

Insectos: Recursos del pasado que podrían ser una solución nutricional para el futuro

Insects: Resources from the Past that Could Be a Nutrition Solution for The Future

Víctor Camilo Pulido Blanco,^{1*} Carlos Felipe González Chavarro,² Yisneiry Mercedes Tapia Polanco³ y Xiomara Melissa Celis Ruiz⁴

¹Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Tunja, Boyacá, Colombia.

²Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) Centro de Investigación La Libertad, Villavicencio, Meta, Colombia.

³Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) e Instituto Dominicano del Café (INDOCAFE). Santo Domingo, República Dominicana.

⁴Universidad de los Llanos (UNILLANOS), Sede Barcelona Villavicencio, Meta, Colombia.

*Autor de correspondencia: vpuliod@agrosavia.co

Resumen

Los insectos son el grupo animal más exitoso del planeta, están ligados a la alimentación humana incluso antes de la especiación del hombre. De las aproximadas 2 100 especies de insectos que sustentan la entomofagia en 120 países a nivel mundial, pocos son constituyentes de dietas consuetudinarias en centros urbanos occidentales. Destacan como casos de éxito culturalmente contrastantes, las larvas de mojoyoy *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleóptera: Curculionidae) como fuente de alimento en algunos pueblos indígenas en la cuenca del río Amazonas; el consumo de chapulines en México, al contener entre un 70-77% más de proteína comparada con la carne bovina y la harina de grillo (*Gryllus assimilis*), lanzada al mercado en algunos países y utilizada en varios recetarios de cocina tradicional y como suplemento nutricional. El presente estudio es una revisión de la entomofagia, con historia, demanda, atributos nutricionales y perspectivas de desarrollo, así como con mención a dos ca-

Abstract

Insects are the most successful animal group on the planet. They have been linked to human nutrition even before the speciation of man. Of the approximately 2 100 species of insects that support entomophagy in 120 countries worldwide, few are constituents of customary diets in western urban centers. Mojoyoy larvae *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) stand out as culturally contrasting success stories for feeding indigenous peoples in the Amazon river basin, the consumption of grasshoppers in Mexico since it contains between 70-77% more protein compared to beef and cricket flour (*Gryllus assimilis*), launched on the market in some countries and used in various traditional cooking recipes and as a nutritional supplement. The present study is a review of entomophagy: history, demand, nutritional attributes, and development prospects, with mention of two contrasting cases, a sample of the reality of this food segment worldwide.

Los contrastantes, como muestra de la realidad de este segmento alimenticio a nivel mundial.

Palabras clave

Entomofagia, *Rhynchophorus palmarum*, *Grylodes sigillatus*, *Gryllus assimilis*, nutrición.

Keywords

Entomophagy, *Rhynchophorus palmarum*, *Grylodes sigillatus*, *Gryllus assimilis*, nutrition.

Introducción

Los insectos son el grupo animal más exitoso en términos de biomasa total, plasticidad fenotípica, nichos ocupados y distribución mundial (Arnaldos *et al.*, 2010; Sancho, 2012; Costa-Neto, 2014; Sancho *et al.*, 2015; Darquea-Bustillos, 2018; Fleta-Zaragozano, 2018). En conjunto, poseen la mayor cantidad de masa estimada como grupo biológico sobre la tierra, sus tasas reproductivas son altas, son ubicuos, presentan altos contenidos nutricionales (Sancho, 2012; Sancho *et al.*, 2015) y ostentan el mayor registro de número de especies descritas para la ciencia con cerca de 1 000 000 (Mora *et al.*, 2011).

