

PROSPECCIÓN DE LOS INSECTOS COMESTIBLES COMO FUENTE DE PROTEÍNA ANIMAL PARA EL CONSUMO HUMANO

PROSPECT FOR EDIBLE INSECTS AS A SOURCE OF ANIMAL PROTEIN FOR HUMAN CONSUMPTION

Andrea Carolina Ravagli Castillo
Bióloga
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia.
est.andrea.ravagli@unimilitar.edu.co, cravagli@gmail.com

Artículo de Investigación

DIRECTOR

Ph.D. Ximena Lucía Pedraza Nájjar

Doctora en Administración – Universidad de Celaya (México)
Magíster en Calidad y Gestión Integral – Universidad Santo Tomás e Icontec
Especialista en gestión de la producción, la calidad y la tecnología - Universidad Politécnica de Madrid (España)
Especialista en gerencia de procesos, calidad e innovación – Universidad EAN (Bogotá D.C.)
Microbióloga Industrial – Pontificia Universidad Javeriana
Auditor de certificación: sistemas de gestión y de producto

Gestora Especialización en Gerencia de la Calidad - Universidad Militar Nueva Granada
ximena.pedraza@unimilitar.edu.co; gerencia.calidad@unimilitar.edu.co



La U
acreditada
para todos

ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO DE RECURSOS NATURALES
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
JUNIO DE 2021

PROSPECCIÓN DE LOS INSECTOS COMESTIBLES COMO FUENTE DE PROTEÍNA ANIMAL PARA EL CONSUMO HUMANO

PROSPECT FOR EDIBLE INSECTS AS A SOURCE OF ANIMAL PROTEIN FOR HUMAN CONSUMPTION

Andrea Carolina Ravagli Castillo
Bióloga
Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia.
est.andrea.ravagli@unimilitar.edu.co, cravagli@gmail.com

RESUMEN

El crecimiento poblacional acelerado tiene efectos sobre el uso del suelo, ya que una mayor densidad poblacional genera una mayor demanda de productos alimenticios lo cual induce a que la actividad económica agropecuaria, que en Colombia es una de las principales, ocupe más territorios. La expansión del uso del suelo para fines de ganadería es cada vez más predominante debido al alto consumo de proteína animal por parte de la población. El impacto ambiental que implica la ganadería comprende la compactación del suelo, destrucción de bosques nativos por deforestación, pérdida de la biodiversidad de fauna y flora, alteración de hábitats naturales, y mayor emisión de gases de efecto invernadero, entre otros. Por lo anterior, se hace imperante hallar alternativas de fuente de proteína animal que aminoren los impactos ambientales producto de la ganadería y para contribuir a la seguridad alimentaria ya que la producción de alimentos a futuro presenta importantes retos para atenuar el hambre crónica. De esta forma se presenta a los insectos comestibles como alternativa de fuente de proteína animal realizando una revisión bibliográfica que permita dilucidar los tipos de insectos que son aptos para consumo, las prácticas que se deben implementar para su recolección y cría, la sostenibilidad en la cría de insectos frente a la producción ganadera convencional, eficiencia de conversión, valor nutricional, seguridad alimentaria, riesgos y legislación. El presente artículo destaca la implementación de cultivos de producción de insectos comestibles como una alternativa prometedora por sus beneficios ambientales y aportes nutricionales.

Palabras clave: Insectos comestibles, Proteína animal, Valor nutricional, Entomofagia, Impacto ambiental, Seguridad alimentaria.

ABSTRACT

Accelerated population growth has effects on land use, since a higher population density generates a greater demand for food products, which induces agricultural economic activity, that in Colombia is one of the most important, to occupy more territories. The expansion of land use for livestock purposes is increasingly predominant due to the high consumption of animal protein by the population. The environmental impact that livestock farming implies, includes soil compaction, destruction of native forests due to deforestation, loss of fauna and flora biodiversity, alteration of natural habitats, and higher greenhouse gas emissions, among others. Therefore, it is imperative to find alternative sources of animal protein that reduce the environmental impacts caused by livestock and to contribute to food security since future food production presents important challenges to alleviate chronic hunger. In this way, edible insects are presented as an alternative source of animal protein, carrying out a bibliographic review that allows to elucidate the types of insects that are suitable for consumption, the practices that must be implemented for their collection and breeding, sustainability in breeding of insects versus conventional livestock production, conversion efficiency, nutritional value, food safety, risks and

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

legislation. This article highlights the implementation of crops for the production of edible insects as a promising alternative due to its environmental benefits and nutritional contributions.

Keywords: Edible insects, Animal protein, Nutritional value, Entomophagy, Environmental impact, Food safety.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico es uno de los mayores desafíos en cuanto a reservas alimenticias, ya que una mayor densidad poblacional mundial se traduce en que se debe disponer de un territorio considerable para destinarlo a las actividades agropecuarias que aseguren el aprovisionamiento de alimento. Al referirse específicamente al abastecimiento de proteína animal para la población, la cual proviene de la ganadería, actualmente esta actividad presenta diversos problemas. Entre los principales efectos ambientales que genera la actividad ganadera se encuentra la acidificación de los ecosistemas, compactación del suelo, erosión, pérdida de biodiversidad, deforestación, uso considerable del recurso hídrico, emisión de gases de efecto invernadero, entre otros (Van Huis et al., 2013; Restrepo Franco, 2020).

El Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2016), mostraba que, en Colombia de las unidades de producción del área rural dispersa, el 81.4% corresponde a Unidades de Producción Agropecuaria-UPA, mientras que el 18.6% corresponde a Unidades de Producción No Agropecuaria-UPNA, lo anterior refleja el potencial del uso del suelo para fines agropecuarios. Así mismo, este crecimiento del sector agropecuario revelaba la necesidad de controlar la expansión que presenta la frontera agropecuaria, la cual a pesar de que se había identificado que era inadecuada en contextos normativos y políticos antes y después de la Constitución Política de 1991 y se generaron diferentes instrumentos y organismos como el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), el Consejo Nacional Agrario, el Fondo Nacional Agrario (FNA) y los Procuradores Agrarios, no se contempló la redistribución de la tierra sino la entrega de baldíos que fomentó la ocupación y ampliación de la Frontera Agropecuaria (MADR-UPRA, 2018).

Teniendo en cuenta que la expansión de la frontera agropecuaria es en gran medida impulsada por la necesidad de cubrir la demanda de productos cárnicos de una población en aumento, se prevé que para el 2050 incremente en más del 75% la demanda de productos que son fuente de proteína animal comparado con lo producido en la actualidad (Herrero et al., 2015). Retomando lo referido sobre los impactos ambientales que las zonas agropecuarias generan sobre los bosques, el recurso hídrico, la biodiversidad y demás, estos mismos impactos influyen de forma negativa sobre el mismo sector alimentario. La limitación de superficie para la actividad agropecuaria cada vez será mayor y por ello se genera la necesidad de hallar alternativas en

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

donde se reduzca bien sea el consumo de productos cárnicos o se implementen otras fuentes de proteína animal como son los insectos (van Huis y Oonincx, 2017; Gravel y Doyen, 2020).

Los insectos pueden considerarse como alimento apto para el consumo humano o como alimento para el ganado. En lugares como Asia, África, Oceanía y América Latina, se ha consumido insectos y se utilizan como fuente de proteína que garantiza el valor nutricional adecuado para los seres humanos. No obstante, el crecimiento de la producción de alimentos por el avance tecnológico relegó a los insectos de la dieta humana. Comparando con la cría de ganado convencional se estima que los insectos emiten menos gases de efecto invernadero lo que los hace una opción viable para contrarrestar el cambio climático (Kim et al., 2019).

