

Estado actual de la producción de insectos como alimento humano y animal en Latinoamérica

Karol B, Barragán-Fonseca¹ ✉  Rodrigo Llauradó Casares² ✉

Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia

The current state of insect production for human and animal consumption in Latin America

Abstract. Insects constitute more than 50 % of all known species, playing a crucial role in the planet's biomass and providing essential ecosystem services such as biological control, pollination, food and feed, and bioconversion. In the context of the United Nations Sustainable Development Goals, insects are not only fundamental to biodiversity and ecosystems but also play a key role in economic aspects ranging from human consumption to applications in health, agriculture, and medicine. Entomophagy, or insect's consumption, is a traditional practice in Latin American countries such as Mexico, Brazil, Ecuador, and Colombia. However, the production of insects as food and feed in the region is in its early stages, facing challenges in terms of regulations, training, knowledge dissemination, and collaboration between public and private institutions. Surveys were conducted to assess the situation of insect production in Latin America, revealing a growing interest in species such as the black soldier fly (*Hermetia illucens*), the mealworm (*Tenebrio molitor*), and the house cricket (*Acheta domesticus*). Productive initiatives for these species were identified at various scales, but there is still a lack of experience related to their management or production. The results indicate the need for more training and knowledge dissemination to drive the development of this emerging industry in the region. Additionally, the lack of legislation related to insects as feed and food highlights the need for collaboration to advance a regulatory framework for the production, processing, and marketing of these species.

Keywords: Entomophagy, bioeconomy, circular economy, sustainable development, Global South

Resumen. Los insectos constituyen más del 50 % de todas las especies conocidas, desempeñando un papel crucial en la biomasa del planeta y proporcionando servicios ecosistémicos esenciales como control biológico, polinización, alimento y bioconversión de materia orgánica. En el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, los insectos no solo son fundamentales para la biodiversidad y los ecosistemas, sino que también juegan un papel clave en aspectos económicos que van desde el consumo humano hasta aplicaciones en salud, el sector agropecuario y la biotecnología. La entomofagia, o consumo de insectos, es una práctica tradicional en países latinoamericanos como México, Brasil, Ecuador y Colombia. Sin embargo, la producción de insectos como alimento en la región, se encuentra en una etapa incipiente, enfrentando desafíos en términos de normatividad, capacitación, divulgación de conocimientos y colaboración entre instituciones públicas y privadas. Se realizaron dos encuestas virtuales para evaluar la situación de la producción de insectos en Latinoamérica. Los resultados revelaron que existe un creciente interés en especies como la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), el gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) y el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) y se identifican iniciativas productivas de estas especies a diferentes escalas. Sin embargo, aún falta experiencia relacionada a su manejo o producción. Los resultados indican la necesidad de mayor formación y divulgación de conocimientos para impulsar el desarrollo de esta industria emergente en la región. Además, la falta de legislación relacionada a los insectos para consumo humano y animal, demuestra la necesidad de colaboración para avanzar en un marco regulatorio de producción, procesamiento y comercialización de estas especies.

Recibido: 2024-02-16. Revisado: 2024-05-22. Aceptado: 2024-06-21

¹Autor para la correspondencia: kbbarraganf@unal.edu.co

²Productor de contenidos sobre insectos como alimento humano y animal. Buenos Aires, Argentina.

Estado actual da produção de insetos como alimento humano e animal na América Latina

Resumo. Os insetos constituem mais do 50 % de todas as espécies conhecidas, desempenhando um papel crucial na biomassa do planeta e fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais, como controle biológico, polinização, alimento e bioconversão de matéria orgânica. No contexto dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, os insetos não são apenas fundamentais para a biodiversidade e os ecossistemas, mas também desempenham um papel-chave em aspectos econômicos que vão desde o consumo humano até aplicações em saúde, agricultura e produção de substâncias medicinais. A entomofagia, ou consumo de insetos, é uma prática tradicional em países latino-americanos, como México, Brasil, Equador e Colômbia. No entanto, a produção de insetos como alimento na região ainda está em estágios iniciais, enfrentando desafios em termos de regulamentação, treinamento, divulgação de conhecimentos e colaboração entre instituições públicas e privadas. Foram realizadas pesquisas para avaliar a situação da produção de insetos na América Latina, revelando um interesse crescente em espécies como a mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), o besouro da farinha (*Tenebrio molitor*) e o grilo doméstico (*Acheta domestica*). Foram identificadas iniciativas produtivas dessas espécies em diferentes escalas, mas ainda há falta de experiência relacionada ao seu manejo ou produção. Os resultados indicam a necessidade de maior formação e divulgação de conhecimentos para impulsionar o desenvolvimento dessa indústria emergente na região. Além disso, a falta de legislação relacionada aos insetos para consumo humano e animal demonstra a necessidade de colaboração para avançar em um quadro regulatório de produção, processamento e comercialização dessas espécies.

Palavras-chave: Entomofagia, bioeconomia, economia circular, desenvolvimento sustentável, Sul Global

Introducción

Los artrópodos son animales con más de 10 millones de especies, de las cuales alrededor del 60 % son insectos. Los insectos son el grupo de organismos más diversos y su existencia data de más de 500 millones de años (Grimaldi y Engel, 2005). Este taxón incluye más del 50 % de todas las especies conocidas (Ballal, 2023) y forman una gran parte de la biomasa en el planeta, por lo que sus servicios ecossistémicos (SE) son vitales para la vida en el mismo (Elizalde *et al.*, 2020; Eilenberg y van Loon, 2018; Losey y Vaughan, 2006;). Según el Millennium Ecosystem Assessment (2005), los SE están divididos en cuatro categorías: soporte, provisión, regulación y culturales. Dentro de los servicios ecossistémicos mayormente identificados en los insectos se encuentran el control biológico, la polinización, su uso como alimento y la bioconversión de materia orgánica (Elizalde *et al.*, 2020; Eilenberg y van Loon, 2018; Van Huis y Oonincx, 2017; Payne y Van Itterbeeck, 2017; Busch *et al.*, 2012).

Las funciones ecológicas y socioeconómicas globales de los insectos son muy relevantes para varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, propuestos por las Naciones Unidas, y son de vital importancia para los retos de los sistemas agroalimentarios (Barragán-Fonseca y Gómez, 2024). Por ejemplo, el uso de los insectos basados en los SE relacionados al uso de insectos como alimento y para mejorar los medios de vida de los pequeños agricultores están relacionados con los siguientes ODS: fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, igualdad de género, y paz, justicia e

instituciones sólidas (Barragán-Fonseca *et al.*, 2020a,b; Chia *et al.*, 2019; Dicke, 2018); o por ejemplo los SE relacionados al uso de los desechos de insectos para promover la salud y el crecimiento de las plantas, y el apoyo a los SE y la biodiversidad están estrechamente relacionados a los ODS de agua limpia y saneamiento, industria, innovación e infraestructura, producción y consumo responsables, acción por el clima, vida submarina y vida de ecosistemas terrestres (Barragán-Fonseca y Gómez, 2024; Barragán-Fonseca *et al.*, 2020a; Dangles y Casas, 2019; Barragán-Fonseca *et al.*, 2018; Dicke, 2018).