Históricamente, los insectos están ligados al ser humano, incluso antes de su especiación. Hay reportes que *Australopithecus robustus* (Broom, 1938) consumía termitas con herramientas de hueso hace más de quinientos mil años. Existen pinturas del paleolítico que escenifican la extracción de mieles de colmenas (Uriel, 2012), y en la *Biblia* se hace referencia a la recolección de la secreción azucarada de la cochinilla *Trabutina mannipara* (Homóptera: *Pseudococcidae*) (Pellizzari y Porcelli, 2014), la cual, algunos autores la identifican con el maná descrito en el “Antiguo Testamento”. Incluso hay reportes que filósofos reputados, como Aristóteles, eventualmente consumieron insectos, como las ninfas de cigarras, en *Historia Animalium* se señala que las hembras de cigarra saben mejor después de la cópula debido a la presencia de huevos maduros (Akhtar y Isman, 2017).

Autores como Van Huis y Ooninx (2017), evidencian que las comunidades primitivas conformadas por ancestros del hombre moderno consumieron insectos. Las heces fosilizadas de estos pueblos, denominadas como coprolitos, contienen restos de insectos aún en periodos anteriores a la caza y recolección de alimentos (Ortiz *et al.*, 2016; Hardy *et al.*, 2017; Govorushko, 2019); ejemplo de ello son restos encontrados en la meseta de Ozark, en EU (entre Missouri y Arkansas), que contienen partes de hormigas, larvas de coleópteros, piojos, garrapatas y ácaros; y registros en China, algunos datan hace 3 200 años (Yi *et al.*, 2010), otros entre 1 000 y 2 000 años (Schabel, 2010), donde los himenópteros fueron consumidos en sus estados larvales y púpales, registrados en el Libro de Tang (Feng *et al.*, 2010). Otro libro histórico de amplio reconocimiento es el *Donguibogam*, atribuido a Jun Heo (1546-1615), famoso médico de medicina oriental, quien documentó 95 morfoespecies de insectos útiles para consumo (Shin *et al.*, 2018).

Van Huis *et al.* (2013), también comentan que en el palacio del Rey Assurbanipal (668-627 a.C.), en Asiria, se consumían langostas empaladas durante las viandas y que en la antigua Roma era popular consumir larvas de *Cerambyx cerdo*, el escarabajo capricornio de las encinas, tal como recoge Gayo Plinio Segundo en su *Historia natural*, en el año 77 del siglo I d.C.

En la edad media, Hasan bin Muhammed al-Wazzan al-Fasi, mejor conocido como “León el Africano”, en su obra *Della descrizione dell’Africa et delle cose notabili che ivi sono*, contó sobre el consumo de langostas secas, machacadas, pulverizadas o cocidas por nómadas que transitaban desde Libia hasta Arabia Saudita (Van Huis *et al.*, 2013; Govorushko, 2019) y Ulisse Aldrovandi (1522-1605 d.C.), quien escribió sobre el uso de gusanos de seda fritos por soldados alemanes en Italia (Govorushko, 2019).

En los libros sagrados de las religiones cristiana, judía e islámica, también hay fragmentos relacionados con la entomofagia. Las raíces de la entomofagia en la antigüedad se observan en el “Nuevo Testamento” de la *Biblia* con referencia a Juan el Bautista, quien supuestamente dependía enteramente de su dieta en langostas y miel (Marcos, 1: 6) —muy probablemente la langosta del desierto, *Schistocerca gregaria*—; también se habla de grillos y saltamontes como alimento (Levítico 11:22; Govorushko, 2019). En las tradiciones islámicas, existe evidencia del uso de insectos a medida que la comida se extendió a las langostas, abejas, hormigas, piojos y termitas durante las cruzadas (Govorushko, 2019). En el judaísmo, cuatro especies de langostas son reconocidas como *kosher*; es decir, elementos permitidos para uso como alimento (Van Huis *et al.*, 2013; Govorushko, 2019).

Por otra parte, en 1737, el naturalista francés René Antoine Ferchault de Réaumur describió en su obra de seis volúmenes: *Memorias de la historia de los insectos (Mémoires pour servir à l’histoire des insectes)* el uso de insectos para la alimentación en diferentes provincias de Francia (Van Huis *et al.*, 2013; Govorushko, 2019).

