



**Sección de Biología**  
Universidad de La Laguna

**Comparación del ciclo de vida y producción del grillo bicolor,  
*Gryllus assimilis*, en el medio natural  
y bajo condiciones controladas**

**Comparison of the life cycle and production of the field cricket,  
*Gryllus assimilis*, in the natural environment  
and under controlled conditions**



Trabajo de Fin de Grado

**RAQUEL BRITO CONCEPCIÓN**

Tutorizado por D. Jaime Andrés de Urioste Rodríguez y Dra. Ana Bolaños Martín

Grado en Biología. Julio 2023

# Índice

---

Resumen .....	1
Abstract .....	1
1. Introducción .....	2
1.1. La entomofagia como alternativa al consumo de proteína de origen animal .....	2
1.2. Ventajas de la producción de insectos como producto alimenticio .....	3
1.3. Caracterización morfológica de <i>Gryllus assimilis</i> .....	5
1.4. Ciclo de vida de <i>Gryllus assimilis</i> .....	6
1.5. Influencia de las condiciones de cautiverio sobre el ciclo de vida de <i>Gryllus assimilis</i> ..	6
2. Objetivos .....	8
2.1. Objetivos generales .....	8
2.2. Objetivos específicos .....	8
3. Material y Métodos .....	9
3.1. Montaje experimental .....	9
3.1. Metodología .....	10
3.2. Monitoreo de las variables asociadas al ciclo vital y producción de <i>Gryllus assimilis</i> ..	11
3.3. Análisis estadístico .....	13
4. Resultados .....	14
4.1. Comparación del ciclo de vida de <i>Gryllus assimilis</i> en condiciones de cautividad y en condiciones naturales .....	14
4.1.1. <i>Periodo de eclosión</i> .....	14
4.1.2. <i>Fase ninfa</i> .....	15
4.2. Producción de las poblaciones iniciales de <i>Gryllus assimilis</i> en cada cohorte .....	16
4.3. Comparación de la producción de <i>Gryllus assimilis</i> en cada cohorte en condiciones de cautiverio y en condiciones naturales .....	18
4.3.1. <i>Producción total de <i>Gryllus assimilis</i> en condiciones naturales según fuentes bibliográficas</i>	

4.3.2. <i>Análisis estadístico</i> .....	20
4.4. Variación de las condiciones de temperatura y humedad durante el experimento .....	20
5. Discusión .....	22
5.1. Comparación del ciclo de vida de <i>Gryllus assimilis</i> en condiciones de cautividad y en condiciones naturales.....	22
5.2. Producción total de las poblaciones de <i>Gryllus assimilis</i> en cautividad y comparación con la producción estimada en condiciones naturales .....	23
5.2.1. <i>Efectos de la humedad en la producción de Gryllus assimilis</i> .....	24
5.2.2. <i>Efectos de la temperatura sobre la producción de Gryllus assimilis</i> .....	25
5.2.3. <i>Efectos del valor proteico de la dieta en la cría y producción de Gryllus assimilis</i> .....	25
5.3. Dificultades durante el estudio y aspectos a mejorar .....	25
5.4. Optimización de la producción del módulo de cría con objetivo de la elaboración de productos de consumo .....	26
5. Conclusiones .....	27
7. Bibliografía.....	28
8. Agradecimientos.....	31

## Resumen

La FAO propone la entomofagia como alternativa al consumo de proteína animal, considerando el aumento de la población proyectado para la próxima década y la creciente demanda alimentaria. Entre las especies de insectos autorizados para consumo humano se encuentra el ortóptero *Gryllus assimilis*, por lo que se plantea como objetivo del presente estudio optimizar los protocolos de cría, reducir la duración del ciclo vital hasta la fase de cosecha y mejorar la producción a largo plazo. Para ello, se examina el ciclo de vida de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad del módulo de cría de insectos “Artropocan”, en comparación al ciclo de vida teórico de la especie en condiciones naturales. Los resultados obtenidos muestran una disminución significativa del tiempo de eclosión en cautividad, aumento de la duración de la fase ninfa y una producción equiparable a la teórica. Se plantea la posibilidad de aumentar la producción mediante la mejora de las condiciones del módulo de cría. Los resultados se proponen como base de líneas futuras de elaboración de harina a base de *Gryllus assimilis* como alternativa proteica para consumo humano.

**Palabras clave:** *Gryllus assimilis*, eclosión, fase ninfa, producción, alternativa proteica.

## Abstract

The FAO proposes entomophagy as an alternative to the consumption of animal protein, considering the projected increase in population for the next decade and the growing food demand. Among the insect species authorized for human consumption is the orthopteran *Gryllus assimilis*, making it the objective of the present study to optimize breeding protocols, reduce the duration of the life cycle until the harvesting phase, and improve long-term production. To achieve this, the life cycle of *Gryllus assimilis* is examined in captivity conditions within an insect breeding module “Artropocan”, compared to the theoretical life cycle of the species in natural conditions. The obtained results show a significant decrease in hatching time in captivity, an increase in the duration of the nymph stage, and a production comparable to the theoretical production. The possibility of increasing the production through the improvement of breeding module conditions is suggested. The results are proposed as a basis for future lines of research on *Gryllus assimilis* based flour production as a protein alternative for human consumption.

**Keywords:** *Gryllus assimilis*, hatching, nymph stage, production, protein alternative.

# 1. Introducción

## 1.1. La entomofagia como alternativa al consumo de proteína de origen animal

Las proyecciones de las Naciones Unidas (2022) estiman un crecimiento de la población de 500 millones de habitantes para el año 2030, estimación que asciende a 2000 millones para el año 2050. El crecimiento poblacional implica un aumento en la demanda alimenticia y la producción de fuentes de proteínas (Bosch et al., 2014), por lo que la OECD/FAO (2021) estima un aumento del 14% en el consumo de proteína de origen animal en la próxima década, y la necesidad de un aumento del doble de la producción ganadera y agrícola actual (Mlček et al., 2018; Andrade, 2020) para cumplir las necesidades alimenticias del crecimiento poblacional del año 2050.

La actividad ganadera y agrícola constituyen las principales fuentes de recursos alimentarios para consumo humano (Govorushko, 2019). No obstante, no son capaces de satisfacer la creciente demanda alimenticia en su totalidad (Pulido et al., 2020), y la expansión de dichos sectores conlleva un impacto ambiental significativo, además de un aumento de costes de producción insostenible (Araujo et al., 2019). En base a lo anterior, resulta indispensable la búsqueda de nuevas alternativas de fuentes de proteínas sostenibles para cumplir con las necesidades nutricionales de la población para la próxima década.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura propone a los insectos como una fuente alternativa de proteína de origen animal para el consumo humano (FAO, 2021). Dicha propuesta es apoyada por diversos autores que afirman el potencial de los insectos de satisfacer los requerimientos nutricionales de la dieta humana (Bicalho, 2022; Rumpold & Schlüter, 2013), además de ser una opción sostenible para el medio ambiente (Cruz & Peniche, 2018).

La entomofagia, o consumo de insectos en la dieta humana, es una práctica común en países asiáticos, africanos y latinoamericanos especialmente (Quinteros et al., 2022), en comparación a Europa donde el consumo de insectos ha sido limitado (Govorushko, 2019) hasta el pronunciamiento de la FAO sobre las ventajas del consumo de insectos, y la necesidad incipiente de la búsqueda de alternativas alimentarias (FAO, 2021).

En base a las necesidades previsibles para la próxima década, se aplicó el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo al

consumo de “nuevos alimentos” (Resolución 2283. 2015). Este reglamento fue aplicado en todos los Estados miembros de la Unión Europea a partir del 1 de enero del 2018, y en su regulación incluye el consumo de insectos para alimentación humana, donde se reseñan ciertas especies de insectos que se consideran adecuadas para su consumo, entre ellas la especie de ortóptero *Gryllus assimilis*.

En función a lo anteriormente expuesto, se propone la producción del grillo bicolor, *Gryllus assimilis*, como materia prima para la fabricación de harinas de alto contenido proteico, con motivo de su implementación en la dieta humana (Khatun et al., 2019; Mlček et al., 2018; Quinteros, 2021). Actualmente, *Gryllus assimilis* es utilizado en la fabricación de piensos de alimentación animal (Da Rosa et al., 2022), sin embargo, posee un perfil nutricional adecuado para la dieta humana, dada su elevado valor proteico y amplia gama de aminoácidos esenciales como tirosina, lisina, treonina y triptófano en valores elevados (Queiroz et al., 2023).

El análisis de la composición nutricional de la harina elaborada a partir de *Gryllus assimilis* como materia prima, ha sido motivo de estudio de diversos autores en la última década. Según Soares et al., 2019, el perfil nutricional de dicho producto muestra un porcentaje de proteína de 65,52%, además de un porcentaje de grasa del 21,80%, ligeramente elevado debido a las reservas de grasa corporal comúnmente encontradas en individuos de *Gryllus assimilis* adultos. El perfil lipídico muestra alto contenido de ácidos grasos saturados esenciales omega 6, como el ácido linoleico, representado en un 24,18%, y ácidos grasos insaturados como el ácido palmítico representado en un 40,47% (Vera, 2020). Otros autores, como Sirimungkararat et al. (2010), destacan la presencia de micronutrientes como hierro y calcio en mayor medida que los valores encontrados en la carne de cerdo, res y pollo.

## **1.2. Ventajas de la producción de insectos como producto alimenticio**

La cría de *Gryllus assimilis* ofrece beneficios en términos de producción y sostenibilidad. Entre dichas ventajas destaca su ciclo de vida corto, ya que en tan solo 8 semanas alcanzan la madurez sexual. Además, tienen una tasa de reproducción rápida y elevada, ya que una hembra puede depositar hasta 200 huevos en su ciclo de vida, cuyo periodo de eclosión es en torno a 1 o 2 semanas dadas las condiciones óptimas (Quispe et al., 2021).

