

*Para recorrer el libro, puede usar el menú
ubicado en los laterales de las páginas
igualmente puede usar el índice.*



ARTRÓPODOS

Producción de grillos de forma sustentable



Diego Cruz Fagua

Helbert Arévalo Arévalo

Introducción

Diana Vernot

ARTRÓPODOS

Producción de grillos
de forma sustentable

ARTRÓPODOS

Producción de grillos
de forma sustentable

Diego Cruz Fagua
Helbert Arévalo Arévalo

Introducción
Diana Vernot

Cruz Fagua, Diego, autor

Artrópodos. Producción de grillos de forma sustentable / Diego Cruz Fagua, Helbert Arévalo Arévalo, Diana Vernot.
-- Chía: Universidad de La Sabana; MinCiencias, ArthroFood S.A.S., Gobernación de Cundinamarca.

2021

106 páginas; 17 x 24 cm.

Incluye bibliografía

ISBN 978-958-12-0594-3

e-ISBN 978-958-12-0595-0

DOI: 10.5294/978-958-12-0594-3

1. Artrópodos 2. Grillos 3. Insectos comestibles 4. Entomofagia 5. Cría de insectos I. Cruz Fagua, Diego II. Arévalo Arévalo Helbert III. Vernot, Diana IV. Universidad de La Sabana (Colombia). V. MinCiencias. VI. ArthroFood S.A.S. VII. Gobernación de Cundinamarca. VIII. Tit.



Universidad de
La Sabana



El conocimiento
es de todos
MinCiencias

RESERVADOS TODOS LOS DERECHOS

- © UNIVERSIDAD DE LA SABANA
ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS
ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
- © MINCIENCIAS
- © ARTHROFOOD S.A.S.
- © GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA
- © DIEGO CRUZ FAGUA
- © HELBERT ARÉVALO ARÉVALO
- © DIANA VERNOT

Primera edición: noviembre de 2021
ISBN 978-958-12-0594-3
e-ISBN 978-958-12-0595-0
DOI: 10.5294/978-958-12-0594-3
1000 ejemplares
Impreso y hecho en Colombia

Libro resultado de investigación, Convocatoria 829-2018
[“Segunda Convocatoria para proyectos de I+D para el
desarrollo tecnológico de base biológica que contribuyan
a los retos del Departamento de Cundinamarca - 2018”],
proyecto n.º 66219 –2018

DIRECCIÓN EDITORIAL

Universidad de La Sabana
Dirección de Publicaciones
Campus del Puente del Común
Km 7 Autopista Norte de Bogotá
Chía, Cundinamarca, Colombia
Tels.: 861 5555 / 861 6666, ext. 45101
www.unisabana.edu.co
<https://publicaciones.unisabana.edu.co>
publicaciones@unisabana.edu.co

ILUSTRACIÓN, DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO

Dynamic 360 publicidad SAS
Ilustrador: Miguel Francisco Osorio V.
Diagramadora: Patricia Castro Mahecha

CORRECCIÓN DE ESTILO

Carlos Alberto Vargas Méndez

IMPRESIÓN

Dynamic 360 publicidad SAS

insectos para el consumo humano 38

comestibles..... 39

de la producción de insectos comestibles..... 46

Hecho el depósito que exige la ley.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de este libro, sin la autorización de los titulares del *copyright*, por cualquier medio, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático.

Índice de tablas

Tabla 1. Biología de ortóptera. Diferencias biológicas entre <i>Caelifera</i> y <i>Ensifera</i>	50
Tabla 2. Características de la especie <i>Acheta domesticus</i>	54
Tabla 3. Características de la especie <i>Grylloides sigillatus</i>	55
Tabla 4. Características de la especie <i>Grylloides assimilis</i>	56
Tabla 5. Características, ventajas y desventajas de la cría de grillos en contenedores plásticos	67
Tabla 6. Características, ventajas y desventajas de la cría de grillos en contenedores de madera....	67
Tabla 7. Características, ventajas y desventajas de la cría de grillos en contenedores de cemento..	67
Tabla 8. Costos en pesos colombianos de producción por contenedor de cría en condiciones de invernadero a 21 °C para el año 2021. En este escenario se realizarían 3 ciclos productivos al año	72
Tabla 9. Costos en pesos colombianos de producción por contenedor de cría en condiciones óptimas de 30 °C para el año 2021. En este escenario se realizarían 5.5 ciclos productivos al año	72

Tabla 10. Ganancia total anual en pesos colombianos de la producción de grillos de la especie *G. sigillatus* en condiciones de invernadero en el municipio de La Mesa, Cundinamarca, vereda el Hospicio - Colombia, para el año 2021 73

Tabla 11. Ganancia total anual en pesos colombianos de la producción de grillos de la especie *G. sigillatus* en condiciones óptimas de temperatura a 30 °C para el año 2021 73

Índice de figuras

Figura 1. Ejemplo de clasificación taxonómica de artrópodos con sistema jerarquizado 18

Figura 2. Principales grupos de artrópodos y sus unidades funcionales o tagmas..... 19

Figura 3. Morfología general externa de un arácnido 20

Figura 4. Morfología general externa de un crustáceo..... 21

Figura 5. Diferencias morfológicas entre un milpiés y ciempiés..... 21

Figura 6. Aspecto externo de los tres órdenes de entognatos. A. Collembola, B. Diplura y C. Protura 23

Figura 7. Morfología externa de la clase Insecta..... 24

Figura 8. Biodiversidad morfológica de la clase Insecta 24

Figura 9. Tipos de desarrollo y metamorfosis de los insectos..... 26

Figura 10. Tipos de larva y su aspecto morfológico..... 27

Figura 11. Tipos de pupa de insectos. A. Dectica; B. Adeptica; C. Exarata; D.Obtecta..... 29

Figura 12. Representación gráfica de datos sacados de Williams, Williams, Kibaró, Chester y Peterson (2016)..... 42

Figura 13. Hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Grylloides sigillatus*..... 57

Figura 14. Ejemplo del ciclo de vida de *Acheta domesticus* a 29 °C 58

Figura 15. Alimentación de grillos con hojas de yuca 59

Figura 16. Bebederos de aves con esponja para la hidratación de grillos 61

Figura 17. Nidos de grillos y ninfas recién emergidas 65

Figura 18. Tipos de residuos en la producción 77

Agradecimientos

Este libro aúna esfuerzos desde varias aristas. En términos financieros, fue posible gracias al Fondo de CTeI del Sistema General de Regalías del Departamento de Cundinamarca y del programa Nacional Colombia Bio, canalizado a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) a través de la 2ª Convocatoria de proyectos de I+D para el desarrollo tecnológico de base biológica-Cundinamarca, 829-2018.

En términos de contrapartida y aporte al conocimiento, agradecemos a la Universidad de La Sabana y la empresa ArthroFood, quienes mostraron gran compromiso para llevar a cabo el proyecto del cual se deriva este libro: “Cría de grillos para la alimentación humana. Fomento del biocomercio en acompañamiento de mujeres rurales en el municipio de La Mesa, Cundinamarca” (Contrato de Financiamiento de Recuperación Contingente No. 80740-649-2019).

Introducción

En 2018, la Universidad de La Sabana y la empresa ArthroFood aunaron esfuerzos para estructurar el proyecto de investigación *Cría de grillos para la alimentación humana. Fomento del biocomercio en acompañamiento de mujeres rurales en el municipio de La Mesa, Cundinamarca*. ArthroFood, empresa cuyo propósito es la cría de insectos para el consumo humano, ha visto la oportunidad de aportar en el sector industrial de la alimentación a través de una alternativa más sostenible: cría de grillos en condiciones de invernadero.

Aunque en varias partes del mundo los insectos han jugado un papel importante en la nutrición humana, como ocurre en Colombia con las hormigas culonas y el mojojoy (larva de un escarabajo, propio de la región amazónica colombiana) -entre los más reconocidos-, la sistematización y estandarización del proceso de cría de estos animales es novedoso. La producción animal para alimentar al mundo se basa, pero no de manera exclusiva, en animales como la res, el cerdo y el pollo. Para el año 2020, en Colombia se estimó que una persona come al año aproximadamente 10,8 kg de carne de cerdo, 34,2 kg de carne de pollo, 7,7 kg de pescado y 17,1 kg de carne de res (Fedegán, 2020). En lo ambiental, mantener esta producción es riesgoso si se quiere mitigar los efectos del cambio climático. Estudios advierten la necesidad de disminuir la producción de carnes rojas en un 90 %, no solo por la cantidad de gases invernadero que causa su producción de forma extensiva, sino también por el alto gasto de agua que la ganadería provoca (Springmann et al., 2018). Por esto, la domesticación de los insectos puede ser una gran iniciativa

para mejorar las condiciones ambientales en el mundo, así como aporte nutricional para poblaciones que padecen de hambre (Arango, 2005).

Además, como se ha visto en algunos países asiáticos como Tailandia, Laos, Myanmar y Vietnam, criar insectos para el consumo humano ha representado una ventaja en términos económicos y desarrollo para comunidades rurales (Halloran et al., 2017). En este sentido, incentivar la creación de empresas con intereses en esta forma de producción animal para la alimentación puede generar cambios reales en el medio ambiente e impactos en la esfera social, sin olvidar las ventajas nutricionales que estos animales ofrecen, como se desarrollará más adelante.

Uno de los intereses del proyecto mencionado es precisamente incentivar la cría de insectos -especialmente del grillo rayado, *G. sigillatus*- en el municipio de La Mesa, Cundinamarca, zona de influencia donde la empresa ArthroFood ha radicado la licencia ambiental para tal fin. De esta forma, convocamos a un grupo de mujeres rurales, muchas de ellas víctimas del conflicto armado colombiano, para que fueran

partícipes del proceso. Esta idea fue presentada ante la Mesa de Víctimas del municipio y las líderes del grupo mostraron mucho interés.

Parte importante de las consideraciones que tuvimos al plantear el proyecto fue pensar en la situación actual de las mujeres en el campo colombiano. Para el 2019, de las 7.5 millones de mujeres que viven en el campo, tan solo el 34,6 % se encuentran empleadas, un porcentaje muy bajo en comparación con la empleabilidad de los hombres, que es del 71,9 % (DANE, 2019). Además, las mujeres se encuentran en nivel de desventaja porque dedican gran parte de su tiempo a trabajos no remunerados relacionados con las tareas del hogar y del cuidado (Caro, 2004; Vega y Gutiérrez, 2014).

El inicio del proceso con estas mujeres requirió un desarrollo metodológico de índole participativo ligado a la investigación-acción. Por esto, los talleres planeados para dar a conocer las ventajas de la cría de insectos a nivel ambiental, social y económico fueron pensados desde el reconocimiento, junto con ellas, de sus realidades y el fomento del empoderamiento, emprendimiento, cocina y cría de grillos.¹

1 Estas estrategias, más algunas recetas que se pueden realizar con harina de grillo, se encuentran en un libro titulado: *Nuevas alternativas de producción con grillos G. sigillatus. Empoderamiento, emprendimiento y reconocimiento a mujeres rurales del municipio de La Mesa, Cundinamarca - Colombia* también derivado del proyecto "Cría de grillos para la alimentación humana. Fomento del biocomercio en acompañamiento de mujeres rurales en el municipio de La Mesa, Cundinamarca". Código 66219. Contrato de Financiamiento de Recuperación Contingente No. 80740-649-2019. Además, del proyecto "Desarrollo de productos alimenticios que incorporen harina de grillos (*G. sigillatus*) como fuente

Este libro da cuenta de los temas trabajados con ellas sobre los insectos, muchas veces con las complicaciones que trae hablar de términos como, por ejemplo, la clasificación de los artrópodos y sus características. Al entender, con la participación de estas mujeres, que su forma de aprendizaje es más visual, hemos dispuesto ilustraciones y un glosario (palabras en negrita) para que estos aspectos sean más fáciles de identificar y recordar.

Además, este libro pretende ser una guía para que ellas y otros actores que quieran incursionar en la producción de grillos puedan iniciar su propio proceso. De esta forma, al igual que en los talleres realizados, este texto comienza mostrando la biología de los insectos, su importancia a nivel mundial tanto en términos de consumo como en sus valores nutricionales y beneficios para la salud y el medio ambiente. Asimismo, contempla no solo las medidas de seguridad, higiene y residuos con las que debe contar un criadero de grillos, sino también los aspectos legales en torno a su producción.

innovadora proteica con materias primas de Cundinamarca" (Contrato de Financiamiento de Recuperación Contingente No. FP44842-328-2018) de la Universidad de La Sabana, junto con la empresa ArthroFood, y con financiamiento del Fondo de CTeI del Sistema General de Regalías del Departamento de Cundinamarca y del programa Nacional Colombia Bio (MinCiencias) se publicó el libro: *Desde Cundinamarca. Harina de Grillo: Gastronomía y sostenibilidad para Colombia y el mundo*, que contiene 32 recetas con harina de grillo.

Biología de artrópodos



¿Qué son los artrópodos?

El término “artrópodo” nació en 1845 cuando el zoólogo alemán Karl von Siebold describió a un grupo de animales invertebrados con más de 500 millones de años de historia evolutiva, que se caracterizaba por tener apéndices articulados -patas- y cuerpos formados por varios segmentos agrupados en unidades funcionales o **tagmas**. Estos animales tienen un esqueleto externo de **quitina**, el cual va mudando a medida que aumentan su tamaño. Los artrópodos son el grupo de animales vivos más diverso y numeroso, con alrededor de 1.5 millones de especies descritas y se estima que hay aproximadamente otros 14 millones sin describir (Giribet y Edgecombe, 2019; Stork, 2018). Por ejemplo, los ácaros se pueden encontrar en todos los ecosistemas de la tierra, desde los océanos profundos hasta las más altas montañas. Incluso, las arañas se han documentado flotando en la estratosfera. Los insectos se encuentran casi que en todos los ambientes terrestres del planeta y fueron los primeros animales en conquistar los aires. Finalmente, los crustáceos, como los **copépodos** y el **krill**, son la base de la cadena alimenticia de los océanos (Giribet y Edgecombe, 2012). Además, “varias especies están asociadas con la alimentación de animales domésticos, se multiplican en excretas animales, acumulaciones de basuras o desperdicios vegetales. En estos sitios cumplen un papel en su degradación y conversión en abono orgánico” (Arango et al. 2004, p. 2491).

Los artrópodos son vitales para la supervivencia humana al ser los principales polinizadores de cultivos. Algunos producen materias primas para la industria textil, alimentaria, cosmética y farmacéutica, y son una fuente de alimentación en muchos países del mundo. No obstante, otros

generan daños en cultivos y son vectores de enfermedades en animales y plantas (Giribet y Edgecombe, 2012).

Clasificación de los artrópodos

La ciencia que se encarga de reconocer, reportar, clasificar y dar nombre a los organismos vivos se denomina taxonomía. La clasificación taxonómica usa un sistema jerarquizado, el cual agrupa a los organismos según niveles. Los niveles jerárquicos más importantes en orden descendente son: dominio, reino, filo, clase, familia, orden, género y especie (Khawaldeh et al., 2017) (figura 1). No obstante, en muchas ocasiones, hay subdivisiones intermedias como subfilum, subclase, suborden, superfamilia, subfamilia, tribu, subgénero, subespecie, entre otras. Este sistema de clasificación fue desarrollado por el suizo Carl Linnaeus (Gibb y Oseto, 2019).

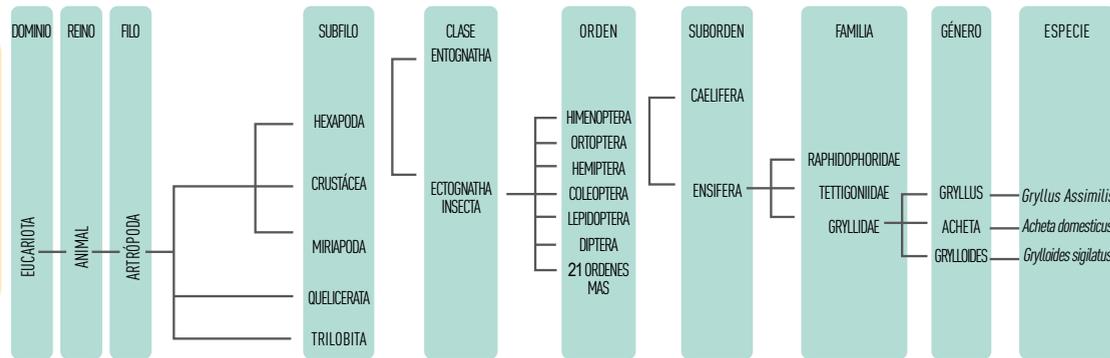


Figura 1. Ejemplo de clasificación taxonómica de artrópodos con sistema jerarquizado.

De acuerdo con sus características, los artrópodos se clasificarían taxonómicamente de la siguiente manera:

Dominio eucariota: organismos formados por células con núcleo verdadero.

Reino animal: son los organismos vivos pluricelulares móviles, que se alimentan de otros seres vivos –heterótro-

fos-, constituidos por células diferenciadas agrupadas en tejidos.

tos agrupados en unidades funcionales o tagmas (figura 2).

Filo artrópoda: animales invertebrados con apéndices articulados -patas-, presencia de un esqueleto externo o **exoesqueleto** de quitina que mudan periódicamente y con un cuerpo dividido en varios segmen-

Para identificarlos morfológicamente se podrían clasificar de forma general de acuerdo con el número de patas como: hexápodos (seis patas), quelicerados (ocho patas), crustáceos (diez patas), y miriápodos (más de diez patas) (de la Fuente, 1994).

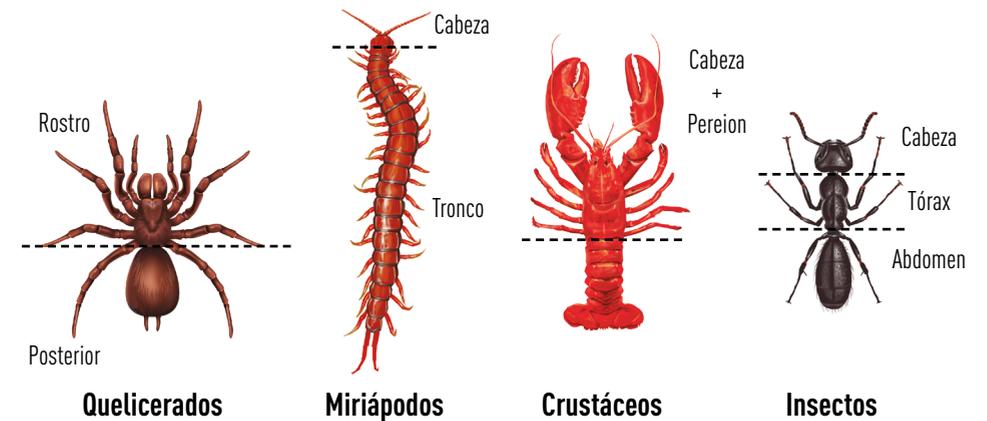


Figura 2. Principales grupos de artrópodos y sus unidades funcionales o tagmas.

Quelicerata

Este grupo aparece en la Tierra en el periodo Cámbrico, es decir, hace más de 500 millones de años. Los quelicerados comprenden alrededor de 100.000 especies descritas y están subdivididos en 14 órdenes (Dunlop, 2010). Habitan ecosistemas tanto terrestres como acuáticos (Schwager et al., 2015). Morfológicamente se caracterizan por tener un cuerpo dividido en dos tagmas denominados **prosoma** y **opistosoma**. Tienen un par de quelíceros, que son estructuras bucales para dominar a sus presas, un par de pedipalpos, usualmente sensoriales, y cuatro pares de patas caminadoras (Gillot, 2005). Los miembros más representativos de este grupo son las arañas, escorpiones y ácaros (figura 3).