Algunas razones que convierten a los insectos en potenciales alternativas de fuente de proteína es el hecho de que poseen características ecológicas positivas. Por ejemplo, al ser los insectos poiquiloterms, es decir, que su temperatura corporal varía con la temperatura del ambiente, no requieren energía para conservar la temperatura corporal, así la conversión del peso vivo a alimento es más eficiente que la del ganado convencional ya que los mamíferos (bovinos, porcinos y aves de corral) al ser homeotermos, es decir, que su temperatura corporal se mantiene constante deben tener requerimientos alimentarios mayores para obtener energía. En conclusión, los insectos son más eficientes en convertir fitomasa en zoomasa a comparación del ganado convencional, produciendo más proteína animal por kilogramo de fitomasa consumida. Además, los insectos se reproducen y crecen más rápido, ya que un individuo puede producir miles de crías (Premalatha et al., 2011).

A pesar de que la entomofagia que se refiere a la práctica de comer insectos ha estado presente en los humanos como parte habitual de sus dietas durante milenios, sigue siendo un tabú en sociedades occidentales donde es poco común la cría de insectos para el consumo humano e incluso animal. Las innovaciones en ganadería durante mucho tiempo mantuvieron al margen a la cría de insectos, excepto por las abejas, gusanos de seda e insectos escamosos del cual deriva un colorante rojo. Tampoco la investigación en el desarrollo agrícola en el mundo ha fomentado el uso de insectos como alimento, así que es predecible que en muchos países no se implemente la producción y comercialización de insectos comestibles como alternativa de fuente de proteína (Van Huis et al., 2013).

Por lo tanto, este trabajo pretende exponer la información pertinente en cuanto a tipos de insectos comestibles para cría, prácticas de recolección, ventajas de sostenibilidad frente a la

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

ganadería convencional, eficiencia de conversión y el valor nutricional, y comercialización de este tipo de alimento como una opción para reducir el deterioro ambiental que ocasiona la ganadería y como una oportunidad para agendarlo como una actividad económica en nuestro país que este acorde con los nuevos retos de sostenibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente artículo de revisión se ha realizado una exploración bibliográfica sobre análisis en el uso de insectos comestibles como fuente de proteína animal. Las consultas se han generado desde el descubridor de la Biblioteca de la Universidad Militar Nueva Granada con artículos de las bases de datos Science direct y PubMed y desde Google Scholar; también se ha consultado las páginas web oficiales del DANE-Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia, el Ministerio de Agricultura de Colombia y la FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nation.

Los criterios utilizados para la búsqueda de información fueron: el marco de tiempo se tomó como punto de partida artículos desde el 2016 en adelante. Los términos de búsqueda utilizados fueron insectos comestibles (edible insects), fuente alternativa de proteína (alternative source of protein), y se aplicó las materias: seguridad alimentaria (food security), entomofagia (entomophagy), valor nutricional (nutritional value), sustentabilidad (sustainability), artículo de investigación (research article), biología (biology), cambio climático (climate change) e industria de alimentos (food industry). No hubo restricción de idioma, ni restricción en el tipo de recurso de las publicaciones. Los resultados se examinaron inicialmente por el título, lectura de resúmenes y referencias bibliográficas mínimo de 50, y posteriormente se realizó la lectura del texto completo.

Se consideraron todos los artículos que incluían especies de insectos recomendados o usados para consumo humano y su procesamiento, revisión acerca de prácticas legales, aceptabilidad del consumidor, valor nutricional, ventajas y riesgos. Los artículos consultados fueron artículos de revisión, artículos experimentales con investigación en laboratorio y encuestas a consumidores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies de insectos comestibles

Existe una gran diversidad de insectos y hay muchos que aún no se han clasificado, pero se considera que puede haber unos ocho millones de especies de insectos en el planeta (Gahukar, 2016). Dentro de este grupo de animales se estima que hay más de 1000 insectos utilizados para consumo alimenticio, e incluso este número puede ascender a alrededor de 2000 especies de insectos comestibles. La mayoría pertenecen a los escarabajos (Coleóptera) y orugas (Lepidóptera) con un porcentaje del 49%, le siguen las abejas, avispas y hormigas (Himenópteros) con un 14%, saltamontes, langostas y grillos (Ortóptera) con un 13%, cigarras, chicharritas, cochinillas y chinches (hemípteros) con un 10%, libélulas (Odonato), termitas (Isóptera) con un 3% y moscas (Díptera) con un 2% e insectos de otros ordenes con un 5% (Cerritos, 2009; Patel et al., 2019).

Los insectos comestibles se pueden consumir en etapa de huevo, larvas, pupas o adultos, pero no todos se ingieren en todas estas etapas de desarrollo, por lo tanto, hay variaciones entre taxones. En el caso de los Lepidópteros se consumen en su totalidad como orugas, los Himenópteros se comen en estado larvario o pupales. El orden Coleóptera son consumidos en etapa de larva y adulto, mientras que los órdenes Ortóptera, Hemíptero e Isóptera son ingeridos en etapa adulta (Cerritos, 2009). Las especies de insectos comestibles se adquieren principalmente por recolecta en el ambiente y se les somete a procesos como hornear o asar o incluso se consumen crudas. Las especies de insectos comestibles que presentan un mayor potencial para utilizarse en el consumo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Especies de Insectos Comestibles con Viabilidad para Ser Usados como Alimento

Orden	Nombre Común	Nombre Científico
Coleóptera	Escarabajo de la basura	<i>Alphitobius diaperinus</i>
Coleóptera	Escarabajo hongo negro	<i>Alphitobius laevigatus</i>
Coleóptera	Picudo de las palmeras	<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>
Coleóptera	Gusano de harina	<i>Tenebrio molitor</i>
Coleóptera	Gusano de harina gigante	<i>Zophobas atratus</i>
Díptera	Moscarda	<i>Chrysomya chloropyga</i>
Díptera	Mosca soldado negro	<i>Hermetia illucens</i>
Díptera	Mosca doméstica	<i>Musca domestica</i>
Himenóptera	Abeja europea	<i>Apis mellifera</i>
Himenóptera	Hormiga cortadora de hojas	<i>Atta laevigata</i>
Lepidóptera	Polilla de cera menor	<i>Achroia grisella</i>
Lepidóptera	Gusano de seda / polilla de la seda doméstica	<i>Bombyx mori</i>
Lepidóptera	Polilla de cera mayor	<i>Galleria mellonella</i>
Lepidóptera	Gusano mopane / oruga	<i>Gonimbrasia belina</i>

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

Orden	Nombre Común	Nombre Científico
Ortóptera	Grillo de la casa	<i>Acheta domesticus</i>
Ortóptera	Grillo de casa tropical	<i>Grylloides sigillatus</i>
Ortóptera	Grillo de campo jamaicano	<i>Gryllus assimilis</i>
Ortóptera	Grillo de dos manchas	<i>Gryllus bimaculatus</i>
Ortóptera	Grillo de campo europeo	<i>Gryllus campestris</i>
		<i>Locusta migratoria</i>
Ortóptera	Langosta migratoria africana	<i>migratorioides</i>
Ortóptera	Grillo de Bush	<i>Mecopoda elongata</i>
Ortóptera	Saltamontes	<i>Oxya spp.</i>
		<i>Melanoplus spp.</i>
		<i>Hieroglyphus spp.</i>
		<i>Acrida spp.</i>
Ortóptera	Langosta de Bombay	<i>Patanga succincta</i>
Ortóptera	Saltamontes americano	<i>Schistocerca americana</i>
Ortóptera	Langosta del desierto	<i>Schistocerca gregaria</i>
Ortóptera	Grillo común	<i>Teleogryllus mitratus</i>

Patel et al., 2019

La biodiversidad en la dieta que puede ofrecer los insectos comestibles es un aspecto a destacar porque pueden garantizar una fuente de alimento sostenida para la seguridad alimentaria, si se compara con fuentes como el ganado convencional o peces que son cada vez más sobreexplotados. El número extenso de insectos clasificados y los que aún faltan por describir científicamente, están distribuidos en diferentes áreas del mundo lo que permite que las especies aptas para consumo humano se puedan cultivar en cada localidad sin tener que recurrir a introducir especies, sino por el contrario, aprovechar las especies nativas. Otro aspecto que convierte a los insectos comestibles en una fuente de alimento prometedor es la rápida reproducción que tiene y la cantidad de huevos que genera lo que puede contribuir a combatir la escasez de alimento a futuro (Gahukar, 2016).