Otro aspecto que considerar es que los insectos poseen una gran eficiencia en la conversión de alimento a peso vivo (Araujo et al., 2019). El índice de conversión alimenticia (ICA) se define como la cantidad de alimento requerido para producir una unidad de biomasa en peso vivo. En términos matemáticos puede expresarse como  $ICA = \text{Alimento consumido}$

(Kg) / Peso vivo (Kg) (Tolentino et al., 2012). En lo que respecta al ganado vacuno, su tasa de conversión de alimento a peso vivo es de 12 Kg, en contraste con la tasa de conversión de los insectos, la cual corresponde a 1,7Kg de alimento requeridos para producir 1Kg de biomasa (Cruz et al., 2021), siendo 7 veces más eficientes que el ganado vacuno en este aspecto.

Por otra parte, las instalaciones y las prácticas de cría extensiva de insectos constituyen un impacto ambiental mínimo (Benes et al., 2022; Reátegui et al., 2020): Las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en la cría de insectos son menores que las registradas en la actividad ganadera, al igual que el consumo de agua (Poma et al. 2017). La actividad ganadera representa un 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero inducidas por la actividad humanal. En contraposición, la producción de insectos para consumo registra una emisión de  $CO_2$  y producción de  $NH_3$  (ligada comúnmente a los excrementos del ganado) significativamente inferior a la generada por la actividad ganadera (Ooninx et al., 2010).

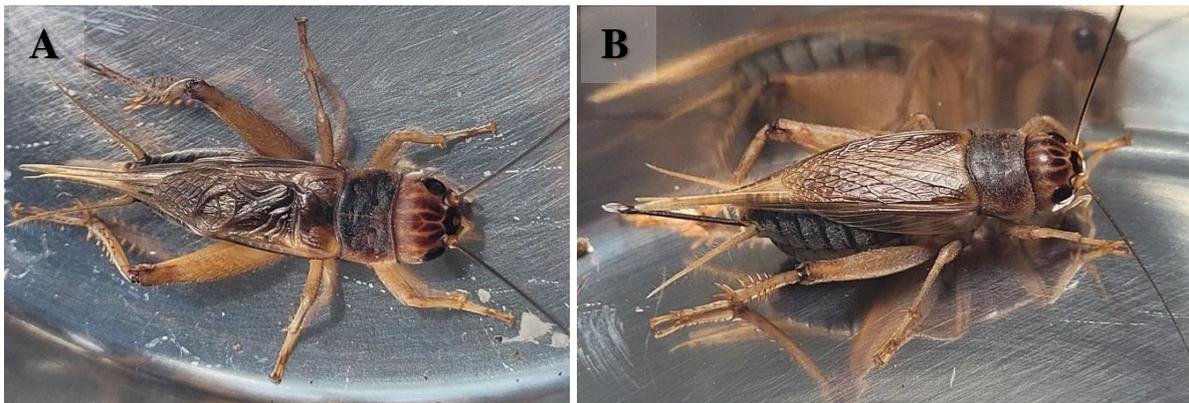
Otro factor que considerar es la extensión de terreno necesaria para la práctica de agricultura (Andrade, 2020) y la deforestación ligada a la actividad ganadera (Chamba et al., 2020). En contraste, las necesidades y dimensiones de los insectos permiten la cría simultánea de miles de individuos en instalaciones de tamaño reducido, sin perjudicar su calidad de vida. Como referencia, según plantea Stehfest et al (2009), la producción de insectos y adoptar su consumo como principal fuente de proteína podría liberar una superficie equivalente a 2.700 millones Ha. de pastizales y 100 millones Ha. de superficies de cultivo.

En lo referente a aspectos ligados a la salud, el consumo de insectos constituye un menor riesgo de transmitir enfermedades zoonóticas como la EEB (enfermedad de las vacas locas) y H1N1 (gripe aviar) (Van Huis et al. 2013), sin embargo, pueden ser fuente de alergias comparables a las alergias a los crustáceos debido al alto porcentaje de identidad en los grillos con la secuencia de la Tropomiosina, una molécula alérgica presente en los crustáceos (Pedrosa et al. 2015). En adición la preparación de productos procedentes de insectos, como es el caso de la harina fabricada a base de especies de grillos como *Gryllus assimilis*, puede ser una alternativa en la elaboración de productos carentes de gluten con un alto contenido proteico (Da Rosa & Thys, 2019).

Es por ello que la cría de *Gryllus assimilis* con el fin de la elaboración de productos de consumo humano es considerados una opción prometedora para abordar los desafíos de la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en el futuro.

### 1.3. Caracterización morfológica de *Gryllus assimilis*

*Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775) es una especie de insecto perteneciente al orden Orthoptera, concretamente a la familia Gryllidae (GBIF Global Biodiversity Information Facility, s. f.). En su estado adulto, alcanzan una longitud aproximada de entre 25 a 30 mm aproximadamente (Cruz et al., 2021) y presentan una coloración parduzca o marrón oscuro (Vega, 2012). Morfológicamente, la especie puede ser descrita por su exoesqueleto central y su cuerpo dividido en tres zonas: cabeza, tórax y abdomen. Su cabeza se compone de dos antenas frontales ojos compuestos y apéndices bucales (Quispe et al., 2021). La especie posee un tórax pubescente (Arce & Uruchi, 2019) donde se insertan las patas anteriores, medias y posteriores, además de dos pares de alas. Son macrópteros, es decir, que exhiben alas que exceden la longitud de su abdomen (Vega, 2012), además, fricción entre las alas anteriores produce un distintivo canto o estridulación en los machos (Arce & Uruchi, 2019). Finalmente, en el extremo posterior de su abdomen existen dos prominencias denominadas cercos sensoriales (Arce & Uruchi, 2019).



**Figura 1.** Morfología y dimorfismo sexual en la especie *Gryllus assimilis*. Los machos se distinguen principalmente por su superficie alar rugosa (A) y las hembras por la presencia de su órgano ovipositor y sus alas no rugosas (B).

La especie presenta dimorfismo sexual, lo que permite distinguir a machos de hembras. Esta distinción se basa en la presencia de un oviscapto u órgano ovipositor prominente en las hembras (Cruz et al., 2021), una estructura reproductora alargada y fina situada en el extremo posterior o terminal del abdomen, dispuesto entre los dos cercos sensoriales (Arce & Uruchi, 2019). Además, la superficie alar es más rugosa en los machos para facilitar la estridulación (figura 1). Su proceso reproductivo es ovíparo, por lo que depositan huevos como parte de su ciclo vital. Estos presentan una coloración blanquecina translúcida, y una forma alargada, cuyas dimensiones alcanzan los 2,5 mm de longitud y 0,5 mm de ancho (Cruz et al., 2021).

#### **1.4. Ciclo de vida de *Gryllus assimilis***

La esperanza de vida de *Gryllus assimilis*, dadas las condiciones adecuadas, suele extenderse hasta 5 meses de vida en su hábitat natural (Limberger, 2018). Durante su ciclo vital, el grillo bicolor experimenta tres estadios de distinta extensión temporal: huevo, ninfa y adulto (Bar, 2010). El ciclo comienza con la puesta de huevos u oviposición: Un macho es capaz de fecundar hasta 25 hembras aproximadamente (Arce & Uruchi, 2019), y la tasa de reproducción es se estima que es de aproximadamente 30-100 puestas de huevos por hembra cada dos semanas, siendo capaz de ovipositar hasta aproximadamente 200 huevos totales en su ciclo de vida (Quispe et al., 2021), si las condiciones son óptimas.

El proceso de puesta de huevos u oviposición suele ser exigente en lo que respecta a las condiciones de humedad (Zaspel, 2016), por lo que las hembras depositan sus huevos en sustratos húmedos, en los cuales se posicionan a un centímetro de la superficie (Udomsil et al., 2019) como medida de protección ante posibles amenazas. La incubación de dichos huevos suele extenderse entre 12 a 16 días desde su puesta hasta su eclosión (Cruz et al., 2021), tras lo cual se adopta el estado de ninfa.

El estado de ninfa suele extenderse durante 6 a 7 semanas, si se considera una temperatura ambiental entre 25°C y 32 °C (Vaca, 2020). Durante esta fase se producen mudas sucesivas del exoesqueleto, alrededor de 7 a 10 mudas en total hasta alcanzar su estado adulto (Quispe et al., 2021). Este último estadio de vida tiene una duración aproximada de 12 semanas, en las cuales el grillo bicolor alcanza su madurez sexual tras tan solo 7 semanas de vida y desempeña su fase reproductiva (Arce & Uruchi, 2019).

#### **1.5. Influencia de las condiciones de cautiverio sobre el ciclo de vida de *Gryllus assimilis***

La cría en cautiverio *Gryllus assimilis* tiene un impacto significativo en su ciclo de vida, siendo influenciado por diferentes factores ambientales. Estos factores incluyen la temperatura ambiental, humedad, así como la disponibilidad y balance dietético (Quispe et al., 2021). Las condiciones de cautividad posibilitan controlar y alterar dichas variables según se considere beneficiario para la producción u otros fines específicos.

Los grillos, al igual que otros ectotermos, no son capaces de regular fisiológicamente su temperatura corporal, por lo que su actividad metabólica, reproducción y actividad celular en general son susceptibles a los cambios de temperatura (Sinclair et al., 2016). En general, presentan su máxima productividad en entornos cálidos y en condiciones de temperatura

elevada (Dudek et al., 2014). El estudio realizado por Filho et al. (2022) reveló que las poblaciones de *Gryllus assimilis* muestran una mayor tasa de mortalidad cuando son expuestas a temperaturas fluctuantes (entre 27°C y 34°C), en comparación a cuando son sometidas a temperaturas constantes en torno a 30 °C.

Los módulos de cría en cautividad de insectos permiten mantener condiciones óptimas de temperatura y humedad para maximizar la productividad en la cría de grillos, además de asegurar una alimentación constante y adecuada para su desarrollo. Sin embargo, el aumento en la tasa metabólica y la productividad, debido a la aceleración en su desarrollo, conlleva una posible disminución en la esperanza de vida, como es común en las condiciones de cautiverio (Limberger, 2018).