En la actualidad, a pesar de que la *Antropoentomofagia* es una práctica milenaria (Costa-Neto, 2014; Darquea-Bustillos, 2018), el consumo de insectos continúa vigente y crece en países del Asia, África y del neotrópico, donde cerca de 2 000 millones de personas tienen como componente de su dieta un hexápodo (Halloran y Vantomme 2013; Govorushko, 2019; Orsi *et al.*, 2019; Cappelli *et al.*, 2020; Imathiu, 2020; Mishyna *et al.*, 2020).

De los 193 países reconocidos por la ONU, en 120 se consumen insectos como dietas de arraigo (Costa-Neto, 2014; Darquea-Bustillos, 2018), en cinco continentes, con 1 745 especies identificadas (incluso la FAO habla de 1 900, y otros autores de hasta 2 100); aproximadamente 700 de ellas en América. Se destacan los casos de México y Ecuador, donde el consumo de insectos es parte fundamental de la idiosincrasia de poblaciones enteras (Sancho, 2012; Sancho *et al.*, 2015; Darquea-Bustillos, 2018).

No obstante, el número de especies de insectos verdaderamente usadas como recursos en la alimentación es infravalorado; un ejemplo de esto es que para 1987 se estimaban más de 60 000 especies de insectos en la cuenca amazónica, de éstas se calculan menos de 2 000 especies para su consumo en todo el mundo y, en su mayoría, por grupos étnicos en más de 102 países. Es decir, del número considerable de especies de insectos existentes, alrededor de 0.2% sólo son usados para su consumo (Cartay *et al.*, 2020). Dada esta situación, la presente revisión los muestra como una alternativa de nutrición para humanos, a través de su demanda mundial, atributos nutricionales y perspectivas de desarrollo, conjunta a la ejemplificación de dos casos contrastantes: entomofagia de larvas

de mojoyoy *Rhynchophorus palmarum* L, en ámbitos tradicionales y producción comercial de harina de grillo derivada de dos especies (*G. assimilis* y *G. sigillatus*).

Insectos y cambio climático

La problemática surge por la escasez de recursos alimentarios, asociado a poblaciones humanas debido a la limitación del proveedor principal de alimentos para la humanidad, que esencialmente son plantas con interés agronómico y carnes, tanto rojas como blancas. Cada año, la población mundial aumenta al igual que la demanda de alimentos, especialmente la proteína animal, ocasionando la producción agrícola extensiva para suplir esta necesidad.

La complejidad de este problema radica en que el número de áreas adecuadas para tal uso son cada vez menos, acompañado de la degradación ambiental que algunos de estos sistemas de producción ocasionan; esto último se evidencia en mayor medida en países tropicales (Herrero *et al.*, 2016). Un ejemplo de ello es el establecimiento de ranchos ganaderos en Brasil desde 1075 a 1996 resultó en la deforestación de 38% de sus bosques tropicales (Govorushko, 2016).

Tras la búsqueda de nuevas formas de producir alimentos a gran escala que sean amigables con el ambiente, varias organizaciones y gobiernos consideran la producción y el consumo de insectos, como una estrategia para *domar* el cambio climático, que confiere un beneficio ambiental en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que la alimentación de los insectos está dominada por residuos de materia orgánica (Ooninx *et al.*, 2010; Van Huis *et al.*, 2013). Adicionalmente, la producción de insectos para el consumo, comparado con la producción de alimentos con base de animales domésticos, ofrece más beneficios que incluyen el uso de menos tierras de cría, además de sus altas tasas de reproducción y su alta eficiencia de conversión alimenticia (Klunder *et al.*, 2012).

Autores como Van Huis y Ooninx (2017), confirmaron que los insectos tienen mejor eficiencia de conversión alimenticia, donde insectos como los gusanos de harina (*Tenebrio molitor* L.) pueden convertir hasta 45% de proteína consumida en masa corporal. Además, los autores reportaron que esta eficiencia de conversión de alimento era significativamente mayor que la observada en aves de corral (33%); por otro lado, Van Huis *et al.* (2013) y Heckmann *et al.* (2018) reportaron que, a diferencia del ganado, cerdos y aves donde los humanos sólo ingieren entre 40-55% de la masa corporal del animal, en insectos puede ingerirse hasta 80% de su masa. Esto sugiere que, con limitados recursos de entrada, la cría de insectos sería una mejor oportunidad para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional.