Con el fin de agrupar la información de insectos comestibles y su distribución mundial, el taxónomo el Señor Yde Jongema del Departamento de Entomología de la Universidad e Investigación de Wageningen de Países Bajos, compilo la lista Mundial de insectos comestibles respaldados por publicaciones. Dicha lista está organizada en orden alfabético que a su vez está dispuesta por niveles según la región biogeográfica (clasificación de las provincias biogeográficas del mundo adaptado de M.D.F. Udvardy, 1975: África tropical, Australiano, Neotropical, Oriental, Neártico, Paleártico), orden, familia, género, especie, y comentarios. En las referencias bibliográficas se encuentra el link donde se puede consultar la lista completa (Jongema, 2017).

Valores nutricionales de los insectos comestibles

Las cualidades nutricionales de los insectos han sido evaluadas en un grupo pequeño de las diferentes especies de insectos comestibles y lo que han encontrado es que tienen un amplio valor nutricional porque contienen proteínas, ácidos grasos mono y poliinsaturados, vitaminas (riboflavina, ácido pantoténico, biotina y ácido fólico) y minerales (cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, selenio y zinc), por lo cual la FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la OMS-Organización Mundial de la Salud, recomiendan este tipo de fuentes de alimento ya que pueden ayudar a cumplir con la ingesta diaria sugerida para estos nutrientes (Bessa et al., 2020).

Por otra parte, estudios sobre la composición nutricional de los insectos comestibles, ha demostrado que las etapas de desarrollo influyen en el valor nutricional. En el caso de *Tenebrio molitor*, los individuos en estadio larvario son fuente rica en calcio, zinc y magnesio; mientras que las pupas son fuente solo de magnesio; y los adultos tienen minerales como hierro, yodo, magnesio y zinc. De igual forma, la estación o ubicación de los insectos y el tipo de alimento que ingieren son otros factores que influyen en los valores nutricionales (Nowak et al., 2016). En general del 40 al 70% del peso seco de los insectos corresponde a proteínas, y del 10 al 30% corresponde a ácidos grasos insaturados, adicional el contenido de aminoácidos esenciales que se han encontrado en los insectos es similar al de la carne de res y la soja (Mwangi et al., 2018; Berg et al., 2017).

Un análisis derivado de la literatura acerca de la composición de nutrientes de 236 especies de insectos comestibles registró que el contenido de proteína en la materia seca está en un rango de 34,35% en termitas (Isóptera) al 61,32% en saltamontes, grillos y langostas (Ortóptera). En cuanto al contenido de ácidos grasos está en un rango en el orden Ortóptera de 13,41% al 33,40% en el orden Coleóptera con los escarabajos y larvas. Referente al contenido de fibra está en un rango de 5,06% en termitas al 13,56% en Hemíptera. En cuanto a los aminoácidos que prevalecen en la proteína de los insectos se encuentran la tirosina, leucina, fenilalanina y valina, mientras que la metionina, cisteína y el triptófano fueron los menos abundantes (Rumpold y Schlüter, 2013a).

La mayor cantidad de lisina, valina, metionina, arginina y tirosina está en Blattodea. Mientras que en Coleóptera hay una alta concentración de leucina que supera otras fuentes de

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

proteína animal y la cantidad de fenilalanina en Hemíptera es la mayor de todas las fuentes de proteínas. Los insectos que se encuentran en etapa de ninfas suelen tener las fuentes más abundantes de prácticamente todos los aminoácidos, especialmente son ricos en arginina la cual contribuye a mejorar la condición cardíaca y los vasos sanguíneos, así como a fortalecer el sistema inmune (Tang et al., 2019).

La fracción lipídica de los insectos es rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados con un alto contenido de ácidos grasos omega-3 y omega-6. Los principales ácidos grasos monoinsaturados en insectos comestibles son el palmitoleico, ácidos oleicos y el ácido palmítico. El contenido total de ácidos grasos poliinsaturados puede representar el 70% del total de ácidos grasos. Las larvas de los lepidópteros y heterópteros son los que tienen el contenido de grasas más alto entre los insectos comestibles. Las larvas son el estadio con mayor fuente de ácidos grasos, mientras que los adultos son una mejor fuente de ácidos grasos poliinsaturados comparado con la carne de cerdo, vaca e insectos de otras etapas (Kouřimská y Adámková, 2016).

Las mariposas y polillas (lepidóptera) tienen gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados especialmente el ácido α -linolénico que tiene potencial en proteger el cerebro contra la apoplejía (Tang et al., 2019). Estudios mostraron que hay especies de insectos que tienen un alto contenido de ácidos grasos omega-6 y omega-3 en una proporción de 27 a 17, lo cual supera lo recomendado por la FAO y la OMS (Palmer, 2016).

Los carbohidratos en los insectos están representados principalmente por la quitina, la cual oscila entre 2,7 mg y 49,8 mg/kg de peso fresco. Algunos insectos comestibles tienen minerales (potasio, sodio, calcio, cobre, hierro, zinc, manganeso y fósforo), así como vitaminas del grupo B, A, D, E, K y C (Kouřimská y Adámková, 2016). Las orugas son principalmente ricas en vitaminas B1, B2 y B6. Las pupas de abeja son ricas en vitaminas A y D (Rumpold y Schlüter, 2013a). En definitiva, se puede encontrar una gran variedad de micronutrientes en los insectos comestibles y el contenido de dichos minerales varía de forma importante entre insectos, pero la mayoría de insectos tiene altas concentraciones de hierro (Gere et al., 2017).

Finalmente, los insectos comestibles tienen una alta eficiencia energética si se compara con los productos cárnicos de la ganadería convencional y proporcionan calorías cuyo contenido oscila entre 290 a 750 kcal/100 g de materia seca. Un estudio a 94 especies de insectos para calcular indicadores energéticos encontró que de estas especies el 50% tuvo mayores calorías

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

que la soja, el 87% sobrepasa al maíz, un 63% superó la carne vacuna y un 70% tenía mejores indicadores energéticos que el pescado, las lentejas y los frijoles. Especialmente, los coleópteros y lepidópteros son los que aportan mayor cantidad de energía (Gere et al., 2017).

Producción y procesamiento de insectos comestibles

La posibilidad de que a los insectos se les considere una fuente alternativa de proteína animal se relaciona con el hecho de que puedan ser producidos a gran escala y que el proceso sea seguro, eficiente y sostenible. La zootecnia de insectos no es algo nuevo ya que desde hace bastante tiempo se vienen utilizando en la sericultura para obtener seda, la apicultura para obtener miel, en el control biológico de plagas y en el sector farmacéutico para producción de medicamentos (Rumpold y Schlüter, 2013b).

En la cría de insectos para consumo de alimento humano se presentan barreras tecnológicas, y una de esas barreras es el gasto de trabajo manual de alimentación, recolección, limpieza y realojamiento de los insectos, ya que al comparar con la ganadería convencional los procesos tienen un mayor nivel de tecnificación. Adicional hay que evitar recolectar insectos del medio silvestre de forma permanente porque implica que se sobreexplota la especie en los ecosistemas o que se use insectos que han sido expuestos a patógenos, insecticidas y demás (Gahukar, 2016).