El grillo bicolor tiene un régimen alimenticio omnívoro, sin embargo, se han observado tendencias caníbales al ser sometidos a condiciones de estrés y altas densidades poblacionales (Cruz et al., 2021). Por lo tanto, para garantizar el bienestar animal, hay que tener ciertas consideraciones en lo que respecta a la distribución de individuos en los cubículos de cría, aunque no requieran grandes extensiones para su desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea la mejora de la eficiencia productiva y las instalaciones de cría de *Gryllus assimilis*, debido a la creciente demanda de fuentes alternativas de proteínas. Estas mejoras contribuirían tanto a la industria de piensos, proporcionando una fuente valiosa de nutrientes para animales, como a la producción de harinas destinadas a ser utilizadas en la alimentación humana, obteniendo productos finales que cumplan con los estándares nutricionales y de seguridad alimentaria requeridos tanto para la alimentación animal como para el consumo humano.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivos generales

El objetivo principal consiste en establecer una comparativa entre el ciclo vital en *Gryllus assimilis*, en las condiciones controladas de un módulo de cría y en condiciones naturales según referencias bibliográficas. Concretamente, se plantea el estudio de las fases del ciclo de vida previo al momento de cosecha de cada cohorte para su aprovechamiento alimenticio, es decir, el estudio de la extensión de la fase huevo y ninfa previo a la fase adulta.

En adición a lo anterior, se plantea como segundo objetivo la optimización del proceso y tiempo de producción de cada cohorte del grillo bicolor en condiciones de cautiverio, con vistas a la mejora de la producción de harina para consumo humano, así como pienso animal, como alternativa al consumo de proteína animal.

### 2.2. Objetivos específicos

Considerando los objetivos principales del estudio, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Comprobar si el tiempo de eclosión de los huevos de *Gryllus assimilis* en cautividad es inferior al tiempo de eclosión registrado en la bibliografía para grillos en su hábitat natural.
2. Comprobar si la fase de ninfa de *Gryllus assimilis* en cautividad posee una duración menor a la extensión de la fase de ninfa teórica de los grillos en condiciones naturales, según la bibliografía.
3. Analizar si la producción de *Gryllus assimilis* en condiciones controladas de cautiverio es superior a la productividad registrada en la bibliografía en condiciones naturales.

### 3. Material y Métodos

El diseño experimental se ha desarrollado en las instalaciones de la Fundación Neotrópico, la cual ha proporcionado las herramientas necesarias, entre ellas la población inicial de *Gryllus assimilis* con motivo del análisis del ciclo de vida de la población en las condiciones del módulo de cría intensiva de invertebrados “Artropocan”, un proyecto financiado y realizado en colaboración con la Dirección General de Ganadería, de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias.

#### 3.1. Montaje experimental

Las poblaciones de *Gryllus assimilis* fueron estudiadas en el módulo de cría de invertebrados “Artropocan”. El montaje experimental sigue recomendaciones de protocolos de módulos de cría de insectos, según autores como Ambrosi et al. (2021) y Parra (2022). Las poblaciones de *Gryllus assimilis* son contenidas en cubetas de plástico (Mazurkiewicz et al., 2013) con las siguientes dimensiones: 60 cm de largo, 40 cm de ancho y 30cm de altura.

El interior de las cubetas posee elementos adaptados según las necesidades habituales referentes al comportamiento y desarrollo del ciclo vital de los grillos (figura 2). En cada cubeta se incluyen cartones de huevos de material apto para uso alimentario, que aportan refugio a los organismos de estudio durante el proceso de ecdisis, donde son más vulnerables por falta de endurecimiento del exoesqueleto, además de una superficie de sujeción para su mejor movilidad (Apolo-Arévalo & Lannacone, 2016).



**Figura 2.** Montaje de las cubetas de cría de *Gryllus assimilis*. Incluye cartones de huevo para aportar refugio, recipiente de puesta, fuente de alimento e hidratación y termohigrómetro.

Se ha adaptado una zona destinada al proceso de oviposición y eclosión de los huevos, que consiste en un contenedor de metal con sustrato de fibra de coco (Vaca, 2020), donde se procura evitar las condiciones de sequedad humectando el sustrato con un difusor de agua, dados los requerimientos de humedad (Ambrosi et al., 2021). Entre la zona de oviposición y el

cartón se ha establecido un puente de cartón del mismo material no tóxico para facilitar la movilidad de los individuos entre ambas zonas (figura 2).

La alimentación suministrada consiste en una porción de fruta (naranjas) aportada semanalmente como fuente de hidratación (Porter, 2015), y una ración de pienso de conejo peletizado (figura 3). El pienso se suministra de forma molida para facilitar el consumo en los individuos recién eclosionados en fase ninfa, posteriormente se administra en formato de gránulo entero. El pienso seleccionado posee un 16,2% de proteína bruta e incluye: Salvado de trigo, alfalfa, harina de girasol, cebada, melaza, aceite de soja, carbonato cálcico y sal.



**Figura 3.** Alimentación suministrada a las cubetas de cría: porción de naranja como fuente de alimento e hidratación (A), pienso de conejo de gránulo entero para adultos (B) y molido para ninfas (C).

El módulo “Artropocan” se mantiene climatizado a una temperatura de 28 °C y humedad relativa en torno al 50% según lo recomendado en protocolos de cría Caporaletti (2018), sin embargo, las condiciones de temperatura pueden variar dentro de las cubetas, por lo que se posicionaron termohigrómetros en su interior para monitorizar las variables del estudio y asegurar que se mantengan las condiciones de temperatura y humedad adecuadas.

### 3.1. Metodología

Se han reunido dos poblaciones de *Gryllus assimilis* en estadio adulto, con una proporción de machos y hembras que corresponde a una ratio 1:5 respectivamente, siendo un total de 6 machos y 30 hembras. Cada población formará las cubetas parentales de inicio, las cuales se han posicionado en dos cubetas diferentes, identificado como “*cubeta 1 parental*” (p1) y “*cubeta 2 parental*” (p2) respectivamente.

Se les da un periodo de 1 semana para el proceso de oviposición, tras lo cual se retiran los contenedores de puesta y se posicionan en cubetas nuevas para evitar el contacto entre individuos adultos y jóvenes, dadas las tendencias caníbales en la especie y para evitar grandes

aglomeraciones de individuos (Cruz et al., 2021). Las nuevas cubetas con la primera puesta de la población parental se identifican como “*cubeta 1.1*” y “*cubeta 1.2*” respectivamente.

El proceso anterior de retirada de los contenedores de puesta de la población parental se repite cada semana mientras permanezca la supervivencia de los individuos parentales en condiciones de producción óptima de huevos (estimada en 3 semanas). Cuando los especímenes eclosionados adquieren el estado adulto se conformaron 2 nuevas cubetas de individuos parentales, “*cubeta 3 parental*” (p3) y “*4 parental*” (p4) respectivamente, y se repitió el proceso anterior.

Cada cubeta de puesta fue identificada en base al número de la cubeta parental de la que provienen (*p1, p2, p3 y p4*) seguido del número de puesta de dicha cubeta después de un punto. Por ejemplo, la “*cubeta 2.3*” indica que es la tercera puesta proveniente de la “*cubeta 2 parental*” (2p). Sin embargo, para referirnos al conjunto de todas las cubetas de puesta provenientes de una misma cubeta parental se denominará haciendo referencia al número de la cubeta parental únicamente (*p1, p2, p3, p4*). Por ejemplo, la “*cubeta 1*” hace referencia al conjunto de cubetas de puesta “*1.1*”, “*1.2*” y “*1.3*”, proveniente de la “*cubeta p1*”.

Se desconoce la edad exacta de los individuos parentales que conforman la “*cubeta 1p*” y la “*cubeta 2p*”, pero se estima que han tenido procesos de oviposición previos. Por el contrario, las cubetas parentales “*3p*” y “*4p*” fueron formadas a partir de individuos adultos vírgenes de edad conocida provenientes de las cubetas de puesta “*1.1*” y “*2.1*”, es decir, que no habían experimentado procesos de oviposición anteriormente.

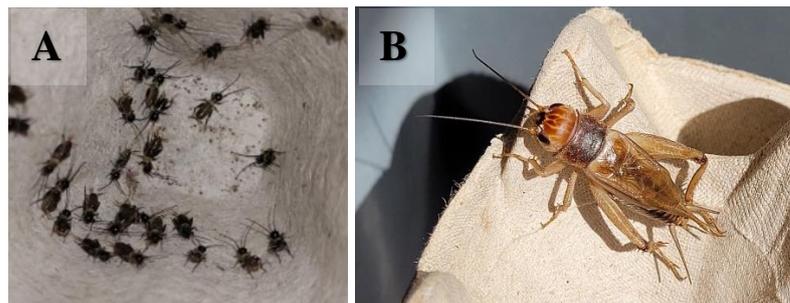
### **3.2. Monitoreo de las variables asociadas al ciclo vital y producción de *Gryllus assimilis***

El montaje experimental fue monitoreado semanalmente, manteniendo constante el día y hora de observación. Durante cada observación, se registran los valores de temperatura y humedad a los que se encuentra el módulo de cría en el momento de estudio. Durante el transcurso del experimento se evaluó la producción asociada a la optimización del ciclo de vida de las poblaciones de *Gryllus assimilis*, según la contabilización de las siguientes variables: tiempo de eclosión (días), extensión de la fase ninfa (días), número de individuos eclosionados por puesta y producción en cada cubeta de puesta en base al número de individuos en la generación parental.