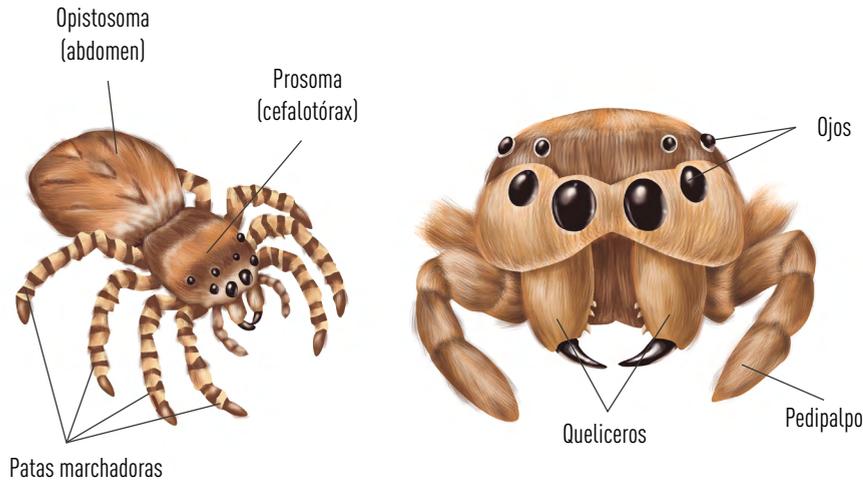


Figura 3. Morfología general externa de un arácnido.

Crustácea

Los crustáceos son el grupo de animales vivos con la mayor diversidad morfológica del planeta. Debido a esta gran diversidad tomaremos como ejemplo los más conocidos para los humanos: los decápodos. Estos tienen tres aspectos característicos. Primero, el cuerpo dividido en tres partes conocidas como céfalon (cabeza), pereion (tórax) y pleon (abdomen), aunque dependiendo del autor el céfalon y pereion, en conjunto, son denominados cefalotórax; segundo, la uniformidad de la cabeza, que vincula segmentos y apéndices correspondientes a dos pares de antenas y tres pares

de apéndices bucales: mandíbulas y dos pares de **maxilas**; tercero, el pereion presenta al menos cinco pares de patas distinguibles (Webber et al., 2010). Dentro de los decápodos se encuentran langostas, cangrejos, langostinos, percebes, krill, entre otros (figura 4).

Debido a su diversidad de formas y tamaños, los crustáceos son capaces de usar diferentes nichos ecológicos y cumplen un papel muy importante como descomponedores o en la cadena alimentaria de los océanos, mientras que otros son considerados manjares en muchos restaurantes del mundo (Szaniawska, 2018).

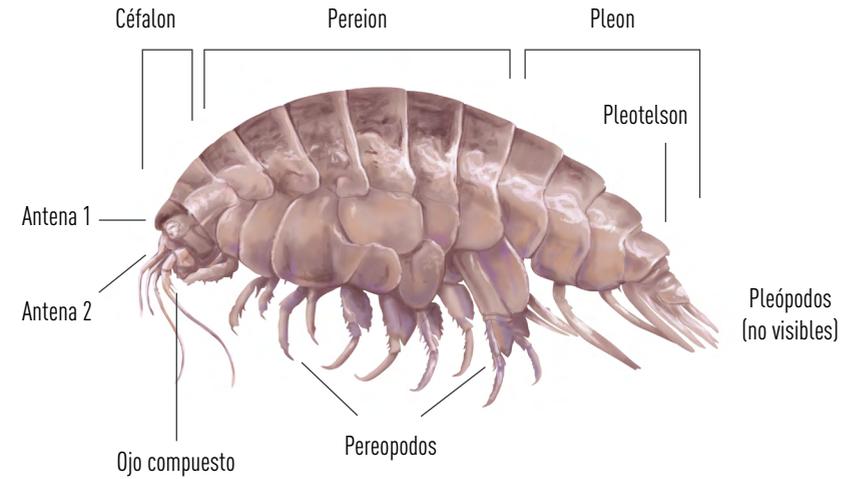


Figura 4. Morfología general externa de un crustáceo.

Miriápoda

Los miriápodos son un grupo con alrededor de 15.000 especies vivas descritas y poco conocidas. Comprenden a los ciempiés, milpiés y otros grupos con escaso conocimiento como los paurópodos y sínfilos (figura 5). A pesar de ser llamados ciempiés o milpiés, estos no tienen 100 o 1.000. Al contrario, suelen tener entre 40 a 60 y 150 a 200 patas, respectivamente.

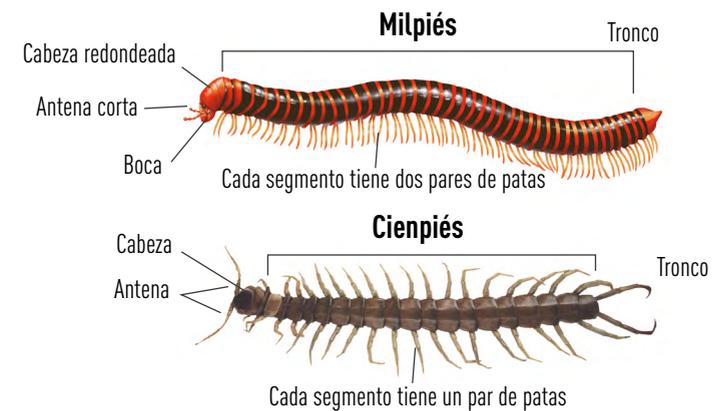


Figura 5. Diferencias morfológicas entre milpiés y ciempiés.

Este conjunto de animales se caracteriza por tener el cuerpo dividido en dos tagmas: cabeza y tronco (Zachariah y Mitchell, 2009). La cabeza cuenta con un par de antenas, ojos compuestos o simples y, dependiendo del grupo, mandíbulas y maxilas. El tronco está dividido en varios segmentos iguales, cada uno con uno o dos pares de patas, según la clase. El cuerpo de los milpiés es cilíndrico con la cabeza redondeada, mientras que los ciempiés tienen la cabeza plana y el primer segmento del tronco modificado en unas estructuras llamadas furcípulas, que son colmillos venenosos usados para capturar a las presas (Zachariah y Mitchell, 2009).

Los miriápodos se encuentran en diversos hábitats, pero es frecuente verlos en bosques tropicales y templados. Si bien la gran mayoría se alimenta de materia orgánica en descomposición, los ciempiés no lo hacen, son principalmente depredadores nocturnos. Respecto a los grupos menos familiares como los paurópodos, y sínfilos, de los cuales muchos son microscópicos, estos habitan el suelo y se alimentan de detritos, es decir, materia orgánica en descomposición.

Hexápoda

Los hexápodos tienen el cuerpo dividido en tres secciones: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza contiene las mandíbulas, maxilas y **labium**, además de los ojos, que en ocasiones pueden estar ausentes. El tórax tiene tres segmentos, cada uno con un par de patas y cada pata está compuesta por cinco o más fragmentos. El abdomen está dividido en 11 partes y, en ocasiones, pueden tener apéndices pequeños y débiles en su inicio. Los hexápodos se dividen en dos grupos:

Entognatha: son aquellos hexápodos que tienen su aparato bucal cubierto, no tan visible. Estos animales no tienen alas, suelen ser de tamaño pequeño, incluso mi-

croscópicos, y habitan principalmente en suelos húmedos. Dentro de este grupo se encuentran los órdenes: Colémbola, Protura y Diplura (Amat-García y Fernández, 2011) (figura 6).



Figura 6. Aspecto externo de los tres órdenes de entognatos. A. Collembola, B. Diplura y C. Protura.

Nota: **Imagen A.** Adaptado de Collembola, Tony, 2019, Flickr (<https://www.flickr.com/photos/32977858@N02/48218741266>). CC BY-NC-SA 2.0; **Imagen B.** Adaptado de Diplura, Andy Murray 2012, ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diplura_\(8300785731\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diplura_(8300785731).jpg)). CC BY-SA 2.0; **Imagen C.** Adaptado de Protura de Durham, David R. Maddison 2014, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protura_from_Durham_NC_USA_.jpg). CC BY-SA 3.0.

Ectognata o Insecta: son hexápodos de diversos tamaños que se caracterizan por tener las piezas bucales visibles externamente. La mayoría tienen alas, aunque algunas no son evidentes o funcionales, ojos compuestos y ocelos (figura 7). Los insectos comprenden el grupo de animales más diverso, abundante y exitoso de la Tierra con cerca de un millón de especies (figura 8). Pueden encontrarse en cada rincón del planeta, desde el litoral, hasta los desiertos y montañas altas. Se estima que por cada ser humano existen 200 millones de insectos, lo cual los hace abundantes (Smithsonian, 2021).

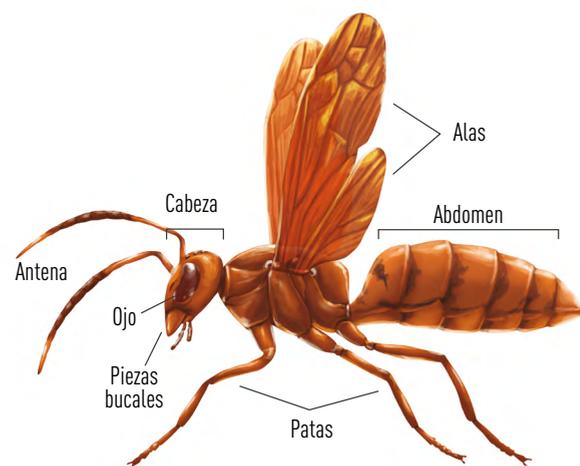


Figura 7. Morfología externa de la clase Insecta.

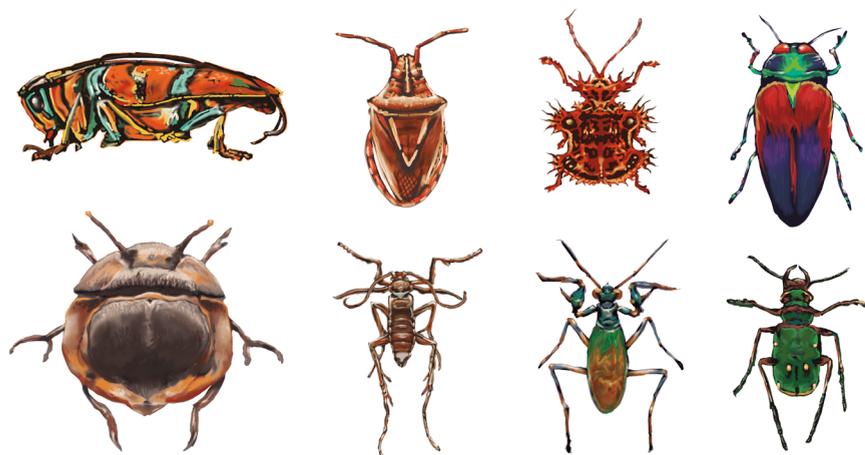


Figura 8. Biodiversidad morfológica de la clase Insecta.

El éxito de los insectos se debe a diferentes características. La principal es el integumento, cobertura natural de un organismo, que en el caso de estos corresponde al exoesqueleto y está formado por la cutícula. Esta se compone principalmente por un polisacárido denominado quitina, además de otros compuestos como proteínas que forman una estructura resistente, fibrosa, ligera y flexible, funcional para enganchar músculos de estos animales, así como de escudo externo. Una de las características más

importantes de este integumento es que segrega una capa cerosa que reduce de forma muy significativa la pérdida de agua (Muthukrishnan et al., 2020; Gullan y Cranston, 2014).

Otra característica que ha ayudado a su éxito es su pequeño tamaño. Esto les permite la explotación de recursos alimenticios que están en muy baja concentración. Además, la presencia de alas les confiere una alta capacidad de dispersión y búsqueda de refugio frente a depredadores.

Otro punto esencial de los insectos es su alta tasa reproductiva. Las hembras son capaces de poner cientos de huevos durante su ciclo biológico y, por lo tanto, tener una gran descendencia que permite adaptarse rápidamente a nuevas condiciones ambientales.

Finalmente, los diferentes estadios de desarrollo a lo largo de su ciclo de vida les ha permitido explotar diversos recursos alimenticios y ambientes, lo cual reduce la competencia por recursos entre los estadios juveniles y adultos (Gullan y Cranston, 2014).

Ciclo de vida de los insectos

El ciclo de vida de los organismos corresponde al conjunto de etapas sucesivas de desarrollo que ocurren a lo largo de su vida. En el caso de los insectos, el conjunto de etapas se denomina metamorfosis, que es el proceso biológico con el cual se dan una serie de cambios fisiológicos, morfológicos, incluso de hábitat, desde el nacimiento hasta la adultez. Este proceso no es único de los insectos, también se puede presentar en moluscos, crustáceos y anfíbios, entre otros.

A lo largo de la evolución de los insectos, se han generado tres patrones de desarrollo, conocidos como metamorfosis ametábola, **hemimetábola** y **holometábola** (figura 9).

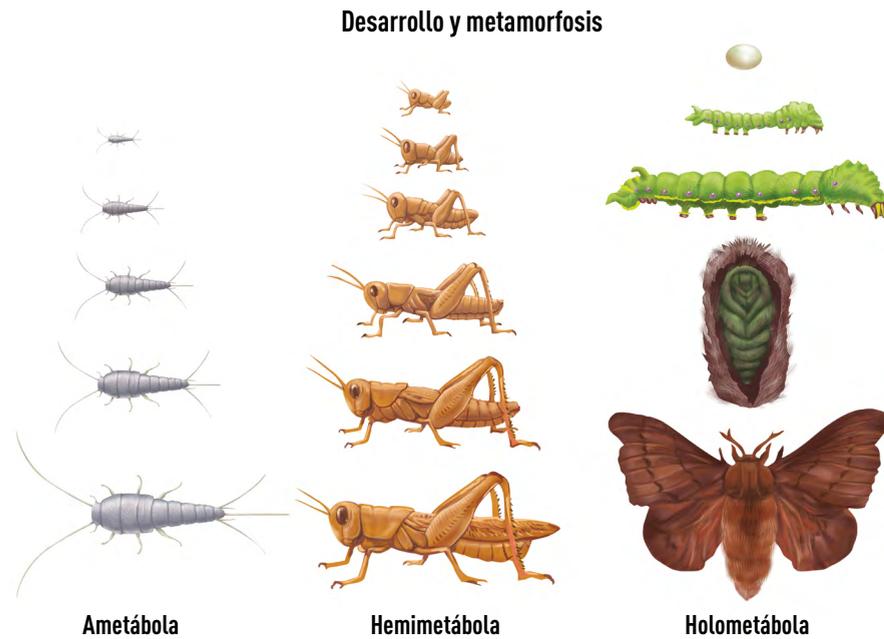


Figura 9. Tipos de desarrollo y metamorfosis de los insectos.

La metamorfosis ametábola ocurre principalmente en los órdenes entognatos e insectos *apterigotas*, donde los adultos no desarrollan alas. Esta metamorfosis se caracteriza porque los cambios de los estadios juveniles a adultos son mínimos y se manifiestan más que todo en el incremento del tamaño y el desarrollo del aparato reproductor. En los entognatos e insectos con metamorfosis ametábola, tanto las formas juveniles como adultas, comparten el mismo nicho ecológico (Gillot, 2005).

Los insectos con metamorfosis **hemimetábola** o incompleta se caracterizan porque, a lo largo de su ciclo de vida, los diferentes estadios de desarrollo, o técnicamente conocidos como estadios ninfales, las formas juveniles o **ninfas** son muy similares

morfológicamente y a menudo comparten el estilo de vida de las formas adultas. La diferencia radica en que, en el momento de pasar del último estadio ninfal al estadio adulto, los órganos reproductores y las alas terminan de desarrollarse. Dentro de los insectos más comunes con este tipo de metamorfosis se encuentran las libélulas (Odonata), tijeretas (Dermaptera), grillos y saltamontes (Ortóptera), mantis religiosas (Mantodea), cucarachas (Blattodea) y termitas (Isoptera) (Belles, 2020).

Por otro lado, los insectos con metamorfosis **holometábola** se caracterizan por tener una metamorfosis completa, es decir, que del huevo **eclosiona** una larva que pasa por diferentes estadios larvales, o técnicamente instares, durante los cuales

la larva crece de tamaño; luego pasa a un estadio conocido como pupa y, finalmente, al estadio de adulto. En el grupo de insectos más conocidos con metamorfosis holometábola se encuentran: las abejas, las avispas, las hormigas (Himenóptera), los escarabajos o los cucarrones (Coleóptera), las moscas (Diptera) y las mariposas (Lepidoptera). No obstante, hay ocho grupos de insectos u órdenes no tan conocidas que también tiene este tipo de metamorfosis (Belles, 2020).

La larva

Del huevo eclosiona una larva y de esta manera se marca el inicio del primer estadio larval (instar), que finaliza luego de

que el insecto se ha alimentado y crecido, lo cual hace necesario el cambio de la cutícula por otra nueva de mayor tamaño. Este último paso es conocido como ecdisis y ocurre de forma sucesiva hasta que el insecto pasa a la etapa de pupa o adulto (Gullan y Cranston, 2014).

Las larvas de los insectos muestran una diversidad extraordinaria en términos morfológicos derivada de la adaptación a diferentes ambientes, fuentes de alimento y defensa contra depredadores. Estas son clasificadas en tres grandes grupos (figura 10), basados en sus características morfológicas, especialmente en la presencia o ausencia de patas (Berlese, 1913).

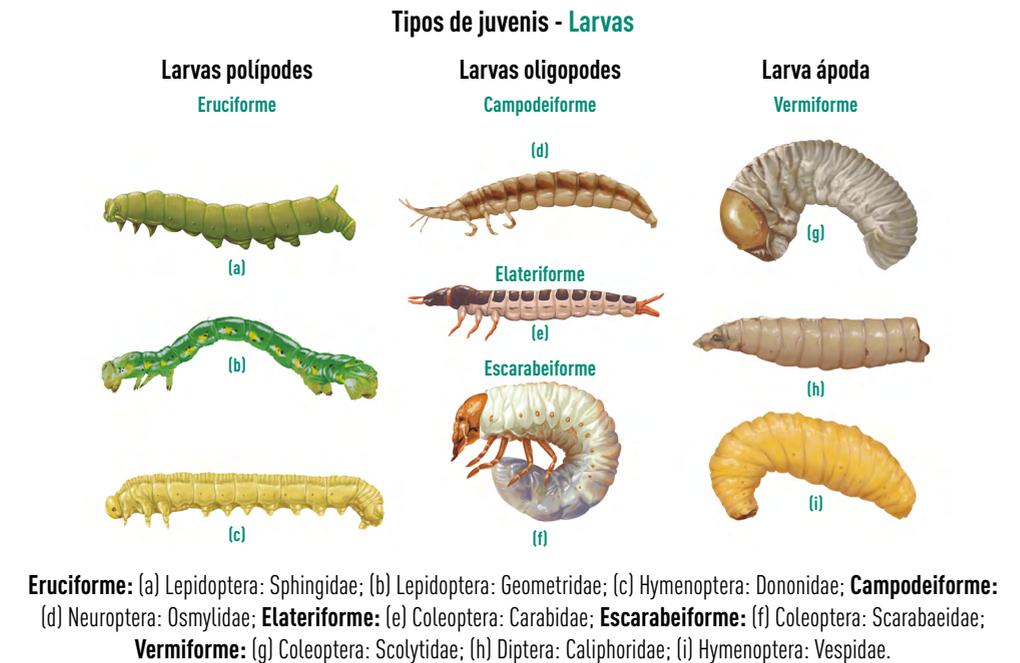


Figura 10. Tipos de larva y su aspecto morfológico.