Dentro de los SE de provisión, la entomofagia o el consumo de insectos como alimento por parte de humanos y animales (Deshmukh *et al.*, 2022), es una práctica tradicional para varias comunidades tanto indígenas como campesinas (Costa-Neto, 2015), se estima que más de 2,100 especies de insectos son consideradas comestibles (van Loon, 2023; Gasca-Álvarez y Costa-Neto, 2022; Jongema, 2017). De éstas, el 83 % pertenece a insectos del ámbito terrestre y solo el 17 % a ecosistemas acuáticos continentales (Sponchiado *et al.*, 2005). Los insectos son consumidos en todos los estados de su desarrollo, el 55,8 % de ellos se consume en los estadios inmaduros (huevos, larvas, pupas y ninfas), y el 44,2 % en estado adulto (Eilenberg y van Loon, 2018; Ramos-Elorduy *et al.* 2005). En Latinoamérica México, Brasil, Ecuador y Colombia son los países en los que se reporta la entomofagia de una manera más extendida (Deshmukh *et al.*, 2022; Costa-Neto, 2015).



Debido a que los insectos forman parte estructural de la historia de la nutrición humana, ya que son fuentes altas de proteína y energía proveniente de los elevados niveles de grasa e importantes fuentes de minerales como hierro y zinc (DeFoliart, 1999), esta práctica ha perdurado con el tiempo (Papastavropoulou *et al.*, 2021); además que su colecta no implica altos costos (Van Huis *et al.*, 2013; Gahukar, 2011). Sin embargo, es una práctica que se limita a grupos específicos de poblaciones económicamente marginales, ya que las sociedades occidentales generalmente presentan reticencia a consumir insectos o sus productos derivados, a lo que se denomina neofobia. No solamente los humanos los consumen, también varias especies de insectos han sido suministradas como parte de una dieta natural a animales convencionales, mascotas y animales de zoológico o centros de rehabilitación (Barragán-Fonseca *et al.* 2012). Por otro lado, existen otras formas de aprovechar económicamente y de forma directa lo que ofrecen los insectos, por ejemplo el comercio de animales vivos para vivarios y eventos (lepidópteros) (Ramírez, 2005), comercio de especímenes disecados para colecciones entomológicas, para biocontrol y su uso como bioindicadores e alteraciones al medio ambiente (López, 2000), producción de sustancias medicinales y cosméticas (Dimarq y Hunneyball, 2003), compuestos químicos promisorios como venenos y sedas (García y de Celis, 1992), aplicaciones agrícolas, como la generación de fertilizantes y la biorremediación de suelos contaminados (Van Huis, 2022) y fabricación de artesanías (Ramírez, 2005).

La cantidad de SE de los insectos hace que su producción en cautiverio cada vez tome más auge, como por ejemplo en Europa o en Norte América, existe producción y comercialización a gran escala de insectos para servicios de polinización o biocontrol (Por ejemplo, Koppert, Biobest, etc.); además de insectos con fines de consumo animal y bioconversión de residuos (Por ejemplo, Protix, Ynsecta, Agronutris, etc.). En Latinoamérica, aunque el uso de insectos como alimento es extendido, la producción es aún incipiente (Caparros-Megido *et al.* 2024). En este documento se describe la producción de insectos como alimento humano y animal en Latinoamérica, se identifican desafíos y se proponen lineamientos para promover esta industria emergente basados en experiencias y en la información obtenida en el marco de dos webinars realizados por la Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), la Universidad Nacional de Colombia y otras instituciones de investigación en Latinoamérica.

Insectos: Potencial productivo y bioeconomía global

Aunque tradicionalmente el uso de los insectos se hace a través de la colecta directa del ambiente, la producción local se da en algunas especies específicas por las ventajas que ofrece su producción (Costa-Neto, 2015). Hay SE que pueden ser optimizados a través de la cría en cautiverio de ciertas especies que tienen alto potencial productivo. El potencial productivo, se puede entender como la capacidad de una especie animal de ser aprovechada por el ser humano y donde convergen criterios biológicos, económicos, sociales, culturales y ambientales con un beneficio comercial (Barragán-Fonseca, 2011).

En un estudio donde se evalúa el potencial productivo o zootécnico de especies silvestres como mamíferos, aves, reptiles, anfibios e invertebrados, se establece que las especies con mayor potencial productivo son los insectos, donde la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), el gusano de seda (*Bombyx mori*), el escarabajo de la harina (*Tenebrio molitor*) y el escarabajo de la palma (*Rhynchophorus palmarum*) son los que mayor potencial tienen. Este grupo de animales poseen un conjunto de características que los convierte en una alternativa tangible no convencional de producción de proteína animal, ya sea para su consumo directo por los humanos, o consumo indirecto como recurso alimenticio en diferentes sistemas de alimentación para animales. Además, por sus ventajas comparativas y competitivas pueden actuar en otros sectores de la bioeconomía mundial (Barragán-Fonseca, 2011).

Una característica que hace que varias especies de insectos tengan alto nivel productivo es que son animales poiquiloterms, por lo que presentan una mejor tasa de conversión hacia proteína y energía. Además, está comprobado que la producción de un kilogramo de proteína de insecto emite menos gases de efecto invernadero que el mismo kilo de proteína obtenido de animales convencionales (Oonincx *et al.* 2010). Muchos insectos también tienen la posibilidad de alimentarse de residuos de materia orgánica produciendo valores agregados a su proceso de producción (Lalander *et al.* 2019).

A pesar de que los insectos son el grupo de animales más diverso y abundante sobre la tierra, su producción en cautiverio se ha centrado en pocas especies, en su mayoría cosmopolitas, como la mosca soldado negra o el escarabajo de la harina (Halloran *et al.* 2018; van Loon, 2023). No hay una clara distinción entre la producción a pequeña y a gran escala de insectos para alimentación, de hecho, esta también varía de acuerdo con el tipo de producto de la producción: insecto vivo, insecto congelado, harina de insecto o cantidad de residuo

bioconvertido. Se podría decir que se puede dividir en pequeña, mediana y gran escala (van Huis, 2020), principalmente diferenciándose en el tipo de productor y cantidad de inversión del sistema productivo (Caparros-Megido *et al.*, 2017). En algunos países del Norte Global, como Países Bajos, Francia o USA, la producción a gran escala es más frecuente y en el Sur Global, donde la industria de insectos no está tan desarrollada, la producción a pequeña escala de insectos es la más común.