**Figura 4.** Extracción de recipiente de puesta de huevos de *Gryllus assimilis* previo a su eclosión.

El tiempo de eclosión se considera desde el momento de la retirada del recipiente de puesta (figura 4) y posicionamiento en la nueva cubeta, hasta la eclosión visible de un porcentaje significativo de los huevos, contabilizado en unidad de tiempo (días). La extensión de la fase ninfa se registra desde el momento de eclosión de los huevos hasta la percepción de los cambios físicos indicativos de la fase de madurez sexual en la mayoría de la población (figura 5), contabilizado en unidad de tiempo (días).



**Figura 5.** Transición de *Gryllus assimilis* en fase de ninfa (A) pocos días después de su eclosión, hasta la fase adulta (B).

El número de individuos eclosionados en cada cubeta de puesta se contabiliza en la semana 5 de desarrollo desde la fecha de eclosión. Se ha estandarizado la fecha de contabilización de los grillos para todas las cubetas de puesta ya que la tasa de mortalidad difiere según el estadio de edad de los grillos, aumentando y alcanzando su máximo en la fase adulta y estabilizándose en edad avanzada (Carey & Liedo, 1999; Limberger et al., 2021). Por ello se ha seleccionado un periodo de 5 semanas debido a que coincide con un estadio de crecimiento en la fase ninfa donde los grillos han adquirido unas dimensiones suficientemente grandes para contabilizarlos manualmente con comodidad y sin producir daños a los ejemplares derivados de la manipulación, pero siguen siendo individuos jóvenes con una tasa de mortalidad reducida.

Finalmente, la producción de las poblaciones de *Gryllus assimilis* en función de del número de hembras en las cubetas parentales se estimará según la fórmula:

$$\frac{\text{Descendencia total } (\sum \text{N}^\circ \text{ de individuos eclosionados})}{\text{N}^\circ \text{ hembras parentales} \times \sum \text{periodo de puesta (semana)}} = \text{n}^\circ \text{ de individuos eclosionados/semana}$$

### 3.3. Análisis estadístico

Las pruebas estadísticas se realizaron con el programa IBM SPSS Statics 25.0 En todas las pruebas realizadas se consideró el valor <0,05 estadísticamente significativo. Los datos referentes al “periodo de eclosión”, “duración de la fase ninfa” y “producción semanal” en condiciones de cautividad del módulo de cría fueron comparados con los datos guía de las mismas variables en condiciones naturales, obtenidas en fuentes bibliográficas y recopilados en la tabla 1. La comparativa fue analizada estadísticamente mediante una prueba T-Test para una media, considerando como valor prueba el valor de la misma variable en condiciones naturales contenido en la bibliografía. Con anterioridad, se comprobó la normalidad mediante la prueba estadística de Shapiro-Wilk, considerando que el número muestral es inferior a 50.

La comparación entre la descendencia en cada puesta en condiciones de cautividad fue analizada mediante un Test Anova de una sola vía, seguido de un test Tukey post-hoc para evaluar subconjuntos homogéneos entre las cubetas. Previamente se han asegurado los supuestos de normalidad y homocedasticidad mediante las pruebas de Shapiro Wilk y la prueba de igualdad de la varianza de Levene respectivamente.

**Tabla 1.** Recopilación bibliográfica de la extensión del ciclo de vida de *Gryllus assimilis* en condiciones naturales (Cruz et al., 2021).

Fases del ciclo de vida	Tiempo en condiciones naturales (días)
Eclosión	12
Fase ninfa	49
Fase adulta	84
<b>Total</b>	<b>149</b>

## 4. Resultados

### 4.1. Comparación del ciclo de vida de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad y en condiciones naturales

#### 4.1.1. Periodo de eclosión

El periodo de eclosión de los huevos de cada cubeta fue contabilizado desde el momento de extracción del recipiente de puesta de la cubeta parental hasta la fecha en la que la eclosión de un número considerable de huevos fuera perceptible visualmente. El tiempo de eclosión observado varía en un rango entre 6 días como mínimo y 10 días como máximo para cada cubeta (tabla 2). Las cubetas “3” y “4” muestran los tiempos de eclosión más reducidos, siendo 6 días en la primera puesta y 7 días en las puestas posteriores.

**Tabla 2.** Tiempo de eclosión de los huevos de las poblaciones de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad en función del número de cubeta parental y el número de puesta (IBM SPSS Statistics, 25.0).

Nº de puesta	Tiempo de eclosión (días)			
	Cubeta 1p	Cubeta 2p	Cubeta 3p	Cubeta 4p
1	10	10	6	6
2	9	9	7	7
3	9	9	7	7

Los datos cumplen con los supuestos de normalidad ( $p > 0,05$ ) en la prueba de Shapiro-Wilk (tabla 3), por lo que procedemos con los análisis estadísticos. A continuación, los datos obtenidos referentes al tiempo de eclosión de los huevos en condiciones de cautividad fueron comparados con el tiempo de eclosión de referencia en condiciones naturales según la recopilación bibliográfica (12 días) (tabla 1) a través de una prueba T para una muestra. Los resultados mostraron una significancia  $p < 0,05$ , indicando que existen diferencias significativas entre los tiempos de eclosión en cautividad frente al dato de referencia bibliográfico, siendo inferior en condiciones de cautividad según la diferencia de medias = -4,000 (tabla 4).

**Tabla 3.** Prueba de normalidad Shapiro-Wilk referente a los datos de tiempo de eclosión de los huevos de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>Tiempo_eclosión</i>	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
	,864	12	0,54

**Tabla 4.** Prueba estadística para una muestra T de Student referente a los datos de tiempo de eclosión de cada cubeta de puesta en condiciones de cautividad, empleando como valor de prueba el tiempo de eclosión en condiciones naturales (12 días) (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>Tiempo_eclosión</i>	Prueba T de una muestra – valor de prueba = 12				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias	95% de intervalo de confianza Inferior Superior
	-9,381	11	,000	-4,000	-4,9385 -3,0615

#### 4.1.2. Fase ninfa

En lo que respecta a la extensión de la fase ninfa, los resultados pueden apreciarse en la tabla 5. Considerando como momento de inicio la fecha de eclosión de los huevos, transcurrió un periodo comprendido entre 49 días y 61 días hasta el comienzo de la fase adulta, indicado por el desarrollo perceptible de caracteres asociados a la madurez sexual y otros cambios físicos relacionados con la adultez.

**Tabla 5.** Tiempo de extensión de la fase ninfa en los individuos de las poblaciones de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad, en función del número de cubeta parental y el número de puesta (IBM SPSS Statistics, 25.0).

Nº de puesta	Tiempo en fase ninfa en cautividad (días)			
	Cubeta 1p	Cubeta 2p	Cubeta 3p	Cubeta 4p
1	60	60	50	50
2	61	61	49	49
3	61	61	49	49

Los datos referentes a la duración de la fase ninfa en *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad no muestran una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk (tabla 6). Se continuó con el análisis estadístico a través de una prueba T para una muestra, al ser una prueba robusta al incumplimiento de normalidad.

**Tabla 6.** Prueba de normalidad Shapiro-Wilk referente a los datos de duración de la fase ninfa de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>Fase_ninfa</i>	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
	,702	12	,001

Mediante la prueba T de Student para una muestra se realizó una comparación de los datos de duración de la fase ninfa en cautividad con el dato de referencia bibliográfico de duración de la fase ninfa en condiciones naturales según se recoge en la tabla 1 (49 días). La prueba muestra la presencia de diferencias significativas entre la duración de la fase ninfa en condiciones de cautividad y en condiciones naturales ( $p < 0,05$ ), siendo superior en condiciones de cautividad según la diferencia de medias = 6,000 (tabla 7).

**Tabla 7.** Prueba T de Student referente a la duración de la fase ninfa de las poblaciones de *Gryllus assimilis* en cautividad, empleando como valor de prueba la duración de la fase ninfa de la misma especie en condiciones naturales (49 días) (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>Fase_ninfa</i>		Prueba T de una muestra – valor de prueba = 49			
		95% de intervalo de confianza			
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias	Inferior	Superior
3,500	11	,005	6,000	2,2265	9,7735

#### 4.2. Producción de las poblaciones iniciales de *Gryllus assimilis* en cada cohorte

La descendencia de cada una de las cuatro poblaciones de *Gryllus assimilis* fue separada en tres periodos de puesta diferentes. La producción total oscila entre 552 y 1305 individuos por cubeta (tabla 8), siendo considerablemente superiores la “cubeta 3” y “cubeta 4”. La diferencia de producción entre la “cubeta 1” y la “cubeta 2” respecto a la “cubeta 3” y la “cubeta 4” está condicionada a que se trata de ejemplares que ya habían realizado puestas previas, frente a los que partían de fase virginal.

**Tabla 8.** Número de individuos de la especie *Gryllus assimilis* eclosionados en función del número de puesta y de cubeta parental, contabilizados a las 8 semanas de vida.

N° de individuos eclosionados en cautividad				
N° de puesta	Cubeta 1p	Cubeta 2p	Cubeta 3p	Cubeta 4p
1	276	273	451	447
2	147	307	405	379
3	129	293	449	336
<b>Total</b>	552	873	1305	1162

El análisis estadístico muestra que los datos cumplen con el supuesto de normalidad y homocedasticidad, según las pruebas de Shapiro-Wilk (tabla 9) y la prueba de igualdad de la varianza de Levene (tabla 10) respectivamente. En ambas pruebas se observa una significancia  $p > 0,05$  que indica que no hay diferencias significativas que lleven a rechazar dichos supuestos.

