP	0,4347 ± 0,00980	0,3908±0,0285	0,4204 ±0,0305

GDP: Ganancia de peso diaria

Nota: Parámetros productivos evaluados al día 80 de edad, deduciéndose que la ganancia de peso diario se comportaron estadísticamente similares en cada uno de los tratamientos.

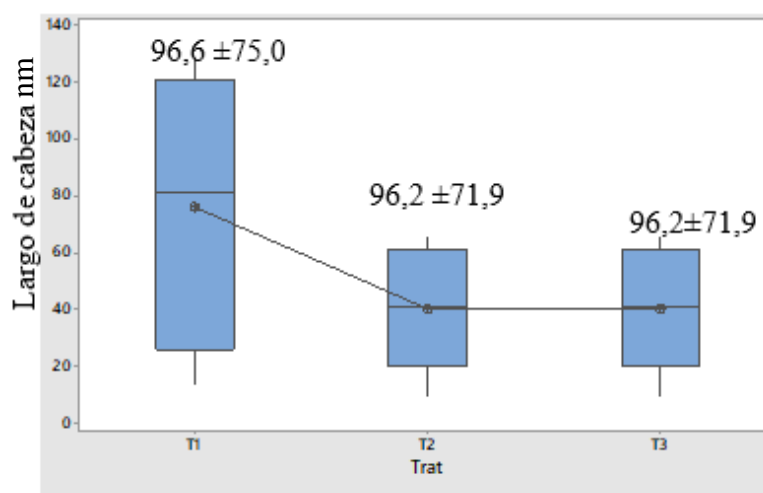
5. Resultados

5.1. Medidas morfométricas

De la **Figura 3** a la **Figura 8** se muestran el análisis realizado mediante una ANOVA, con niveles de significancia de p valor: 0,05 de las medidas morfométricas tomadas a los grillos durante 12 semanas, los cuales fueron sometidos a tres tratamientos diferentes.

Figura 3

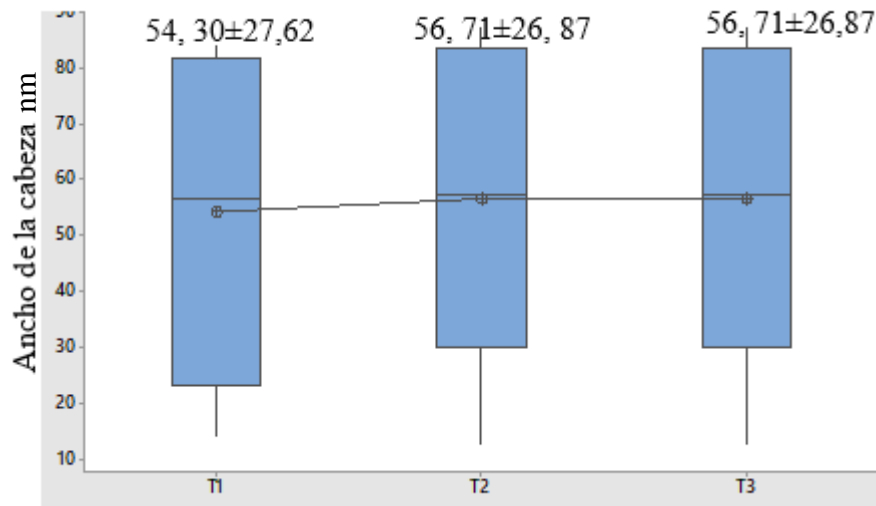
Medidas morfométricas del largo de cabeza de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.



Nota: no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las diferentes medidas morfométricas de largo la cabeza.

Figura 4

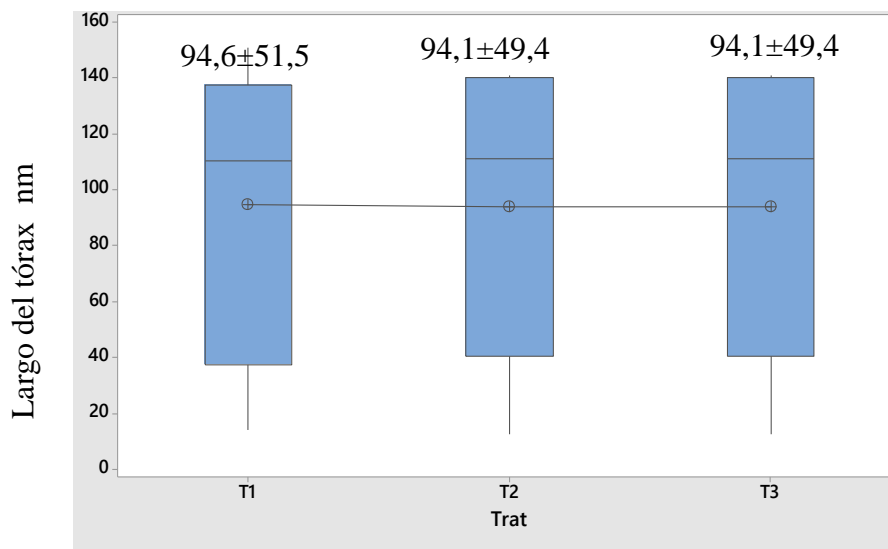
Medidas morfométricas del ancho de cabeza de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.