Una aproximación al estado actual de la producción de insectos en Latinoamérica

La producción de insectos a pequeña escala en América Latina se puede dividir en tres tipos: tradicional, comercial e iniciativas de economía sostenible (Caparros-Megido *et al.* 2023). Donde la producción tradicional se enfoca en especies que tienen importancia entomofágica a nivel local y las comunidades han logrado una producción artesanal de estas, como es el caso de especies como el chapulín *Sphenarium purpurascens* en México (Piña-Domínguez *et al.*, 2022) y del *Rhynchophorus palmarum* en la Amazonía (Cerdeña *et al.*, 2001; Cristancho y Barragán-Fonseca, 2011). La producción comercial de insectos a pequeña escala se ha desarrollado en la última década e implica la producción de especies que también lideran la producción en Europa y Norteamérica, como *Acheta domesticus*, *H. illucens* y *T. molitor* (Caparros-Megido *et al.*, 2023). Finalmente, a través de iniciativas de economía sustentable, las comunidades rurales producen especies de insectos como *H. illucens* para alimentar animales convencionales, principalmente pequeños piscicultores para reducir el costo de los alimentos comerciales, y producir biofertilizantes, como la iniciativa en Colombia Insectos por la Paz (I4P) (Barragan-Fonseca *et al.*, 2020a,b). Esta iniciativa, brinda opciones rentables para los pequeños agricultores y contribuye a incrementar sus medios de vida y mejorar la seguridad alimentaria a través de la agricultura circular (Barragán-Fonseca *et al.*, 2022; Caparros-Megido *et al.*, 2023). Esto les proporcionan beneficios socioeconómicos y acceso a mercados locales, principalmente en países del Sur Global (Chia *et al.*, 2019; Barragán-Fonseca *et al.*, 2023).

Aunque la producción de insectos a mediana y gran escala, no es tan común en Latinoamérica, está principalmente relacionada con fines comerciales, produciendo insectos tanto para consumo humano como para alimento animal mediante mecanización y automatización. En América Latina, estas empresas se han centrado en cuatro especies: *A. domesticus*, *Gryllus assimilis*, *H. illucens* y *T. molitor* (Caparros Megido *et al.*, 2023; Arévalo-Arévalo *et al.* 2022; Bermúdez-Serrano *et al.*, 2022). Las empresas de mediana escala producen

principalmente para la venta local, mientras que las empresas de gran escala lo hacen principalmente para la exportación. No existe un inventario exhaustivo de empresas productoras de insectos a mediana y gran escala en Latinoamérica; sin embargo, se conoce que Chile, Costa Rica y Brasil son líderes en la producción de harina de insectos y otros productos basados en moscas soldado negra, grillos y gusanos de la harina (Caparros-Megido *et al.*, 2023; Bermúdez-Serrano, 2020).

Información colectada en las encuestas

Debido al auge de los sistemas de producción de insectos en el mundo y a la necesidad de desarrollar esta área en la región, la Asociación Latinoamericana de Producción Animal - ALPA creó en el 2023 la línea temática de producción de insectos como alimento y se conformó una red académica latinoamericana en torno al uso y la producción de insectos como alimento. En el marco de la consolidación de esta línea temática y la red académica, se realizaron dos webinars en los que se aplicaron dos cuestionarios para hacer un análisis preliminar de la situación de la producción de insectos como alimento en Latinoamérica. En el primer cuestionario ejecutado para el webinar "Uso y producción de insectos en Latinoamérica - Retos y oportunidades", realizado el 2 de junio de 2023, se obtuvo la participación de 550 personas de 22 países en Latinoamérica. La mayoría de los participantes estaban principalmente interesados en la mosca soldado negra, el gusano de la harina y el grillo. Solo un porcentaje afirmó tener experiencia suficiente en el manejo y/o producción de alguna de estas especies (Figura 1), los cuales afirmaron tener una pequeña producción de insectos en funcionamiento (Figura 2).

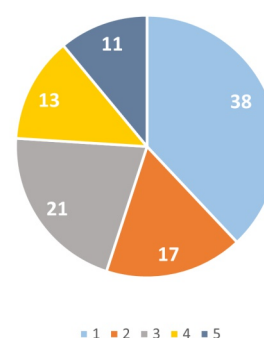


Figura 1. Nivel de experiencia en el manejo y/o producción de insectos de los participantes del primer cuestionario, donde 1 representa el menor grado de experiencia y 5 el mayor grado de experiencia. Muestra= 567.

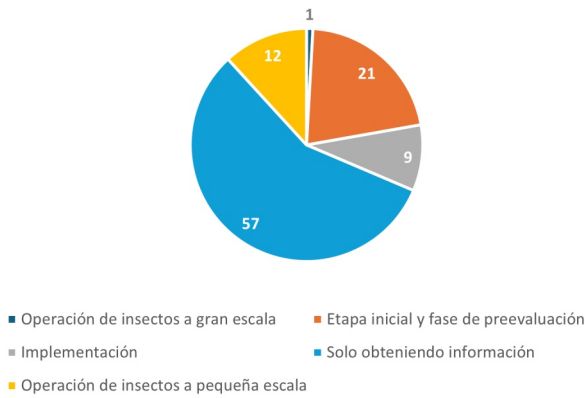


Figura 2. Etapa de desarrollo del proyecto o empresa de los participantes del primer cuestionario. Muestra= 567

Por otro lado, la mayoría de respuestas también sugirió que, para promover el desarrollo de la industria de los insectos para consumo humano y animal en Latinoamérica, se debían realizar una serie de acciones como capacitaciones sobre el uso y producción de los insectos comestibles, divulgación de conocimientos sobre el sector a través de charlas, workshops y otro tipo de eventos, y apoyo para colaboraciones entre instituciones privadas y públicas dentro de cada país. Adicionalmente, se identificó la necesidad de esclarecer el estado actual del número de empresas dentro del sector de los insectos como alimento humano y animal en Latinoamérica y de aumentar el apoyo hacia los actores interesados en participar de este sector.

Con el fin de profundizar en el tema, se llevó a cabo un segundo webinar titulado "Uso y producción de insectos para consumo humano y animal en Latinoamérica – Diagnóstico y perspectivas en torno a la legislación", el cual tuvo lugar el 1 de diciembre de 2024. En esta ocasión, se realizó una segunda encuesta, que recibió respuestas de 152 personas. Este nuevo cuestionario incluyó preguntas adicionales diseñadas para explorar las diversas dimensiones de la industria de insectos para consumo humano y animal, así como para examinar el estado legal de este sector en los 12 países latinoamericanos representados por los encuestados (Figura 3).