Las larvas de forma *oligópoda* tienen tres pares de patas torácicas y una cabeza bien desarrollada con aparato bucal y ojos simples. Este grupo se subdivide en dos tipos de larvas: *scarabeiforme* que se caracteriza por tener un cuerpo redondeado, patas cortas, tórax y abdomen poco **esclerotizado**, cualidades asociadas a un ambiente bajo tierra y comportamientos excavadores. Las de tipo *Campodeiforme* son más activas, muchas de ellas son depredadoras y habitan sobre la superficie del suelo. Su cuerpo es dorsoventralmente aplanado con patas largas y abdómenes fuertemente esclerotizados. Los órdenes de insectos con tipo de larva oligópoda son neurópteros, megalópteros y coleópteros.

Las larvas *polípoda*s se caracterizan por tener un cuerpo redondeado, poco esclerotizado, con patas torácicas cortas y **pseudópodos** en los segmentos abdominales. Este grupo suele ser fitófago, es decir, que se alimenta de plantas y son poco activas al permanecer cerca de su fuente de alimento. El orden de insecto más común con este tipo de larva es el de los Lepidópteros, en el que se encuentran las mariposas y polillas.

Las larvas *ápoda*s se caracterizan por la ausencia de patas torácicas, tienen cuerpo redondeado en forma de gusano, suelen habitar en residuos orgánicos en descomposición o dentro de los cuerpos de otros organismos como *parasitoides*.

La pupa

La pupa es una etapa de desarrollo exclusiva de los insectos con metamorfosis holometábola. Esta es un estadio quiescente (inmóvil) intermedio entre la larva y el adulto en la cual el insecto no se alimenta y genera cambios extremos en los tejidos. Para muchas especies, la pupa es un estadio en el que los insectos resisten condiciones ambientales adversas y se conoce como **diapausa**. Así como las larvas, las pupas también se pueden agrupar dependiendo de sus características morfológicas. Estas pueden ser agrupadas de acuerdo con la presencia o ausencia de mandíbulas funcionales, las cuales son usadas por los adultos para emerger del **capullo**.

Aquellas pupas que tienen mandíbulas funcionales -que se mueven- son denominadas *décticas*, mientras que en las *adécticas* esta parte del cuerpo no es funcional (figura 11). Estas últimas se clasifican a su vez en el tipo *exarata* cuando tienen las antenas, piezas bucales, patas y alas, libres y visibles. Las pupas de tipo *obtecta* tienen sus apéndices unidos al cuerpo y recubiertos por una cutícula fuertemente esclerotizada. Este tipo de pupa se encuentra principalmente en el grupo de las mariposas y polillas (Belles, 2020; Gullan y Cranston, 2014).

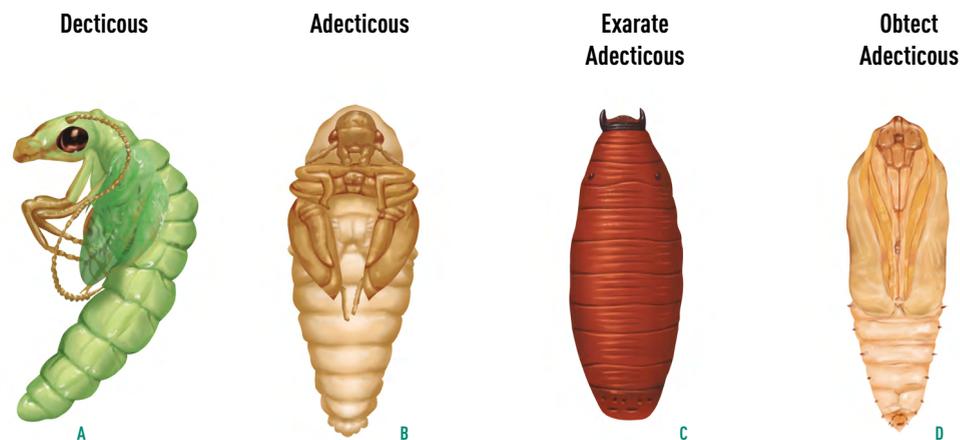


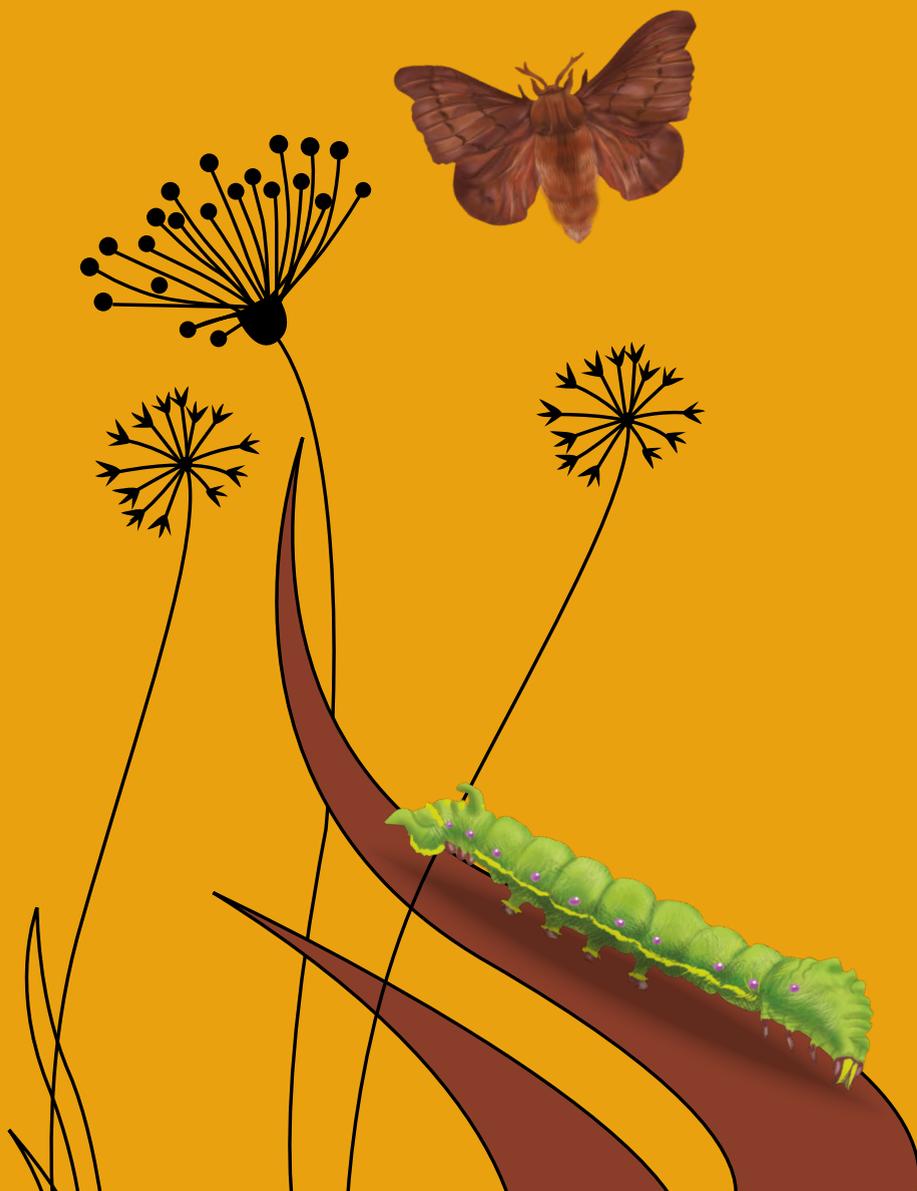
Figura 11. Tipos de pupa de insectos. A. Déctica; B. Adéctica; C. Exarata; D. Obtecta.

El adulto

La salida de los adultos, en el caso de los insectos con metamorfosis ametábola o hemimetábola, consiste únicamente en el cambio de muda del último estadio ninfal al adulto, diferente en los insectos con metamorfosis holometábola, que consiste en la salida del adulto de la pupa o del capullo que la contiene. La emergencia de los adultos es desencadenada por factores medioambientales como la temperatura y fotoperiodo, principalmente de las horas de luz y oscuridad. Esto lleva a que la salida de los adultos ocurra de forma sincronizada, un fenómeno crucial en este tipo de animales de ciclo corto, que permite una mayor probabilidad de encuentros reproductivos (Gullan y Cranston, 2014).

Los adultos tienen un papel preponderantemente reproductivo y de dispersión teniendo en cuenta el alto sedentarismo de los estadios larvales. Los adultos de algunos órdenes de insectos, como el efemérotera, viven unas pocas horas, uno o un par de días. En ocasiones, no desarrollan partes bucales para la alimentación, por lo que su única función es reproductiva. En otros órdenes de insectos, la vida adulta es más larga, de varios años como ocurre en las reinas de los grupos de insectos sociales y **eusociales** como las termitas, abejas y hormigas (Gullan y Cranston, 2014).

Importancia de los insectos



La mayoría de las especies animales de la Tierra son insectos y están presentes en casi todos los ecosistemas del planeta, a excepción de las zonas más profundas del océano (Footitt y Adler, 2009). Se ha estimado que los insectos representan alrededor del 80 % de las especies animales del planeta mostrando una riqueza y abundancia. Debido a esto, son responsables de importantes servicios ecosistémicos, entre los que están la polinización de plantas, control de plagas, fertilidad de los suelos y son pieza clave en las **redes tróficas** (Omkar, 2017).

Polinización

La polinización es el proceso de transferir polen desde la parte masculina de una flor (anteras) a la parte femenina (estigma) para permitir la fertilización y producción de semillas. Los insectos son los principales polinizadores de plantas. Se ha estimado que aproximadamente el 90 % de las plantas con flor dependen de insectos como abejas, escarabajos, polillas y moscas para la polinización (Hoshiba y Sasaki, 2008). Los insectos visitan las flores para recoger polen y néctar como fuente de alimentación. Los polinizadores más importantes son las abejas, pero los escarabajos, las mariposas y las moscas también juegan un papel relevante en estas tareas (Miñarro et al., 2018).

Ciclado de nutrientes

El ciclado de nutrientes se refiere a cómo la materia orgánica e inorgánica se mueve del medioambiente a los organismos y luego estos son reciclados y devueltos al medio. El material vegetal muerto, al contener un alto contenido de material fibroso, es difícil de descomponer por la gran mayoría de especies animales; no obstante,

insectos como las cucarachas y termitas son capaces de descomponerlos gracias a los microorganismos simbioses que viven en su sistema digestivo (Hartley y Jones, 2008).

También hay una cantidad de insectos asociados a la descomposición de material orgánico de origen animal como moscas y escarabajos. Los escarabajos peloteros, por ejemplo, entierran y consumen excrementos de animales mejorando la fertilidad y aireación de los suelos (Hartley y Jones, 2008). Asimismo, los insectos, al alimentarse de las plantas, incrementan la abundancia de ellas, debido a que aumentan la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno en los suelos, defoliándolas o transformándolas en excrementos (Jankielsohn, 2018).

Control de plagas

Muchas especies de insectos ayudan a controlar la población de organismos **fitófagos** -que comen plantas- y a mantenerlos por debajo de los umbrales de daño tanto en cultivos agrícolas como en ecosistemas naturales. Una técnica sostenible de control de plagas agrícolas es conocida como control biológico y se basa en el uso de enemigos naturales como depredadores y parasitoides para reducir la población de insectos fitófagos. Uno de los grupos de insectos más usados son las mariquitas, que son capaces de consumir alrededor de 600 áfidos (pulgones) a lo largo de su ciclo de vida. Otro ejemplo se da con los parasitoides de la familia Ichneumonidae, del orden Hymenoptera, que pueden atacar huevos, larvas y adultos de muchas especies de insectos (Feener y Brown, 1997).

Entomología forense

La entomología forense es el estudio de los insectos y otros artrópodos en las investigaciones criminales porque a lo largo de las etapas de descomposición de un cuerpo los insectos se ven atraídos para alimentarse. Por lo tanto, la presencia de determinada especie de insecto y su estadio de desarrollo puede ayudar a estimar la hora de muerte, cambios de posición o causa de la muerte de un individuo (Joseph et al., 2011).

Lacas y colorantes

Algunas especies de insectos del grupo de las cochinitas producen resinas naturales como ceras y lacas usadas en brilladores de suelos, polichadores de zapatos y tintas de impresoras. También muchos productos de color rojo, como cosméticos y alimentos, utilizan el carmín, un colorante extraído de la especie *Dactylopius coccus* (Omkar, 2017).

Seda

La sericultura es la técnica de producción de seda, uno de los textiles de mayor calidad del mundo. La seda se obtiene a partir de la producción de larvas de polillas de la especie *Bombix mori* y la recolección de sus capullos, que son sometidos a una serie de procesos térmicos para separar los filamentos del capullo y de esta forma obtener la seda (Omkar, 2017).

Entomofagia



La entomofagia es el hábito de consumir insectos, una práctica realizada por los humanos desde sus inicios (van Huis, 2017). De hecho, el único grupo de invertebrados que hace parte de la dieta de todos los primates actuales, desde el más pequeño al más grande, incluyendo a los humanos, son los insectos (Mc Grew, 2014). El registro fósil ha mostrado que antecesores de los humanos tenían morfologías craneales y dentales consistentes con algún grado de entomofagia (Ramos-Elrod, 2009). Por ejemplo, placas dentales del género *Homo*, encontradas en España y datadas de hace 1.2 millones de años, mostraron la presencia de fragmentos de insectos. Con relación al *Homo sapiens*, o ser humano, coprolitos o excrementos de humanos fosilizados mostraron residuos de hormigas y escarabajos. Además, pinturas rupestres en Altamira, España, datadas desde hace 30.000 a 90.000 años, representan escenas de recolección de insectos comestibles y miel de abejas (Hardy et al., 2017). Esto refleja que el consumo de insectos ha jugado un papel protagónico en la dieta de los humanos primitivos y han servido como equivalente a las carnes rojas o blancas y otra variedad de frutas y verduras. Y también aportan proteínas, **ácidos grasos** como omega-3, carbohidratos, vitaminas y minerales, como hierro y zinc (van Huis, 2017).

Actualmente 2.500 millones de personas alrededor del mundo consumen aproximadamente 1.900 especies de insectos como parte esencial de sus dietas, más que todo en las zonas tropicales de América, África y Asia (ver mapa en Jongema, 2017), donde países como China, Tailandia, y México son los mayores consumidores (van Huis, 2016). Una cantidad importante de estas especies es capturada de la naturaleza; unas pocas son producidas a gran escala.

Insectos consumidos alrededor del mundo

En el mundo, las especies de insectos más consumidas son los coleópteros (32 %), seguido de las larvas de Lepidópteros (17 %), abejas y avispas (Hymenoptera) (16 %), grillos y saltamontes (Ortóptera) (13 %), entre otros. Su consumo, en ocasiones, es estacional y en algunas partes del mundo es más frecuente el consumo de un grupo determinado de especies (Naseem et al., 2021). Los Lepidópteros son consumidos como orugas. Los himenópteros, principalmente en los estadios de larva y pupa, aunque también son consumidos como adultos. En el caso de los coleópteros se consumen tanto las larvas como los adultos, mientras que los grillos, saltamontes y termitas son mayoritariamente consumidos en estadio de adulto (Kelemu et al., 2015).

Por ejemplo, en África se han contabilizado alrededor de 1.500 especies de insectos comestibles, aunque los más consumidos suelen ser termitas, larvas de mariposas y polillas (Raheem et al., 2018). En particular, en la República Centroafricana se ha estimado que se consumen alrededor de 96 especies de insectos. En el Congo se consumen alrededor de 65 especies de insectos, que representan en promedio el 10 % del total de la proteína de origen animal producida por este país y en algunas zonas los insectos pueden llegar a representar hasta el 37 % del consumo diario de proteína animal. Además, se ha encontrado que algunas larvas de Lepidópteros consumidas en este país llegan a contener un 63,5 % de proteína con niveles tres veces mayores al consumo diario recomendado de hierro (Omkar, 2017).

En Angola, una de las especies más consumidas es la larva del escarabajo *Rhynchophorus phoenicis*, la cual tiene un contenido calórico de 561 kcal/100 g y niveles elevados de zinc, tiamina y riboflavina. En Zambia, durante los meses más calurosos de fin e inicio de año, los alimentos comienzan a escasear, momento en el que varias larvas de Lepidópteros se convierten en su principal fuente de alimentación, consumidas como snacks fritos o en forma de puré. Asimismo, los productos producidos por las abejas se convierten en bebidas energizantes. Las ceras son usadas para la fabricación de velas o para acondicionar instrumentos musicales (Omkar, 2017). En Guinea, Gabón y Camerún, las personas suelen capturar larvas acuáticas de odonatos o libélula. En Nigeria, la especie de termita *Macrotermes natalensis*, el grillo africano *Brachytrupes membranaceus* y las larvas de la polilla emperador *Cirina forda*, son las especies de insectos más consumidas (Patel et al., 2019). En la parte sur de África, las ventas de la larva mopana generan anualmente 85 millones de dólares con un estimado de 9,5 billones de insectos colectados anualmente (Raheem et al., 2018).

En el caso de Asia, 349 especies de insectos son consumidas en 29 países (Ramos-Elorduy, 2009). China tiene una larga tradición en el consumo de insectos. Uno de los más comunes es *Bombyx mori*, consumido como subproducto de la producción de la seda. Por otro lado, los insectos también son usados dentro de la medicina China. Por ejemplo, las larvas parasitadas por el hongo entomopatógeno, *Ophiocordyceps sinensis*, son usadas para mejorar el sistema inmune por sus propiedades anticancerígenas (Yoshikawa et al., 2004). También se ha reportado que hormigas infusionadas en alcohol y extractos de larvas de la especie *Antheraea pernyi* pueden llegar a mejorar el sistema inmune y el desempeño sexual (Prischmann, 2008). Otros productos más innovadores, basados en insectos en formato de cápsulas, bebidas y polvos, son vendidos como productos altos en proteína y **aminoácidos** (Feng et al., 2017).

Países como Tailandia, Laos y Vietnam son conocidos por su alto consumo de insectos comestibles y la presencia de mercados exóticos que atraen a turistas donde se pueden encontrar diversidad de espe-

cies. Años atrás, en estos países, el consumo de estos animales era percibido por los habitantes de las ciudades más desarrolladas como una práctica realizada por personas de bajos recursos; sin embargo, su popularidad se ha expandido y personas de estratos altos ya los consumen sin ningún problema. Se ha reportado que, solo en Tailandia, se consumen alrededor de 200 especies de insectos comestibles. La gran mayoría de ellos son capturados directamente de la naturaleza, pero unas pocas especies, como la oruga del bambú *Omphisa fuscidentalis*, los grillos *Acheta domesticus*, *Gryllus assimilis* y *Gryllodes sigillatus*, son producidos a mediana y gran escala, con lo que genera ingresos significativos a los productores rurales (Hanboonsong et al., 2013).

En Australia, los aborígenes son grandes consumidores de una diversidad de insectos, entre los cuales están las orugas de Lepidópteros y los escarabajos, así como las hormigas y las abejas que, de a poco, se han venido introduciendo en restaurantes exclusivos (Feng et al., 2017).