Nota: no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los diferentes medidas morfométricas ancho de la cabeza

Figura 5

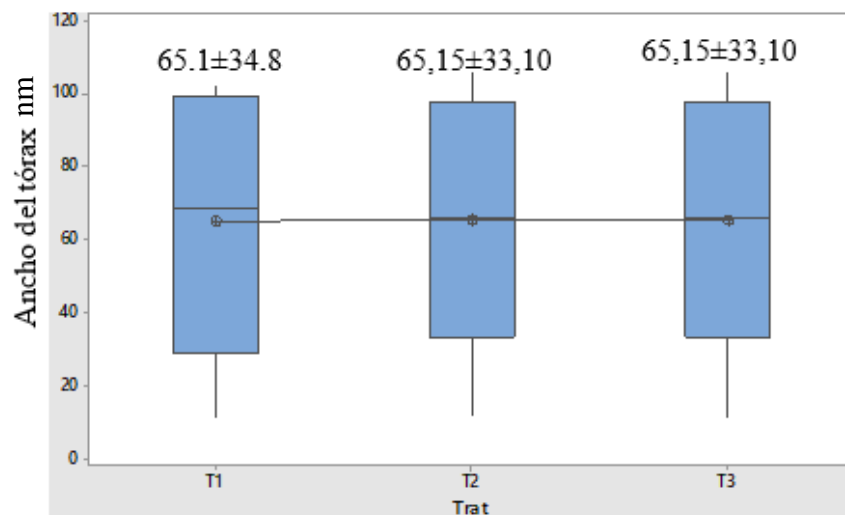
Medidas morfométricas largo del tórax de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.



Nota: no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los diferentes medidas morfométricas de largo del torax.

Figura 6

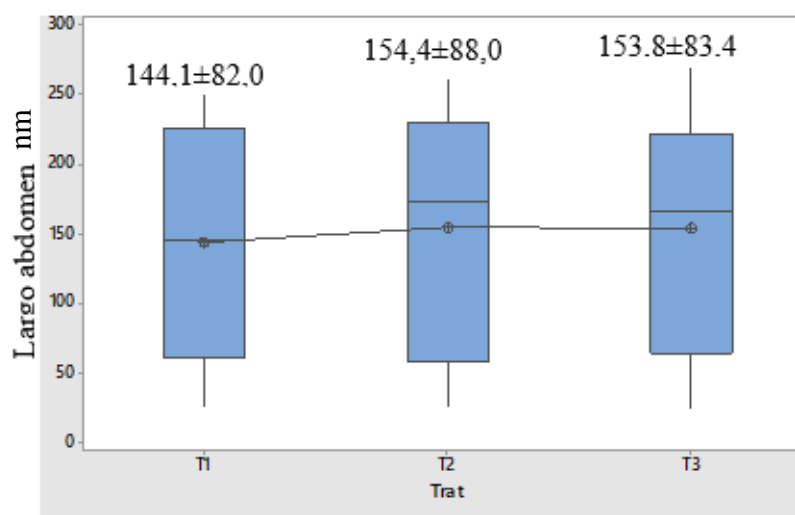
Medidas morfométricas del ancho de tórax de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.



Nota: no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los diferentes medidas morfométricas de ancho del torax

Figura 7

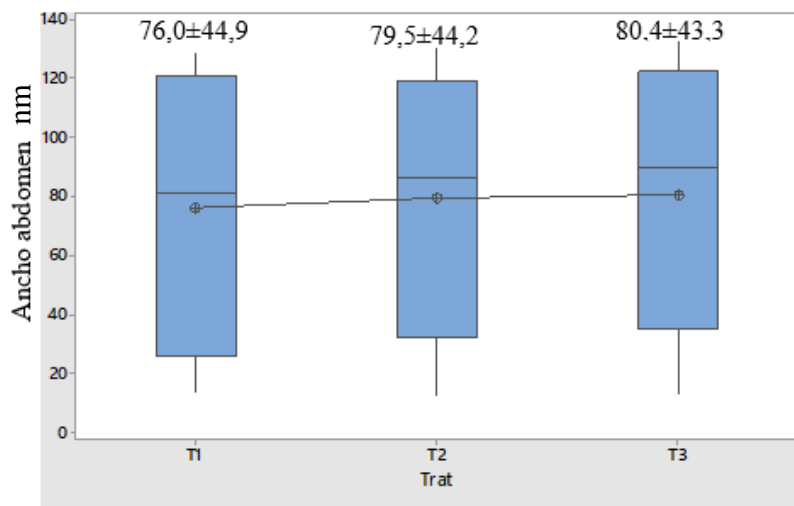
Medidas morfométricas largo del abdomen de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.