Los resultados revelaron que el 68 % de las personas encuestadas posee experiencia con insectos para consumo humano y/o animal, un porcentaje comparativamente mayor al obtenido de la primera encuesta (Figura 4). Esta disparidad puede atribuirse al perfil predominante de los participantes en el segundo cuestionario, los cuales estaban principalmente vinculados a los ámbitos académico y productivo relacionados al sector de los insectos comestibles.



Figura 3. Países latinoamericanos de origen de los participantes del segundo cuestionario. Muestra= 152.

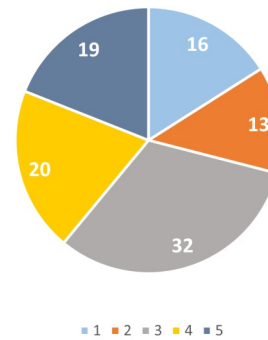


Figura 4. Nivel de experiencia en insectos para consumo humano o animal de los participantes del segundo cuestionario, donde 1 representa el menor grado de experiencia y 5 el mayor grado de experiencia. Muestra= 152.

La información recopilada confirma que la mayoría está interesada en especies específicas de insectos: *Hermetia illucens* (49 %), seguida por *Tenebrio molitor* (20 %) y varias especies de grillos (20 %) (Figura 5), lo que es previsible dada la importancia de esas especies a nivel mundial y al aumento de la investigación en torno a ellas. El enfoque principal es sobre insectos como alimento para animales (47 %), seguido por insectos como alimento humano (16 %) (Figura 6). Curiosamente, una proporción considerable (85 %) de los encuestados no sabe si su país tiene legislación relevante en el ámbito de los insectos para consumo humano y animal.

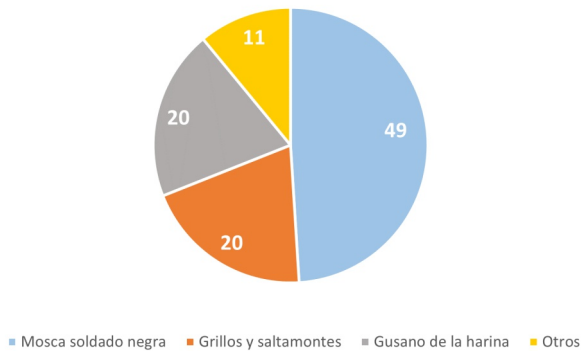


Figura 5. Principal especie de interés de los encuestados del segundo formulario. Muestra= 152.

Por otro lado, se identificaron varias empresas dedicadas a la producción y/o comercialización de insectos en la región. En Chile, se detectaron 6 empresas productoras de *H. illucens*, para animales. En Argentina, se encontraron 3 empresas que producen *H. illucens*, *G. assimilis*, *T. molitor*, entre otras especies, para consumo animal. En Ecuador, se registraron 4 empresas productoras de grillos y *H. illucens*. En Perú, se identificaron 4 empresas enfocadas en la producción de *H. illucens* y *T. molitor*. Además, se estimó que al menos 20 empresas en México se dedican a la producción y/o comercialización de alimentos para animales y humanos a base de grillos, gusanos de la harina y larvas de mosca soldado negra. Aunque no hace parte de la encuesta, Barragán-Fonseca *et al.* (2022) reportaron para Colombia un número aproximado de 22 empresas que en su mayoría (44 %) produce *H. illucens* para consumo animal y el otro porcentaje corresponde a diversas especies como gusanos de la harina, grillos, cucarachas, principalmente para alimento animal.

Es importante subrayar que estas respuestas sólo proporcionan un diagnóstico preliminar de las dimensiones de la industria de los insectos para consumo humano y animal en Latinoamérica. Además, la ausencia de información sobre otros países latinoamericanos que, aunque no fueron mencionados específicamente, también cuentan con una industria desarrollada en este ámbito. Ejemplos de ello son Brasil y Costa Rica, cuyas contribuciones a este sector podrían enriquecer significativamente el panorama general.

Para obtener un diagnóstico exhaustivo del estado actual de la legislación sobre insectos para consumo humano y animal en Latinoamérica, se espera realizar un taller. Para esto, una de las preguntas del segundo cuestionario se centró en recopilar información para el desarrollo del mencionado taller que estará dirigido a los actores clave del sector. Se consultó sobre qué actividades les gustaría que abordara el taller. La

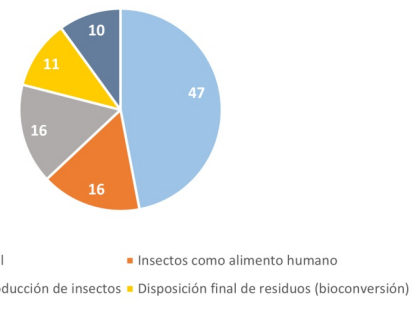


Figura 6. Principal área de interés en el sector de insectos para consumo humano y animal de los participantes del segundo cuestionario. Muestra= 152.

mayoría expresó su interés en participar en exposiciones sobre el panorama regulatorio actual en Latinoamérica y la cadena de valor de los insectos. Además, manifestaron su deseo de conocer ejemplos de países que hayan tenido éxito en la regulación de este sector en la región, acceder a documentos que orienten sobre las regulaciones vigentes y participar en mesas de trabajo enfocadas en cada país. Las respuestas reflejan la necesidad de información y colaboración para avanzar en el desarrollo y la estandarización de la legislación relacionada con los insectos para consumo humano y animal en la región latinoamericana.

Desafíos para la producción de insectos en Latinoamérica

Existen desafíos actuales para la producción de insectos en Latinoamérica que están relacionados con aspectos comerciales (Delvendahl *et al.*, 2022; Pinho *et al.*, 2021; Dicke *et al.*, 2020), legislativos, prácticas de manejo y bioseguridad a nivel de producción y transformación de los insectos producidos.

Aspectos comerciales

Aunque en varios países de Latinoamérica existe una marcada tradición entomomofágica, esta práctica se ha venido restringiendo a comunidades específicas haciendo que el comercio de especies tradicionalmente utilizadas para consumo humano sea local o regional, como es el caso de los chapulines en México, la hormiga culona en Colombia y el gusano de la palma en la Amazonía. La producción de insectos cosmopolitas como *T. molitor*, algunas especies de cucarachas y algunas especies de grillos existe desde hace más de dos décadas. Inicialmente, esta práctica se desarrolló para atender las necesidades del mercado de mascotas no convencionales y los animales de zoológico cuya dieta se basa en invertebrados (Barragán-Fonseca, 2011). Sin embargo, en la actualidad, con el creciente desafío de transformar el sistema agroalimentario en uno más circular y sostenible, los insectos han adquirido una relevancia considerable. Tanto los estudios científicos

como la producción masiva de estos insectos han experimentado un notable aumento en respuesta a esta demanda emergente (Caparros-Megido *et al.* 2023). Este cambio refleja un importante cambio de paradigma en la percepción y utilización de los insectos, pasando de ser vistos principalmente como alimento para animales exóticos a ser considerados una fuente prometedora de alimento y otros productos para consumo humano y animal en un sistema agroalimentario más sostenible y eficiente.