La zootecnia ideal de especies de insectos comestibles a gran escala sería la que se obtenga a partir de parentales del medio silvestre y que luego se aumenten las poblaciones en cautiverio para así eliminar los problemas relacionados anteriormente. La idea sería aprovechar la diversidad de especies de insectos en la naturaleza como fuente inicial de materia prima, pero con prácticas de cosecha sostenible que eviten que alteremos el funcionamiento de los ecosistemas, para eso se requiere estudios sobre las dinámicas poblacionales de las especies de insectos comestibles y la dependencia con el hábitat. Para la cría de insectos comestibles en masa es importante tener en cuenta ciertos factores los cuales se presentan en la tabla 2, ya que el entender estos aspectos ayudara a la hora de elegir una especie a producir o una técnica de procesamiento (FAO, 2012).

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

Tabla 2

Características de las Especies de Insectos Comestibles para Producir en masa

Factores	Característica
Tasa de crecimiento	Aumento en la tasa de crecimiento depende de una mayor tasa de oviposición (huevos con alta eclosión), ciclo de desarrollo corto (etapa de larva corta) y supervivencia de inmaduros (etapa de pupación óptima)
Aumento de biomasa	La especie de insecto debe tener el potencial de aumentar su biomasa por día (aumento peso/ día)
Tasa de conversión	Alta tasa de conversión donde los pesos de larvas y pupas sean superiores. (kg ganancia de biomasa/ Kg de materia prima)
Densidad de insectos	Las especies de insectos deben tener la capacidad de poder vivir en altas densidades (kg biomasa / m ²)
Enfermedades	Especies de insectos deben tener una baja susceptibilidad a enfermedades
Dietas de los insectos	Alimentación para los insectos no requiera altos costos y que sea de calidad para mantener los valores nutricionales ideales

Adaptado de FAO, 2012.

Durante el proceso de cualquier sistema ganadero, el animal objeto debe pasar por un protocolo para que pueda ser consumido por los humanos o para que se use en la industria alimentaria. Hay normas ya establecidas para el proceso del ganado convencional, pero no hay mejores prácticas establecidas para los insectos debido a la falta de información que aún existe sobre los impactos que los tratamientos de las técnicas empleadas tengan sobre el contenido nutricional o sobre la seguridad del alimento (de Castro et al., 2018).

Otro aspecto que tiene gran peso para obtener un sistema ideal de producción de insectos sería la fuente de alimento de los insectos, porque el contenido nutricional que pueden ofrecer depende de las dietas con las que sean alimentados. Han postulado los biorresiduos para alimentar los insectos, pero cuando se trata de insectos para alimento animal este tipo de productos de desecho se pueden usar, pero cuando son para consumo humano las dietas deben ser de grado alimenticio (FAO, 2012). Adicional los diferentes procesos industriales que se implementen en la preparación de los insectos para hacerlos comercializables pueden afectar sus valores nutricionales (Melis et al., 2018).

Entre los métodos tradicionales para la conservación y procesamiento de insectos como alimento se encuentra la congelación y el secado al sol. Entre los métodos comerciales de secado para conservar se encuentra el secado con tambor, evaporación, pulverización y liofilización. Un proceso de secado comienza con un calentamiento (cocinar) para inactivar los microorganismos y enzimas y luego se aplica el calor seco para eliminar el agua. El proceso de liofilización en la industria es el más utilizado para evitar el daño de las proteínas, pero es un proceso de mayor

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

costo, por eso el secado al horno o al sol es el más usado en países en desarrollo como el nuestro (Grabowski y Klein, 2017).

Frente al tema de como los procesos afectan el valor nutricional de los insectos, un estudio con saltamontes recolectados del medio silvestre, los cuales fueron sometidos al proceso de calentamiento (cocinado) con agua hirviendo por 5 minutos y luego los congelaron a -20°C , para posteriormente secarlos unos por liofilización y otros en horno, para finalmente triturarlos para convertirlos en polvo. Al final encontraron que no había diferencias significativas entre los dos procesos porque tenían un valor similar aproximado de calidad y composición de ácidos grasos y minerales. Las diferencias radicaban entre las diferentes especies de saltamontes y entre las etapas de desarrollo de los individuos. En cuanto a los aminoácidos esenciales se encontraron los requeridos para consumo humano, así como buenas fuentes de macronutrientes, por eso en este caso estos insectos los recomendarían para consumo humano (Fombong et al., 2017).

Otros casos son el de la oruga de mopane, en la cual el procesamiento ha influido en su contenido nutricional. Cuando la oruga la consumen cruda el contenido de proteína y la digestibilidad (aprovechamiento del alimento) es mayor, mientras que cuando la cocinan la proteína se reduce y al tostarla con carbón el contenido de minerales aumenta posiblemente por la contaminación (Madibela et al., 2007). Las termitas aladas (*Macrotermes subhylanus*) y el saltamontes comestible (*Ruspolia differens*) al tostarlos y secarlos al sol presentaron disminución en la digestibilidad de proteínas y el contenido de vitaminas (Kinyuru et al., 2010). Por su parte, muestras de larvas de *Rh. phoenicis* y *Oryctes monoceros* presentaron concentraciones de colesterol del 60% crudas y del 20% fritas (Edijala et al., 2009).

Una revisión sobre métodos y tecnologías convencionales e innovadoras aplicadas al procesamiento de insectos en general, mostró que la producción de insectos comestibles se concentra en hogares y pequeñas empresas, es por esta razón, que la difusión y la estandarización de un sistema de producción de calidad a mayor escala es tan débil. Hasta que no se desarrollen lineamientos y regulaciones no se podrá establecer la idoneidad del procesamiento de insectos comestibles. Un reto es contar con la disponibilidad de equipos adecuados para tecnificar el proceso, equipos que no existen y se están diseñando por pocos productores de plantas de zoocria de insectos. Además, falta conectividad entre agricultores, pequeñas y grandes empresas para compartir conocimiento sobre los mejores métodos según el tipo de insecto en particular que se quiera criar (FAO, 2012; Van Huis et al., 2013).

Eficiencia de conversión

Una característica que destaca a los insectos comestibles como fuente alternativa rica en proteína animal es su elevada eficiencia de conversión alimenticia, y todo gracias a que son poiquilotérmicos. Pero no todo depende de que su temperatura se adapte al entorno, también requiere de dietas adecuadas según las necesidades nutricionales de cada especie de insectos (Oonincx, 2015).

Los gusanos de harina por ejemplo utilizan entre el 22 y 45% de la proteína que obtienen de la dieta, las larvas de la mosca soldado negro utilizan un 43 a 55% y las cucarachas argentinas un 51 a 88%. Esta eficiencia de conversión de proteína lo generan sin optimizar aspectos genéticos, ni mejorando dietas lo que muestra que comparado con el ganado convencional sus porcentajes de conversión son altos. Aunque se ha postulado que dar mejores dietas a los insectos pueden generar un mayor porcentaje de eficiencia de conversión, el incluir dietas mejoradas no es necesariamente una forma más sostenible y económica de producir, lo ideal sería implementar sustratos infrautilizados, pero para esto hay que investigar a fondo (Halloran et al., 2016; Halloran et al., 2017).

Como ya se mencionó la naturaleza poiquilotérmica de los insectos combinada con sus ciclos de vida cortos resulta en una alta conversión de biomasa. Por ejemplo, un ensayo con orugas demostró que la conversión de biomasa vegetal ingerida por estos insectos y convertida en biomasa animal era 10 veces mayor que la del ganado convencional y se requería menos terreno con una huella ambiental mucho menor. Los grillos comparados con los bovinos y ovinos para tener un rendimiento de proteína similar necesitan una doceava parte y una cuarta parte del alimento que consumen bovinos y ovinos respectivamente. Así mismo, los grillos comparados con cerdos y pollos solo necesitan la mitad de lo que estos consumen para tener rendimientos de conversión (Deroy et al., 2015).