Nota: no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las diferentes medidas morfométricas del ancho del abdomen

Figura 8

Medidas morfométricas ancho del abdomen de los grillos sometidos a diferentes tratamientos.



Nota: no presenta diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los diferentes medidas morfométricas del largo del abdomen

5.2. Curvas de crecimiento

En la **Figura 12** y la **Figura 13** se presentan las gráficas de las curvas de crecimiento ajustadas a los modelos no lineales analizados.

Para el ajuste de las curvas de crecimiento y selección del modelo no lineal, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos y se llevaron a cabo pruebas post hoc de Tukey para identificar diferencias significativas entre ellos las réplicas dentro de cada tratamiento son los siguientes:

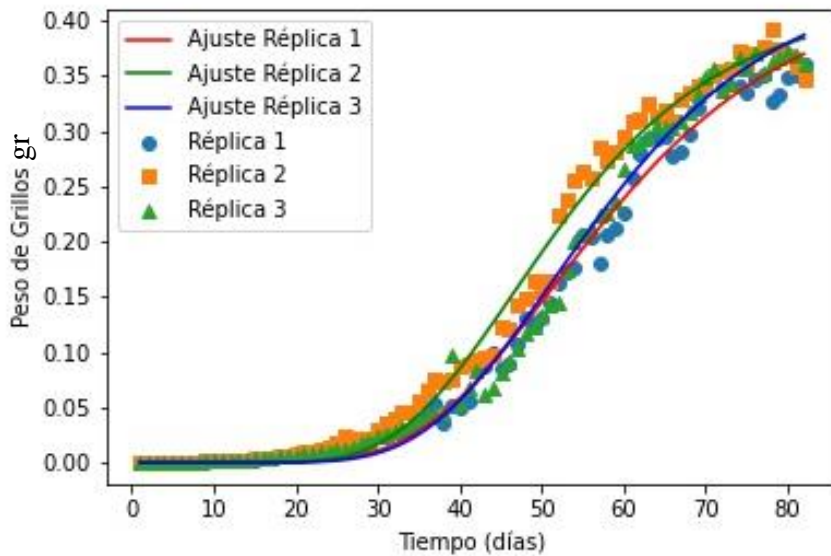
- Tratamiento 1 (Replicas 1, 2 y 3): $p = 0.623$
- Tratamiento 2 (Replicas 1, 2 y 3): $p = 0.492$
- Tratamiento 3 (Replicas 1, 2 y 3): $p = 0.809$

Todos los valores de p en el ANOVA indican que no hay diferencias estadísticas significativas entre las réplicas dentro de cada tratamiento.

El análisis de comportamiento de la curva de crecimiento del modelo Gompertz para los tratamientos 1, 2, y 3 se presentan en la **Figura 9**, **Figura 10** y la **Figura 11** respectivamente.

Figura 9

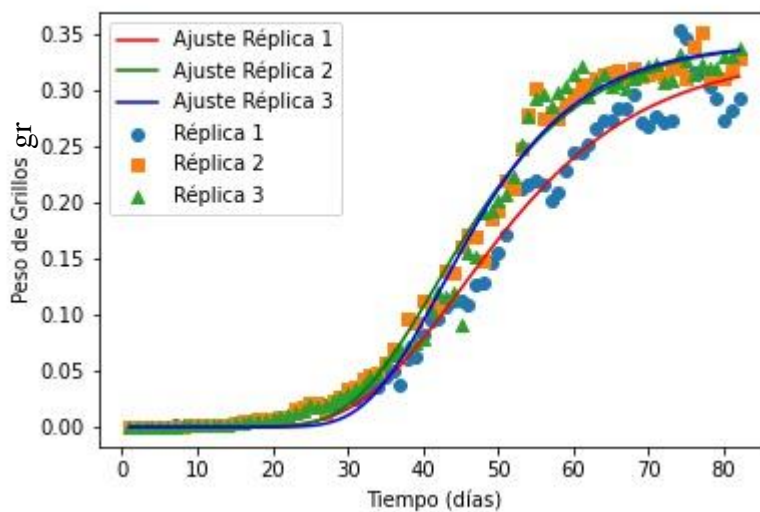
Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 1.