Demanda mundial de insectos para alimentación y consumo

De acuerdo con Costa-Neto (2014) y Darquea-Bustillos (2018), quienes coinciden en que son 1 745 especies de insectos, pero que el número subestima especies con sinonimia en los nombres comunes. En atención a esto, entidades como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), sitúan este número sobre las 1 900 especies. No obstante, Jongema (2017) lista alfabéticamente

cerca de 2 100 especies de insectos, con información biogeográfica, taxonómica, nombre común, referencia y estado del ciclo de vida consumido (Mishyna *et al.*, 2020), siendo la fuente documental más actualizada y respaldada al respecto.

La mayoría de estas 2 100 especies de insectos se consumen en las regiones subtropicales y tropicales del mundo (Govorushko, 2019) (cuadro 1), con 88% ocupando ecosistemas terrestres y 12% ecosistemas acuáticos (Yen, 2015). Adicional a esto, la distribución de los insectos estuvo muy influenciada por barreras geográficas que impidieron su expansión, un ejemplo de ellos son características del paisaje como altas montañas, desiertos y océanos, cuyas características específicas de cada región biogeográfica influyeron en su distribución, además del tipo de vegetación y fauna asociada a su hábitat (figura 1).

Cuadro 1

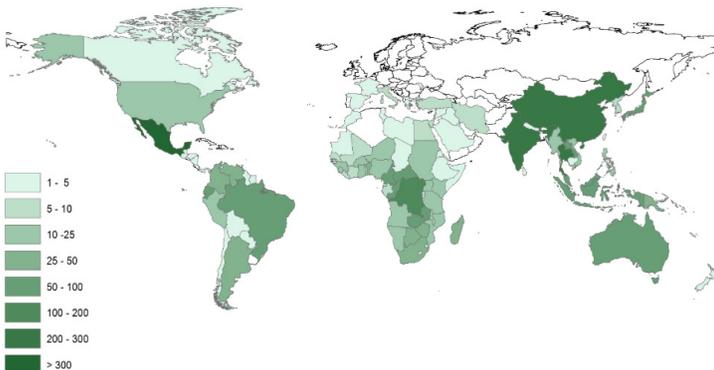
Distribución geográfica de insectos comestibles alrededor del mundo

Región	Terrestre	Acuático
África	387	17
Australasia	90	5
Neártica	75	15
Neotropical	608	82
Oriental	472	90
Paleártica	289	52
Total	1 921	261

Fuente: tomado y ajustado de Jongema (2017).

Figura 1

Registro de especies de insectos que se consumen por país



Fuente: Centro de Geo-información, Ron van Lammeren, Universidad Wageningen, basado en datos compilados por Jongema (2017).

De estas regiones, países como China, Japón y México son los únicos ubicados total o parcialmente en la zona templada donde se practica la entomofagia en mayores proporciones (figura 1) (Jongema, 2017). Sin embargo, el consumo de insectos también está relacionado con la diversidad y abundancia en países tropicales con respecto a aquellos donde hay estaciones, ya que en el primero resulta fácil conseguir insectos durante todo el año, mientras que en el segundo, sufren diapausa para sobrevivir a condiciones extremas como los fuertes inviernos o subidas de temperatura durante el verano (Van Huis *et al.*, 2013).

Por otro lado, la FAO estima que para el año 2050 habrá hasta 9 000 millones de personas habitando el planeta (Quirce *et al.*, 2013), lo cual implica que se tiene que duplicar la cantidad de alimentos producidos para la seguridad alimentaria (Andrade, 2016). En la actualidad, una de cada tres personas en el mundo consume algún tipo de insecto en su dieta (Van Huis *et al.*, 2013), y es parte del consumo diario de cerca de 2 000 millones de personas (cuadro 2) (Halloran y Vantomme, 2013). Se prevé que en países en vías de desarrollo el consumo de insectos iguale o incluso supere el de grandes vertebrados, siempre y cuando programas como Insectos Comestibles de la FAO tengan éxito (Halloran y Vantomme, 2013).