En Estados Unidos refieren que en sistemas de producción convencionales para que se produzca un aumento de 1 kg de peso del animal vivo este requiere 2.5 kg de alimento en el caso del pollo, 5 kg para el cerdo, y 10 kg para la ternera, mientras que insectos como los grillos para producir 1 kg de peso vivo, requiere 1,7 kg de alimento. Esto significa que los grillos son dos

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

veces más eficientes en convertir alimento a comparación del pollo, cuatro veces más eficientes que los cerdos y doce veces más que los terneros (Collavo et al., 2005).

Un aspecto que contribuye a que los consumidores se beneficien de la eficiencia de conversión de los insectos es el hecho de que la fracción de insectos que puede ser consumidos por los humanos y digeridos es mayor, prácticamente el 100%, mientras que, con la carne convencional, por ejemplo, el pollo y el cerdo se consume y digiere el 55%, y el 40% para el resto del ganado, y adicional los insectos recuperan de manera eficiente la proteína cruda (Collavo et al., 2005; Van Huis et al., 2013).

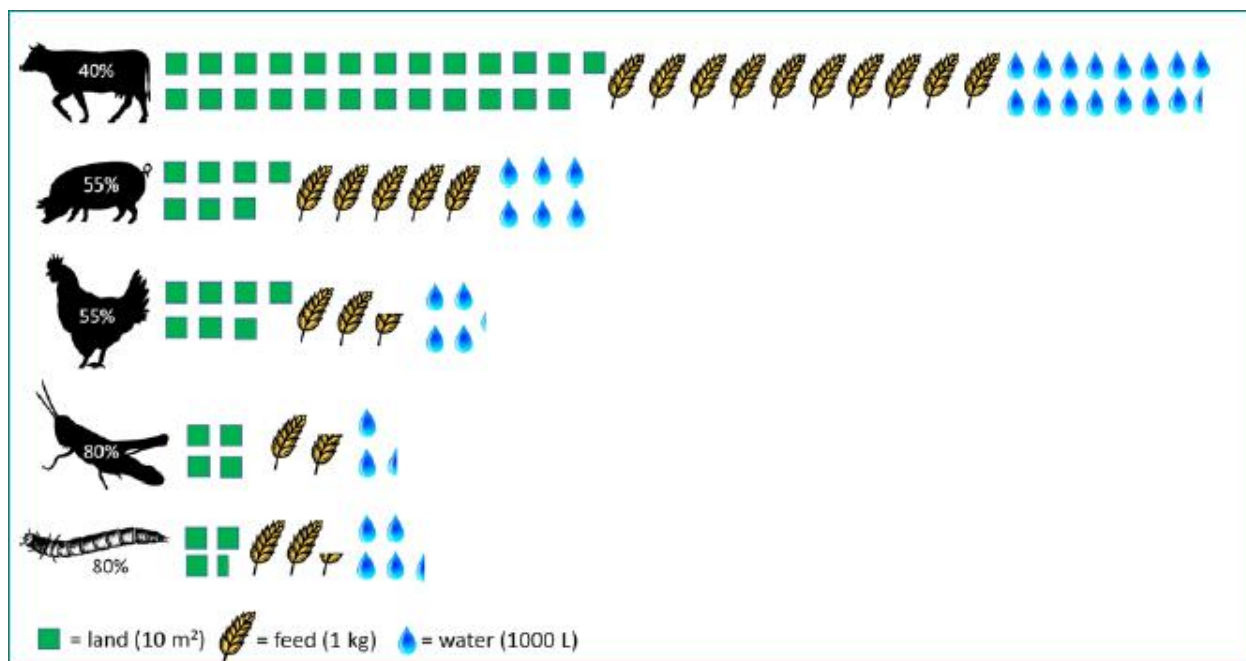
Sostenibilidad en la producción de insectos comestibles

Los impactos ambientales que genera la producción de alimentos es uno de los temas principales cuando se debate sobre sostenibilidad, principalmente se centran en reducir las emisiones de dióxido de carbono, pero hay que tener en cuenta que hay otros factores que se ignoran en ocasiones y son tan importantes como la emisión de gases de efecto invernadero. Estos impactos ambientales son los generados sobre el agua y el uso de suelo. Se estima que para 2025 un promedio de 1,8 millones de personas va a asentarse en regiones donde no tendrán agua potable de calidad y dos tercios de la población mundial estarán en entornos con una fuerte disminución del recurso hídrico (FAO,2012). Entendiendo la importancia de preservar el recurso hídrico proveniente de fuentes de agua dulce y considerando que un 70% de esta agua es utilizada en la ganadería y agricultura, se hace preponderante utilizar alternativas que reduzcan este impacto (Dobermann et al., 2017).

Otro factor ambiental es el uso del suelo ya que la disponibilidad de áreas para la demanda en la cría de ganado convencional se hace cada vez mayor y un aumento en las cabezas de ganado se traduce en requerir más cultivos para forrajeo, por esta razón, los agricultores se expanden a costa de la deforestación de bosques y un uso excesivo de fertilizantes (Oonincx y de Boer, 2012). En la figura 1 se representan las cantidades de agua, alimentos y área de tierra que los animales de la ganadería necesitan para desarrollarse. Esta figura permite comparar junto con lo mencionado en el enunciado anterior sobre la eficiencia de conversión, que los insectos son una alternativa prometedora para contrarrestar los impactos ambientales generados por la actividad agrícola.

Figura 1

Cantidades de Área de Tierra, Alimento y Agua Requeridos por los Animales para Ganadería



Las cantidades equivalentes para cada elemento de cada animal son los requeridos para producir 1 kg de peso de animal vivo y el porcentaje del animal que es comestible. Tres principales grupos de ganado: vacuno, porcino, avícola y dos especies de insectos *Locusta migratoria* y *T. molitor* respectivamente (Mekonnen y Hoekstra, 2011; Hoekstra, 2012; Oonincx y de Boer, 2012).

Teniendo en cuenta el porcentaje comestible de los insectos, los gusanos de harina *T. molitor* tienen una huella hídrica menor si se compara con el ganado avícola, a pesar de requerir las mismas cantidades de agua. En cuanto a la langosta *L. migratoria* la huella hídrica es la más promisoriosa del grupo y las dos especies de insectos son los que menos requieren espacio para desarrollarse. Hace falta conocer sobre los requerimientos de área de tierra y uso de agua de los insectos de diversas especies que son comúnmente cultivados (Mekonnen y Hoekstra, 2011; Hoekstra, 2012; Oonincx y de Boer, 2012).

Por otra parte, es posible que varias especies de insectos puedan ser cultivados en subproductos orgánicos y esto es importante porque el 27% de los productos agrícolas son desperdiciados anualmente y se estima que estos residuos no aprovechados equivalen a 750.000 millones de dólares anuales (FAO, 2013). La posibilidad de que el subproducto se pueda utilizar en la zootecnia de insectos depende de las especies. Por ejemplo, los gusanos de harina se pueden criar en residuos de origen hortofrutícola y en mezclas de subproductos secos mixtos de cerveza, pan, papa y granos secos de destilería. Estas mismas mezclas en la especie de grillos *Acheta domesticus* no funcionó en algunos casos, según estudios en esta especie los requerimientos de nutrientes son muy estrechos y dependen de la disponibilidad de subproductos de calidad alto para que tengan potencial como fuente de proteína sostenible (Lundy y Parrella, 2015).

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

Entre las especies que utilizan residuos o desechos alimentarios para su desarrollo se encuentra la mosca soldado negra la cual puede cultivarse en paja de arroz, pulpa de café, residuos de pescado, residuos de catering y estiércol de cerdos y pollos (Manurung et al., 2016; Surendra et al., 2016). También se ha reportado que estos insectos pueden matar bacterias patógenas como *Escherichia coli* o *Salmonella enterica* presente en el estiércol de pollo o ganado (Erickson et al. 2004; Liu et al., 2008). La mosca doméstica también puede ser cultivada en estiércol (Shah et al., 2016). El poder utilizar este tipo de sustratos de desecho de forma sustentable depende de los marcos legislativos ya que en los países donde está reglamentado como en la Unión Europea, el uso de subproductos orgánicos como los desechos de catering y el estiércol son prohibidos.