Emprendimientos basados en insectos para el consumo humano

El interés por los insectos para la alimentación humana en países occidentales ha estado casi ausente durante los últimos 10 años, pero recientemente ha llamado la atención de investigadores, productores y consumidores. Esto se evidencia no solo por los medios de comunicación, sino que ha sido casi exponencial la atención desde el punto de vista científico con la publicación de artículos (van Huis, 2020a). Por ejemplo, el reporte *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security* se ha convertido en uno de los documentos más visitados de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO) con siete millones de descargas.

Adicionalmente, el número de *start-ups* relacionadas a la producción y comercialización de productos basados en insectos se ha multiplicado y se estima que en este momento hay más de 290 emprendimientos alrededor del mundo (BugBurger, 2015). Para septiembre del 2020, empresas dedicadas a la producción de insectos para el consumo humano habían logrado inversiones por alrededor de 600 millones de dólares. Por otra parte, se ha estimado que el mercado de los insectos comestibles alcanzará los 1.2 billones de dólares para el 2023 y los 8 billones para el 2030 (Meticulous blog, 2020).

En Colombia, la única empresa dedicada a la producción y comercialización de productos basados en insectos es ArthroFood que inició operaciones en el año 2018 y tiene entre sus productos harina de grillo, barras altas en proteína y hamburguesas. Sus productos pueden ser consultados en la página web: www.guachefoods.com. Por otro lado, alrededor del mundo son varias las empresas que están dedicadas a la producción o a la comercialización de productos basados en insectos. Dentro de las más prominentes se encuentra *EXXO* de Estados Unidos, *Jimmini's* y *Micronutris* de Francia, *Thailand Unique* de Tailandia, *SENS Food* de República Checa, entre otros,

que pueden ser consultados en el blog de Bug Burger (2015).

Además, son muchos los productos que se han desarrollado a partir de insectos como barras proteicas, hamburguesas, panes, galletas, cervezas, pastas, snacks, salsas, batidos, granolas, helados, aceites, mezclas listas para pancakes y tortas, entre otros (BugBurger, 2015).

Valor nutricional de los insectos comestibles

Son varias las publicaciones científicas que reportan el alto valor nutricional que tienen los insectos. No obstante, por su alta diversidad, no es fácil dar datos exactos de su valor nutricional debido a que este depende de la especie, estadio de desarrollo, tipo de alimentación, modo de producción y preparación. A modo general, los principales constituyentes nutricionales de los insectos son proteínas, seguidos de ácidos grasos, fibra, carbohidratos y cenizas (Hlongwane et al., 2020; Rumpold y Schlüter, 2013).

La proteína es el más importante en términos nutricionales en los insectos. Por esta razón, estos animales han sido vistos como una de las mejores alternativas para suplir la demanda de proteínas de origen animal en los próximos años (Hanboonsong et al.,

2013). El contenido de proteína de estos, en peso seco, varía desde un rango del 35,3 % en termitas hasta un 77 % en algunas especies de saltamontes (Hlongwane et al., 2020; Rumpold y Schlüter, 2013).

Los aminoácidos son de gran importancia, al ser los bloques para la construcción de proteínas y los que aseguran un correcto crecimiento, desarrollo y mantenimiento del cuerpo. De los 22 aminoácidos, nueve son esenciales e indispensables para el ser humano dado que no los puede sintetizar y se obtienen a partir de la comida; principalmente en proteínas de origen animal incluyendo a los insectos (Schwab, 2011). Por otro lado, los aminoácidos esenciales como la lisina y el triptófano, que se encuentran ausentes en los vegetales y cereales, están presentes en los insectos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2007), la composición de los aminoácidos de los insectos aporta todos los compuestos esenciales en la nutrición humana. De hecho, los insectos son ricos en fenilalanina, tirosina, triptófano, lisina y treonina, lo cual hace que su proteína sea de alta calidad y tenga una digestibilidad similar a la de las carnes convencionales (Kouřimská y Adámkava, 2016; Mlcek et al., 2014).

Otra de las propiedades funcionales de los insectos es la presencia de **péptidos bioactivos**, que son secuencias de aminoácidos en el interior de las proteínas, las cuales, al liberarse por medio de la digestión, ejercen actividades positivas en el cuerpo. Por ejemplo, se ha encontrado que los biopéptidos de los insectos pueden tener propiedades antidiabéticas, antihipertensivas, antiinflamatorias y antibióticas. Por esto, se ha visto a los insectos como una alternativa poco explorada para el desarrollo de antibióticos y otros tratamientos para el control del envejecimiento, sobrepeso y enfermedades crónicas no transmisibles (van Huis, 2020b).

La grasa es el segundo constituyente más importante

en los insectos. Esta proviene de su dieta o es sintetizada por ellos mismos. Los ácidos grasos de estos animales están almacenados principalmente en forma de **triacilglicerol** en un 80 %. El otro porcentaje restante corresponde a fosfolípidos y otros tipos de ácidos grasos (da Silva et al., 2019). En peso seco, la grasa varía entre un rango del 10 al 68 % (Tzompa-Sosa et al., 2014). Al igual que la proteína, esta variación depende de factores como la especie de insecto, hábitat, estadio de desarrollo, sistema de producción y alimentación.

Por ejemplo, los insectos asados disminuyen su porcentaje de grasa, pero los que son freídos pueden incrementarla. Asimismo, varias especies de Lepidópteros, cuando son alimentados con dietas artificiales, tienen un contenido de grasa más elevado con respecto a los que se alimentan de forma natural con plantas frescas (da Silva et al., 2019). Cabe destacar también que de forma casi generalizada los estadios larvales y ninfales suelen tener contenidos de grasa más elevados que los estadios adultos (Kouřimská y Adámkava, 2016). De hecho, los principales ácidos grasos de las larvas son el palmítico y oleico, mientras que en los estadios maduros están más presentes el palmítico y linoleico (Ekpo et al., 2009).

De acuerdo con Womeni et al. (2009) y Dossey et al. (2016), la gran mayoría

de insectos son ricos en ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga como el omega 3 y 6. Estos dos son esenciales y necesarios para el crecimiento del cerebro en los niños y en la protección contra enfermedades cardiovasculares (Carlson y Kingston, 2007). Además, la mayoría de los insectos presentan una proporción de ácidos grasos saturados/no saturados por debajo del 40 %, una proporción mejor con respecto al pescado y el pollo (Raheem et al., 2018). Asimismo, casi todas las especies de insectos contienen concentraciones elevadas de ácidos grasos como el palmítico, oleico, linoleico y en más bajas concentraciones con el láurico, miristoleico, heptadecanoico, heptadecenoico, araquidónico y behenico (Dossey et al., 2016).

La fibra (figura 12) es el tercer componente más importante en el contenido nutricional de los insectos y este está representado principalmente por la quitina, un polisacárido de cadena larga derivado de la glucosa que está incorporado en el exoesqueleto de los insectos. La quitina es el segundo biopolímero más abundante en la naturaleza después de la celulosa de las plantas. Se diferencian porque la quitina tiene un átomo de nitrógeno que le permite incrementar los enlaces con el hidrógeno y de esta forma unirse a otros tipos de polímeros, dando una dureza más fuerte que la celulosa (da Silva et al., 2019).

Cantidad de fibra que contienen los insectos comparada con fuentes vegetales de alto contenido de fibra (g/100g)

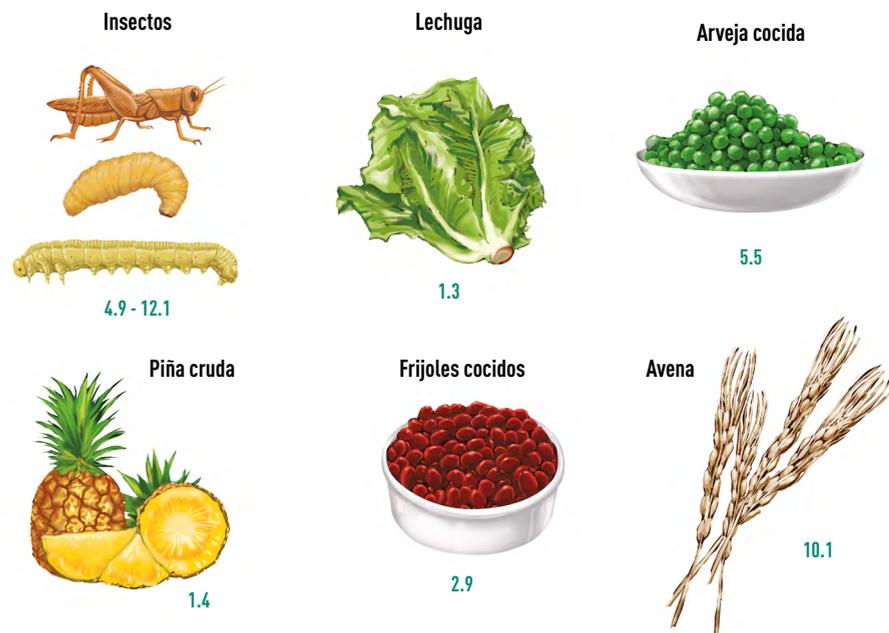


Figura 12. Representación gráfica de datos sacados de Williams, Williams, Kibaro, Chester y Peterson (2016).

La quitina representa entre el 5 al 20 % del peso seco de los insectos (Kouřimská y Adámková, 2016). Su contenido depende primordialmente de la especie de insecto y de su estadio de desarrollo, mas no en su alimentación y sistema de producción como los anteriores componentes nutricionales. Solo el 40 % de la quitina de los insectos está compuesta por fibra. Se ha encontrado que los insectos con un exoesqueleto más duro tienen contenidos de fibra más elevados que los que tienen un exoesqueleto más blando (Bukkens, 2005, 2010).

La quitina y su derivado el **quitosano**, al tener un alto contenido de fibra, incluso superior al de muchos vegetales, y al ser enlazante de lípidos, ha mostrado tener funciones positivas en el sistema digestivo humano al promover el crecimiento de bacterias benéficas que tienen como función mejorar el sistema inmune. Los procesos metabólicos podrían prevenir o revertir desórdenes como la diabetes y la obesidad. La quitina y el quitosano, al ser usados como suplementos alimenticios, podrían llegar a disminuir el colesterol y triglicéridos en plasma (Dossey et al., 2016).

En cuanto a los microminerales, se ha encontrado que los insectos son una excelente fuente de hierro y zinc, incluso, su contenido es superior al de la carne de res, cerdo y pollo (Rumpold y Schlüter, 2013). Esto debido a que los insectos comestibles han sido vistos como una alternativa para combatir las deficiencias de hierro, en países en desarrollo con altos índices de anemia y de zinc en mujeres gestantes (Mwangi et al., 2018; Christensen et al., 2006). Otros macrominerales que se han reportado en alta concentración son potasio, fósforo, calcio, magnesio y selenio (Zielińska et al., 2015; Rumpold y Schlüter, 2013).

En relación con las vitaminas, se ha encontrado que los insectos tienen concentraciones altas de riboflavina, ácido pantoténico y biotina. Los grillos y saltamontes son ricos en ácido fólico (Rumpold y Schlüter, 2013).

Beneficios en la salud humana



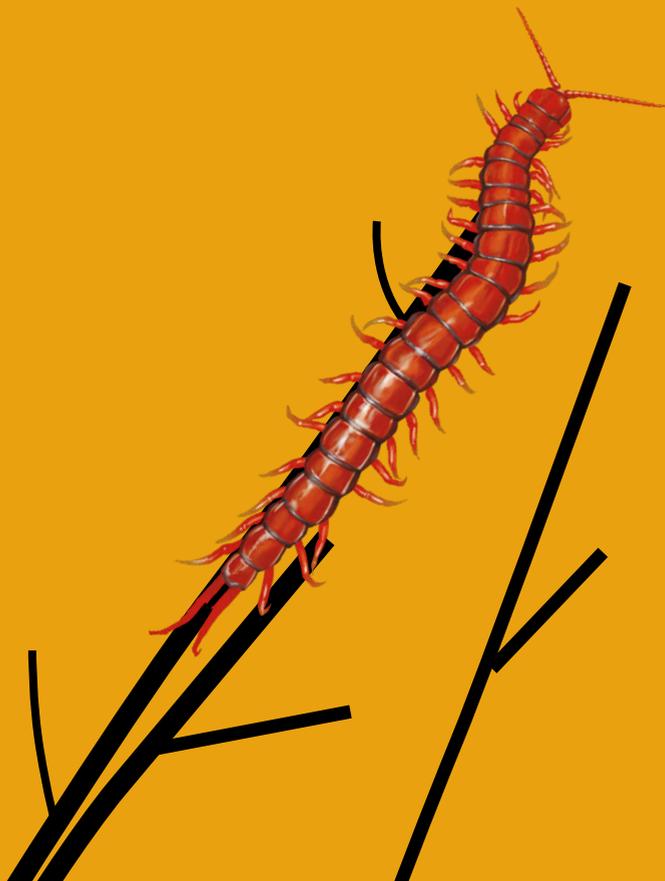
Más allá de su alto valor nutricional en términos de proteínas, ácidos grasos, vitaminas y minerales, los insectos tienen otras propiedades funcionales que pueden beneficiar la salud. Una de ellas es la quitina, que es considerada una buena fuente de fibra en la dieta humana (Belluco et al., 2013). Se ha encontrado que esta puede ayudar a mejorar la microbiota intestinal y la salud gastrointestinal por su potencial prebiótico, que a su vez previene la incidencia de enfermedades microbianas transmitidas a través de los alimentos. Por ejemplo, ensayos de laboratorio han mostrado que poblaciones de bacterias patógenas como *Salmonella*, *Typhimurium*, *Escherichia coli*, y *Vibrio cholera* se ven reducidas, mientras que microorganismos benéficos como bifidobacterias y *Lactobacillus* se multiplican en presencia de la quitina y sus derivados (Stull et al., 2018; Fernández et al., 2008). Además, un estudio realizado en humanos demostró que el consumo de harina de grillos podía mejorar la salud intestinal y reducir la inflamación sistémica (Stull et al., 2018).

También se ha encontrado que los insectos tienen un alto poder antioxidante;

algunas especies de insectos, incluidos los grillos, pueden llegar a tener hasta cinco veces más antioxidantes que un jugo de naranja. Los antioxidantes pueden prevenir el estrés oxidativo que está relacionado al desarrollo de enfermedades cardiovasculares (di Mattia et al., 2019; Magrone et al., 2013).

La hipertensión arterial y la diabetes pueden provocar trastornos de la salud, como enfermedades cardíacas, inflamación, derrame cerebral, entre otros. Una forma de prevenirlas, es por medio de la alimentación, en concreto con alimentos que puedan ayudar a regular la presión y los niveles de azúcar en la sangre. Varios experimentos *in vitro* han demostrado que algunas especies de insectos tienen capacidad antihipertensiva y antidiabética, debido a la presencia de péptidos inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (ECA), la cual puede ayudar a relajar las venas y las arterias para reducir la presión arterial; los glicosaminoglicanos y otros compuestos antidiabéticos pueden reducir la inflamación y los niveles de glucosa en sangre (Ahn et al., 2020; Hall et al., 2020; Rivero-Pino et al., 2020; Parameswaran et al., 2020; Cito et al., 2017).

Beneficios ambientales de la producción de insectos comestibles



Uno de los retos más grandes a nivel mundial es el efecto del cambio climático en la seguridad alimentaria de una población creciente y en la producción de alimentos, en especial de proteínas. Con el objetivo de hacerle frente a esta problemática, en el acuerdo de París del año 2015, se propuso invertir, generar, intensificar e impulsar acciones para bajar las emisiones de carbono. Esto significa mantener por debajo de los 2 °C el calentamiento global y, con lo propuesto, limitarlo a 1,5 °C (Macdiarmid y Whybrow, 2019). Parte del trabajo realizado desde entonces ha sido identificar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero que se asocian a la producción de alimentos. Esto ha llevado a establecer que la producción de carne, en concreto las carnes rojas, representa el 18 % del total de las emisiones inducidas por las actividades humanas (Steinfeld et al., 2006). El ganado es uno de los principales generadores de deforestación, lo que ha generado indirectamente la pérdida de biodiversidad y acidificación de los océanos en el mundo (Landholm et al., 2019; Phillips et al., 2019; van Huis, 2017; de Oliveira Silva et al., 2016; Alkemade et al., 2013; Abbasi y Abbasi, 2011).

En relación con las emisiones de gases de efecto invernadero, producir un kilogramo de carne de res, cerdo y pollo genera 14,8, 3,8 y 1,1 Kg de CO₂, respectivamente. La producción de grillos, gusanos de la harina y saltamontes emiten 100 veces menos gases de este tipo y diez veces menos amonio con respecto a las carnes de res y cerdo (Oonincx et al., 2010; Fiala, 2008; Steinfeld et al., 2006).

Para poder evaluar y comparar apropiadamente el impacto ambiental generado por la producción de insectos respecto a otros sistemas productivos, como la carne

de res, es necesario realizar un análisis de ciclo de vida (ACV), en inglés *Life Cycle Assessment* (LCA). La metodología se encuentra estandarizada (ISO 14040:2006) para brindar objetividad en la herramienta. Un ACV puede tardar seis meses y hasta dos o más años para completarse. Con frecuencia se utiliza en la definición de eco-etiquetas, comparación del desempeño ambiental de productos y servicios, rediseño de productos, entre otros. Hasta la fecha solo seis ACV se han realizado para cinco especies de insectos, entre los que se pueden citar los siguientes trabajos:

Oonincx y de Boer (2012) realizaron un análisis de ciclo de vida para cuantificar y comparar el impacto ambiental producido por dos especies de insectos comestibles (*Tenebrio molitor* y *Zophobas morio*) con respecto a la carne de res, cerdo, pollo y leche. Las variables analizadas fueron: el potencial de calentamiento global expresado en equivalentes de CO₂, correspondiente a la suma de las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O; el uso de energía fósil; y el uso de la tierra. Los resultados de este estudio mostraron que la producción de proteínas convencionales tenía un potencial de calentamiento global y de uso de espacio superior a la producción de insectos. En cuanto al uso de energía, la producción de *T. molitor* y *Z. morio* fue más alta en comparación con la de la leche, similar a la carne de cerdo e inferior a la carne de res. La razón de este gasto superior de energía fue explicado por el uso de aireación y calefacción en

el sistema de producción de insectos en países templados de Europa, necesarios en épocas de invierno.

En el mismo sentido, Smetana et al. (2016) realizaron un ACV de la producción de insectos comestibles -grillos, moscas y gusanos de la harina (*T. molitor*)- a nivel industrial y posterior transformación para la alimentación animal y humana. Los resultados fueron comparados con la producción de proteínas para concentrados, suero de leche y carne de pollo. Los autores concluyeron que la producción de proteína de insectos fue de dos a cinco veces más sostenible ambientalmente con relación a la producción de concentrados analizados.

Por otra parte, Halloran et al. (2017) realizaron un ACV de dos especies de grillos -*Gryllus bimaculatus* y *A. domesticus*- producidos a nivel industrial en Tailandia y luego fue comparado con el impacto ambiental de aves de corral. Para los límites del sistema de producción se consideró el ciclo completo de esta, así como el procesamiento. Este estudio incluyó dos unidades funcionales, 1 kg de masa comestible y 1 kg de proteína de masa comestible. Los resultados evidenciaron que el impacto ambiental asociado a la producción de pollos fue considerablemente mayor a la de grillo, relacionada al potencial de acidificación, calentamiento global, contaminación en los cuerpos de agua y eutroficación terrestre.