**Tabla 9.** Prueba de normalidad de los datos de “n° de individuos” de la especie *Gryllus assimilis* en función del número de cubeta parental y el número de puesta según el test de Shapiro-Wilk (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>N_individuos</i>		Shapiro-Wilk		
Cubeta	Estadístico	gl	Sig.	
1,00	,844	3	,223	
2,00	,990	3	,806	
3,00	,783	3	,073	
4,00	,983	3	,753	

**Tabla 10.** Prueba de homocedasticidad (test de Levene) de los datos de “n° de individuos” de *Gryllus assimilis* en función del número de cubeta parental y el número de puesta (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>N_individuos</i>		Shapiro-Wilk		
Estadístico	gl1	gl2	Sig.	
3,437	3	8	,072	

En base a los supuestos se procedió a comparar el número de individuos eclosionado en cada puesta en función del número de cubeta del que proceden mediante un método de comparación múltiple, el análisis de la varianza ANOVA. El valor de significancia  $p < 0,05$

(tabla 11) indica que existen diferencias significativas entre la variable dependiente “nº individuos de *Gryllus assimilis*” o descendencia, en función del factor “Nº Cubeta”. El test de Tukey post-hoc muestra una serie de tres subconjuntos homogéneos, que relacionan las cubetas “1” y “2”, las cubetas “2” y “4”, y finalmente las cubetas “3” y “4”, en términos de descendencia, afirmando las diferencias de producción entre cubetas (tabla 12).

**Tabla 11.** Prueba ANOVA de los datos de “nº de individuos” de *Gryllus assimilis* en función del número de cubeta parental y el número de puesta (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>N_individuos</i>	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	111342,917	3	37114,306	14,026	,001
<b>Dentro de grupos</b>	21169,333	8	2646,167		
<b>Total</b>	132512,250	11			

**Tabla 12.** Test de Tukey Post-hoc de subconjuntos homogéneos observados entre las muestras en base al “nº de individuos” de *Gryllus assimilis* en función del número de cubeta parental y el número de puesta (IBM SPSS Statistics, 25.0).

<i>N_individuos</i>	HSD Tukey - Subconjuntos homogéneos para alfa=0,05				
	Cubeta	N	1	2	3
	1,00	3	183,67		
	2,00	3	291,00	291,00	
	4,00	3		387,33	387,33
	3,00	3			435,00
	<b>Sig.</b>		,124	,179	,680

#### 4.3. Comparación de la producción de *Gryllus assimilis* en cada cohorte en condiciones de cautiverio y en condiciones naturales

Considerando el número inicial de hembra contenido en cada cubeta parental (30 hembras), y la descendencia total dado un periodo de tiempo conocido de tres semanas (tiempo de oviposición total considerando los 3 periodos de puesta de extensión de 1 semana), se estimó la producción semanal aproximada de una hembra empleando la siguiente relación:

$$\frac{\text{Descendencia total } (\sum \text{N}^\circ \text{ de individuos eclosionados})}{\text{N}^\circ \text{ hembras parentales} \times \sum \text{periodo de puesta (semana)}} = \text{n}^\circ \text{ de individuos eclosionados/semana}$$

En base a la producción semanal se hizo una proyección de la producción durante la totalidad de la fase adulta de *Gryllus assimilis*, tomando como referencia una extensión de 12 semanas según cuyos resultados se observan en la tabla 1. En general, se observa un rango de 6 – 13 individuos eclosionados por semana provenientes de una única hembra, así como una producción estimada de 73 – 154 individuos durante toda su fase adulta (tabla 13).

**Tabla 13.** Relación entre el número de hembras de la especie *Gryllus assimilis* contenido en las cubetas parentales y su descendencia en términos de producción en condiciones de cautividad.

<b>Producción en cautividad (n° de Individuos eclosionados por cada hembra)</b>				
	<b>Cubeta 1p</b>	<b>Cubeta 2p</b>	<b>Cubeta 3p</b>	<b>Cubeta 4p</b>
<b>Hembras parentales</b>	30	30	30	30
<b>Descendencia total</b>	552	873	1305	1162
<b>Producción (3 semanas)</b>	18,4	29,1	43,5	38,7
<b>Producción semanal</b>	6,13	9,7	14,5	12,9
<b>Proyección de producción total (12 semanas)</b>	73,56	116,4	174	154,93

#### 4.3.1. Producción total de *Gryllus assimilis* en condiciones naturales según fuentes bibliográficas

Siguiendo el procedimiento mencionado en el apartado anterior, se hizo una estimación de la producción de *Gryllus assimilis* en condiciones naturales, considerando como base la producción registrada en fuentes bibliográficas como Quispe et al. (2021), donde registra que una hembra de la especie *Gryllus assimilis* puede ovipositar hasta un máximo de 200 huevos durante su fase adulta. En función a ese dato, se estimó una producción semanal de 16,6 individuos eclosionados por semana provenientes de una única hembra (tabla 14).

**Tabla 14.** Producción o número de individuos eclosionados provenientes de una única hembra de la especie *Gryllus assimilis* en la totalidad de la extensión de su fase reproductiva adulta, y estimación de la producción semanal.

<b>Producción en condiciones naturales (n° de Individuos eclosionados por cada hembra)</b>	
<b>Producción semanal</b>	16,6
<b>Producción total (12 semanas)</b>	200

#### 4.3.2. Análisis estadístico

Los datos de producción de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad muestran una distribución normal según el test de Shapiro-Wilk (tabla 15), por lo que se procedió a comparar dichos datos con el valor de referencia de producción semanal en condiciones naturales mostrado en la tabla 14 (16,6 individuos eclosionados por hembra) a través de una prueba T para una muestra. Los resultados indican no existen diferencias significativas en términos de producción entre las condiciones de cautividad y las condiciones naturales ( $p > 0,05$ ) (tabla 16).

**Tabla 15.** Prueba de normalidad Shapiro-Wilk sobre la producción o número de individuos eclosionados provenientes de una única hembra de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad (IBM SPSS Statistics, 25.0).

Producción	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
	,961	4	,782

**Tabla 16.** Prueba T de Student referente a la producción provenientes de una única hembra de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad, empleando como valor de prueba la producción semanal en condiciones naturales (16,6 individuos por hembra) (IBM SPSS Statistics, 25.0).

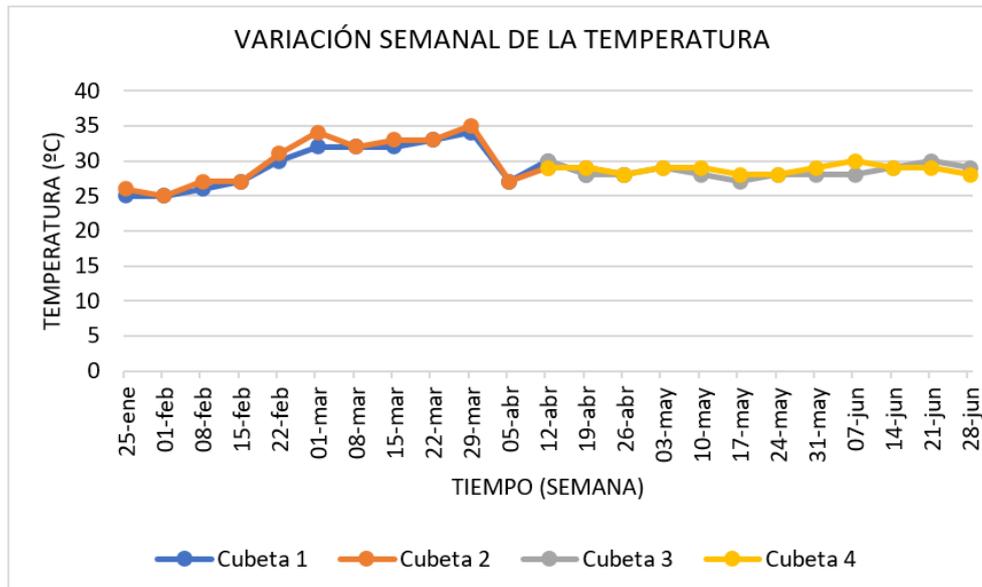
Producción		Prueba T de una muestra – valor de prueba = 16,6			
		95% de intervalo de confianza			
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencias de medias	Inferior	Superior
-3,129	3	,052	-5,79250	-11,6835	,0985

#### 4.4. Variación de las condiciones de temperatura y humedad durante el experimento

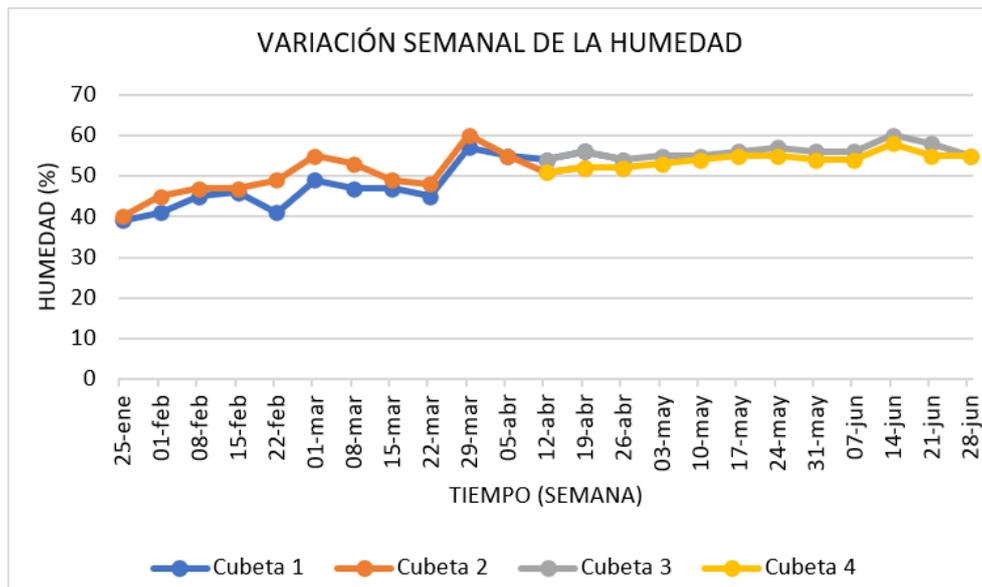
Se realizó un seguimiento semanal de las condiciones de temperatura (figura 6) y humedad (figura 7) en las poblaciones de *Gryllus assimilis* con objetivo de garantizar el mantenimiento de las condiciones ambientales óptimas. Los valores de temperatura se mantienen dentro del rango recomendado según Caporaletti (2018) de 25°C-32°C, al igual que los valores de humedad, que se mantienen con una tendencia en torno al 50% por lo que no se observan condiciones alarmantes para el desarrollo del ciclo de vida de las poblaciones de estudio.