$$P(t) = 0,431 \cdot e^{-0,061 \cdot e^{t-51.349}}$$

Figura 10

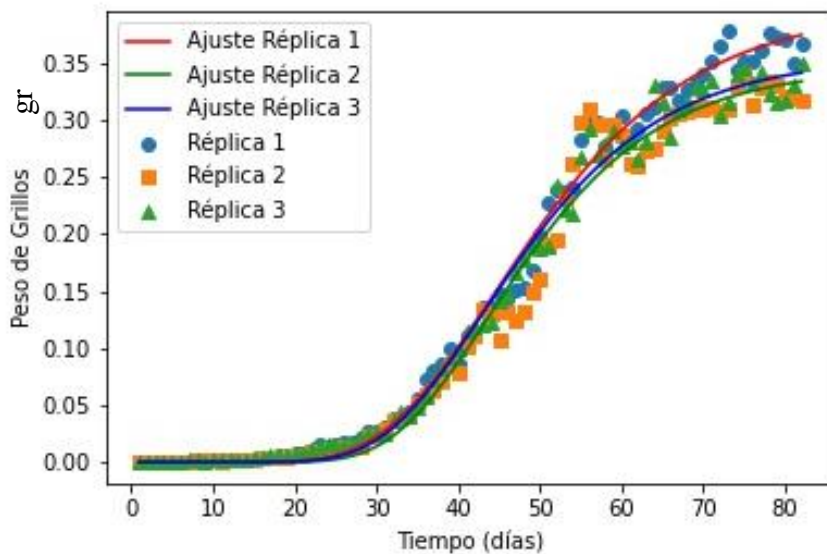
Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 2.



$$P(t) = 0,334 \cdot e^{-0,074 \cdot e^{t-44.970}}$$

Figura 11

Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 3.



$$P(t) = 0,399 \cdot e^{-0,074 \cdot e^{t-44.322}}$$

Nota: las figuras 9,10,11 no presentaron diferencias significativas para los tratamientos 1,2 y 3 utilizando el modelo Gompertz .

El análisis de comportamiento de la curva de crecimiento del modelo logístico para los tratamientos 1, 2, y 3 se presentan en la *Figura 12, Figura 13, Figura 14* respectivamente.

Figura 12

Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para el tratamiento 1.

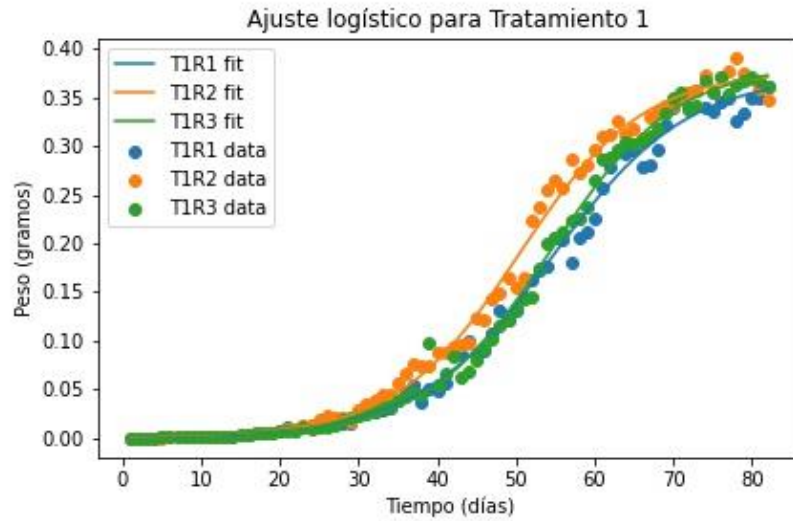


Figura 13

Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para el tratamiento 2.