Con relación al uso del espacio, la producción de insectos necesita poco. Por

ejemplo, producir la misma cantidad de proteína con gusanos de la harina (*T. molitor*) requiere nueve hectáreas menos que la carne de res y 3,5 veces menos que la carne de cerdo (Oonincx y de Boer, 2012). Además, Stehfest et al. (2009) encontraron que, si se remplazase el consumo de carne por insectos como principal fuente de proteína, se podría liberar 2.700 millones de hectáreas de pastos y 100 millones de hectáreas de cultivos, lo que llevaría a una reducción de gases de efecto invernadero ligada a la captura de carbono derivada de la revegetación de estas áreas, además de la disminución de emisiones de metano y óxido nitroso derivado de la fermentación entérica y de los excrementos del ganado.

En otro estudio, Alexander et al. (2017) compararon 12 diferentes alternativas de proteína animal convencional y no convencional, evaluaron su potencial en la reducción de requerimientos de tierra y a la contribución de la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos. Los resultados mostraron que los grillos tuvieron el mayor rendimiento energético y proteico, la carne de res tuvo el rendimiento más bajo. En cuanto al uso de tierras de cultivo y áreas de pastura requeridas para cada alternativa proteica, la carne de res tuvo el índice de apropiación humana de tierra para la producción de alimentos (HALF) más alto con 122,2 y el de la producción de grillos fue de 25,3. El HALF expresa el porcentaje de superficie terrestre necesario para la producción de un alimento específico (Alexander et al., 2016).

Además, una de las principales razones por las cuales la producción de insectos es sostenible ambientalmente es por su alta eficiencia en la tasa de conversión de alimentos (Gullan y Cranston, 2014; Looy et al., 2014; Premalatha et al., 2011; Ramos-Elorduy, 2008; Nakagaki y Defoliart, 1991). Por ejemplo, en la tasa de conversión de alimentos, que es la cantidad de alimento requerido para aumentar 1 kg de masa, para el caso del ganado vacuno se requieren 12 kg de alimentos para aumentar un kilogramo de masa corporal, seguido del cerdo (5 kg) y el pollo (2.7 kg) (Smil, 2002). Comparativamente, los grillos requieren 1,7 kg de alimento, para producir 1 kg de masa (Hanboonsong, et al., 2013). Esto quiere decir que los grillos son casi el doble de eficientes que los pollos, al menos tres veces más que los cerdos y siete veces más que el ganado vacuno transformando el alimento en biomasa.

Biología básica de ortóptera

Los ortópteros son insectos alados de tamaño medio y grande que se caracterizan por tener los dos primeros pares de patas de tipo cursorial o corredoras. El último par está modificado y tiene como características un fémur largo y ensanchado, tibias largas y delgadas, modificaciones que sirven para saltar. De hecho, la extraordinaria capacidad de este grupo de insectos para el salto se debe a la presencia de una proteína especial en sus patas llamada re-

silina, la cual tiene una excelente capacidad elástica y de liberación de energía que permite catapultar por los aires a estos insectos (Levin, 2013).

El orden Ortóptera se subdivide en dos subórdenes conocidos como Caelifera en los que están los saltamontes. En el suborden Ensifera se encuentran los grillos (Gillot, 2005). Las características más importantes para diferenciarlos se encuentran en la tabla 1.

Tabla 1. Biología de Ortóptera. Diferencias biológicas entre Caelifera y Ensifera.

Caelifera	Ensifera
	
<p>Nota. Adaptado de Caelifera, Francisco Welter-Schultes, 2011, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Caelifera-7720r.JPG). CC0 1.0 Universal Public Domain Dedication</p>	<p>Nota: Adaptado de <i>Pholidoptera griseoptera</i>, Simon Koopmann, 2007, (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ensifera_Wagenmoos_03.JPG). CC BY-SA 2.0 DE.</p>
Antenas menos cortas.	Antenas más largas.
Órganos auditivos localizados en el abdomen.	Órganos auditivos localizados en las patas.
Completamente herbívoros.	Omnívoros o carroñeros.
Diurnos.	Nocturnos.
Excelente visión.	Colores Crípticos.

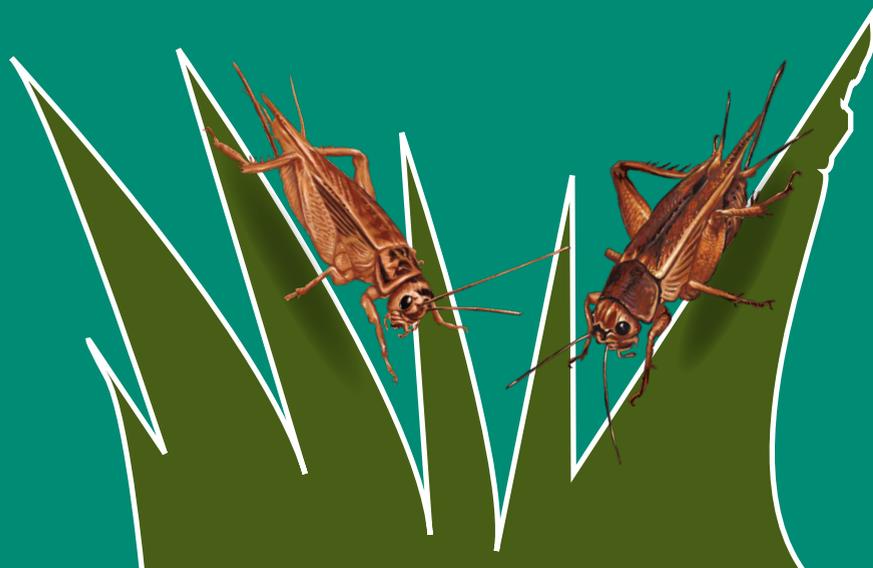
Otras características de este grupo son que el desarrollo es de tipo paurometábolo, tienen aparato bucal hipognato, antenas largas de 10 a 100 segmentos y un protórax

elongado cubierto por un pronoto en forma de escudo curvado. Las alas están muy bien desarrolladas en los saltamontes, las cuales tienen el primer par ligeramente más duro que el segundo. En los grillos, las alas de muchas especies están reducidas o modificadas. El abdomen tiene de ocho a nueve segmentos visibles, de los cuales los últimos tres o dos son reducidos y albergan los órganos reproductores, que en el caso de las hembras se ven representados por una prolongación. El **ovipositor** bien desarrollado en forma de aguja o de espada depende del grupo. Asimismo, en el último segmento presentan otras prolongaciones segmentadas, los cercos (Gullan y Cranston, 2014).

Este grupo también es reconocido por su capacidad de generar sonido. El mecanismo sonoro de los ortópteros se conoce como **estridulación**, que se produce al frotar una parte del cuerpo modificada contra otra. En el caso de los grillos, el sonido se produce al frotar una parte modificada de la venación alar contra otra parte endurecida de la otra ala, conocida como escrapec. Los saltamontes generan el sonido al frotar una parte de la superficie interna del fémur contra una de las venas alares del primer par de alas. La funcionalidad de este sonido es para la atracción de parejas, establecer la territorialidad y como llamada de alerta por haber sido capturado por un depredador (Levin, 2013).

Al igual que en otros grupos de insectos, que se comunican a través de olores, los sonidos de los grillos son especie-específicos, es decir, que una especie es capaz de emitir y entender únicamente los sonidos emitidos por individuos con las mismas características. Estos sistemas funcionan como estrategias de aislamiento reproductivo y reconocimiento sexual. Estos mecanismos sirven para evitar que un individuo se aparee con otro, de otra especie diferente. La información generada con estos sonidos está codificada en formas de frecuencia y tiempo de modulación o ambas (Levin, 2013; Kaneshiro, 1980).

Producción de grillos



La producción de grillos es uno de los negocios que ha venido creciendo en la última década como alternativa para la alimentación de animales y seres humanos, con un énfasis ecológico. Este tipo de proyectos a pequeña escala ha demostrado ser una alternativa viable para el desarrollo económico de poblaciones vulnerables y en desarrollo, porque requiere una baja inversión económica, con un flujo de caja a corto plazo, poco espacio, corto tiempo de entrenamiento e infraestructura sencilla (Hanboonsong et al., 2013). Sistemas introducidos de manera exitosa en países como Tailandia, Laos, Myanmar, Vietnam y Kenia han fortalecido las economías locales y la nutrición de estas poblaciones (Halloran et al., 2018). A continuación, se describirán las características de estos insectos que contemplan las condiciones óptimas como factores técnicos, humanos y ambientales para desarrollar un correcto sistema de producción.

Especies de grillos para la producción

La producción de grillos se ha enfocado en pocas especies por las particularidades del cultivo en masa. Características como la tolerancia a altas densidades de animales, resistencia a enfermedades y la aceptación de concentrados comerciales y materias primas locales son algunas de las exigencias fundamentales para su cultivo. Algunas especies ya han sido aceptadas por entes internacionales para su producción. La Unión Europea, en todo su territorio, avaló la producción del grillo doméstico (*Acheta domesticus*), grillo rayado

(*Grylodes sigillatus*) y el grillo de campo (*Gryllus assimillis*) (IPIFF, 2016). No obstante, el grillo de campo africano (*Gryllus bimaculatus*), que no es reconocido por organizaciones internacionales, sí es una de las especies más cultivadas en el sur oeste asiático (Halloran et al., 2016).

Las especies aceptadas por la Unión Europea, con potencial para su producción en Colombia, poseen las características presentadas en las tablas 2, 3 y 4.

Tabla 2. Características de la especie *Acheta domesticus*.

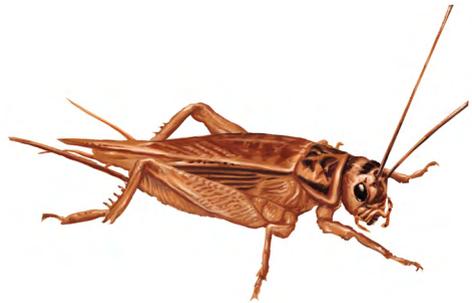
Nombre científico	<i>Acheta domesticus</i>	
Imagen		
Nombre común	Grillo doméstico.	
Distribución	Es originario del sur de Europa, norte de África y del continente asiático. Actualmente constituye una especie invasora a nivel mundial.	
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Llega a medir 25 - 30 mm y sus antenas pueden alcanzar la longitud de su cuerpo. • Es de cuerpo esbelto y cilíndrico. • Los adultos son menos digeribles en comparación con los tamaños más pequeños por un contenido mayor de quitina o exoesqueleto. • Relativamente ruidosos. Los adultos cantan activamente. • Muy susceptibles al virus de la parálisis del grillo. • No tienen una vida prolongada. 	
Hábitat	En pastizales y en hogares.	
Comportamiento	Es una especie social, poco agresiva y territorial con otros grillos.	
Alimentación	Su régimen alimenticio es omnívoro: come tanto hojas, tallos, frutas y verduras como también algunos insectos.	
Crianza	<ul style="list-style-type: none"> • Deben mantenerse en un rango de 25 a 32 °C. • La humedad relativa ideal es entre 45 a 60 %. • Alcanzan la madurez de los 30 a 40 días. • La incubación de los huevos dura entre 11 a 16 días. 	
Valor nutricional	Por cada 100 g de materia seca -harina de grillo-:	
	Humedad	6.3 %
	Proteína	71.7 %
	Grasa	10.4 %
	Fibra	4.6 %
	Calcio	149.7 mg
	Hierro	8.83 mg
Fuente: Udomsil et al., 2019.		

Tabla 3. Características de la especie *Grylodes sigillatus*.

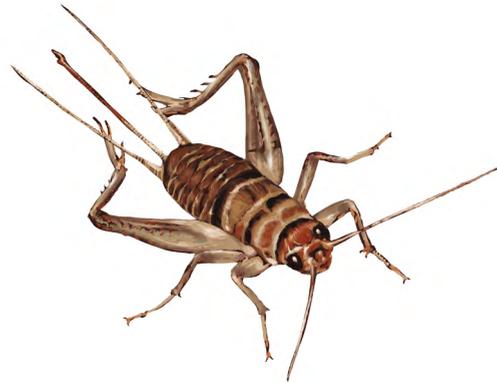
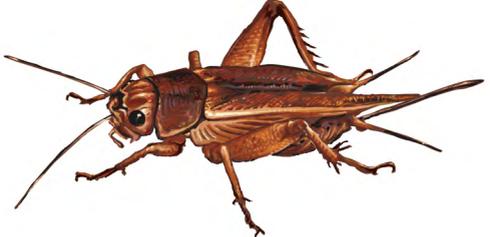
Nombre científico	<i>Grylodes sigillatus</i>	
Imagen		
Nombre común	Grillo rayado, grillo bandeado o grillo doméstico tropical.	
Distribución	Procede de Asia y se encuentra en zonas tropicales. Ha sido reportado en los departamentos de Cundinamarca, Meta, Huila, Bolívar, Magdalena, Caldas, Tolima y Atlántico (Cadena, 2011).	
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Los adultos llegan a medir 20-22 mm. • Son de color claro, pardo-dorado. Tienen dos líneas transversales oscuras que cruzan su tórax y abdomen. Conocido comúnmente como grillo decorado o grillo rayado. • Las hembras adultas, a diferencia de otras especies, no tienen unas alas tan pronunciadas, poco visibles. • Es inmune al virus de la parálisis del grillo. 	
Hábitat	En pastizales y en hogares.	
Comportamiento	Es una especie social, poco agresiva y territorial con otros grillos.	
Alimentación	Su régimen alimenticio es omnívoro: come tanto hojas, tallos, frutas, verduras, como también algunos insectos.	
Crianza	<ul style="list-style-type: none"> • Deben mantenerse en un rango de 25 a 31 °C. • La humedad relativa ideal es entre 45 a 60 %. • La incubación de los huevos dura entre 14 a 21 días. 	
Valor nutricional	Por cada 100 g de materia seca -harina de grillo-:	
	Proteína	70 %
	Grasa	18,23 %
	Fibra	3,65 %
	Calcio	127 mg
	Hierro	4,2 mg
	Kcal/kg	4520
Fuente: Zielińska et al., 2015.		

Tabla 4. Características de la especie *Gryllodes assimilis*.

Nombre científico	<i>Gryllus assimilis</i>	
Imagen		
Nombre común	Grillo de campo jamaiquino o grillo bicolor.	
Distribución	Se encuentra en las Indias Occidentales, el sur de los Estados Unidos, México y partes de América del Sur. En Colombia ha sido reportada en los departamentos del Meta, Tolima y Valle del Cauca (AGROSAVIA, 2021).	
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Los adultos crecen hasta 25-28 mm. • No son tan oscuros como otros grillos de campo, la mayoría de las áreas alrededor de los ojos son de color marrón amarillento claro y todos los adultos tienen alas traseras largas. • Las hembras adultas son un poco más grandes con un ovopositor prominente que sobresale del abdomen. 	
Hábitat	Esta especie es característica de forrajes, campos de malezas, bordes de caminos y otras áreas abiertas.	
Comportamiento	La especie es relativamente resistente a las condiciones ambientales y es productiva en cultivo masivo, sin embargo, bajo alta densidad de población muestra una tendencia al canibalismo.	
Alimentación	Su régimen alimenticio es omnívoro: come tanto hojas, tallos, frutas, verduras, como también algunos insectos.	
Crianza	<ul style="list-style-type: none"> • Deben mantenerse en un rango de 25 a 32 °C. • La humedad relativa ideal es entre 45 a 60 %. • La madurez la alcanzan a los 42-49 días. • La incubación de los huevos dura 12 días aproximadamente. 	
Valor nutricional	Por cada 100 g de materia seca -harina de grillo-:	
	Proteína	65,52 %
	Grasa	21,80 %
	Fibra	8,6 %
	Calcio	45,3 mg
	Hierro	2,78 mg
	Fuente: Soares et al., 2019.	

Ciclo de vida de los grillos

Los grillos domésticos o de campo pasan por tres etapas importantes -huevo, ninfa y adulto- con diferentes estadios ninfales o cambios de exoesqueleto, de siete a diez mudas, durante toda su vida. El ciclo inicia cuando las hembras depositan los huevecillos en el suelo, aproximadamente a un centímetro de la superficie para protegerlos. Utilizan su ovopositor, un órgano sexual que permite diferenciar a simple vista las hembras de los machos (figura 13). En promedio, una hembra en cautiverio produce entre 200 y 300 huevecillos durante toda su vida en varias puestas. Estos huevecillos son de color claro y miden alrededor de 2,5 mm de largo por 0,5 mm de diámetro. En óptimas condiciones de temperatura y humedad, los huevecillos eclosionan al cabo de 10 a 14 días. Las ninfas recién nacidas son muy blandas y de color claro, pero su exoesqueleto se endurece de manera rápida y adquiere el color característico de su especie.



Figura 13. Hembra (izquierda) y macho (derecha) de *Gryllodes sigillatus*.

Durante su estadio como ninfas, los grillos cambian de exoesqueleto de siete a diez veces hasta alcanzar la adultez. En la última muda, las hembras desarrollan por completo su ovopositor, mientras que los machos desenvuelven sus alas con las que producen su canto característico. Por medio de la fricción entre estas, estridulación, atraen a las hembras.

La velocidad de crecimiento de los grillos está directamente relacionada con su alimentación, la disponibilidad de agua y la temperatura ambiental. Se recomienda evitar excesos de humedad en estas etapas porque incentiva el crecimiento de hongos y bacterias perjudiciales para estos. Este proceso, a 29 grados centígrados, dura entre cuatro y seis semanas (figura 14). El tiempo de vida de un adulto variará de acuerdo con sus condiciones de vida y en promedio pueden vivir entre 10 y 12 semanas. Para todo productor de grillos es importante conocer a detalle el ciclo de desarrollo de la especie empleada, así como los factores involucrados para optimizar su desarrollo.



Figura 14. Ejemplo del ciclo de vida de Acheta domesticus a 29 °C.

Alimentación

Los grillos son animales omnívoros y carroñeros que se alimentan de los recursos que tengan disponibles. Si el alimento escasea se presentará el canibalismo (Apolo-Arévalo y Iannacone, 2015).

En la producción de grillos para autoconsumo, estos se pueden alimentar con frutos secos como mezclas de semillas de girasol y calabaza; almendras y nueces sin sal; pasto peletizado o molido; salvado de trigo; zanahoria; brócoli; hojas de lechuga; col y dientes de león. Los alimentos favoritos de los grillos son las frutas como manzanas, naranjas, frutos rojos, mango, papaya y banano, así como papa, hojas de bore y yuca (figura 15). Estos deberán estar limpios, desinfectados, libres de pesticidas y sustancias tóxicas, suministrados en comederos poco profundos y con superficies rugosas para facilitar su acceso.



Figura 15. Alimentación de grillos con hojas de yuca.

En producciones industriales lo mejor es alimentar los grillos de la siguiente manera:

- Utilizar alimento para pollos con 21 % de proteína desde que eclosionan hasta que cumplen 15 días de nacidos o lleguen al tercer estadio ninfal. Después, usar una mezcla en partes iguales, por mitades, de alimento para pollos con 21 % y 14 % de proteína hasta que culminen la etapa de levante y estén listos para la cosecha.

O si es de preferencia y ajuste al productor, se puede realizar una dieta base como lo proponen Nakagaki y Defoliart (1991) con ingredientes de menor costo. La formulación recomendada por los autores es:

- 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.

Esta combinación producirá una dieta con 22 % de proteína cruda, 5,5 % de grasa cruda, 4,9 % de fibra cruda y 4,4 % de cenizas.

Un par de días antes de la recolección es recomendable cambiar la proteína por los vegetales anteriormente mencionados. Cabe destacar que el alimento utilizado en la etapa de finalización le dará un sabor particular al lote de grillos y modificará su aporte nutricional. Por lo tanto, se puede llegar a probar con diferentes combinaciones a fin de encontrar el sabor que mejor se adapte a los requerimientos de los clientes.