Cuadro 2

Número de especies de insectos comestibles en el mundo, regiones y países de acuerdo a algunos autores

País	No. de especies	Fuente
Angola	38	Lautenschlänger <i>et al.</i> (2017).
Botswana	27	Obopile y Seelesto (2013).
Brasil	135	Costa-Neto (2012) tomado de Gahukar (2016).
República Centrafricana	96	Roulon-Doko (1998), tomado de Van Huis <i>et al.</i> (2013).
China	177	Feng <i>et al.</i> (2010).
	178	Chen <i>et al.</i> (2009).
	324	Feng <i>et al.</i> (2018).
República Democrática del Congo	sobre los 65	Gómez <i>et al.</i> (1961) tomado de Lautenschlänger <i>et al.</i> (2017).
Ecuador	83	Onore (1997).
Japón	55	Nonaka (2005).
	117	Mitsuhashi <i>et al.</i> (2008), tomado de Sun-Waterhouse <i>et al.</i> (2016).
Laos, Myanmar, Tailandia y Vietnam	164	Yhoung-Aree (2010).

México	549	Ramos-Elorduy <i>et al.</i> (2008), tomado de Van Huis <i>et al.</i> (2013).
Nigeria	40	Banjo <i>et al.</i> (2006).
Surafrica	50	Niassy <i>et al.</i> (2018).
Tailandia	150	Hanboonsong <i>et al.</i> (2013).
	194	Sirimungkararat <i>et al.</i> (2010).
Zambia	sobre los 60	DeFoliart (1999).
África	470	Kelemu <i>et al.</i> (2015).
Mundo	sobre los 1 700	Chakravarthy <i>et al.</i> (2016).
	sobre los 1 900	Van Huis <i>et al.</i> (2013).
	sobre los 2 000	Roos (2018).
	2 086	Ramos-Elorduy (2009).
	2 111	Jongema (2017).
	2 141	Mitsuhashi (2016).

Fuente: tomado y modificado de Govorushko (2019).

Según estimaciones de la FAO dentro de los hexápodos, los insectos que principalmente se consumen en el mundo son los escarabajos (coleópteros), las orugas (lepidópteros), las abejas, avispas y hormigas (himenópteros), con 31, 18 y 14%, respectivamente. Les siguen los saltamontes, las langostas y los grillos (ortópteros) con 13%; las cigarras, los fulgoromorfos, salta hojas, cochinillas y las chinches (hemípteros) con 10%; las termitas (isópteros) con 3%; libélulas (odonatos) con 3%; las moscas (dípteros) con 2% y finalmente otros órdenes con 5% (Halloran y Vantomme, 2013).

En términos de especies, se reportan como el mayor orden a Coleoptera con 468, seguido de Hymenoptera con 351, Orthoptera con 267, Lepidoptera con 253, Hemiptera con 102, Homoptera con 78, Isóptera con 61, Díptera con 34, Odonata con 29, Ephemeroptera con 19, Trichoptera con 10, Megaloptera con cinco, Anoplura con tres y Thysanura con una única especie (Cartay *et al.*, 2020).

De este gran grupo de artrópodos, los insectos comúnmente consumidos a nivel mundial corresponde en gran parte a grillos, saltamontes, langostas y moscas, dentro de los cuales se encuentran *Acheta domesticus* (L.), *Grylloides sigillatus* (Walker), *Gryllus assimilis* (Fab.), *G. bimaculatus* (De Geer) y *G. locorojo* (Weissman y Gray); *Locusta migratoria* (L.); *Tenebrio molitor* (L.), *Zophobas atratus* (Fab.) y *Z. atratus* (Fab); *Alphiyobius diaperinus* (Panzer), *Musca domestica* (L.) y *Hermetia illucens* (L.) (Ortiz *et al.*, 2016).