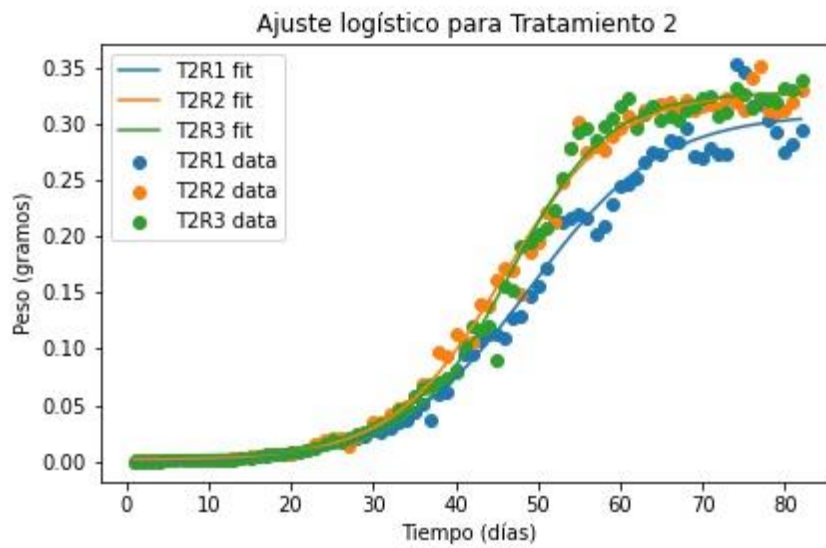
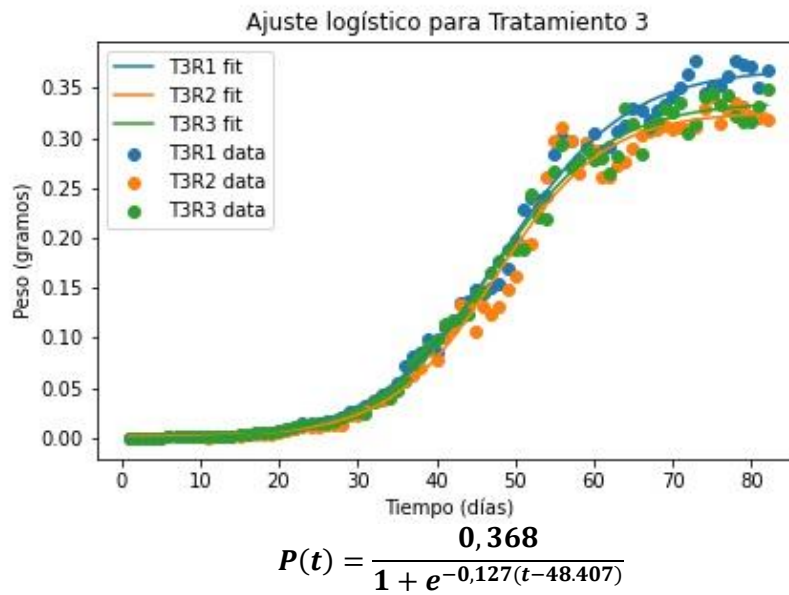


Figura 14

Análisis de Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para el tratamiento 3.

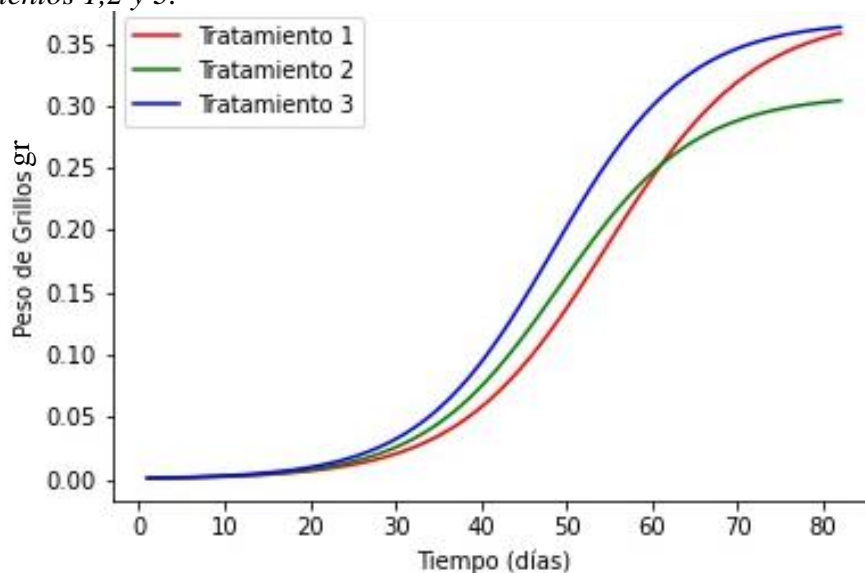


Nota: la *Figura 9*, *Figura 10*, *Figura 11* no presentaron diferencias significativas para los tratamientos 1,2 y 3 utilizando el modelo Logístico

Análisis de las curvas de crecimiento del modelo Gompertz y logístico entre los tratamientos 1,2 y 3 suministrados durante 80 días