Se recomienda dar de beber agua a los grillos con un bebedero para pollos, poco profundo y de fácil acceso,

recortando una esponja y colocándola en el fondo del plato para evitar que los grillos se ahoguen, lo cual sucederá si se utilizan recipientes hondos y abiertos (figura 16). Es necesario renovar la fuente de agua constantemente, lavar las esponjas o telas, cada uno o dos días, para evitar la

proliferación de microorganismos como bacterias y/o hongos que pongan en riesgo la población de insectos.

Estas medidas son fundamentales para cuidar la alimentación de los grillos, dado que de esto depende su correcto desarrollo.



Figura 16. Bebederos de aves con esponja para la hidratación de grillos.

Consideraciones para la producción

Las granjas de grillos representan una alternativa rentable en comparación con los sistemas de producción tradicionales, sobre todo en lugares en los que el costo de la tierra es alto, el área limitada y el clima variable. Dependiendo del tamaño a elaborar, el costo de inversión y operación de la granja de grillos se definirá la producción como semi intensiva o intensiva.

Para establecer una granja se recomienda seleccionar un espacio ubicado en un terreno alto, con drenaje, protegido de vientos fuertes, aislado y de fácil acceso, lo que disminuirá el impacto generado por situaciones meteorológicas y evitará inconvenientes por el ruido generado por la producción. De igual manera, las granjas no deben ubicarse cerca de áreas industriales, donde exista la posibilidad de contaminación acuífera o ambiental que afecte el sistema productivo.

Es importante considerar que los grillos se desarrollan de manera óptima en un rango de temperatura de 25 a 32 grados centígrados, con un nivel de humedad relativa entre el 40 y el 70 %, por lo cual es indispensable contar con instrumentos para la medición de estos. Según las características de la región, se deberá contemplar la utilización de sistemas de calefacción y de ventilación que mantengan las condiciones adecuadas durante todo el año. Acá unos ejemplos:

- Ventiladores de techo o de montaje lateral para mantener el movimiento del aire y así enfriar el cobertizo.
- Aspersores de nebulización, conectados con un sistema de agua a alta presión para generar una neblina de enfriamiento, pero no gotas, en el establecimiento.
- Se recomienda utilizar materiales disponibles en la zona para reducir los costos de inversión. Por ejemplo, contenedores de madera en climas fríos o de cemento en climas cálidos, aunque requerirá un mayor mantenimiento y su tiempo de vida útil será menor. Además, es importante considerar las siguientes necesidades de infraestructura:
 - Contar con un lavamanos y un pediluvio fuera de cada cobertizo para garantizar la bioseguridad de cada trabajador al ingresar o salir del edificio.

- Áreas y utensilios necesarios para la disposición de residuos sólidos y líquidos de la producción.
 - Destinar un área a temperatura ambiente y baja humedad ambiental, sin una intensidad alta de luz y elevada del suelo para el almacenamiento del alimento, de ser posible, en contenedores cerrados para evitar la contaminación e intrusión de plagas.
 - Todas las ventilaciones deben contar con malla antiáfidos que eviten la entrada o salida de individuos.
 - El hogar del agricultor-área de vivienda- se debe encontrar retirado de las áreas de crianza y reproducción de los grillos por razones de salud y bioseguridad.
- **Área de crianza:** en este espacio, las ninfas se desarrollan hasta alcanzar la adultez. La forma, tamaño y materiales de los contenedores dependerá del nivel de producción que se desee obtener. Por ejemplo, un contenedor de plástico de 60 X 40 X 30 cm puede producir entre 1 y 2 kg de grillos cada ciclo reproductivo; una caja de madera de 1,2 X 2,4 X 0,5 m puede producir de 20 a 30 kg de grillos; y un contenedor de concreto de 2,45 X 1,4 X 0,7 m produce entre 25 y 30 kg. La selección del diseño permitirá optimizar el espacio disponible y facilitará el control y manejo de los insectos.
 - **Área de suministro de agua:** espacio donde se encuentra un contenedor plástico o una cisterna capaz de almacenar agua suficiente para que la granja suministre por tres o cuatro días en caso de desabastecimiento hídrico, conectado a las llaves de suministro y el sistema de riego.
 - **Área de procesamiento:** lugar en el que se transforman, procesan, empaquetan y se etiquetan los grillos o sus derivados. Es importante que en este espacio se cuente con una estación para el lavado de manos y desinfección del personal, área de almacenamiento, área de refrigeración, de congelación, espacio para almacenar alimentos no perecederos, almacén de equipos y utensilios, almacén de productos químicos y otro el equipo de limpieza.

Distribución de la producción

Se deben garantizar áreas específicas para la producción de grillos y facilitar la separación y organización de procedimientos, por lo que se recomienda tener las siguientes áreas:

- **Área de incubación:** es un espacio donde se ponen las cajas con el sustrato en el que las hembras han colocado sus huevecillos. Puede ser un armario o espacio cerrado que permita controlar la temperatura y humedad, con el fin de agilizar la incubación.

Proceso de producción

El proceso de producción de grillos consta de diferentes etapas. Conocerlas permitirá maximizar los espacios de la producción, ciclos y tiempos de vida para obtener un mejor rendimiento productivo y económico.

Los nuevos criadores para iniciar deberán comprar un pie de cría a otros productores, ya sea en estado de huevo, ninfa o adulto, teniendo en cuenta siempre la procedencia de estos y garantizando su genética y salubridad. A continuación, se describirá el proceso de producción para su mayor conocimiento:

Obtención de huevos

Existen dos maneras para obtener huevos, por compra directa a una empresa o productor local de confianza o por producción directa, al contar con los reproductores. Si los huevos son obtenidos de la primera manera, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Deberán estar empacados en contenedores con un sustrato húmedo y consistente que permita la aireación y reduzca el impacto entre estos. Por ejemplo, tierra, **vermiculita** o sustrato de coco, los mismos sustratos utilizados para la oviposición.
- Contar con una cámara de aire o con una rejilla fina que permita la oxigenación de los huevos y evite la intrusión

de animales o partículas no deseadas en el transporte.

- Nombre y datos de la empresa o productor, con la fecha de oviposición y recomendaciones de transporte y almacenamiento.
- Deberán ser transportados y entregados en el menor tiempo posible.

Para la producción directa, los parentales deben contar con las mismas condiciones de alimento, disponibilidad de agua y de espacio que los individuos de crianza y recipientes para la oviposición, con un sustrato limpio, permeable y poroso que permita la retención hídrica. Sustratos naturales o minerales como la vermiculita, **turba** negra, humus, tierra, arena o sustrato de coco lavado son los más utilizados alrededor del mundo por sus características físicas y químicas que permiten el correcto desarrollo de los huevos. Los recipientes deben ser por lo menos de 3 cm de altura, con superficies rugosas, que le permitan trepar a los grillos, y con rejillas metálicas o plásticas entre 2 a 5 mm de ojo malla para la protección contra la depredación por parte de los reproductores porque ellos se pueden comer los huevos.

Se recomienda tener un recipiente de postura -350 ml- por cada 100 individuos con una relación de cinco hembras por cada macho, con sustrato húmedo y en producciones pequeñas dado su fácil manejo, y cambiar los recipientes por lo menos cinco veces durante un período de

7 a 14 días hasta cubrir la etapa reproductiva. Luego, se trasladan al área de incubación y se marcan los recipientes con fecha de oviposición, datos del lote reproductor y la fecha estimada de nacimiento.

Obtención de ninfas

Al tener los recipientes con los huevos en el área de incubación se retiran las rejillas de protección y se introducen los nidos en cajas plásticas con capacidad de 10 a 18 litros que permitan el control de temperatura y humedad interna y la organización de las posturas de acuerdo con su fecha de nacimiento (figura 18). Los contenedores se ubican en un armario y se utilizan mantas calefactoras, plásticos o costales para mantener la temperatura constante, que es entre 28 y 30 grados centígrados. Todos los días se verifica que el sustrato se mantenga húmedo sin que presente una precipitación -humedecimiento- del mismo contenedor. Las gotas de agua serán trampas mortales para las ninfas emergentes.



Figura 17. Nidos de grillos y ninfas recién emergidas.

Al cabo de diez días, las ninfas comenzarán a eclosionar. Estas son de color blanco y de 2 mm de longitud aproximadamente. Para alimentarlas, se muele finamente el alimento y se deposita en una esquina del contenedor. Al darles de beber, es importante que sea con materiales porosos, por ejemplo, con tiras de papel absorbente, unidas a un frasco con agua tapado que permitan la hidratación por capilaridad y eviten encharcamientos perjudiciales para las ninfas. Aproximadamente, dos semanas después o cuando las ninfas alcancen 1 cm de largo, estas deberán ser reubicadas en los contenedores de crianza.

Luego de la primera recolección de ninfas, estas podrán ser utilizadas para un remplazo generacional, por lo menos el 10 % de la población para mantener la misma cantidad de individuos, considerando siempre su salud y vigor para evitar la endogamia dentro de la producción. Por esto, se recomienda mezclar regularmente recipientes de huevos de diferentes cajas de reproducción e introducir nuevos reproductores de producción de confianza.

Sala de cría y levante

La crianza de los grillos se lleva a cabo en diferentes tipos de contenedores que variarán de acuerdo con el recurso económico y las condiciones del productor. A continuación, en las tablas 5, 6 y 7, se presentarán los tres tipos de contenedores más utilizados en la crianza y el levante, con sus respectivas características, ventajas y desventajas.

Tabla 5. Características, ventajas y desventajas de la cría de grillos en contenedores plásticos.

Contenedores plásticos	
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Los contenedores plásticos son la opción ideal para productores con poco espacio. • En promedio tienen dimensiones de 60 x 40 x 30 cm para criar entre 1 o 2 kg de grillos.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad en la manipulación y limpieza de las cajas. • Optimización horizontal del espacio.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere mayor tiempo de dedicación para alimentar, limpiar y mantener los individuos. • Las cajas plásticas son más susceptibles a romperse y a cristalizarse con el tiempo, siendo necesario cambiarlas con una mayor frecuencia. • Hay mayores posibilidades de fuga de individuos en el manejo.

Tabla 6. Características, ventajas y desventajas de la cría de grillos en contenedores de madera.

Contenedores de madera	
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Los contenedores de madera pueden alojar cantidades mayores de grillos y son fáciles de elaborar. • Tienen dimensiones de 1,2 X 2,4 X 0,5 metros para criar, en promedio, de 20 a 30 kg de insectos.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Fáciles de limpiar. • Las cajas pueden ser móviles. • Los materiales son fáciles de conseguir y es recomendado para climas fríos.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene menor durabilidad que los contenedores en cemento. • Son susceptibles al ataque de insectos consumidores de madera. • No se deben exponer a contacto directo con el agua.

Tabla 7. Características, ventajas y desventajas de la cría de grillos en contenedores de cemento.

Contenedores de cemento	
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Los contenedores de cemento se emplean sobre todo para producciones industriales. • En promedio tienen dimensiones 2,45 X 1,4 X 0,7 metros para criar entre 25 a 30 kg.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> • La forma rectangular de las cajas permite optimizar el espacio. • Alta durabilidad.
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> • Existe el riesgo de presentarse una enfermedad en la producción al tener una mayor densidad de individuos por contenedor. • La limpieza y desinfección solo se puede realizar entre ciclos productivos.

Cosecha

El debido proceso de cosecha debe tener en cuenta un buen manejo de los individuos y asegurar la sanidad y bienestar animal. Esto implica hacer una correcta recolección separándolos de sus excretas sin una manipulación excesiva. Por esto se dan las siguientes recomendaciones:

- Después del periodo de apareamiento y ovoposición, que sucede entre los días 40 y 45 del ciclo de vida de los grillos en condiciones climatológicas normales y cinco días antes de recolectarlos para su procesamiento, se reemplaza el alimento para pollos por vegetales como calabaza, hojas de yuca, hojas de bore o trozos de melón. El alimento utilizado en la etapa de finalización le dará un sabor particular al lote de grillos y modificará su aporte nutricional. Por ejemplo, los grillos alimentados con frutas tendrán un toque dulce, los alimentados con hierbas de olor adquirirán un toque característico de su sabor. Durante esta etapa, algunos productores alimentan a sus animales con hierbas como menta, albahaca, perejil y cilantro para darles un toque gourmet y venderlos a un precio más alto.
- Un día antes de la recolección se deberá someter a los insectos a un ayuno para reducir su contenido intestinal, disminuir las cargas microbiológicas, retirando los recipientes con alimento y dejando solo los bebederos a fin de mantener los insectos hidratados.
- Para recolectar los grillos se pone en la base del contenedor de crianza un recipiente grande de plástico, dentro del cual se utiliza un embudo, en producciones industriales una cubeta de cinco galones. Se toman uno a uno los cartones de huevo y se agitan hasta que los grillos caigan dentro del recipiente y se tapa la cubeta al finalizar la recolección de todos los individuos.

- Al terminar la cosecha es importante realizar la limpieza y desinfección de los contenedores y dejarlos listos para el siguiente ciclo productivo. El aseo se realiza con una escoba o un cepillo, junto con una mezcla de agua y jabón desinfectante para las paredes interiores y exteriores del contenedor. Se debe asegurar un correcto enjuague y secado del mismo.
- Al cosechar los individuos, estos se someten a congelación al ser el procedimiento más adecuado para su beneficio/sacrificio. Esta es la etapa final del ciclo productivo previo al ciclo de transformación.

Costos de producción



La producción de una minigranja de insectos depende del tamaño y la temperatura ambiental. De acuerdo con los experimentos realizados en condiciones de campo a 21 °C de temperatura media, una granja de 60 m² (12 X 5) puede llegar a tener 90 contenedores de cría, cada uno con capacidad de producir 4 kg de insectos frescos y 2 kg de excrementos aproximadamente (que pueden comercializarse como fertilizante orgánico). Por lo tanto, una minigranja de esta área, por ciclo, produce 360 kg de insectos frescos y 180 kg de fertilizante orgánico, lo que equivale a 1,08 toneladas y 540 kg anuales, respectivamente.

En las tablas 8 y 9 se muestran los costos asociados por contenedor de cría en dos escenarios, con condiciones climáticas diferentes. La primera los muestra en el escenario evaluado en condiciones de invernadero y la segunda en condiciones óptimas de 30 °C.

En la tabla 8, los costos más importantes corresponden al alimento de los grillos, el cual tiene un peso dentro de los costos del 38 %, seguido a la mano de obra (21 %) y cartones de alojamiento (18 %). En la tabla 9 se muestra un escenario con temperatura óptima. Cabe resaltar que en este escenario los costos de producción se reducen en un 41 % y, adicionalmente, debido a que los ciclos anuales aumentan a 5.5, la producción anual de la granja sería de dos toneladas de insectos frescos y una de fertilizante orgánico.

Tabla 8. Costos en pesos colombianos de producción por contenedor de cría en condiciones de invernadero a 21 °C para el año 2021. En este escenario se realizarían 3 ciclos productivos al año.

	Cantidad	Valor unidad	Costo total	Vida útil/ años	Depreciación/ un ciclo de cría
Contenedor de cría de levante	1	130.000	130.000	7	6.190
Cajas de incubación de huevos	1	8.000	8.000	7	380
Cajas de incubación de ninfas	1	25.000	25.000	7	1.190
Cartones de alojamiento	120	100	12.000	0,5	8.000
Cajas de oviposición	1	1.000	1.000	7	47
Sustratos de oviposición	1	500	500	0,5	333
Bebederos	1	3.500	3.500	7	166
Toallas absorbentes	1	375	375	1	375
Platos de cerámica	1	3.000	3.000	5	200
Comederos	1	1.000	1.000	7	47
Cinta adhesiva transparente	1	100	100	0,5	66
Servicios públicos	1	500	500	1	500
Alimento de los grillos	5,7	2.920	4.672	1	16.644
Materiales de limpieza	1	200	200	1	200
Horas hombre/ciclo	1,5	6.250	9.375	1	9.375
				Total	43.713

Tabla 9. Costos en pesos colombianos de producción por contenedor de cría en condiciones óptimas de 30 °C para el año 2021. En este escenario se realizarían 5.5 ciclos productivos al año.

	Cantidad	Valor unidad	Costo total	Vida útil/ años	Depreciación/ un ciclo de cría
Contenedor de cría de levante	1	130.000	130.000	7	3.376
Cajas de incubación de huevos	1	8.000	8.000	7	207
Cajas de incubación de ninfas	1	25.000	25.000	7	649
Cartones de alojamiento	120	100	12000	0,5	4.363
Cajas de oviposición	1	1.000	1.000	7	25
Sustratos de oviposición	1	500	500	0,5	181
Bebederos	1	3.500	3.500	7	90
Toallas absorbentes	1	375	375	1	375
Platos de cerámica	1	3.000	3.000	5	109
Comederos	1	1.000	1.000	7	25
Cinta adhesiva transparente	1	100	100	0,5	36
Servicios públicos	1	500	500	1	500
Alimento de los grillos	3,2	2.920	4.672	1	9.344
Materiales de limpieza	1	200	200	1	200
Horas hombre/ciclo	1	6.250	6.250	1	6.250
				Total	25.730

En las tablas 10 y 11 se muestran dos escenarios de ganancias. En la tabla 10 se evidencia las condiciones evaluadas en este experimento, mientras que la tabla 11 muestra las condiciones ideales de temperatura a 30 °C. En la tabla 10 la ganancia total

por ciclo productivo es de tan solo \$115.470 pesos con una ganancia anual de \$346.410, mientras que en la tabla 11 las ganancias aumentan de forma significativa al obtener utilidades de \$1.733.712 pesos cada dos meses y de \$9.535.416 pesos al año.

Tabla 10. Ganancia total anual en pesos colombianos de la producción de grillos de la especie *G. sigillatus* en condiciones de invernadero en el municipio de La Mesa, Cundinamarca, vereda el Hospicio - Colombia, para el año 2021.

	Kg producidos	Precio Kg	Total	Costos de producción	Ganancia	Total granja ciclo	Ganancia total granja anual
Producción grillos	4	\$ 10.000	40.000	43.717	1.283	115.470	346.410
Producción fertilizante	2	\$ 2.500	5.000				

Tabla 11. Ganancia total anual en pesos colombianos de la producción de grillos de la especie *G. sigillatus* en condiciones óptimas de temperatura a 30 °C para el año 2021.

	Kg producidos	Precio Kg	Total	Costos de producción	Ganancia	Total granja ciclo	Ganancia total granja anual
Producción grillos	4	\$ 10.000	40.000	25.736	19.263	1.733.712	9.535.416
Producción fertilizante	2	\$ 2.500	5.000				

Cabe resaltar que a los costos mostrados anteriormente ha de sumarse el área donde se pretende realizar la producción de grillos. Un invernadero de madera de 60 m², tiene un valor aproximado de cuatro millones de pesos, pero otras estructuras se pueden adaptar a la producción de grillos, como un galpón en desuso.

Otro rubro que hace parte de la inversión inicial es la licencia ambiental, que su estructuración desde un punto de vista documental para ser presentada a la Corporación Autónoma Regional (CAR) o la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) está por encima de los 50 millones de pesos. No obstante, la Universidad Nacional de Colombia viene trabajando para que los requisitos para la implementación de estos tipos de sistemas productivos puedan ser más económicos.