Existe todavía el desafío de producir a gran escala para responder a las demandas del mercado de alimento de animales convencionales como la avicultura o la piscicultura. En Europa y USA la producción está concentrada en especies para consumo humano o para el mercado de mascotas. Por otro lado, países europeos o norteamericanos no cuentan con condiciones ambientales constantes a lo largo del año, por lo que al mantener las condiciones de cría óptimas para estas especies se incrementan sus costos de producción. Al parecer, países del trópico podrían representar una ventaja en términos económicos para la producción de estas especies porque los costos en energía no serían tan altos, es algo en lo que aún se trabaja, y los estudios socioeconómicos aún son escasos. En Colombia se logró establecer que una producción de pequeña escala de *H. illucens* puede disminuir los costos del alimento comercial para la piscicultura (Barragán-Fonseca *et al.* 2023), tal vez en países del Sur Global, con condiciones tropicales los beneficios de la producción de insectos sean mayores.

Desafíos legislativos

Una de las principales preocupaciones en la industria de insectos a escala global es la falta de regulación, aunque en Europa los marcos regulatorios están más avanzados y las perspectivas parecen ser más claras en torno al uso de insectos como alimento humano y animal. Sin embargo, en Latinoamérica este tema sigue siendo un obstáculo. La mayoría de los países latinoamericanos carecen de un marco regulatorio en cuanto a la cría y procesamiento de insectos (Espitia *et al.*, 2021). No obstante, países como Brasil, Argentina, Chile y Costa Rica han estado trabajando en regulaciones relacionadas con la bioseguridad de los insectos y sus subproductos (Caparros-Megido *et al.*, 2023).

Se necesita colaboración entre el gobierno, el sector privado y la academia para identificar y desarrollar cadenas de valor de insectos y promover el desarrollo de un marco regulatorio (Dicke *et al.*, 2020). Hay algunas alianzas como es el caso de la alianza de la industria de insectos comestibles en Latinoamérica - APICAL que trata de reunir productores de insectos en Latinoamérica y la red de insectos de ALPA. Los esfuerzos de este tipo

de instituciones se han encaminado a hacer webinars y encuestas virtuales para realizar un diagnóstico inicial de esta industria emergente en la región y favorecer el intercambio de conocimientos y experiencias.

Prácticas de manejo y bioseguridad

Uno de los grandes desafíos de la industria de insectos comestibles es producir de manera consistente grandes volúmenes de biomasa de alta calidad a precios competitivos (Arévalo Arévalo *et al.* 2022). La tecnología puede mejorar significativamente los sistemas de producción de insectos y la calidad del producto, y reducir los costos de producción, incluyendo alimentación, manejo, cosecha, higiene, procesamiento, empaque y almacenamiento (Cortes *et al.*, 2016). La seguridad y el valor nutricional de los insectos comestibles dependen de la especie y las condiciones de crianza y procesamiento, sin embargo, existe una falta de información sobre su producción con diferentes sustratos o dietas, así como posibles riesgos físicos, biológicos y químicos relacionados con su consumo.

Este desafío debe abordarse a través de un sistema integral de gestión de seguridad alimentaria en relación con la agricultura y el procesamiento de alimentos (Giroto y Piazza, 2022) y la colaboración intersectorial (Dicke *et al.*, 2020). La implementación de sistemas de gestión es necesaria y el desarrollo de la legislación en Europa pueda servir de referencia para Latinoamérica. Por ejemplo, el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) es crucial para identificar, analizar y controlar riesgos durante el procesamiento de alimentos, y es exigido por gobiernos como en la mayoría de las industrias alimentarias. Según la Plataforma Internacional de Insectos para Alimentos y Piensos (IPIFF), algunas empresas de insectos apenas están comenzando a aplicar este sistema en Europa (Arévalo Arévalo *et al.* 2022; IPIFF, 2019).

Perspectivas para la producción de insectos en América Latina

Legislación

La colaboración entre el gobierno, los productores del sector privado, asociaciones como ALPA y la academia son esenciales para identificar y desarrollar cadenas de valor de insectos y facilitar el establecimiento de un marco regulatorio (Caparros-Megido *et al.*, 2023; Dicke *et al.*, 2020). En los últimos meses, varias instituciones de carácter académico-científico, gubernamental y comercial se han reunido para promover esta área emergente en Latinoamérica. La UNAL, en colaboración con ALPA, han liderado los primeros esfuerzos para recopilar información sobre el estado del uso y la



producción de insectos en Latinoamérica, así como los retos legislativos para fomentar la colaboración interinstitucional y entre países que ayuden a solventar estos desafíos.

Investigación para optimización de servicios ecosistémicos

Existen más de 2,000 especies de insectos comestibles en el mundo, de esos, 735 especies están en Latinoamérica (Data Basin 2023). Dada la gran diversidad de insectos en la región y el valor ambiental, social y económico de muchas especies de insectos, existe la necesidad de recopilar e identificar nuevas especies que puedan igualar o superar el potencial de las utilizadas convencionalmente en la industria de producción de insectos como alimento humano y para animales (Barragán-Fonseca y Gómez, 2024; Ghosh *et al.* 2018; Berggren *et al.*, 2019). Por ejemplo, la mosca soldado amarilla (*Ptecticus trivittatus*) de Colombia, una especie de *Stratiomyidae* que tiene una larva similar a la de *H. illucens* y se alimenta de residuos orgánicos, puede ser una especie interesante para explorar como alimento para animales (Barragán-Fonseca y Gómez, 2024).

La búsqueda de especies de insectos para su desarrollo en productos comercialmente valiosos, conocida como prospección biológica, es una posibilidad de crecimiento para la industria de insectos. Sin embargo, dada la falta de reglamentos y directrices claros sobre la investigación, el uso y la explotación equitativa de los recursos naturales pueden surgir problemas legales (Srivastava, 2017). Por lo tanto, seguir regulaciones como Convenio sobre la Diversidad Biológica y el Protocolo de Nagoya, se hace necesario para defender la soberanía de un país sobre sus recursos biológicos, garantizar la protección de especies en peligro de extinción y vulnerables contra la explotación, y fomentar estrategias de manejo y conservación de la vida silvestre (Ballal, 2023), así como el conocimiento tradicional sobre insectos comestibles (Costa-Neto, 2002). Por lo tanto, es importante establecer regulaciones que aborden no solo la seguridad alimentaria, sino también la recolección de insectos, la producción y la comercialización.