Por último, el sector agropecuario es uno de los que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO₂, óxido nitroso y metano. Hay estudios que han encontrado que las condiciones en las que se cría los insectos son más favorables equiparado con el ganado vacuno y porcino. Los insectos producen menos gases de efecto invernadero y está casi por igual con el ganado avícola. Así mismo, hay estudios de producción a mayor escala que los valores de emisiones dependen del tipo de sustrato en el que se críen los insectos. Una comparación entre grillos comerciales en Tailandia y pollos resulto en que la huella ambiental de los insectos fue más pequeña que la de los pollos de engorde en granjas y que lo que ocasionaba que la huella no fuera tan favorable eran el tipo de piensos o alimentos de cereales que se usaban (Halloran et al., 2017).

Faltan estudios concretos sobre los Gases de Efecto Invernadero que producen los insectos, no se puede declarar un beneficio medioambiental en la producción de ciertos insectos comerciales si se usa el mismo alimento de grano utilizado para el ganado convencional, es por eso que la alimentación de biorresiduos puede ser la opción viable desde el punto de vista medioambiental (Lundy y Parrella, 2015). Un estudio con tres tipos de alimentos, un biorresiduo sin procesar de baja calidad, un pienso a base de paja y un filtrado de residuos de alimentos procesados mediante digestión enzimática, le fueron suministrados a unos grillos, los resultados mostraron que los grillos no crecían con los alimentos sin procesar, pero el filtrado procesado dio insectos con una eficiencia alimentaria igual o mejor que los pollos. Los insectos pueden ser competitivos como alternativa fuente de proteína solo si pueden superar al ganado avícola y la clave está en determinar que biorresiduos son ideales para cada especie (Van Huis et al., 2013).

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

Seguridad alimentaria en el consumo de insectos

Los insectos comestibles para consumo humano y animal provienen de la naturaleza y como se ha mencionado antes, la biodiversidad de insectos es un plus para asegurar fuentes de alimento, pero es importante garantizar que el producto que se genere cumpla con un protocolo de seguridad (Murefu et al., 2019). Aunque los insectos tienen menos riesgos de transmitir infecciones zoonóticas a los humanos, contrario a lo que sucede con las aves con el H1N1 (gripe aviar) y con las vacas con la enfermedad de las vacas locas, existen otros factores que deben contemplarse en la cría de insectos y dichos factores son la contaminación microbiana, peligros toxicológicos y reacciones a alérgenos (FAO, 2013).

En cuanto a los riesgos microbiológicos es posible que durante las fases de producción, recolección, almacenamiento y transporte se genere una contaminación microbiana, también se contempla que comunidades microbianas (bacterias, virus, hongos, parásitos) pueden asociarse a los insectos como sucede con cualquier otro organismo (Testa et al., 2017). La mayoría de los microbios presentes en insectos son inofensivos para los humanos, y no se considera que causen deterioro de los alimentos, sin embargo, hay que revisar la microbiota asociada con los insectos en su sistema digestivo (Marshall et al., 2016).

Se ha encontrado que cada especie de insecto alberga cierto grupo de bacterias con géneros comunes como los *Bacterioides*, *Enterobacter*, *Bacillus* y *Citrobacter*. Los insectos de los que se tiene más referencia son *Zoophobas morio*, *Tenebrio molitor*, *Galleria mellonella* y *Acheta domesticus*. Estos insectos presentaron una alta carga microbiana total, específicamente por bacterias Gram positivas (*Micrococcus spp.*, *Lactobacillus spp.* y *Staphylococcus spp.*), *Salmonella spp.* y *Listeria monocytogenes*, estas muestras fueron tomadas en un entorno cerrado de la granja de insectos (Belluco et al., 2013). Por otra parte, los insectos también son afectados por mohos y levaduras como *Aspergillus*, *Candida*, *Kodamaea*, *Lichtheimia*, *Tetrapispora*, *Trichoderma* y *Trichosporon*. Hongos como *Aspergillus* tienen el inconveniente que producen micotoxinas (Fernandez-Cassi et al., 2018).

En resumen, los riesgos para la salud humana o animal relacionados con el consumo de insectos es estrictamente específica a fases de procesamiento y el riesgo aumenta cuando los entornos no se encuentran tecnificados o hay bajos recursos. Por lo anterior, las posibilidades que patógenos generen riesgos se asocian a un saneamiento deficiente, secado, recolección,

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

almacenamiento y comercialización inadecuado, por eso es importante protocolizar lineamientos como cualquier otro producto alimenticio.

En cuanto a los peligros toxicológicos, básicamente existen dos categorías de insectos venenosos: fanerotóxicos y criptotóxicos. El primero como las hormigas y abejas tienen órganos específicos que sintetizan toxinas. En general estas sustancias quedan inactivas en el tracto digestivo, son peligrosas en niveles altos como el paso oral y esofágico si hay mordeduras o picaduras. Los criptotóxicos contienen sustancias tóxicas de síntesis directa o por acumulación de su dieta. Este último puede ser peligroso para los humanos después de ser ingerido (Belluco et al., 2013). Las especies de insectos que se consumen no se encuentran comúnmente en cualquiera de esas dos categorías y estudios de los niveles de hidrocianuro, oxalato, fitato, fenol y taninos en insectos comestibles presentan valores por debajo de los niveles de toxicidad para el consumo (Ekop et al., 2010; Shantibala et al., 2014) En general, los datos sobre las propiedades antinutrientes de los insectos necesita más investigación.

Finalmente, las reacciones a alérgenos. Un estudio identificó una reacción cruzada positiva entre las proteínas del gusano de la harina y los individuos con alergias ya establecidas a causa de los ácaros del polvo y a los crustáceos (Van Broekhoven et al., 2016). Por su parte, otro estudio sobre los grillos mostró una reacción cruzada a los grillos en personas que ya tenían antecedentes de alergias por gambas (Srinroch et al, 2015). Una revisión sistemática de estudios que evalúan la reacción cruzada muestra que todos los pacientes presentan alergias a los crustáceos presentan reacciones negativas frente a los insectos.

Legislación

La legislación es el medio para garantizar la seguridad alimentaria. En cuanto a los insectos para consumo humano, estos se consideran como nuevo alimento, por lo tanto, deben ser aprobados y valorados como seguros para que puedan ser comercializados como alimento. Los insectos deben ser autorizados como productos alimenticios de la misma forma que el resto de alimentos convencionales y deben cumplir con los requisitos reglamentarios. En África y Asia, donde la entomogía es una actividad tradicional el consumo de insectos no está representado en la ley, y las regulaciones no existen básicamente. Los productores locales pueden comercializar sin obstáculos regulatorios localmente sus productos basados en insectos. En Europa aún no hay regulaciones específicas y los insectos están incluidos como nuevo alimento en el reglamento UE 2015/2283 (Ministerio de consumo, 2020).

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

En los EE. UU., la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) solo menciona a los insectos en el contexto de defectos alimentarios que establece el nivel aceptable de los defectos que puede contener un producto (Lewis, 2015), pero persiste el vacío jurídico a pesar de que se han comercializado varios productos alimenticios a base de insectos en los EE.UU. La mayoría de los países desarrollados no han requerido un marco regulatorio específico porque no consumen insectos. Los principios generales de la legislación alimentaria se aplican en promocionar buenas prácticas de higiene, trazabilidad, notificación obligatoria, etiquetado e implementación de sistemas de autocontrol.