No obstante, se observa que las poblaciones obtenidas de la “cubeta 1” fueron sometidas a un ambiente de humedad cercano al 40% durante su desarrollo, ligeramente inferior al resto de poblaciones. Además, la “cubeta 1” y la “cubeta 2” experimentaron ciertas variaciones de temperatura abruptas (entre 25°C y 35°C, variación de 10 unidades) a diferencia de la “cubeta 3” y la “cubeta 4” cuya tendencia de temperatura fue constante (entre 26°C y 30°C, variación de 4 unidades).

**Figura 6.** Gráfico de variación semanal de la temperatura (°C) en las zonas de cría de *Gryllus assimilis* registrada según termómetros higrómetros.



**Figura 7.** Gráfico de variación semanal de la temperatura (°C) en las zonas de cría de *Gryllus assimilis* registrada según termómetros higrómetros.



## 5. Discusión

### 5.1. Comparación del ciclo de vida de *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad y en condiciones naturales

Se han estudiado dos fases del ciclo de vida de *Gryllus assimilis*: el proceso de oviposición y eclosión de los huevos, y el desarrollo posterior en fase ninfa previo a la madurez reproductiva en su fase adulta. En general se observa una tendencia de disminución del tiempo de eclosión y un ligero aumento de la extensión de la fase ninfa.

La extensión del tiempo de eclosión de los huevos de *Gryllus assimilis* suele variar entre 10 a 12 días tras el momento de puesta según Cruz et al. (2021), sin embargo, las condiciones del módulo de cría han reducido la eclosión a un periodo entre 6 y 10 días, lo que supone una ventaja a la hora de optimizar la productividad. La disminución del tiempo de eclosión en el módulo de cría está condicionada a la temperatura elevada (25°C-35°C) y constante durante el estudio, un resultado que es respaldado por estudios similares realizados en otras especies, como el artículo publicado por Vaca 2020, donde el tiempo de eclosión de los huevos de *Acheta domesticus* disminuye 6 días a 30°C en comparación a al tiempo de eclosión a 27°C. En concordancia con los resultados, Moxica et al (2001) menciona la relación entre la reducción del tiempo de eclosión y las temperaturas elevadas en paralarvas de pulpos (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) en cautividad.

Tras el periodo de eclosión, la extensión de la fase ninfa en las poblaciones de *Gryllus assimilis* en cautividad fue significativamente superior a su extensión en la naturaleza de 49 días según Cruz et al. (2021), resultado contrario a lo esperado en el estudio. No obstante, según especifica Alexander et al. (1957) la extensión de la fase ninfa en *Gryllus assimilis* puede extenderse desde 44 días a 69 días en condiciones naturales, lo cual puede considerarse un rango similar a los resultados obtenidos en el módulo de cría, que varían entre 49 y 61 días.

Se especula que un análisis estadístico comparativo de la misma índole, considerando un número muestral superior, podría mostrar una estrecha relación entre la extensión de la fase ninfa en condiciones de cautividad y en condiciones naturales o incluso mostrar diferencias significativas en las que la extensión de la fase ninfa en cautividad sea menor que en condiciones naturales, basándonos en los análisis de Sturm (1999) donde estudia el ciclo vital de *Acheta domesticus* en condiciones de cautividad. Dicho estudio respalda la relación existente entre el aumento de la temperatura y la reducción de la extensión de la fase ninfa, afirmando

que a una temperatura de 30°C el desarrollo ninfal hasta el alcance de la madurez reproductiva era 52 días inferior que a una temperatura de 23°C, en igualdad de dieta proporcionada.

Observando los datos recopilados en el presente estudio, es visible que la extensión de la fase ninfa de las poblaciones de *Gryllus assimilis* en la “cubeta 3” y la “cubeta 4” son estrechamente similares a la duración de la fase ninfa de referencia de 49 días, a diferencia de las poblaciones provenientes de la “cubeta 1” y la “cubeta 2”, cubetas que han experimentado ciertas dificultades en cuanto al control de temperatura y humedad según se ha comentado con anterioridad, por lo que el control de mismas podría reducir la duración de la fase ninfa en dichas cubetas.

## **5.2. Producción total de las poblaciones de *Gryllus assimilis* en cautividad y comparación con la producción estimada en condiciones naturales**

La producción de las diferentes poblaciones de *Gryllus assimilis* fueron significativamente diferentes en cuanto al número de individuos eclosionados. Los motivos para la menor productividad de la “cubeta 1” y la “cubeta 2” pueden estar ligados a factores biológicos como la edad de los especímenes parentales, un dato desconocido con exactitud en los grillos que conformaron las cubetas parentales “1p” y “2p”, y que se plante en estudios similares como Tavares (1978), autor de “Bioecología y control de *Gryllus assimilis*”. En su artículo estudia el desarrollo de poblaciones de *Gryllus assimilis* en cuanto a la tasa de oviposición y la probabilidad de supervivencia en un periodo de tiempo conocido, datos con los que establece una tasa de reproducción de la especie a la extensión de su ciclo vital. Los resultados que contienen dicho estudio plantean que la actividad reproductiva de *Gryllus assimilis* disminuye considerablemente en individuos adultos de edad avanzada que han experimentado numerosos periodos de oviposición.

La tasa de huevos de *Gryllus assimilis* depositados (y eclosionados) por cada hembra semanalmente en condiciones de cautiverio no muestra diferencias estadísticamente significativas con la tasa de producción semanal en condiciones naturales según la estimación de la cifra total de huevos ovipositados durante la fase adulta (200 huevos), descrita en Quispe et al. (2021). Dicha similitud implica que las condiciones del módulo de cría de insectos “Artropocan”, aunque son mejorables, recrean el ambiente indicado para mantener la producción de *Gryllus assimilis*, y no se observan factores apreciables que perjudiquen dicha producción.

No obstante, considerando las condiciones controladas del módulo de cría de insectos, se aspira a maximizar la producción en comparación a la producción teórica en condiciones naturales. La producción de *Gryllus assimilis* observada en el estudio puede estar condicionada a factores relativos a la humedad ambiente y de los sustratos de puesta, así como la temperatura considerando que autores como Paaijmans et al. (2013) afirman que las condiciones de temperatura y la humedad en los límites del rango óptimo en las zonas de cría de las poblaciones de estudio pueden alterar el desarrollo o la viabilidad de los huevos previo a su eclosión.

### 5.2.1. Efectos de la humedad en la producción de *Gryllus assimilis*

Según los datos recopilados referentes a las condiciones de temperatura y humedad en el módulo de cría durante el estudio, se han mantenido las condiciones óptimas en torno a 25°C-32°C en un ambiente de 50 % humedad relativa (Caporaletti, 2018), tal como se mencionó anteriormente. Sin embargo, la “cubeta 1” y la “cubeta 2” han experimentado las mayores variaciones de ambos parámetros durante su desarrollo, incluyendo los valores mínimos y máximos en comparación a las condiciones ambientales durante el desarrollo de la “cubeta 3” y la “cubeta 4”, lo que podría mermar su producción según Paaijmans et al. (2013).

En concordancia con lo anterior, la humedad del sustrato de puesta tiene relación indirecta con la producción, dado que las hembras de *Gryllus assimilis* y otras especies de grillos como *Anchus domesticus* suelen preferir superficies húmedas para depositar sus huevos, debido a las necesidades de hidratación de estos y a la importancia de las condiciones de humedad durante el desarrollo de su ciclo vital, según especifica Parra (2022). Los recipientes de puesta extraídos de las cubetas parentales “1p” y “2p” mostraron sequedad notable, en comparación a los recipientes de puesta extraídos de las cubetas parentales “3p” y “4p”, aspecto que fue reflejado en su producción, siendo considerablemente superior en las últimas cubetas mencionadas. Por lo tanto, la hidratación adecuada del sustrato de puesta puede maximizar la producción en el módulo de cría de insectos, superando la producción actual.

En contraposición a las ventajas de mantener las condiciones de humedad elevadas en el módulo de cría, valores superiores a 64% de humedad pueden influir en un aumento de la tasa de mortalidad en las poblaciones de grillos (Losada et al., 2019), dado que es un ambiente propicio para la proliferación bacterias y hongos según comenta Menéndez (1997) en su estudio sobre el efecto de la humedad del sustrato sobre la incubación de huevos. De forma similar, las condiciones de temperatura y humedad constante y elevada, así como la disponibilidad de

alimento atraen a otros organismos y depredadores potenciales (Durán-Barrón et al., 2009) como poblaciones de arañas comunes en los módulos de cría de insectos según comenta Jaffe et al., (1989), que pueden ser responsables de mermar la producción en un módulo de cría. Esta situación se ha dado en el módulo de cría Artropocan con la presencia de depredadores en el módulo, específicamente una elevada población de la araña *Steatoda grossa* (C.L. Koch, 1838), la cual fue removida manualmente de cada cubeta durante los monitoreos semanales ante la imposibilidad de usar fitosanitarios por cuestiones evidentes.

### 5.2.2. Efectos de la temperatura sobre la producción de *Gryllus assimilis*

Las condiciones de temperatura no solo afectan al ciclo vital, si no también a la producción. Vaca (2020) muestra un aumento en la producción de *Acheta domesticus* de 66 grillos al pasar de condiciones de cría de 23°C a 25°C, y un aumento de 36 grillos aumentando la temperatura a 30°C, en total se produce una diferencia de producción de *Acheta domesticus* 102 individuos con un aumento de temperatura de tan solo 7°C. Esta relación entre la temperatura y producción podría interpolarse a presente estudio sobre *Gryllus assimilis*, mejorando las condiciones de cría y productividad manteniendo un control de temperatura constante y cercano a 30°C.