Figura 15

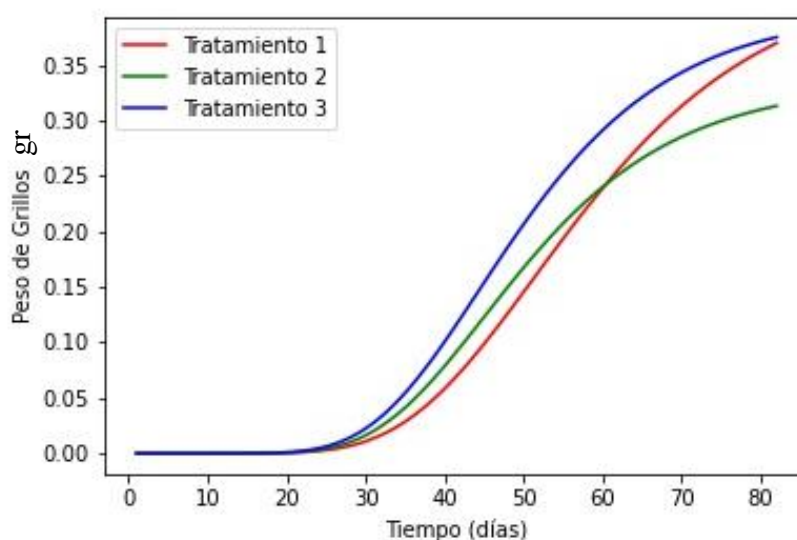
Comportamiento de la curva de crecimiento modelo logístico para los tratamientos 1,2 y 3.



Nota: los tratamientos no presentaron diferencias significativas T1 2600kcal/kg

Figura 16

Comportamiento de la curva de crecimiento modelo Gompertz para el tratamiento 1,2 y 3.

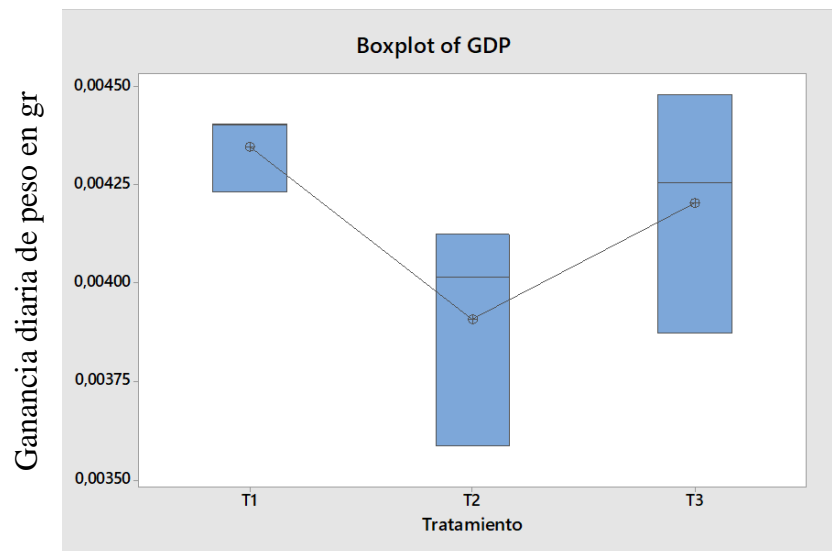


5.3. Parámetros productivos evaluados

Parámetro productivo evaluado en los grillos domésticos, sometidos a tres tratamientos durante 80 días, el cual se analiza la ganancia de peso diaria.

Figura 17

Relación entre GDP y los tratamientos.



Nota: según los datos analizados de la ganancia diaria de peso se realiza una anova con un nivel de significancia de 0.05. El P valor fue superior a 0.05 por lo tanto no se puede concluir que haya diferencias significativas.

6. Discusión

En cuanto a las dietas isoproteicas con diferentes niveles de energía utilizados en el estudio donde la proteína fue del 26% y los niveles de energía para paca tratamiento fueron t1 2600 kcal/kg t2 2900kcal/kg, t3 3200 kcal/kg se asemejan a los valores de proteína utilizados por (Patton, 1967) donde se empleo una distribución de proteína entre 20 y 30 %. Además, se evaluaron las curvas de crecimiento durante 6 semanas donde se encontró que durante las tres primeras semanas el crecimiento fue muy lento mientras que durante las siguientes tres semanas se presentó un crecimiento exponencial.

En cuanto a la ganancia de peso obtenido en el estudio en el tratamiento T1 $0,4347 \pm 0,00980$, T2 $0,3908 \pm 0,0285$ y T3 $0,4204 \pm 0,0305$ difieren con lo encontrado por (P. M. Martinez, 2021), (Arroyave-Sierra, 2020), donde se evaluaron cuatro tipos de dietas denominadas, tratamiento control, Tc: concentrado para pollo, T1: concentrado de pescado, T2: papaya, T3: papa. Donde se pesaron 20 grillos, durante 4 semanas y se obtuvo que, en términos generales, los pesos de los grillos oscilaron entre 0.29 y 0.80 g.