Al no existir una regulación específica, hay mucha controversia en cuanto a la comercialización ya que esta falencia legal genera incertidumbre que influye de forma negativa en la implementación de cultivos de insectos comestibles. También está el aspecto de la utilización de insectos sin que exista restricciones legislativas en su recolección. En cuanto al uso de insectos para consumo animal tiene menos impedimentos normativos, en la UE a partir de julio de 2017, se aprobaron proteínas de insectos para uso en piensos para peces. Estos insectos deben criarse según la normativa ganadera convencional, lo que significa que no pueden ser alimentados con ningún tipo de desperdicio, reduciendo el beneficio medioambiental (Ministerio de consumo, 2020). En conclusión, no hay reglas claras en el negocio de los insectos y vale la pena establecer en consenso la regulación.

Aceptación por parte del consumidor

Aspectos como el precio, el sabor, la disponibilidad, la presentación y las preferencias culturales son claves para la aceptación del consumo de insectos. Estudios realizados con personas que no habían consumido insectos o no lo hacían de forma regular, demostró que las personas que tenían predilección por los productos orgánicos o que tenían la voluntad de comer saludable y con dieta variada estaban dispuestos a consumir insectos (House, 2016).

En el estudio observaron que una de las motivaciones iniciales que los participantes manifestaron era el beneficio ambiental, aunque este no fue el factor determinante, porque resaltaban que principalmente lo que más los influenciaba era el consumir productos favorables para la salud como disminuir problemas de colesterol y tener un mayor aporte de proteínas y nutrientes (House, 2016).

Lo relacionado con el sabor había opiniones diferentes a algunos les gustaba y a otros no y otros referían que el sabor era plano. Frente a la disponibilidad manifestaron que no hay

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

variedad en la compra de productos de insectos comestibles lo que induce a que pierdan el interés por consumirlo. El estudio presentó que a las personas vegetarianas les era más fácil introducir en su dieta el consumo de insectos que a los que consumen carne convencional y los que tenían un núcleo familiar amplio era más difícil incorporar los insectos en la dieta (House, 2016).

Otro estudio sobre la aceptación entre europeos y asiáticos presentó que los chinos tenían mayor voluntad de comer insectos para sustituir la carne y adicional porque ya tienen la tradición de la entomofagia (Hartmann et al., 2015). En este estudio los prejuicios culturales, la inconformidad con el sabor y los que no tenían experiencias previas en consumir insectos, conllevaron a que tuvieran una menor disposición en incluir los insectos comestibles en sus dietas. En definitiva, la clave para que se acepten a los insectos es centrarse en la imagen pública de los insectos y en su sabor, ya que el dar a conocer los beneficios en salud y demás no es algo que interese al consumidor. En cuanto al precio en los diferentes estudios siempre prevaleció la idea de que los consumidores no pagarían más por los insectos (Hartmann et al., 2015).

CONCLUSIONES

Los insectos son una alternativa viable de fuente de proteína animal y en general para mitigar a futuro los desafíos de abastecimiento de alimento a una población que crece cada día porque cuenta con los nutrientes recomendados por la FAO y la OMS para mejorar la salud y la seguridad alimentaria.

Se deben estandarizar los procesos de cría de insectos ya que no hay un conocimiento amplio sobre la biología de las diferentes especies y hay vacíos en la elección adecuada de dietas y procesos de conservación que deben ajustarse según las necesidades de cada especie de insectos comestibles

Se debe fomentar conocimiento entre los pequeños agricultores y las empresas que producen a gran escala para que los procesos de cría sean adecuados y todos los actores estén sintonizados y para que los pequeños agricultores puedan participar como proveedores de insectos de calidad y para su autoconsumo

Adicional la huella ambiental en general de la producción de insectos comestibles es menor que la del ganado convencional y puede dar rentabilidad económica porque su eficiencia

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

de conversión hace que se tenga cantidades de proteína mayor sin requerir una cantidad elevada de alimento

Los desechos orgánicos son probablemente la mejor opción para criar insectos, pero es necesario determinar las fuentes específicas para cada especie.

Frente a los riesgos que genera el consumo de insectos las probabilidades de contaminación microbiana no son elevada si se efectúan los procesos de saneamiento en las diferentes fases de producción y si se somete a calor y congelación a los insectos en donde gran parte de la carga microbiana se controla

En cuanto a las reacciones alérgicas está relacionado a las alergias establecidas que tengan los individuos que consuman los insectos por reacciones alérgicas cruzadas

La aceptación por parte de la población para consumir insectos es el mayor reto, ya que lo contemplan como fuente de alimento para animales, pero no tanto para humanos ya que el tabú cultural sigue teniendo peso al momento de acoger este tipo de alimentos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C. C., Paoletti, M. G., & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 296-313.
- Berg, J., Wendin, K., Langton, M., Josell, Å, & Davidsson, F. (2017). State Of The Art report:- insects as food and feed. *Annals of Experimental Biology*, 5(2), 1-9.
- Bessa, L. W., Pieterse, E., Sigge, G., & Hoffman, L. C. (2020). Insects as human food; from farm to fork. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(14), 5017-5022.
- Cerritos, R. (2009). Insects as food: an ecological, social and economical approach. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 4(27), 1-10.
- Collavo, A., Glew, R. H., Huang, Y., Chuang, L., Bosse, R., & Paoletti, M. G. (2005). House cricket small-scale farming. *Ecological Implications of Minilivestock: Potential of Insects, Rodents, Frogs and Snails*, 27, 515-540.

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

- DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2016). Tercer Censo Nacional Agropecuario. La mayor operación estadística del campo colombiano en los últimos 45 años. Tomo 2, Resultados. <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- de Castro, Ruann Janser Soares, Ohara, A., dos Santos Aguilar, Jessika Gonçalves, & Domingues, M. A. F. (2018). Nutritional, functional and biological properties of insect proteins: Processes for obtaining, consumption and future challenges. *Trends in Food Science & Technology*, 76, 82-89.
- Deroy, O., Reade, B., & Spence, C. (2015). The insectivore's dilemma, and how to take the West out of it. *Food Quality and Preference*, 44, 44-55.
- Dobermann, D., Swift, J. A., & Field, L. M. (2017). Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. *Nutrition Bulletin*, 42(4), 293-308.
- Edijala, J. K., Egbogbo, O., & Anigboro, A. A. (2009). Proximate composition and cholesterol concentrations of *Rhynchophorus phoenicis* and *Oryctes monoceros* larvae subjected to different heat treatments. *African Journal of Biotechnology*, 8(10)
- Ekop, E. A., Udoh, A. I., & Akpan, P. E. (2010). Proximate and anti-nutrient composition of four edible insects in Akwa Ibom State, Nigeria. *World J.Appl.Sci.Technol*, 2(2), 224-231.
- Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., & Doyle, M. P. (2004). Reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection*, 67(4), 685-690.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2012). *Technical Consultation Meeting 23-25 January 2012, FAO, Rome, Italy. Assessing the Potential of Insects as Food and Feed in assuring Food Security. Summary Report*. Recuperado el 11 de mayo 2021, de <http://www.fao.org/3/an233e/an233e00.pdf>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Food wastage footprint: impact on natural resources. Summary Report*. Recuperado el 4 de mayo 2021, de <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

- Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Jansson, A., Boqvist, S., & Vagsholm, I. (2018). Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domesticus*). *EFSA Journal*, *16*, e16082
- Fombong, F. T., Van Der Borght, M., & Vanden Broeck, J. (2017). Influence of freeze-drying and oven-drying post blanching on the nutrient composition of the edible insect *Ruspolia differens*. *Insects*, *8*(3), 102.
- Gahukar, R. T. (2016). Edible insects farming: efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. *Insects as sustainable food ingredients* (pp. 85-111). Elsevier.
- Gere, A., Zemel, R., Radványi, D., & Moskowitz, H. (2017). Insect based foods a nutritional point of view. *Nutrition and Food Science International Journal*, *4*(3)
- Grabowski, N. T., & Klein, G. (2017). Microbiology of cooked and dried edible Mediterranean field crickets (*Gryllus bimaculatus*) and superworms (*Zophobas atratus*) submitted to four different heating treatments. *Food Science and Technology International*, *23*(1), 17-23.
- Gravel, A., & Doyen, A. (2020). The use of edible insect proteins in food: Challenges and issues related to their functional properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *59*, 102272.
- Halloran, A., Hanboonsong, Y., Roos, N., & Bruun, S. (2017). Life cycle assessment of cricket farming in north-eastern Thailand. *Journal of Cleaner Production*, *156*, 83-94.
- Halloran, A., Roos, N., Eilenberg, J., Cerutti, A., & Bruun, S. (2016). Life cycle assessment of edible insects for food protein: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, *36*(4), 1-13.
- Hartmann, C., Shi, J., Giusto, A., & Siegrist, M. (2015). The psychology of eating insects: A cross-cultural comparison between Germany and China. *Food Quality and Preference*, *44*, 148-156.
- Herrero, M., Wirsenius, S., Henderson, B., Rigolot, C., Thornton, P., Havlík, P., De Boer, I., & Gerber, P. J. (2015). Livestock and the environment: what have we learned in the past decade? *Annual Review of Environment and Resources*, *40*, 177-202.