En cuanto al consumo de estos insectos, dependiendo del grupo, se hace en diferentes etapas de su ciclo de vida, donde la mayoría de las polillas y mariposas se consumen en su etapa larval (orugas), al igual que algunos escarabajos; sin embargo, estos últimos también se consumen durante su etapa adulta; mientras que insectos como grillos, chiches, termitas, cochinillas y cigarras se consumen todos en su etapa adulta (Van Huis *et al.*, 2013).

Atributos nutricionales de los insectos

Se pone mucha atención y esfuerzo en los insectos como una alternativa para abordar la seguridad alimentaria, porque son una buena fuente de proteína, se puede obtener durante un periodo relativamente corto gracias a sus cortos ciclos de vida, en comparación con algunos vertebrados como el ganado convencional (Guzmán-Mendoza *et al.*, 2016; Imathiu, 2020). El principal nutriente en los insectos es la proteína, dependiendo de la especie, su contenido varía de 25 a 61% (Rumpold y Schlüter, 2013).

Los insectos no se consideran un grupo nutricionalmente homogéneo, pues varían ampliamente dependiendo de la especie. Por tanto, se reconoce que muchas especies, incluso aquellas ya comercializadas, presentan valores nutricionales superiores a aquellos encontrados en las fuentes de proteína común (aves, cerdos y ganado) (Guzmán-Mendoza *et al.*, 2016; Imathiu, 2020).

En estudios recientes afirman que el contenido proteico en insectos puede variar de 13 a 77% con digestibilidad proteica de 76 a 98% (cuadro 3), considerada la más baja en proteínas de animales, pero más alta que muchas de los vegetales (Akhtar e Isman, 2017); además de poseer un contenido de grasa de 10-50% (Mlcek *et al.*, 2014). De este grupo, los insectos acuáticos se consideran una fuente alternativa de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga. En cuanto al contenido de colesterol en insectos comestibles, se estima 105 mg/100 g en grillos domésticos y 65 a 66 mg/100 g en escarabajos y langostas, respectivamente (Yhoung-aree, 2010).

Los insectos también proporcionan micronutrientes específicos como el calcio, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, selenio y zinc; además de ser fuente de vitaminas como la riboflavina, el ácido pantoténico, la biotina y en algunas excepciones el ácido fólico (Rumpold y Schlüter, 2013). En comparación con la carne de cerdo y bovina, contienen más calcio, zinc y hierro, lo que significa que su consumo puede considerarse como una alternativa real para vencer la *hambruna oculta* presente en la mayoría de los países en desarrollo (Sirimungkararat *et al.*, 2010; Gibson, 2015), donde la prevalencia de personas con deficiencia de zinc y hierro se sitúa entre 17 y 25%, respectivamente, de la población (cuadro 3). Adicionalmente, debido a los bajos niveles de sodio presente en los insectos comestibles, este tipo de alimento puede llegar a incorporarse fácilmente en la dieta de personas con hipernatremia (Rumpold y Schlüter, 2013).

En un reciente estudio realizado en Tailandia con langosta Bombay, escarabajos, grillo doméstico y gusano de seda de morera, se evidenció que contenían un alto contenido de proteína (27-54 g/100 g) de porción comestible. Generalmente, los insectos proporcionan más de 50% de la proteína en la dieta de algunos países de África central donde su valor de mercado es considerado superior con respecto a otras fuentes de proteínas derivadas de animales (Raubenheime y Rothman, 2013); es por ello que, insectos como los grillos y el gusano de la harina con contenido proteico en el rango de 19-22 g/100 g son considerados para el consumo mundial, ya que sus valores son comparables con los alcanzados en fuentes tradicionales de proteínas animales (Yi *et al.*, 2013; Van Huis, 2015).