Medidas de seguridad

Para garantizar la integridad física del trabajador y evitar la contaminación de la producción es necesario implementar las siguientes medidas de bioseguridad, protección personal e higiene:

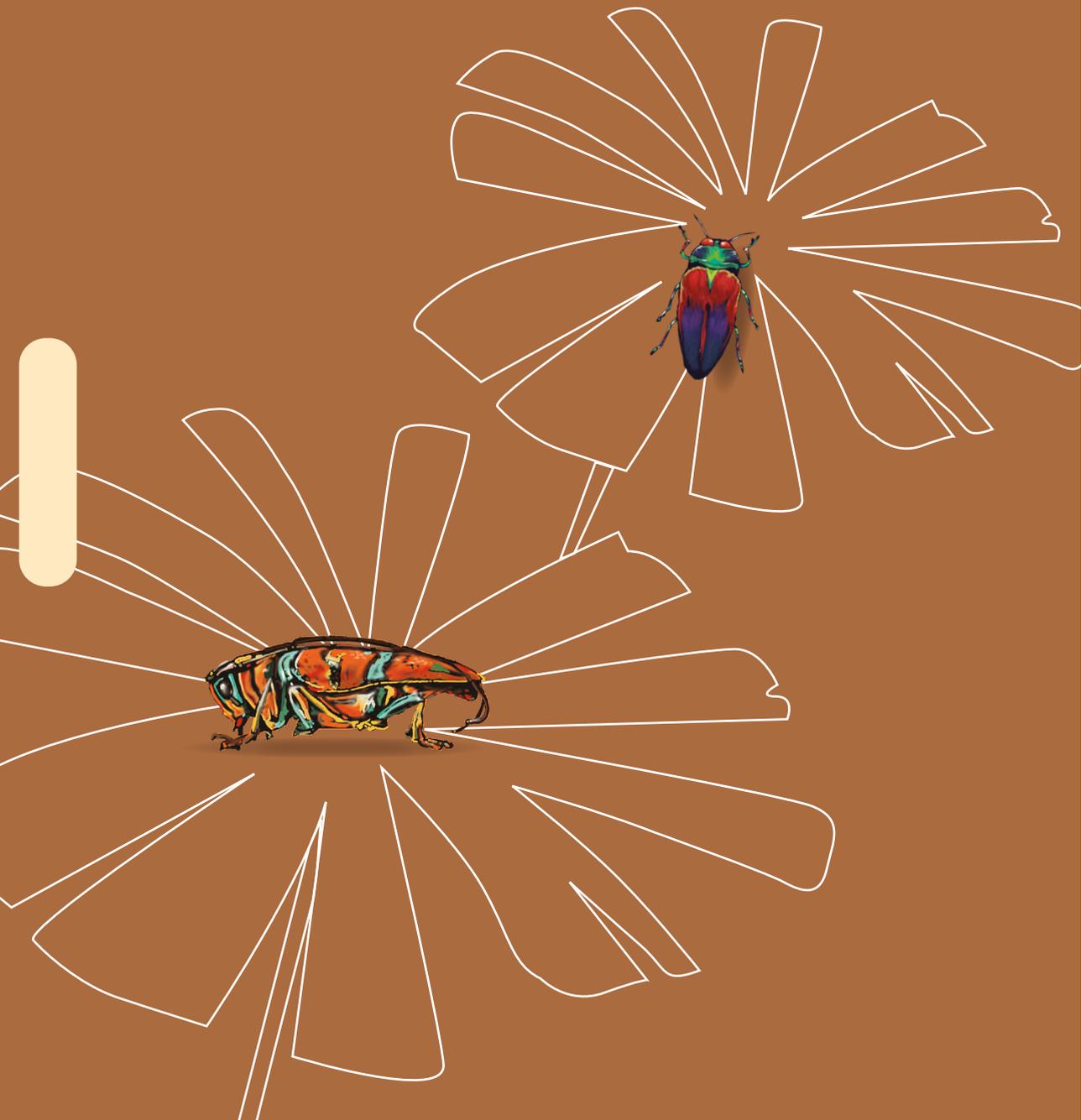
- Se recomienda utilizar botas de seguridad largas de plástico con suela antideslizante al realizar las actividades.
- Pantalón u overol grueso hasta los tobillos y de manga corta en los brazos.
- Utilizar guantes de nitrilo para la manipulación.
- Cubrebocas o pañuelo en caso de ser necesaria la protección contra el polvo.

Mantener una buena higiene es fundamental para evitar la proliferación de enfermedades y contaminación en la producción. Se recomienda que todos los trabajadores tomen un baño diariamente, usar desodorante o antitranspirante, mantener las uñas limpias y cortas, lavado de manos antes y después de manipular los insectos, acudir al médico en caso de presentar una lesión o síntoma de enfermedad, evitar anillos, pulseras o relojes al manipular los insectos y no fumar o comer mientras se trabaja.

Al levantar objetos pesados se recomienda flexionar las rodillas, mantener la espalda recta y levantar la cabeza, separar ligeramente los pies y apoyarlos de manera firme para prevenir lesiones de espalda. En los movimientos se debe acercar el objeto al cuerpo y emplear la fuerza de las piernas para levantar la carga (ver LudoPrevención, 2018).



Manejo de residuos



Es necesario planear con antelación la forma en la que se eliminarán o se aprovecharán los desechos de la granja para evitar la proliferación de contaminantes, malos olores y microorganismos patógenos. Se recomienda definir, desde la planeación, dónde se pondrán los botes o contenedores de basura, determinar las medidas de control que deberán implementarse para prevenir la presencia de plagas que pongan en riesgo la producción y verificar que la granja cumpla con las regulaciones sanitarias y de seguridad solicitadas por los entes reguladores. A continuación, en la figura 18, se da a conocer la clasificación de los residuos según su procedencia.



Figura 18. Tipos de residuos en la producción.

Biosanitarios: residuos procedentes de la producción que hayan tenido contacto con individuos y que pueden tener contenidos microbiológicos como guantes de nitrilo, cubetas de huevos, tapabocas, telas o esponjas.

Compostaje: excretas, residuos de alimentos y sustratos de oviposición orgánicos para compostaje.

Mortalidades: individuos muertos.

Para más información se puede consultar el *Manual de gestión de residuos o desechos peligrosos* de la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia (APC, 2015).

Medidas de higiene



Durante la cría, el procesamiento y la comercialización de los insectos para el consumo humano o animal se deben tener en cuenta las medidas de higiene correspondientes para evitar peligros microbiológicos. Por ello, es importante producir guías de buenas prácticas para que los operarios comprendan las normas comunitarias relativas de higiene de los alimentos y aplicarlas de manera correcta y uniforme.

Así mismo, quienes procesen y/o comercialicen insectos para el consumo humano deberán tener en cuenta el sistema basado en el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) (Cámara, 2018). Es decir, es necesario que se desarrollen criterios que tengan en cuenta el tipo de productos, procesados u otros factores que afecten su calidad y seguridad microbiológica.

La cría de insectos cumple con las mismas características de cualquier otro sistema de producción animal (EFSA Scientific Committee, 2015). En este sentido, las instalaciones para este fin deben cumplir con los requisitos de higiene necesarios para reducir la contaminación de microorganismos patógenos. Además, se debe cercar el espacio debidamente para

protegerlos de otros animales salvajes o fuentes de contaminación (Belluco et al., 2013). Los insectos necesitan disponer de acceso a agua y alimento, como también una remoción continua de sus excretas en ambientes cerrados. No se debe emplear hormonas, antibióticos o compuestos químicos, salvo biocidas para la desinfección entre lotes de insectos (EFSA Scientific Committee, 2015). La calidad de higiene y sanitaria se evaluará por la ausencia de componentes bióticos como bacterias, parásitos, virus, priones, toxinas, alérgenos y abióticos como residuos de medicamentos, plaguicidas, pesticidas, contaminantes en el alimento (insectos).

Para mayor información, ver la Resolución 2690 de 2015 por “la cual se establecen las directrices para la formulación del programa de verificación microbiológica del sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne y productos cárnicos comestibles”; la Resolución 2906 de 2007 “por la cual se establecen los límites máximos de residuos de plaguicidas, en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes”; la Resolución 4506 de 2013 “Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano”.

Legislación



Todos los países cuentan con leyes y normas que garantizan la seguridad de sus habitantes y regulan los procesos relacionados a la producción y comercialización de alimentos por medio de parámetros evaluables. Estos tienen el objetivo de minimizar los riesgos en la población, en los animales y en el ambiente y disminuir el consumo energético y la generación de contaminantes para brindar seguridad a los consumidores.

Por ejemplo, el consumo de insectos se reguló en la Unión Europea a través del Reglamento 2283 del 2015. De igual manera, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA por sus siglas en inglés) publicó un dictamen científico sobre el perfil de riesgo relacionado con la producción y el consumo de estos animales y la autorización para el uso de proteínas de insectos en la alimentación de animales de granja (EFSA Scientific Committee, 2015).

La regulación de la producción y venta de insectos está en desarrollo. Como principio general se debe garantizar que esta no contenga ningún biótico o abiótico que ponga en riesgo al consumidor. Aunque existen pocos marcos legales que se refieran de manera explícita a los insectos como alimentos para consumo humano o animal, sí hay lineamientos que aseguran una producción apegada a la ley que garantizan el bienestar animal básico.

En Latinoamérica, la normatividad para la producción, transformación y comercialización de invertebrados, con énfasis en insectos, para el consumo humano y animal aún es incipiente porque se basa en lineamientos emitidos por el *Codex Alimentarius* en el que no figuran como alimento para consumo humano (Gertrudis, 2020). Sin embargo, hay algunos avances en países como Costa Rica

y Chile que ya exportan algunas especies de insectos para la alimentación animal. De esta manera, es importante hacer un análisis cuidadoso de los antecedentes del uso de estas especies como alimento humano y animal en el mundo, así como su respectiva normatividad, para promover y facilitar estos sistemas de producción no vedosos y sostenibles ambiental, económica y socialmente en Colombia. Aunque la cría y la elaboración de alimentos a base de insectos aún se encuentra en sus etapas iniciales tanto en Europa como en otros países, se sabe claramente que los cambios en los sistemas de alimentación dependen de varios factores potenciales, entre ellos los tecnológicos, ambientales, políticos, económicos, culturales y demográficos (De Brauw et al., 2019).

Por su parte, en Colombia, la legislación de la producción y consumo de insectos destinados al consumo humano está regida por la Corporación Autónoma Regional (CAR) y la Autoridad Nacional de Licencias ambientales (ANLA), a partir de la Ley 611 de 2000, el Decreto 2820 de 2010 y la Resolución 1317 de 2000 del Ministerio

del Medio Ambiente se dicta la normativa relacionada a la puesta en marcha de los zocriaderos en el país.

La solicitud de los correspondientes permisos pertenece a la ANLA cuando el pie de cría proviene del extranjero o el proyecto de zocría incluye más de un departamento. Le compete a la CAR cuando el pie de cría proviene del medio natural colombiano o es comprado a través de una entidad que tenga el correspondiente permiso de venta. Es el Instituto de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos -INVIMA- la entidad que se encarga de emitir los correspondientes permisos para la comercialización de alimentos.

En territorio colombiano se han realizado en los últimos años varias solicitudes ante la Sala Especializada de Alimentos y Bebidas del INVIMA. Hasta el momento se ha dado vía libre para las especies *Grylloides sigillatus*, *Acheta domesticus* y *Tenebrio molitor*. No obstante, actualmente en el país no se están comercializando productos ni subproductos derivados de estos insectos porque es necesario tener permiso también de las entidades ambientales.

Glosario

Ácido graso: son los componentes más importantes de las grasas solubles de los seres vivos. Desde un punto de vista químico estructural, los ácidos grasos están constituidos generalmente por cadenas largas de átomos de carbono e hidrógeno con un grupo funcional carboxilo.

Aminoácido: son compuestos orgánicos que al unirse forman proteínas. Estos comparten una estructura básica que consiste en un átomo central de carbono, también llamado carbono alfa (α), unido a un grupo amino (NH_2), un carboxilo (COOH) y un átomo de hidrógeno.

Apterigota: son insectos pequeños sin alas.

Capullo: envoltura creada por las larvas de algunas especies de insectos para protegerse durante el estadio de pupa.

Copépodo: es una subclase de crustáceos de tamaño pequeño que viven en altas densidades principalmente en ecosistemas acuáticos. Es el principal organismo que compone el zooplancton y su nombre proviene del griego “kope” que significa remos y “podos” pies.

Cutícula: es una cubierta protectora dura que se encuentra en la superficie externa de los insectos que funciona como barrera fisicoquímica al medioambiente. También se le denomina exoesqueletos.

Diapausa: es un estadio de pausa en los procesos metabólicos y de desarrollo de los insectos que se activa en condiciones naturales adversas.

Eclosión: acción de nacer o brotar de un ser vivo al romper la envoltura (huevo, capullo, etc.) que lo contenía.

Esclerotizado: que posee escleritos, es decir, placas endurecidas de cutícula.

Estridulación: acción de producir sonido mediante la fricción de ciertas partes del cuerpo.

Eusocial: comportamiento cooperativo que ocurre entre individuos de una misma especie caracterizado por una división en las tareas reproductivas y del trabajo. Suele ocurrir en insectos como abejas, avispas, hormigas y termitas.

Exoesqueleto: es el esqueleto externo que recubre, protege y soporta el cuerpo de un animal, hongo o protista.

Fitófago: insecto que se alimenta de las plantas.

Hemimetábola: es una metamorfosis incompleta y el modo de desarrollo de ciertos insectos que incluye únicamente tres fases: huevo, ninfa acuática e imago o adulto.

Holometábola: desarrollo propio de los insectos. Se considera como metamorfosis completa al presentar diversas fases de desarrollo como embrión o huevo, larva, pupa e imago o adulto.

Krill: grupo de crustáceos de pequeño tamaño que viven en el mar abierto y en altas densidades. Es la principal fuente de alimento de las ballenas.

Labium: estructura ubicada en la parte baja del aparato bucal de los insectos.

Maxila: estructura ubicada en el aparato bucal de los insectos que funciona como pinzas para sujeción de alimento.

Nicho ecológico: es la posición que una especie ocupa dentro de un ecosistema. Esto incluye el rango de condiciones y recursos necesarios para su persistencia, así como su función ecológica.

Ninfa: animal en estadio de desarrollo, entre los que experimentan metamorfosis sencilla.

Opistosoma: parte posterior del cuerpo, equivalente al abdomen, de los quelicerados.

Ovopositor: es un órgano usado por las hembras de muchos insectos para depositar huevos. También conocido como oviscapto u ovipositor

Parasitoide: especies de insectos que durante su estadio larval se alimentan de otros, que generalmente viven dentro de ellos.

Prosoma: parte anterior del cuerpo de los quelicerados.

Pseudópodo: pata falsa o estructura carnososa que se encuentra en la parte ventral de las larvas de los insectos.

Pterigota: corresponde a los insectos alados.

Quitina: es un carbohidrato que se encuentra en las paredes celulares de los hongos, en el exoesqueleto de los artrópodos y en algunos órganos de otros animales. Funciona principalmente para la protección de estructuras internas.

Quitosano: es un biopolímero derivado de la quitina y tiene aplicaciones en la industria farmacéutica y cosmética.

Red trófica: son las interacciones naturales que ocurren entre consumidores y recursos.

Tagma: son cada una de las grandes secciones en que se divide el cuerpo de los artrópodos.

Triacilglicerol: son los componentes principales de grasas y aceites.

Turba: material orgánico de color oscuro, proveniente de la materia orgánica y rico en carbono.

Vermiculita: material mineral formado por silicatos de hierro o magnesio.

Referencias bibliográficas

Abbasi T., y Abbasi, S. (2011) Ocean Acidification: The Newest Threat to the Global Environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 41(18), 1601-1663. <https://doi.org/10.1080/10643389.2010.481579>.

AGROSAVIA. (2021) *Colección Taxonómica Nacional de Insectos "Luis Maria Murillo"* (CTNI). Base de datos CTC. <https://www.agrosavia.co/ctni/ctc/orthoptera/gryllidae/gryllus/gryllus-gryllus-assimilis-assimilis/>

Ahn, M., Kim, B., Kim, H.J., Jin, J.M., Yoon, H., Hwang, J.S. y Lee, B. (2020). Anti-diabetic activity of field cricket glycosaminoglycan by ameliorating oxidative stress. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1), 232. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03027-x>.

Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Finnigan, J. y Rounsevell, M. (2016). Human appropriation of land for food: The role of diet. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 41, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.09.005>.

Alexander, P., Brown, C., Arneith, A., Finnig, C. y Rounsevella, D. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use?. *Global Food Security*, 15, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>.

Alkemade, R., Robin, S. Reid, Maurits, V., Jan, L. y Jeuken, M. (2013). Assessing the impacts of livestock production on biodiversity in rangeland ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(52), 20900-20905. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011013108>.

Amat-García, G. y Fernández, F. (2011). Diversity of Lower Insects (Arthropoda: Hexapoda) in Colombia: I. Entognatha to Polyneoptera. *Acta Biológica Colombiana*, 16(2), 205-220.

Apolo-Arévalo, L. y Iannacone, J. (2015). Crianza del grillo (*Acheta domesticus*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia* (Lima). 17. 155-167. <https://doi.org/10.31381/scientia.v17i17.389>.

Arango, G.P., Vergara, R.A. y Mejía, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *hermetia illuscens* L (dipte-

ra:stratiomyiidae) en angelópolis-Antioquia, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2499.

Arango, G. P. (2005). Los insectos: una materia prima alimenticia promisorio contra la hambruna. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1),33-37.

Belles, X. (2020). *Insect Metamorphosis: From Natural History to Regulation of Development and Evolution*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-04530-8>.

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C., Paoletti, M. y Ricci, A. (2013). Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 296-313. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12014>.

Berlese, A. (1913). Intorno alle metamorfosi degli insetti. *Redia*, 9,121-136.

Bernard, T. y Womeni, H. (2017). Entomophagy: Insects as Food. En: *Insect Physiology and Ecology*. Intech.

BugBurger (23 de octubre de 2015). *The Eating insects startups: Here is the list of Entopreneurs around the world!*. <https://www.bugburger.se/foretag/the-eating-insects-startups-here-is-the-list-of-entopreneurs-around-the-world/>.

Bukkens, S. (2010). The nutritional value of edible insects. *Ecological Food Nutrition*, 36, 287-319. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991521>.

Bukkens, S. (2005). Insects in the human diet: Nutritional Aspects. En: Paoletti, M.G. (Ed.), *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs, and Snails* (pp. 545-577). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482294439>.

Cadena-Castañeda., O.J. (2011). A new genus of cricket near to *Miogryllus* and *Kazuemba* from the Colombian Atlantic coast and the first report of *Gryllodes sigillatus* from Colombia. *Zootaxa*, 3126, 55-61.