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

- Hoekstra, A. Y. (2012). The hidden water resource use behind meat and dairy. *Animal Frontiers*, 2(2), 3-8.
- House, J. (2016). Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands: Academic and commercial implications. *Appetite*, 107, 47-58.
- Jongema, Y. (2017). *List of edible insects of the World*. Wageningen University & Research. Recuperado el 8 de mayo de 2021, de https://www.wur.nl/upload_mm/8/a/6/0fdfc700-3929-4a74-8b69-f02fd35a1696_Worldwide%20list%20of%20edible%20insects%202017.pdf
- Kim, T., Yong, H. I., Kim, Y., Kim, H., & Choi, Y. (2019). Edible insects as a protein source: a review of public perception, processing technology, and research trends. *Food Science of Animal Resources*, 39(4), 521.
- Kinyuru, J. N., Kenji, G. M., Njoroge, S. M., & Ayieko, M. (2010). Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite (*Macrotermes subhylanus*) and grasshopper (*Ruspolia differens*). *Food and Bioprocess Technology*, 3(5), 778-782.
- Kouřimská, L., & Adámková, A. (2016). Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal*, 4, 22-26.
- Lewis, A. (2015). Review of US state-level entomophagy regulation 2015. Recuperado el 7 de mayo de 2021, de http://pitt.afdo.org/uploads/1/5/9/4/15948626/ffp_lewis_adam_entomophagy_regulation_ppt_final_afdo_v2.pdf
- Liu, Q., Tomberlin, J. K., Brady, J. A., Sanford, M. R., & Yu, Z. (2008). Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environmental Entomology*, 37(6), 1525-1530.
- Lundy, M. E., & Parrella, M. P. (2015). Crickets are not a free lunch: protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domesticus*. *PloS One*, 10(4), e0118785.

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

- Madibela, O. R., Seitiso, T. K., Thema, T. F., & Letso, M. (2007). Effect of traditional processing methods on chemical composition and in vitro true dry matter digestibility of the Mophane worm (*Imbrasia belina*). *Journal of Arid Environments*, 68(3), 492-500.
- MADR-UPRA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2018). Identificación General de la Frontera Agrícola en Colombia, Escala 1:100.000
https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Projects_Documents/IDENTIFICACION%20GENERAL%20DE%20LA%20FRONTERA%20.pdf
- Manurung, R., Supriatna, A., Esyanti, R. R., & Putra, R. E. (2016). Bioconversion of rice straw waste by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.): optimal feed rate for biomass production. *J Entomol Zool Stud*, 4(4), 1036-1041.
- Marshall, D. L., Dickson, J. S., & Nguyen, N. H. (2016). Ensuring food safety in insect based foods: Mitigating microbiological and other foodborne hazards. *Insects as sustainable food ingredients* (pp. 223-253). Elsevier.
- Mekonnen, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 15(5), 1577-1600.
- Melis, R., Braca, A., Mulas, G., Sanna, R., Spada, S., Serra, G., Fadda, M. L., Roggio, T., Uzzau, S., & Anedda, R. (2018). Effect of freezing and drying processes on the molecular traits of edible yellow mealworm. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 138-149.
- Ministerio de consumo. (2020). *Situación de los insectos en la alimentación humana*. Agencia española de seguridad alimentaria y nutrición. Recuperado el 7 de mayo de 2021, de https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/gestion_riesgos/INSECTOS_ALIMENTACION_.pdf
- Murefu, T. R., Macheke, L., Musundire, R., & Manditsera, F. A. (2019). Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*, 101, 209-224.

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

Mwangi, M. N., Oonincx, D. G., Stouten, T., Veenenbos, M., Melse-Boonstra, A., Dicke, M., &

Van Loon, J. J. (2018). Insects as sources of iron and zinc in human nutrition. *Nutrition Research Reviews*, 31(2), 248-255.

Nowak, V., Persijn, D., Rittenschober, D., & Charrondiere, U. R. (2016). Review of food composition data for edible insects. *Food Chemistry*, 193, 39-46.

Oonincx, D. G., & De Boer, I. J. (2012). Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. *PloS One*, 7(12), e51145.

Oonincx, D., Van Huis, A., & Van Loon, J. (2015). Nutrient utilisation by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2), 131-139.

Palmer, L. (2016). *Edible insects as a source of food allergens* [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Nebraska].

<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1076&context=foodscidiss>

Patel, S., Suleria, H. A. R., & Rauf, A. (2019). Edible insects as innovative foods: Nutritional and functional assessments. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 352-359.

Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2011). Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4357-4360.

Restrepo Franco, L. J. (2020). Identificación de la dinámica de disminución del ecosistema boscoso a causa de la expansión de actividades antrópicas, durante los años 2015-2020, en la cuenca del río Santa Rita, municipio de Andes, Antioquia. Tecnológico de Antioquia – Institución Universitaria.

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013a). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(5), 802-823.

Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013b). Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 17, 1-11.

INSECTOS COMESTIBLES COMO ALTERNATIVA DE PROTEÍNA ANIMAL

- Shah, R. M., Azhar, F., Shad, S. A., Walker, W. B., Azeem, M., & Binyameen, M. (2016). Effects of different animal manures on attraction and reproductive behaviors of common house fly, *Musca domestica* L. *Parasitology Research*, *115*(9), 3585-3598.
- Shantibala, T., Lokeshwari, R. K., & Debaraj, H. (2014). Nutritional and antinutritional composition of the five species of aquatic edible insects consumed in Manipur, India. *Journal of Insect Science*, *14*(1)
- Srinroch, C., Srisomsap, C., Chokchaichamnankit, D., Punyarit, P., & Phiriyangkul, P. (2015). Identification of novel allergen in edible insect, *Gryllus bimaculatus* and its cross-reactivity with *Macrobrachium* spp. allergens. *Food Chemistry*, *184*, 160-166.
- Surendra, K. C., Olivier, R., Tomberlin, J. K., Jha, R., & Khanal, S. K. (2016). Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy*, *98*, 197-202.
- Tang, C., Yang, D., Liao, H., Sun, H., Liu, C., Wei, L., & Li, F. (2019). Edible insects as a food source: a review. *Food Production, Processing and Nutrition*, *1*(1), 1-13.
- Testa, M., Stillo, M., Maffei, G., Andriolo, V., Gardois, P., & Zotti, C. M. (2017). Ugly but tasty: A systematic review of possible human and animal health risks related to entomophagy. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *57*(17), 3747-3759.
- Van Broekhoven, S., Bastiaan-Net, S., de Jong, N. W., & Wichers, H. J. (2016). Influence of processing and in vitro digestion on the allergic cross-reactivity of three mealworm species. *Food Chemistry*, *196*, 1075-1083.
- Van Huis, A., & Oonincx, D. G. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *37*(5), 1-14.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G., & Vantomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.