En la actualidad, la mayoría de los insectos comestibles se recolectan en su hábitat natural o se crían en entornos domésticos, particularmente en interiores o en espacios al aire libre o semiabierto (Gahukar, 2018). No obstante, es necesario establecer regulaciones para una recolección adecuada a fin de asegurar el uso y la conservación sostenibles de los insectos silvestres. Dado que los insectos comestibles generalmente se consideran plagas de cultivos, son continuamente destruidos con insecticidas en los cultivos y en las palmas de las cuales se alimentan los insectos (Caparros-Megido *et al.* 2023). La recolección masiva de insectos plagas podría

incorporarse en campañas de manejo integrado de plagas (MIP), reduciendo así el uso de pesticidas (Ramos-Elorduy, 2005).

Lineamientos para el trabajo colaborativo en la producción de insectos en Latinoamérica

En el webinar realizado en junio de 2023 "Uso y producción de insectos en Latinoamérica - Retos y Oportunidades" (<https://www.youtube.com/watch?v=RtE1NHGfsZE>) se definió que uno de los mayores obstáculos es la falta de legislación. Este desafío fue corroborado por las personas que participaron en ambos cuestionarios descritos previamente. Por lo tanto, el siguiente paso es emprender acciones concretas que impulsen el desarrollo legislativo de la producción de insectos para consumo humano y animal en esta región. Se proponen los siguientes puntos para impulsar el trabajo colaborativo en este sector en Latinoamérica:

Base de datos pública. Es necesario crear una base digital con información que contribuya al desarrollo regulatorio de la producción y comercialización de los insectos para consumo humano y animal. La documentación debe abarcar temas de seguridad e higiene, bienestar animal, tratamiento de residuos orgánicos, riesgos del uso de insectos como alimento humano y animal, estandarización de procesos, entre otros. Además, es necesario que esta base sea de acceso público, para garantizar el acceso a todos los actores interesados.

Conexión entre los actores de cada país. Conectar a los diversos actores de cada país es crucial para facilitar y agilizar los procesos regulatorios relacionados con el sector de los insectos comestibles. Es fundamental unir a las partes interesadas, como investigadores, empresarios, emprendedores, productores agropecuarios y funcionarios públicos, con el objetivo de crear sinergias y promover el desarrollo sostenible de esta industria emergente. Una estrategia para fomentar esta colaboración es la realización de mesas de trabajo específicas para cada país. Estas mesas de trabajo permitirían que los diferentes segmentos involucrados se conozcan entre sí, compartan conocimientos y experiencias, y establezcan relaciones que puedan dar lugar a futuras colaboraciones y proyectos conjuntos. Al unir a estos actores clave en un espacio de diálogo y colaboración, se pueden identificar mejor las necesidades y desafíos específicos de cada país en términos de regulación y desarrollo del sector.

Conferencias y exposiciones para la región latinoamericana. La divulgación es fundamental para generar conciencia sobre la importancia de regular este sector. Estos eventos proporcionan una plataforma invaluable para compartir conocimientos, discutir

mejores prácticas y promover el desarrollo sostenible de la producción de insectos. Temas como la nutrición humana y animal con insectos, la contribución al desarrollo sostenible a través de la producción de insectos y la seguridad a lo largo de toda la cadena de valor son especialmente relevantes y de interés para el público latinoamericano interesado en esta industria en crecimiento. Promover conferencias y exposiciones de alcance regional e internacional sobre la industria de los insectos para consumo humano y animal permite reunir a expertos, investigadores, empresarios, funcionarios gubernamentales y otros actores clave para intercambiar ideas, establecer colaboraciones y fomentar el avance de esta industria en la región. Además, estos eventos ofrecen oportunidades para destacar los beneficios económicos, sociales y ambientales de la producción y consumo de insectos, así como para abordar los desafíos y preocupaciones relacionados con su regulación y comercialización en Latinoamérica.

Establecimiento de estándares de calidad y certificación. Es fundamental establecer estándares de calidad y certificación para la producción y comercialización de insectos para consumo humano y animal en Latinoamérica. Estos estándares podrían abarcar aspectos como la seguridad alimentaria, la calidad nutricional, los procesos de cría y manipulación, y la trazabilidad de los productos. La certificación de

cumplimiento con estos estándares ayudaría a generar confianza en los consumidores y facilitaría el acceso a nuevos mercados tanto a nivel nacional como internacional. Además, fomentaría la competencia justa y promovería la profesionalización del sector, contribuyendo así a su desarrollo sostenible y a su integración en los sistemas agroalimentarios regionales e internacionales.

Promoción de la investigación y desarrollo tecnológico. Es imprescindible fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en esta industria emergente. Esto incluye la exploración de nuevas técnicas de cría y procesamiento, la mejora de la eficiencia y sostenibilidad de los sistemas de producción, el estudio de especies autóctonas, y la innovación en la utilización de insectos en diferentes aplicaciones, como la alimentación animal, la alimentación humana, la medicina, la cosmética y la agricultura. La colaboración entre instituciones académicas, centros de investigación, empresas y organismos gubernamentales es esencial para impulsar la generación de conocimiento y la transferencia de tecnología en este campo. Además, es importante promover la formación de recursos humanos especializados en la producción de insectos, mediante la creación de programas de capacitación y la difusión de buenas prácticas en el manejo y aprovechamiento de estos organismos.

Conclusión

La producción y el uso de insectos como alimento humano y animal en Latinoamérica se encuentra en una etapa naciente, pero con un potencial significativo para contribuir a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad y el desarrollo económico de la región. Para lograr la

integración de los insectos en los sistemas agroalimentarios de la región, es crucial impulsar el trabajo colaborativo a través de la divulgación y el intercambio de conocimientos.

Agradecimientos. Agradecemos a la Asociación Latinoamericana de Producción Animal - ALPA, al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP de Ecuador y la Universidad Nacional de Colombia por el apoyo para la realización de los dos webinars y la aplicación de las encuestas de este trabajo.

Conflicto de intereses. Los autores no tienen ningún conflicto de interés.

Aprobación del Comité de Experimentación Animal. No se requiere.

Contribuciones de los autores. Concepto del artículo, **K.B.**; Redacción del borrador original, **K.B.**; Escritura: revisión y edición, **K.B.** y **R.L.** Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiación. Este estudio no recibió financiación específica.

Editado por: Omar Araujo-Febres

Literatura Citada

Arévalo Arévalo H.A., Menjura Rojas E.M., Barragán-Fonseca, K.B y Vásquez Mejía, S.M. 2022. Implementation of the HACCP system for production of *Tenebrio molitor* larvae meal. Food Control, 109030. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109030>.

Ballal, C.R. 2023. Insects and ABS. In Biodiversity Conservation Through Access and Benefit Sharing (ABS) Himalayas and Indian Sub-Continent (pp. 211-227). Cham: Springer International Publishing.