7. Conclusiones

Las dietas isoproteicas con niveles de energías de 2600kcal/kg para el T1;2900 kcal/kg T2 y 3200kcal/kg para el T3, no presentaron diferencias significativas según los análisis de los modelos, logístico y gompertz. Se puede deducir que el grillo puede ser alimentados con dietas con niveles más bajos niveles de energía, y de igual forma implementar ingredientes que no compitan con el humano como el caso de la harina de maíz.

Las medidas morfométricas no presentaron diferencias significativas para las regiones evaluadas como cabeza, tórax, abdomen para los tratamientos 1,2 y 3

Las curvas de crecimiento que mejor se ajustaron fue el modelo logístico y Gompertz, donde se observa que no hay diferencias significativas dado que el pv para el T1 fue de **0.623**, el p valor del T2 **0.492** y finalmente el p valor del T3 fue de **0.809** Mayores a el p valor de 0,05.

8. Recomendaciones

- Antes de realizar un estudio se recomienda hacer experimentos de densidades de siembra, además, se recomienda contar con implementos que permitan la medición de parámetros como temperaturas y humedad
- Se recomienda la implementación de macro, micro nutrientes, aminoácidos esenciales y otros aditivos para la formulación de la dieta, y la implementación de materias primas de baja calidad ya que se notó que los grillos no son selectivos y que se desarrollan de forma ideal.

Referencias

- Agudelo gómez, d. A., cerón muñoz, m. F., & restrepo betancur, l. F. (2008). Modelación de las funciones de crecimiento aplicadas a la producción animal. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 39-58. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-06902008000100005&lng=en&tlng=es.
- Álvarez, h. G., & neto, e. C. (13 de diciembre de 2021). Insects as a food source for indigenous communities in colombia: a review and research perspectives. (8), 593. Doi:<https://doi.org/10.3920/jiff2021.0148>
- Avendaño, c., sánchez, m., & valenzuela, c. (diciembre de 2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista chilena de nutrición*(6), 47. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182020000601029>
- Barbara j. Nakagaki, g. R. (01 de junio de 1991). Comparison of diets for mass-rearing acheta domesticus (orthoptera: gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock,. *Journal of economic entomology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891>
- Britannica, .. E. (02 de march de 2023). Cricket. *Encyclopedia britannica*. Obtenido de <https://www.britannica.com/animal/cricket-insect>
- C. A. Martínez, a. P. (2010). Mathematical description of the gompertz function. *Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia*, 57. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/262441060_mathematical_description_of_the_gompertz_function_applied_to_animal's_growth

Casas, g. A., rodríguez, d., & téllez, g. A. (junio de 2010). Propiedades matemáticas del modelo de gompertz y su aplicación al crecimiento de los cerdos. Revista colombiana de ciencias pecuarias, 10. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-06902010000300010

Castillo, a. C. (2021). Prospección de los insectos comestibles como fuente de proteína animal para el consumo humano. Universidad militar nueva granada, bogota, colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/38939>

Chacón, a. M. (2020). Propuesta de alternativas de producción de proteína para alimentación animal a partir de insectos en colombia. Revision , universidad nacional abierta y a distancia - unad, escuela de ciencias básicas, tecnología e ingeniería - ecbti. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/36259/amrodriguezcha.pdf>

Depot, c. (21 de marzo de 2022). Como alimentar a los grillos. Obtenido de <https://www.thecritterdepot.com/blogs/news/how-to-feed-cricket>

Fagua et al. (2021). Antropodos: producción de grillos de forma sustentable (vol. 52). Chia bogota, colombia . Doi: 10.5294/978-958-12-0594-3

Fajardo et al. (2019). Global warming and the ectothermic-animal physiology: the case of three mexican lacertilians. Instituto para la conservación de la cordillera neovolcánica ante el cambio climático, méxico, department of biology, state university of new york college at oneonta, usa, mexico. Doi: 10.23880/izab-16000195

Fao, .. (2020). Contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. Roma italia. Obtenido de <https://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf>

Fao. (2021). Looking at edible insects from a food safety perspective challenges and opportunities for the sector. Rome. Obtenido de <https://www.fao.org/3/cb4094en/cb4094en.pdf>

Fao; ops; unicef. (2019). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y el carbe. Santiago- chile. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca6979es/ca6979es.pdf>

Galdo, r. D., & garcia, l. S. (2022). Entomophagy, a potential alternative for food safety?.. Universidad científica del sur; universidad san ignacio de loyola, lima,peru. Obtenido de https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/renc-d-21-0067._revision.pdf

Gaua. (2012).