Cámara M.M., Conchello, P., Daschner, A., González, H., Palop, A., Rodríguez, D., y Santos, J.A. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo,

- Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, 27, 11-40.
- Carlson, A. y Kingston, J. (2007). Docosahexaenoic acid biosynthesis and dietary contingency: Encephalization without aquatic constraint. *American Journal of Human Biology*, 19(4), 585-588. <https://doi.org/10.1002/ajhb.20683>.
- Caro, L.A. (2004). Los grupos de mujer rural y sus impactos en las mujeres de catorce veredas de municipio de La Mesa, Cundinamarca. *Revista de Trabajo Social* 6, 101- 114.
- Christensen, D., Orech, F., Mungai, N., Larsen, T., Friis, H., Aagaard-Hansen, J. (2006). Entomophagy among the Luo of Kenya: A potential mineral source? *International Journal of Food Science and Nutrition*, 57(3-4), 198-203. <https://doi.org/10.1080/09637480600738252>.
- Cito, A., Botta, M., Francardi, V. y Dreassi, E. (2017). Insects as source of angiotensin converting enzyme inhibitory peptides. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(4), 231-240. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0017>.
- da Silva, A., de Oliveira, L., da Rocha, M. y Prentice, C. (2019). Edible insects: an alternative of nutritional, functional and bioactive compounds. *Food chemistry*, 311, 126022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126022>.
- DANE (2019). *Censo Nacional Agropecuario*. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas/sep-2020-%20mujeres-rurales.pdf>.
- de la Fuente, J. (1994). *Zoología de artrópodos*. McGraw-Hill.
- de Oliveira, R., Barioni, L.G., Hall, J.A.J., Folegatti, M., Zanett, T., Fernandes, F.A. y Moran, D. (2016). Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. *Nature Clim Change*, 6, 493-497. <https://doi.org/10.1038/nclimate2916>.
- di Mattia, C., Battista, N., Sacchetti, G., y Serafini, M. (2019). Antioxidant Activities in vitro of Water and Liposoluble Extracts Obtained by Different Species of Edible Insects and Invertebrates. *Frontiers in Nutrition*, 6, 106. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00106>.
- Dossey, A., Morales-Ramos, J. y Rojas, M.G. (2016). *Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-03534-4>.
- Dunlop, A. (2010). Geological history and phylogeny of Chelicerata. *Arthropod Structure & Development*, 39(2-3), 124-142. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2010.01.003>.
- EFSA Scientific Committee. (2015). *Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed*. *EFSA Journal*, 13(10), 4257. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>.
- Ekpo, E., Onigbinde, O. y Asia, O. (2009). Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 3(2), 51-57.
- Fedegan. (2020). *Consumo aparente per cápita anual (origen formal)*. <https://www.fedegan.org.co/estadisticas/consumo-0>
- Feng, Y., Chen, M., Zhao, M., He, Z., Sun, L., Wang, Y & Ding, F. (2017). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science*, 25(2), 1-15.
- Fernández, J.C., Tavaña, F., Soares, J., Ramos, O., Monteiro, M.J., Pintado, M., y Malcata, F.X. (2008). Antimicrobial effects of chitosans and chitooligosaccharides, upon *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, in food model systems. *Food microbiology*, 25(7), 922-928. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.05.003>.
- Fiala, N. (2008). Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production. *Ecological Economics*, 67(3), 412-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.12.021>.
- Footitt, R. G., y Adler, P. H. (Eds.). (2009). *Insect biodiversity: science and society*. John Wiley & Sons.
- Feener, D.H., y Brown, B.V. (1997). Diptera as parasitoids. *Annual review of entomology*, 42, 73-97. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.73>.
- Gertrudis, E.A. (2020). *Desarrollo de nuevos alimentos para consumo humano a base de proteína de insectos* [Tesis de Maestría, Universitat Politècnica de València]. <https://riunet.upv.es/handle/10251/151481>.

- Gibb, T. y Oseto, C. (2019). *Insect Collection and Identification Techniques for the Field and Laboratory* (2nd ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-00136-X>.
- Gillot, C. (2005). *Entomology* (3rd ed.). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/1-4020-3183-1>.
- Giribet, G. y Edgecombe, G.D. (2012). *Reevaluating the Arthropod Tree of Life. Annual Review of Entomology*, 57, 167-186. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100659>.
- Giribet, G. y Edgecombe, G.D. (2019). The Phylogeny and Evolutionary History of Arthropods. *Current Biology*, 29(12), R592-R602. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.04.057>.
- Gullan, P. y Cranston, P. (2014). *The insects: an outline of entomology* (5th ed.). Wiley Blackwell.
- Hall, F., Reddivari, L. y Liceaga, A. (2020). Identification and Characterization of Edible Cricket Peptides on Hypertensive and Glycemic In Vitro Inhibition and Their Anti-Inflammatory Activity on RAW 264.7 Macrophage Cells. *Nutrients*, 12(11), 3588. <https://doi.org/10.3390/nu12113588>.
- Halloran, A., Roos, N., Flore, R., y Hanboonsong, Y. (2016). The development of the edible cricket industry in Thailand. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(2), 91-100. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0091>.
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N. y Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 156, 83-98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.017>.
- Halloran A., Flore R., Vantomme P. y Roos N. (Eds.). (2018). *Edible Insects in Sustainable Food Systems*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>.
- Hardy, K., Radini, A., Buckley, S., Blasco, R., Copeland, L., Burjachs, F., Girbal, J., Yll, R., Carbonell, E. y Bermúdez J.M. (2017). Diet and environment 1.2 million years ago revealed through analysis of dental calculus from Europe's oldest hominin at Sima del Elefante, Spain. *The Science of Nature*, 104(2). <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1420-x>.

- Hartley S.E. y Jones, T.H. (2008) Insect Herbivores, Nutrient Cycling and Plant Productivity. En: W.W. Weisser y E. Siemann (Eds.), *Insects and Ecosystem Function* (pp. 27-52). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74004-9>.
- Hanboonsong, Y., Jamjanya, T. y Durst P:B. (2013). *Six legged livestock: Edible insect farming collection and marketing in Thailand*. FAO. <http://www.fao.org/3/i3246e/i3246e.pdf>.
- Hlongwane, Z.T., Slotow, R. y Munyai, T.C. (2020). Nutritional Composition of Edible Insects Consumed in Africa: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(9), 2786. <https://doi.org/10.3390/nu12092786>.
- Hoshiya, H., y Sasaki, M. (2008). Perspectives of multi-modal contribution of honeybee resources to our life. *Entomological Research*, 38, S15-S21. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2008.00170.x>.
- IPIFF. (16 de noviembre de 2016). Implementation of EU Regulation 2015/2283 on 'novel foods.' <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/05/ipiff-position-paper-implementation-of-eu-nf-regulation.pdf>.
- Jankielsohn, A. (2018). The Importance of Insects in Agricultural Ecosystems. *Advances in Entomology*, 6(2), 62-73. <https://doi.org/10.4236/ae.2018.62006>.
- Jongema, Y., (1 de abril de 2017). *List of Edible Insects of the World*. Wageningen. University, <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>.
- Joseph, I., Mathew, D., Sathyan, P. y Vargheese, G. (2011). The use of insects in forensic investigations: An overview on the scope of forensic entomology. *Journal of Forensic Dental Science*. 3(2), 89-91. <https://doi.org/10.4103/0975-1475.92154>.
- Kaneshiro, K. (1980). Sexual Isolation, Speciation and the Direction of Evolution. *Evolution*, 34(3), 437-444. <https://doi.org/10.2307/2408213>.
- Kelemu, S., Niassy, S., Torto, B., Fiaboe, K., Affognon, H., Tonnang, H., Maniania, N. y Ekesi, S. (2015). African edible insects for food and feed: inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2), 103-119. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0016>.

- Khawaldeh, S., Pervaiz, U., Elsharnoby, M., Alchalabi, A. y Nayel, G. (2017). Taxonomic Classification for Living Organisms Using Convolutional Neural Networks. *Genes*, 8(11), 326-332. <https://doi.org/10.3390/genes8110326>.
- Kouřimská, L. y Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>.
- Landholm, D., Pradhan, P. Wegmann, M., Sánchez, J. y Salazar, J. (2019). Reducing deforestation and improving livestock productivity: greenhouse gas mitigation potential of silvopastoral systems in Caquetá. *Environmental Research Letters*, 14(11), 114007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3db6>.
- Levin, S. (Ed.). (2013). *Encyclopedia of Biodiversity* (2nd Ed.). Academic Press.
- LudoPrevencion. (3 de octubre de 2018). *Manipulación manual de cargas explicada de forma sencilla* [Archivo de Vídeo]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=EhOUeNll-uE>.
- Looy, H., Dunkel, F.V., Wood, J.R. (2014). How then shall we eat? Insect-eating attitudes and sustainable food ways. *Agricultural Human Values*, 31, 131-141. <https://doi.org/10.1007/s10460-013-9450-x>.
- Macdiarmid, J. y Whybrow, S. (2019). Nutrition from a climate change perspective. *Proceedings of the Nutrition Society*, 78(3), 380-387. <https://doi.org/10.1017/S0029665118002896>.
- Magrone, T., Perez, F., Jirillo, E., Morabito, G., Marcos, A. y Serafini, M. (2013). Functional foods and nutraceuticals as therapeutic tools for the treatment of diet-related diseases. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 91(6), 387-396. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2012-0307>.
- McGrew, W.C. (2014). The 'other faunivory' revisited: insectivory in human and non-human primates and the evolution of human diet. *Journal of Human Evolution*, 71, 4-11. <https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2013.07.016>.
- Meticulous Blog. (30 de octubre de 2020). *Top 5 insects propelling the growth of edible insects market*. Meticulous Market Research Pvt. Ltd. <https://meticulousblog.org/top-5-insects-edible-insects-market/>.

- Miñarro, M., García, D. y Martínez-Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>.
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M. y Bednarova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe—a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64(3), 147-57. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>.
- Muthukrishnan, S., Mun, S., Noh, M.Y., Geisbrecht, E.R. y Arakane, Y. (2020). Insect Cuticular Chitin Contributes to Form and Function. *Current Pharmaceutical Design*, 26(29), 3530-3545. <https://doi.org/10.2174/1381612826666200523175409>.
- Mwangi, M.N., Oonincx, D.G.A.B., Stouten, T., Veenenbos, M., Melse-Boonstra, A., Dicke, M. y van Loon J.J.A (2018). Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. *Nutrition Resurrection Review*, 31(2), 248-255. <https://doi.org/10.1017/S0954422418000094>.
- Nakagaki, B.J., Defoliart, G.R. (1991). Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and the comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3): 891-896. <https://doi.org/10.1093/jee/84.3.891>.
- Naseem, R., Majeed, W., Rana, N., de Azevedo, E.B., y Naseem, M.R. (2021). Entomophagy: an innovative nutritional and economic navigational tool in race of food security. *Int J Trop Insect Sci*, 41, 2211-2221. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00284-8>.
- Omkar. (Ed.) (2017). *Industrial Entomology*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-3304-9>.
- Oonincx, G., van Itterbeeck, J. Heetkamp, M.J.W., van den Brand, H., van Loon. J.J.A., 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>.
- Oonincx, D.G.A.B. y de Boer, I.J.M. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans - a life cycle assessment. *PLoS One*, 7(12), e51145. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>.

- Patel, S., Suleriab, H. y Raufc, H. (2019). Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 352–359. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.033>.
- Parameswaran, M., Latha, R. y Sharmila, G. (2020). Anti-hypertensive and anti-microbial activity of protein hydrolysate obtained from seven edible insects. *Bulletin of Pure and Applied Science*, 39a(1), 206-216. <https://doi.org/10.5958/2320-3188.2020.00024.8>.
- Premalatha M, Abbasi T, Abbasi T. y Abbasi S. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4357–4360. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115>.
- Prischmann, D.A. (2008) Insects as Aphrodisiacs. En J.L. Capinera (Ed.) *Encyclopedia of Entomology* (2nd ed.) (pp.2008-2010). Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6>.
- Raheem, D., Carrascosa, C., Oluwole, O.B., Nieuwland M., Saraiva, A., Millán, R. y Raposo A. (2018). Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2169-2188. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1440191>.
- Ramos-Elorduy, J. (2008). Energy supplied by edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. *Ecological Food and Nutrition*, 47(3), 280–297. <https://doi.org/10.1080/03670240701805074>.
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39, 271-288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>.
- Rivero-Pino, F., Espejo-Carpio, J., Pérez-Gálvez, R., Guadix, A. y Guadix, E.M. (2020). Effect of ultrasound pretreatment and sequential hydrolysis on the production of *Tenebrio molitor* antidiabetic peptides. *Food and Bioprocess Processing*, 123, 217-224. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.003>.
- Rumpold, B.A. y Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>.

- Schwab, C.G. (2011). Feed Ingredients | Feed Supplements: Ruminally Protected Amino Acids. En *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd Ed.) (pp.389-395). Academic Press.
- Schwager, E.E., Schönauer, A., Leite, D.J., Sharma, P.P. y McGregor, A.P. (2015). Chelicerata. En: Wanninger A. (eds), *Evolutionary Developmental Biology of Invertebrates 3*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1865-8_5.
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A. y Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*, 137, 741-751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>.
- Smil V. (2002). Eating meat: evolution, patterns, and consequences. *Population and Development Review*, 28(4), 599–639. <https://doi.org/10.1111/j.1728-4457.2002.00599.x>.
- Smithsonian. (1996). *Numbers of Insects (Species and Individuals)*. Smithsonian Institution <https://www.si.edu/spotlight/buginfo/bugnos>.
- Soares, R.R., Ribero, T., Ferraz, V. y Moreira, E. (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>.
- Springmann, M., Michael Clark, M., Mason-D’Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L. Las-saletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L.J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockström, J. y Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562, 519–525. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0594-0>.
- 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>.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales. M. and de Haan, C. (2006). *Livestock’s long shadow: environmental issues and options*. FAO
- Stork, N.E. (2018). How many species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annual Review of Entomology*, 63, 31-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043348>.

- Stull, V.J., Finer, E., Bergmans, R.S., Febvre, H.P., Longhurst, C., Manter, D.K., Patz, J.A. y Weir, T.L. (2018). Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-blind, Randomized Crossover Trial. *Scientific Reports*, 8, 10762. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29032-2>.
- Szaniawska, A. (2018). Function and Importance of Crustaceans. En *Baltic Crustaceans* (pp 185-188). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56354-1_11.
- Phillips, D., Camargos, D., Campos, A., Wasley, A. y Heal A. (2 de julio de 2019). *Revealed: rampant deforestation of Amazon driven by global greed for meat*. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/2019/jul/02/revealed-amazon-deforestation-driven-global-greed-meat-brazil>.
- Tzompa-Sosa, D.A., Yi, L., van Valenberg, H.J.F., van Boekel, M.A.J.S. y Lakemond, C.M.M. (2014). Insect lipid profile: Aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Research International*, 62, 1087–1094. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052>.
- Udomsil, N., Imsoonthornruksa, S., Gosalawit, C. y 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>.
- van Huis, A. (2016). Edible insects are the future? *Proceed Nutritional Society*. 75(3), 294–305. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>.
- van Huis, A. (2017). Did early humans consume insects? *Journal of Insects as Food and Feed*. 3(3), 161-163. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.x006>.
- van Huis A. (2020a). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects for Food and Feed*, 6(1), 27-44. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0017>.
- van Huis, A. (2020b). Nutrition and health of edible insects. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 23(3), 228-231. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000641>.

- Vega, C. y Gutiérrez, E. (2014). Nuevas aproximaciones a la organización social del cuidado. *Debates latinoamericanos. Íconos. Revista de Ciencias Sociales* 50, 9-26. <https://doi.org/10.17141/iconos.50.2014.1425>.
- Webber, W., Fenwick, G., Bradford-Grieve, J., Eagar, S., Buckeridge, J., Poore, G., Dawson, E., Watling, L., Jones, J., Wells, J., Bruce, N., Ah Yong, S., Larsen, K., Chapman, M., Olesen, J., Ho, J.-S., Green, J., Shiel, R., Rocha, C. y Charleston, W. (2010). Phylum Arthropoda Subphylum Crustacea: shrimps, crabs, lobsters, barnacles, slaters, and kin. En *New Zealand Inventory of Biodiversity: Volume Two: Kingdom Animalia Chaetognatha, Ecdysozoa, Ichnofossils* (pp. 98-232). Canterbury University Press
- Williams, J.P., Williams, J.R., Kirabo, A., Chester, D. y Peterson, M. (2016) Chapter 3 - Nutrient Content and Health Benefits of Insects. En A.T. Dossey, J.A. Morales-Ramos y M.G. Rojas (Eds.), *Insects as Sustainable Food Ingredients* (pp. 61-84). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00003-X>.
- Womeni, H.M., Linder, M., Tiencheu, B., Mbiapo, F.T., Villeneuve, P., Fanni, J. y Parmentier, M. (2009). Oils of insects and larvae consumed in Africa: potential sources of polyunsaturated fatty acids. *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 16(4): 230-235. <https://doi.org/10.1051/ocl.2009.0279>.
- Yoshikawa, N., Nakamura, K., Yamaguchi, Y., Kagota, S., Shinozuka, K. y Kunitomo, M. (2004). Antitumour activity of cordycepin in mice. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 31, S51-S53. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1681.2004.04108.x>.
- Zachariah, T. y Mitchell, M. (2009). Invertebrates. En M.A. Mitchel y Tully, Jr, T.N. (Eds.), *Manual of Exotic Pet Practice* (pp. 11-38). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-0119-5.X5001-X>.
- Zielińska, E., Baraniak, B., Karaś, M., Rybczyńska, K. y Jakubczyk, A. (2015). Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. *Food Research International*, 77(3), 460– 466. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.008>.

Los autores



Diego Cruz Fagua

Biología con maestría y doctorado en Entomología con énfasis en Comportamiento y Electrofisiología de Insectos. Cuenta con dos investigaciones postdoctorales en uso de insectos en la alimentación humana y animal. Actualmente es cofundador de ArthroFood, empresa dedicada a la producción de grillos para la alimentación humana.

Helbert Arévalo Arévalo

Zootecnista e investigador en sistemas de producción alternativa de proteína animal y sistemas eficientes hídricos en acuicultura. Coordinador de producción de ortópteros en el Centro de Investigación de Artrópodos Terrestres (CINAT) de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Actualmente se encuentra realizando sus estudios de maestría en Producción Animal en la misma Universidad, donde está investigando la estandarización de producción del grillo rayado (*Grylodes sigillatus*) bajo condiciones de laboratorio.

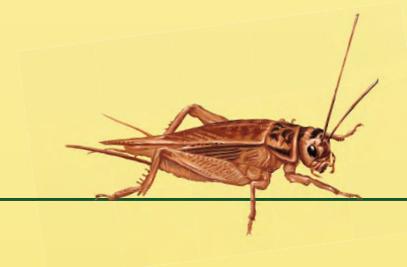
ORCID: orcid.org/0000-0002-4264-9559

Diana Vernot

Socióloga y magistra en Estudios Culturales. Profesora de la Universidad de La Sabana. Ha estudiado temas relacionados con los ejes culturales de la cocina y el comer a través del estudio de objetos materiales, así como temas en soberanía y seguridad alimentaria. Miembro del Grupo de Investigación en Alimentación, Gestión de Procesos y Servicio.

ORCID: orcid.org/0000-0001-7414-104X

Se terminó de imprimir
en Bogotá, Colombia,
en noviembre de 2021.



El consumo de insectos alrededor del mundo no es algo nuevo. Se estima que 1.900 especies de estos animales hacen parte de las dietas de aproximadamente 2.500 millones de personas. En Colombia, se consumen algunas especies, como el mojoyo (larva del escarabajo *Rhynchophorus palmarum*), la hormiga culona (*Alta laevigata*) y la hormiga arriera (*Alta sp.*); sin embargo, estas y otras especies son capturadas de su hábitat y hasta hace unas décadas se ha empezado a sistematizar y estandarizar el proceso de cría de algunos de estos animales.

Este libro da a conocer cómo se introdujo el tema de la cría de grillos con énfasis comercial a un grupo de mujeres residentes de La Mesa, Cundinamarca, Colombia, que fueron partícipes de un proceso de investigación-acción. Este texto comienza con la descripción general de los artrópodos, para así profundizar en las características generales de los insectos, su forma de desarrollo, e importancia ecológica, económica y social. Estos aspectos son la antesala a la producción y el manejo de grillos, ya sea de forma casera o industrial. Así mismo, se ofrece una mirada sobre la normatividad vigente en Colombia para la cría y comercialización de los productos y subproductos derivados de los grillos.

ISBN: 978-958-12-0594-3