- Barragán-Fonseca, K.B., Gómez, D. y Pineda, J. 2012. Los insectos: Un mundo para explorar. Universidad Nacional de Colombia – UNAL. Bogotá, Colombia. ISBN: 978-958-761-217-2.
- Barragán-Fonseca, K.B. 2011. Potencial Zootécnico de Especies Silvestres. Cartilla pedagógica. Universidad Nacional de Colombia – UNAL. Bogotá, Colombia. 32 pages. ISBN: 978-958-719-894-2.
- Barragán-Fonseca, K.B., Dicke, M. y van Loon, J.J.A. 2018. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). Entomol. Exp. Appl. 166:761-770. <https://doi.org/10.1111/eea.12716>
- Barragán-Fonseca, K.B. y Gómez, D. 2024. Insectos en sistemas agroalimentarios: Una perspectiva integral desde el enfoque de Una Salud y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En: Ed. Cediél Becerra, N. y Carrascal Velásquez, J. Libro One Health para Colombia. ASFAMEVEZ. Bogotá, Colombia. Aceptado para publicación.
- Barragán-Fonseca, K.Y., Barragán-Fonseca, K.B., Verschoor, G., van Loon, J.J.A. y Dicke, M. 2020a. Insects for peace. Current Opinion in Insect Science 40: 85-93. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.05.011>
- Barragán-Fonseca, K. B., J. Cortés Urquijo, M. Dicke y Quintana, A.P. 2020b. South-south inspiration to connect SDG2 and SDG16 in former conflict areas. In: Wageningen Livestock Research, Public Report 1289., Wageningen.
- Barragán-Fonseca, K.B., Muñoz-Ramírez, A.P., Mc Cune, N., Pineda, J., Dicke, M. y Cortés, J. 2022. Fighting rural poverty in Colombia: Circular agriculture by using insects as feed in aquaculture (No. 1353). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/561878>
- Barragán-Fonseca, K.B., Cortés-Urquijo, F.J., Pineda, J.R. Lagos, D. y Dicke, M. 2023. Small-scale Black Soldier Fly-Fish farming: a model with socioeconomic benefits. Animal Frontiers. 13 (4): 91-101. <https://doi.org/10.1093/af/vfad030>.
- Berggren, Å., A. Jansson y Low, M. 2019. Approaching Ecological Sustainability in the Emerging Insects-as-Food Industry. Trends Ecol. Evol. 34:132-138. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2018.11.005>
- Bermúdez-Serrano, I.M. 2020. Challenges and opportunities for the development of an edible insect food industry in Latin America. Journal of Insects as Food and Feed, 6(5), 537-556. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0009>
- Bermúdez-Serrano, I. M., Quirós, A. M. y Dornberger, U. 2022. Production and export potential of cricket powder in Costa Rica: an exploratory study. Journal of Insects as Food and Feed, 8(6), 645-657. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0139>
- Busch, M., A. La Notte, V. Laporte y Erhard, M. 2012. Potentials of quantitative and qualitative approaches to assessing ecosystem services. Ecol. Indic. 21:89-103. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.010>
- Caparros-Megido, R., Haubruge, E. y Francis, F. 2017. Small-scale production of crickets and impact on rural livelihoods. In: Van Huis, A. y Tomberlin, J.K. (eds.) Insects as food and feed: from production to consumption. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands, pp 100-111. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-849-0>
- Caparros-Megido R., Francis F., Haubruge E., Le Gall P., Tomberlin J.K., Miranda C.D., Jordan H.R., Picard C.J, Pino M.J.M., Ramos-Elordy J., Katz E., Barragán-Fonseca K.B., Costa-Neto E.M., Ponce-Reyes R., Wijffels G., Ghosh S., Jung C., Han Y.S., Conti B., Vilcinskis A., Tanga C.M., Kababu M.O., Beesigamukama D., Morales Ramos J.A. y van Huis, A. 2023. A worldwide overview of the status and prospects of edible insect production. Entomologie Generalis. Accepted paper.
- Cerda, H., Martínez, R., Briceño, N., Pizzoferrato, L., Manzi, P., Ponzetta, M.T. y Paoletti, M.G. 2001. Palm worm:(*Rhynchophorus palmarum*) traditional food in Amazonas, Venezuela – nutritional composition, small scale production and tourist palatability. Ecology of food and nutrition, 40(1), 13-32. <https://doi.org/10.1080/03670244.2001.9991635>
- Chia, S.Y., Tanga, C.M., van Loon, J.J.A. y Dicke, M. 2019. Insects for sustainable animal feed: inclusive business models involving smallholder farmers. Current Opinion in Environmental Sustainability 41: 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.09.003>
- Costa-Neto, E.M. 2015. Anthro-entomophagy in Latin America: an overview of the importance of edible insects to local communities. Journal of Insects as Food and Feed, 1(1), 17-23. <https://doi.org/10.3920/jiff2014.0015>
- Costa-Neto, E.M. 2002. Manual de etnoentomología. Zaragoza, Spain: Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Cortés, J., Ruiz, A., Morales, J., Thomas, M., Rojas, M., Tomberlin, J., Yi, L., Han, R., Giroud, L. y Jullien, R. 2016. Chapter 6 - Insect Mass Production Technologies. In Aaron T. Dossey, J. A. Morales-Ramos and M. G. Rojas (Eds.), Insects as Sustainable Food Ingredients (pp. 153-201). Academic Press. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5>
- Cristancho, S. y Barragán-Fonseca K.B. 2011. Análisis del sistema de aprovechamiento del gusano mojoyoy (*Rhynchophorus palmarum*) (Coleoptera: Curculionidae) en el Municipio de Leticia – Amazonas, Colombia. Capítulo IV del libro:

- Etnozoología: un enfoque binacional, México - Colombia. Primera edición. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas.
- Dangles, O. y Casas, J. 2019. Ecosystem services provided by insects for achieving sustainable development goals. *Ecosyst. Serv.* 35:109-115. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.002>
- Data Basin. 2023. Los insectos del Orden Coleóptera para Latinoamérica y el Caribe. Available online at: <https://databasin.org/datasets/bfa83333dd2746efb2a7e3494f8f9d27/> (accessed February 2024)
- DeFoliart, G.R. 1999. Insects as Food: Why the Western Attitude is Important. *Annual Review of Entomology* 44:21-50.
- Delvendahl, N., Rumpold B.A. y Langen N. 2022. Edible insects as food - insect welfare and ethical aspects from a consumer perspective. *Insects*. 13:121. <https://doi.org/10.3390/insects13020121>
- Deshmukh R. 2022. Edible Insects Market Insect Type (Beetles, Cricket, Caterpillars, Grasshoppers, Bees, Ants, Others) Application (Food & Beverage, Bakery, Pet Food, Others) Product Type (Whole, Ingredient): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2022-2029. Available online at: <https://www.alliedmarketresearch.com/edible-insects-market-A11035> (accessed January 30, 2024).
- Dicke, M. 2018. Insects as feed and the Sustainable Development Goals. *J. Insects as Food Feed.* 4:147-156. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0003>
- Dicke, M., Aartsma, Y. y Barragán-Fonseca, K.B. 2020. Protein transition in Colombia: insects as feed in a circular agriculture. SMP Report. Wageningen University and Research. The Netherlands. <https://research.wur.nl/en/publications/protein-transition-in-colombia-insects-as-feed-in-a-circular-agri>
- Dimarq JL. y Hunneyball, I. 2003. Pharma-Entomology: when bugs become drugs. *Drug Discov Today.* 8:107 - 110.
- Eilenberg, J. y van Loon, J.J. 2018. Insects: Key biological features. In: N. Halloran, A., Flore, R., Vantomme, P., Roos, editor. *Edible insects in sustainable food systems.* Springer Nature Switzerland AG. p. 3-15. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- Elizalde, L., M. Arbetman, X. Arnan, P. Eggleton, I. R. Leal, M. N. Lescano, A. Saez, V. Werenkraut y Pirk, G.I. 2020. The ecosystem services provided by social insects: traits, management tools and knowledge gaps. <https://doi.org/10.1111/brv.12616>
- Gasca-Álvarez, H.J. y Costa-Neto, E.M. 2022. Insects as a food source for indigenous communities in Colombia: a review and research perspectives. *J. Insects as Food Feed.* 8:593-603. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0148>
- Ghosh, S., Jung, C. y Meyer-Rochow, V.B. 2018. What governs selection and acceptance of edible insect species? In: P. Halloran, A., Flore, R., Vantomme and N. Roos, editors. *Edible insects in sustainable food systems.* Springer Nature Switzerland AG. p. 331-351. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- Gahukar, R.T. 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science* (2011) 31:129-44. <https://doi.org/10.1017/S1742758411000257>
- Gahukar, R.T. 2018. Entomophagy for nutritional security in India. *Current Science*, 115(6), 1078-1084. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i6/1078-1084>
- García, A. y J. de Celis. 1992. Developmental genetics of the venation pattern of *Drosophila*. *Annual Rev. Genet.* 26: 277 - 304.
- Giroto, F. y Piazza, L. 2022. Food waste bioconversion into new food: A mini-review on nutrients circularity in the production of mushrooms, microalgae and insects. *Waste Management & Research* 40: 47-53. <https://doi.org/10.1177/0734242x211038189>
- Grimaldi, D. y Engel, M.S. 2005. *Evolution of the Insects.* Cambridge University Press.
- Halloran, A., Hansen, H.H., Jensen, L.S. y Bruun, S. 2018. Comparing environmental impacts from insects for feed and food as an alternative to animal production. In: P. Halloran, A., Flore, R., Vantomme and N. Roos, editors. *Edible insects in sustainable food systems.* Springer Nature Switzerland AG. p. 163-180. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- IPIFF. International Platform of Insects for Food and Feed. 2019. Guide on good hygiene practices. IPIFF, 1(1), 1-121. <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf>
- Jongema, Y. 2017. Worldwide list of recorded edible insects. Wageningen Univ. Res. Available from: <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm>
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrugg, C. y Vinnerås, B. 2019. Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of cleaner production*, 208, 211-219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>



- Losey, J. E. y Vaughan, M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311-323. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[311:TEVOES\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[311:TEVOES]2.0.CO;2)
- López, A. 2000. Manual de prácticas de laboratorio y y campo. Programa nacional de Manejo Integrado de Plagas. I Curso taller de control biológico - Corpoica. Bogotá. 89p.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry. World Resources Institute, Washington, DC.
- Oonincx, D. Itterbeek, J. Heekamp, M. Brand, H. van Lonn, J. y A. van Huis. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*; 5 (12): 1 - 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Payne, C.L.R. y Van Itterbeek, J. 2017. Ecosystem services from edible insects in agricultural systems: A review. *Insects*. 8:1-20. <https://doi.org/10.3390/insects8010024>
- Papastavropoulou, K., Koupa, A., Kritikou, E., Kostais, M. y Proestos, C. 2021. Edible insects: benefits and potential risk for consumers and food industry. *Biointerface Research in Applied Chemistry*. 12:5131-49. <https://doi.org/10.33263/BRIAC124.51315149>
- Pinho, R., Correia, P., Coelho, C. y Amaro da Costa, C. 2021. The role of edible insects to mitigate challenges for sustainability. *Open Agriculture*. 6:24-36. <https://doi.org/10.1515/opag-2020-0206>
- Piña-Domínguez, I.A., Ruiz-May, E., Hernández-Rodríguez, D., Zepeda, R.C. y Melgar-Lalanne, G. 2022. Environmental effects of harvesting some Mexican wild edible insects: An overview. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1021861>
- Ramírez, M. (Ed). 2005. Cría de mariposas - Una actividad rentable. Manual. Fundación hogares juveniles campesinos. Bogotá. 112p.
- Ramos-Elorduy, J. 2005. Insects: a hopeful food source. In: Paoletti, M.G. (ed.) *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails* (pp. 263-292). New Hampshire: Science Publishers Inc.
- Ramos-Elorduy, J. 2005. Insects: a hopeful food source. In: Paoletti, M.G. (ed.) *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails* (pp. 263-292). New Hampshire: Science Publishers Inc.
- Sponchiado, V. Mansur, G.G. y Massolino, L. 2005. Investigación da diversidade de coleópteros em dois fragmentos demata do município de frederico westphalen, RS. In: *Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental, 2005, Erechim. Anais do I Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental: Biodiversidade: Ensino e Pesquisa / I Simpósio Sul de Gestão e Conservação Ambiental*. Erechim, RS: NixBrasil. Agência Digital.
- Srivastava, S.K. 2017. Insect bioprospecting especially in India. *Bioprospecting: Success, Potential and Constraints*, 245-267. In Paterson, R., & Lima, N. (eds.), *Bioprospecting, Topics in Biodiversity and Conservation*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47935-4_11
- Van Huis, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 563-583 <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120811-153704>
- Van Huis, A. 2020. Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: a review. *Journal of Insects as Food and Feed* 6: 27-44. <https://doi.org/10.3920/jiff2019.001>
- Van Huis, A. 2022. Edible insects: non-food and non-feed industrial applications. *Journal of Insects as Food and Feed* 8: 447-450. <https://doi.org/10.3920/JIFF2022.x004>
- Van Huis, A. y Oonincx, D.G. 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37:1-14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Van Loon, J.J.A. 2023. Insects: why we need them on our plates. In: H. H. E. Pyett, S. C., Jenkins, W. M. N., van Mierlo, B. C., Trindade, L. M., Welch, D., van Zanten, editor. *Our future proteins: A diversity of perspectives*. Amsterdam. p. 123-129.