Gómez, d. A., Muñoz, m. F., & Betancur, l. F. (2008, febrero 28). Modeling of growth functions applied to animal production modelação das funções do crescimento aplicadas a lá produção animal. Revista colombiana de ciencias pecuarias, 20. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rccp/v21n1/v21n1a05.pdf>

Guiné, r. P., Correia, p., & Costa, c. C. (diciembre de 27 de 2020). The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. Obtenido de <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/opag-2020-0206/html>

Hackewitz, l. V. (2018). The house cricket acheta domesticus, a potential source of protein for human consumption. Faculty of natural resources and agricultural sciences department of molecular science. Obtenido de <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-9756>

Ipiff. (2021). Insectos como componente de piensos. Obtenido de <https://ipiff.org/>

- Lenis-valencia, c., & molina, e. F. (2022). Productividad y curvas de crecimiento usando modelos no lineales en un cruce de ovino de pelo colombiano x pelibuey. *Rev. U.d.c.a act. & div. Cient.* 25(2):e1853. Doi:<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.n2.2022.1853>
- Martinez et al. (07 de diciembre de 2016). Los insectos alimentan al mundo. Obtenido de <https://www.acnv.es/news/los-insectos-alimentan-al-mundo/>
- Martinez, c. M. (2019). Caracterización química y físico química de aceites extraídos de diferentes insectos comestibles.
- Martinez, m. (2021). Evaluación de dietas para el incremento de biomasa del grillo común *acheta domesticus* (linnaeus, 1758), bajo condiciones de laboratorio. Tecnológico de antioquia, medellin, colombia.
- Mendez, m. I., & garcia, h. L. (diciembre de 2022). Evaluación de los índices productivos a diferentes tiempos de iluminación en pollo de engorde. *Uptc pensamiento y accion*, 94(57), 94. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/pensamiento_accion/search/search
- Monteros, h. G. (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. Trabajo de grado, universidad técnica del norte, facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales, ibarra. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10548>
- Moreno et al. (2021). Uso de insectos como alternativa en la nutrición avícola. *Revision*, universidade federal de mato grosso, brasil. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/57eb/e52bc62e3952df33335d7ea2ea7ecbd6992d.pdf>
- Moreno, e. A. (2019-2020). Desarrollo de nuevos alimentos para consumo humano a base de proteína de insectos. Universidad politécnica de valencia, valencia -fecha. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/151481>

- Niño et al. (2010). Descripción matemática de la función gompertz aplicada al crecimiento de animales. Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/30031>
- Orkusz, a. (2021). Insectos comestibles versus carne comparacion nutricional: . El conocimiento de su composición es la clave para la buena salud. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/4/1207.htm>
- Pigozzi, l. (2020). Nutricion y sanidad animal. Escuela agrotecnica “libertador gral san martin universidad nacional del rosario . Obtenido de <https://eac.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2020/11/clase-1.-generalidades-sobre-nutricion.pdf>
- Rangel, j. S. (2019). Caracterizacion nutricional de las especies de hormiga culona (*atta laevigata*) el gusano mojoy (*ancognatha scarabaeoides*) y la de grillo común (*acheta domestica*) , en el departamento de santander, para su implementacion en preparaciones gastronómicas. Bucaramanga, colombia, 2019. Obtenido de <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/11816>
- Rothlisberger, a. E., & zuluaga, a. F. (2017). Áreas aptas para la actividad ganadera en colombia. Bogotá d.c., colombia.
- Selaledi, monnye, & mabelebele. (2020). The use of yellow mealworm (*t. Molitor*) as alternative source of protein in poultry diets: a review. Tropical animal health and production . Doi:10.1007/s11250-019-02033-7
- Valencia, c. P., molina, e. J., & álvarez-franco, l. A. (diciembre de 2022). Productivity and growth curves using non-linear models in a cross between ovino de pelo colombiano x pelibuey. La revista u.d.c.a actualidad & divulgación científica, 25(2), 25. Obtenido de <http://doi.org/10.31910/rudca.v25>.

EVALUACIÓN DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO EN GRILLO

Zeiss, c. (2014). Software de microscopía de zeiss para la rutina de laboratorio. Germany.

Obtenido

de

[https://www.unige.ch/medecine/bioimaging/files/3914/3765/2064/zen_2_blue_edition
_-_software_guide.pdf](https://www.unige.ch/medecine/bioimaging/files/3914/3765/2064/zen_2_blue_edition_-_software_guide.pdf)

Apéndice A: adecuación de la zona donde se realiza el experimento**Apéndice A:** preparación de las dietas

EVALUACIÓN DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO EN GRILLO

Apéndice C: pesaje de grillos



Apéndice D: registro de medidas



EVALUACIÓN DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO EN GRILLO