### 5.2.3. Efectos del valor proteico de la dieta en la cría y producción de *Gryllus assimilis*

Se propone que un cambio en la dieta proporcionada podría aumentar la producción de *Gryllus assimilis* según se consulta en Sorjonen et al., (2019) en su estudio de dietas para la cría de *Acheta domesticus* y *Gryllus bimaculatus*, donde afirman que se obtienen mejores resultados de producción y crecimiento al proporcionar dietas de alto contenido proteico. De forma similar Vaca et al. (2020) indica que se obtiene el mayor resultado de producción en cuanto a número de grillos eclosionados de *Acheta domesticus* al proporcionar una dieta con 42% de proteína. Por lo tanto, se propone la modificación de la dieta actual de pienso de conejo peletizado (16,2% proteína) a un pienso de proporción proteica superior a base de proteína de origen vegetal, lo cual constituye la siguiente fase del proyecto Artropocan.

## 5.3. Dificultades durante el estudio y aspectos a mejorar

El inicio del estudio se vio limitado por ciertas dificultades en el manejo de material y limitaciones por parte de las instalaciones de “Artropocan”, al ser una iniciativa reciente en sus primeras etapas. Las inmediaciones del módulo de cría presentan limitaciones en cuanto a espacio y materiales, lo que imposibilita la realización de estudios poblacionales de

esta índole con un número muestral grande. Por consiguiente, no se han podido descartar muestras anómalas, como la “cubeta 1”, que claramente experimentó diversas dificultades y presentaba diferencias significativas con el resto de las cubetas. Además, se desconocía con exactitud la edad y estado reproductivo de los ejemplares parentales cedidos y que se usaron en las cubetas parentales “p1” y “p2”.

Por otro lado, la adquisición de nuevo material estuvo sujeta a confusiones en su manejo por parte del personal, concretamente en lo que respecta al dispositivo encargado de controlar la temperatura y humedad del módulo. Por ende, en las etapas iniciales del estudio no se mantenía una temperatura y humedad constante en el módulo de cría, por lo que hubo cambios bruscos de temperatura y resequead de los sustratos de puesta, aspecto que fue mejorado posteriormente.

#### **5.4. Optimización de la producción del módulo de cría con objetivo de la elaboración de productos de consumo**

La reducción del ciclo de vida de la especie *Gryllus assimilis* observada en el presente estudio posee relevancia para la optimización de la producción en módulos de cría de la misma índole que “Artropocan”. La disminución temporal de las fases del ciclo de vida, previo a la fase adulta de cosecha, implica a su vez una reducción de los ciclos de producción: el estado de adultez y de madurez reproductiva se alcanza con anterioridad a la tendencia general de la especie en condiciones naturales, mientras que la producción semanal de individuos viables no experimenta variaciones. Por lo tanto, la producción de individuos será beneficiada a largo plazo con ciclos reducidos y una producción constante en el tiempo.

En conclusión, se han comprobado las premisas principales del estudio: En primer lugar, el ciclo de vida de *Gryllus assimilis* puede experimentar una reducción en condiciones de cautividad, hasta la fase adulta de cosecha, en comparación a las condiciones naturales. En segundo lugar, aunque no se observa un aumento de la producción en el estudio, esta se mantiene similar a las condiciones naturales y es mejorable. En resumen, se ha logrado reducir el tiempo de producción de cada cohorte de *Gryllus assimilis* sin perjudicar la producción en términos numéricos. Los resultados obtenidos son relevantes para optimizar los ciclos reproductivos de la especie en los protocolos de cría, con objetivo de plantear futuras líneas de trabajo enfocadas a la fabricación de productos de consumo empleando *Gryllus assimilis* como materia prima, como una alternativa proteica.

## 5. Conclusiones

1. La extensión del periodo de eclosión de la especie *Gryllus assimilis* en condiciones de cautividad es significativamente inferior a la duración teórica en condiciones naturales.
2. La fase de ninfa del ciclo vital de *Gryllus assimilis* es significativamente superior en cautividad, en comparación a su duración teórica en la naturaleza, probablemente influenciado por las inestables condiciones ambientales al inicio del estudio.
3. La producción de *Gryllus assimilis* en cada cohorte en las condiciones de cautividad del módulo de cría no muestra diferencias significativas con la producción teórica en condiciones naturales.
4. La producción de huevos en las poblaciones de *Gryllus assimilis* es influenciada por factores como la edad de los individuos parentales, estado reproductivo, dieta y variaciones en las condiciones ambientales, concretamente temperatura y humedad.
5. Las condiciones de cautividad del módulo de cría “Artropocan” reducen a escala temporal el ciclo vital hasta la fase adulta de cosecha de *Gryllus assimilis*, mientras que la producción se mantiene constante.

## Conclusions

1. The hatching period of the *Gryllus assimilis* species under captivity conditions is significantly shorter than its theoretical duration in natural conditions.
2. The nymph stage in the life cycle of *Gryllus assimilis* is significantly longer under captivity conditions, compared to its theoretical duration in nature, probably influenced by the unstable environmental conditions at the beginning of the study.
3. The production of *Gryllus assimilis* under the captivity conditions shows no significant differences from the theoretical production in natural conditions.
4. The egg production of *Gryllus assimilis* is influenced by factors such as the age of the parental individuals, reproductive status, diet and variations in environmental conditions, specifically temperature and humidity.
5. The captivity conditions of the “Artropocan” breeding module temporally shorten the life cycle of *Gryllus assimilis* until the adult harvesting phase, while the production remains constant.

## 7. Bibliografía

- Alexander, R.B. (1957). The Taxonomy of the Field Crickets of the Eastern United States (Orthoptera: Gryllidae: Acheta). *Annals of The Entomological Society of America*, 50 (6), 584-602. <https://doi.org/10.1093/aesa/50.6.584>
- Ambrosi, V., Caporaletti, D., Fernandez Arhex, V., Gallardo, G., Lillo, M., Luna, A., & Polenta, G. (2021). Informe Final: Producción de insectos para consumo humano. Descripción de procesos y perfil de riesgo. *Red de Seguridad Alimentaria del CONICET*.
- Andrade, F.H. (2020). *Los desafíos de la agricultura global*. Ediciones INTA. 91 p
- Apolo-Arévalo, L., & Lannacone, J. (2016). Crianza del grillo (*Acheta domesticus*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia*, (17). <https://doi.org/10.31381/scientia.v17i17.389>
- Araujo, R., Benfica, T.S., Ferraz, V. P., & Santos, E. M. (2019). Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>
- Arce, W., & Uruchi, B. (2019). *Determinación de la digestibilidad proteica in vitro de harina de grillo "Gryllus assimilis"*. [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana Unión]. Registro Nacional de Trabajos de Investigación. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2946>
- Bar, M. E. (2010). Orden Orthoptera. *Apunte de Biología de los Artrópodos, Universidad Nacional del Nordeste*, 9.
- Benes, E., Biró, B., Fodor, M., & Gere, A. (2022). Analysis of wheat flour-insect powder mixtures based on their near infrared spectra. *Food Chemistry*: 13, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100266>
- Bicalho, A.(2022). *Composição centesimal da farinha de grilo preto (Gryllus assimilis) e extração e caracterização de proteínas para a alimentação humana*. [Tesis, Universidade Federal de Uberlândia]. Repositorio Uberlândia. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/36533>
- Bosch, G., Zhang, S., Oonincx, D., & Hendriks, W. H. (2014). Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *Journal of Nutritional Science*, 3. <https://doi.org/10.1017/jns.2014.23>
- Caporaletti, D. (2018). Buenas Prácticas en la cría de Grillo (orthoptera, *Gryllus assimilis*).
- Carey, J. R., & Liedo, P. (1999). Mortality dynamics of insects: general principles derived from aging research on the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *American entomologist*, 45(1), 49-55. <https://doi.org/10.1093/ae/45.1.49>
- Chamba Bernal, J. L., Bermeo Cuenca, L. A., & Sarango Ortega, Y. B. (2020). Producción ganadera: la deforestación y degradación del suelo, una estrategia para el desarrollo sostenible. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 77-82. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/389>
- Cruz Fagua, D., Arévalo, H., & Vernot, D. (2021). Artrópodos. Producción de grillos de forma sustentable. En *Universidad de La Sabana, Minciencias, Gobernación de Cundinamarca, ArthroFood eBooks*. <https://doi.org/10.5294/978-958-12-0594-3>
- Cruz, P. D., & Peniche, C. (2018). La domesticación y crianza de insectos comestibles: una línea de investigación poco explorada y con gran potencial para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 4(2), 66-79.
- Da Rosa, A. T., Fernandes, A., Cazarolli, L. H., Pinto, V. Z., & Romão, S. (2022). Potencial de uso de *Gryllus assimilis* como fonte de proteína na dieta de Tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. *Jornada de iniciación científica y tecnológica*, 1(12).
- Da Rosa Machado, C., & Thys, R. C. S. (2019). Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 56, 102180. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102180>
- Dudek, K., Ekner-Grzyb, A., & Sliwowska, J. H. (2014). Ecology of the field cricket (Gryllidae: Orthoptera) in farmland: the importance of livestock grazing. *North-Western Journal of Zoology*, 10, 141102. <http://biozoojournals.ro/nwjz/index.html>
- Durán-Barrón, C. G., Francke, O. F., & Pérez-Ortiz, T. M. (2009). Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas con viviendas de la ciudad de México (Zona Metropolitana). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1), 55-69.
- FAO. 2021. *Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- GBIF Global Biodiversity Information Facility. (s. f.). *Gryllus (Gryllus) assimilis subsp. assimilis (Fabricius, 1775)*. Gbif.org. Recuperado 16 de mayo de 2023, de <https://www.gbif.org/es/species/173046126>
- Govorushko, S. (2019). Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends Food Sci Tech*. 91(1): 436-445. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.032>

- IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 25.0) [Computer software]. IBM Corp.
- Jaffe, K., Granier, M., Zaldivar M., Zalaba, N., Meza, A. & Lara, W. (1989). Método de cría en laboratorio de grillos *Pteronemobius sp.* *Boletín de Entomología Venezonala N.S.* 5(5): 41-46
- Khatun, H., Claes, J., Smets, R. *et al.* Characterization of freeze-dried, oven-dried and blanched house crickets (*Acheta domesticus*) and Jamaican field crickets (*Gryllus assimilis*) by means of their physicochemical properties and volatile compounds. *Eur Food Res Technol* 247, 1291–1305 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03709-x>
- Limberger, G.M. (2018). Análise morfofisiológica associada à reprodução e envelhecimento de *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775) (Orthoptera: Gryllidae). *Repositorio furg.* <http://repositorio.furg.br/handle/1/8178>
- Limberger, G.M., Nery, L.E.M., Fonseca, D.B., 2021. Reproductive status modulates mortality rate, lifespan and egg production, but do not the physiological aging in the field cricket *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775) (Orthoptera: Gryllidae). *Neotrop. Entomol.* 50, 237–246. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00839-x>.
- Losada Luna O.F., Gutierrez Garaviz J., Angarita Maldonado W.L. (2019). GRIANZA: Microganadería Sustentable - Resultados Proyecto de Investigación. *SENA repositorio institucional:* <https://hdl.handle.net/11404/6903>
- Mazurkiewicz, A., Tumialis, D., Pezowicz, E., Jurbański, J., Galewski, P. & Góral, K. 2013. The effect of density on the breeding optimization of the tropical house cricket *Gryllodes sigillatus* (Walker) (Orthoptera: Gryllidae). *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Animal Science*, 52: 135–139.
- Menéndez, A.I. (1997). *Efecto de la humedad del sustrato sobre el éxito en la incubación de los huevos de la Iguana Colorada (Tupinambis rufescens: Squamata, Teiidae)*. [Tesis de Grado. Universidad de Buenos Aires]. Repositorio UBA exactas. [http://hdl.handle.net/20.500.12110/seminario\\_nBIO000516\\_Menendez](http://hdl.handle.net/20.500.12110/seminario_nBIO000516_Menendez)
- Mlček, J., Adámková, A., Adamek, M., Borkovcová, M., Bednářová, M., & Kouřimská, L. (2018). Selected nutritional values of field cricket (*Gryllus assimilis*) and its possible use as a human food. *Indian Journal of Traditional Knowledge* [online]. 2018, vol. 17, iss. 3, s. 518-524. [cit. 2023-07-03]. ISSN 0972-5938. <http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/44581>.
- Moxica, C., Otero-Pinzas, J. J., Iglesias-Estévez, J., & Sánchez-Conde, F. J. (2001). Comportamiento reproductor, puestas y desarrollo embrionario del pulpo (*Octopus vulgaris* Cuvier) en cautividad. <http://hdl.handle.net/10508/7078>
- Naciones Unidas, Departamento de asuntos económicos y sociales, División de Población (2022). Desafíos globales: la población. *Naciones Unidas*. <https://n9.cl/v066z>
- OECD/FAO (2021). *Perspectivas Agrícolas 2021-2030*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/47a9fa44-es>.
- Oonincx, D.G.; Van Itterbeeck, J.; Heetkamp, M.J.; Van den Brand, H.; Van Loon, J.J. y Van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One*. 5(12): e14445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Paaïjms, K.P., Heinig, R.L., Seliga, R.A., Blanford, J.I., Blanford, S., Murdock, C.C., Thomas, M.B., (2013). Temperature variation makes ectotherms more sensitive to climate change. *Global Change Biol.* 19 (8), 2373–2380. <https://doi.org/10.1111/gcb.12240>.
- Parra Rodríguez, A. (2022). *Viabilidad de creación de una granja de grillos (Anchus Domesticus) en Villaveza del Agua*. [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/54754>
- Pedrosa, M., Boyano-Martínez, T., García-Ara, C., & Quirce, S. (2015). Shellfish allergy: a comprehensive review. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, 49, 203-216. <https://doi.org/10.1007/s12016-014-8429-8>
- Poma, G., Cuykx, M., Amato, E., Calaprice, C., Focant, J. F., & Covaci, A. (2017). Evaluation of hazardous chemicals in edible insects and insect-based food intended for human consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 100, 70–79. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.006>
- Porter, R. 2015. Caring for feeder Crickets. General Manager of the Australian Reptile Park in NSW. Disponible en: <http://www.reptilepark.com.au/>
- Pulido Blanco, V. C., González Chavarro, C. F., Tapia Polanco, Y. M., & Celis Ruiz, X. M. (2022). Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 24(2), Pags 81–100. Recuperado a partir de <https://revistasacademicas.ucol.mx/index.php/agropecuaria/article/view/199>
- Queiroz, L. S., Silva, N. F. N., Jessen, F., Mohammadifar, M. A., Stephani, R., De Carvalho, A. F., Perrone, Í. T., & Casanova, F. (2023). Edible insect as an alternative protein source: a review on the chemistry and functionalities of proteins under different processing methods. *Heliyon*, 9(4), e14831. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14831>
- Quinteros M.F. (2021); Evaluación de las actividades biológicas in vitro de los aislados proteicos obtenidos a partir de la harina de grillo (*Gryllus assimilis*). UTC. Latacunga. 67 p

- Quinteros, M.F.; Martínez, J.; Barrionuevo, A.; Rojas, M.; Carrillo, W. Functional, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Properties of Cricket Protein Concentrate (*Gryllus assimilis*). *Biology* 2022, 11, 776. <https://doi.org/10.3390/biology11050776>
- Quispe Borda, J. R., & Zuniga Lozano, W. N. (2021). *Gryllus assimilis* para la minimización de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Lamay-Calca, Cusco. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87746>
- Reátegui, J. L. P., Barriga, X., Obando, A., Moscoso, G., Manrique, P., & Salazar, I. (2020). *Hermetia illucens* larva (Diptera: Stratiomyidae) meal as a protein ingredient for partial replacement of soybean meal in the feed of *Cavia porcellus* (Guinea pig): effect on the consumption, weight gain and feed conversion. *Scientia Agropecuaria*. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.06>
- Resolución 2283 de 2015 [Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación]. Por la cual se establece la introducción de nuevos alimentos para consumo humano. 25 de noviembre de 2015
- Rumpold, B.A. y Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*. 57(5): 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sinclair, B.J., Marshall, K.E., Sewell, M.A., Levesque, D.L., Willett, C.S., Slotsbo, S., Dong, Y., Harley, C.D.G., Marshall, D.J., Helmuth, B.S., Huey, R.B., 2016. Can we predict ectotherm responses to climate change using thermal performance curves and body temperatures? *Ecol. Lett.* 19 (11), 1372–1385. <https://doi.org/10.1111/ele.12686>.
- Sirimungkararat, S., Saksirirat, W., Nopparat, T., & Natongkham, A. (2010). Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. In P. B. Durst, D. V. Johnson, R. N. Leslie, & K. Shono (Eds.), *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on AsiaPacific resources and their potential for development* (pp. 189-200). Bangkok: *Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific*.
- Soares, R.R., Ribero, T., Ferraz, V. y Moreira, E. (2019). Nutritional composition of in-sects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76, 22–26. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.005>.
- Sorjonen J.M, Valtonen A, Hirvisalo E, Karhapää M, Lehtovaara V.J, Lindgren J, et al. (2019) The plant-based by-product diets for the mass-rearing of *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. *PLoS ONE* 14(6): e0218830. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218830>
- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J, Eickhout, B., Kabat, P. (2009). Climate benefits of changing diet. *Climatic change*, 95, 83-102. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9534-6>.
- Sturm, R. (1999). Efecto de la temperatura en la producción y desarrollo de huevos de *Acheta domesticus* L. *Insecta Orthoptera Gryllidae*. *Linzer Biologische Beitrage*, 312, 731-737.
- Tavares, A. (1978). *Bioecologia e controle de Gryllus assimilis (Fabr., 1775) Orthoptera-Gryllidae* [Tesis Doctoral, Universidad de São Paulo]. <https://doi.org/10.11606/D.11.1978.tde-20220207-180553>
- Tolentino, M.C., Icochea, D.E., Reyna, S.P., & Valdivia, R.R. (2012). Influencia de la temperatura y humedad ambiental del verano e invierno sobre parámetros productivos pollos de carne criados en la ciudad de Lima. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 19(1). <https://doi.org/10.15381/rivep.v19i1.642>
- 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>
- Vaca Monteros, J. 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* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10548>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security* (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/258042>
- Vega, P. C. (2012). El grillo de campo jamaicano, *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775), posible especie invasora para España (Orthoptera, Gryllidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 55, 90-94.
- Vera, A. (2020). *Caracterización de la composición nutricional de la harina del grillo común (Gryllus assimilis)* [Tesis, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21797>
- Zaspel, J.M. (2016). The Insects: An Outline of Entomology, 5th Edition. *American Entomologist*, 62(2), 129-130. <https://doi.org/10.1093/ae/tmw008>

## 8. Agradecimientos

Quisiera agradecer a la Fundación Neotrópico y a su personal por la oportunidad de realizar este estudio y participar en el proyecto “Artropocan”, financiado y realizado en colaboración con la Dirección General de Ganadería, de la Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca del Gobierno de Canarias.

A mis tutores, D. Jaime Andrés de Urioste Rodríguez y Dra. Ana Bolaños Martín, por su orientación y dedicación durante todo el proceso.

A la Universidad de La Laguna y su profesorado por el conocimiento que he adquirido durante el grado, especialmente a la Dra. Beatriz Abdul-Jalbar Betancor por su asesoramiento estadístico y el apoyo brindado.

Espero que este estudio pueda contribuir al conocimiento y optimización de la cría de invertebrados, y que a su vez, impulse la exploración de las posibilidades que ofrece la entomofagia, promoviendo alternativas sostenibles frente al desafío de seguridad alimentaria.