Cuadro 3

Valor nutritivo de algunos insectos comestibles (g/100g de insecto)

Nombre común	Orden	Proteínas	Grasas	Sales minerales	Fibra cruda	Extracto libre de nitrógeno
Libélulas	Odonata	56.22	22.93	4.20	16.61	0.02
Langostas y saltamontes	Orthoptera	77.63	4.20	2.40	12.13	4.01
Chinchas	Hemíptera	62.80	9.67	8.34	10.46	8.70
Mariposas y polillas	Lepidóptera	58.82	6.80	6.09	26.22	1.98
Moscas	Díptera	35.81	5.80	31.12	22.00	5.18
Escarabajos	Coleóptera	31.21	34.30	1.72	32.72	0.05
Hormigas, abejas y avispas	Hymenoptera	60.60	10.61	5.36	10.18	13.14

Fuente: modificado de Fleta-Zaragozano, 2018.

En cuanto a niveles nutricionales en humanos, los insectos con un contenido de proteína en peso de 60 g/100 g de porción, ofrecen mayor proteína en comparación con dietas basadas en fuentes vegetales como la soya. Informes recientes de fuentes de proteínas de origen animal, como carnes procesadas que están asociadas al aumento de enfermedades no transmisibles como el cáncer, comprueban la importancia y el interés en buscar alternativas como la cría y consumo de insectos para reducir la prevalencia de este tipo de enfermedades (Magalhaes *et al.*, 2012).

Además de la proteína, el segundo componente más alto en insectos son los ácidos grasos, y su contenido varía dependiendo del tipo de insecto. En general, el contenido de ácidos grasos oscila entre 13 y 33% en grillos o saltamontes y larvas de escarabajos, respectivamente. Sin embargo, es importante resaltar que el mayor contenido de ácidos grasos se encuentra en las etapas larvales en comparación con las etapas adultas del insecto (Rumpold y Schlüter, 2013).

En tanto al contenido de ácidos grasos, los insectos poseen ácidos insaturados de cadena larga denominados poliinsaturados, en contenidos comparables con el pescado y las aves de corral; lo que sugiere que los insectos pueden proporcionar mejores fuentes de energía, en comparación con los ácidos grasos presentes en la carne bovina y porcina (Van Huis, 2015). Por lo general, algunos insectos proporcionan o acumulan niveles significativamente más bajos de colesterol, comparado con los niveles presentes en alimentos de origen animal (porcinos y bovinos), lo que los hace una fuente de alimento saludable (Rumpold y Schlüter, 2013).

Dado lo anterior, su potencial de uso se basa en una serie muy robusta de beneficios, que los sitúan como la alternativa viable de alimentación para comunidades con baja asequibilidad a la proteína de vertebrados mayores (Halloran y Vantomme, 2013). De estos beneficios, principalmente destacan bajos requerimientos dietarios, alta proliferación bajo cría y elevados contenidos nutricionales (Halloran y Vantomme, 2013; Fleta-Zaragonazo, 2018).

Consumo y uso de insectos dos casos: larvas de *Rhynchophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) y harina de grillo con dos especies *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775) y *Gryllodes sigillatus* (Walker, 1869)

Consumo y uso de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleóptera: Curculionidae)

La especie *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleóptera: Curculionidae), comúnmente conocida como mojoyoy (Colombia), Suri (Perú), Chontacuro (Ecuador) y gusano de palma (Venezuela) (Vargas *et al.*, 2013; Cartay, 2018), hace parte de 60% de la proteína animal que consumen los pueblos indígenas de la Amazonía venezolana (Cartay, 2018; Fleta-Zaragozano, 2018). Además, las larvas de este picudo de la palma son ampliamente consumidas por los indígenas amazónicos de Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador y Brasil (Sancho, 2012).

Se reporta un consumo anual *per cápita* de larvas de 6 kg; con un peso promedio por larva en estado fresco de 8-12 g; además, las larvas de *R. palmarum* son la comida más apreciada por las comunidades Yanomami (reportándose el consumo de más de 200 gusanos de la palma por hora) en la categoría de invertebrados comestibles junto con las larvas de *Rhinostomus barbirothis* (Sancho, 2012; Cartay, 2018; Fleta-Zaragozano, 2018).

En términos de valores nutritivos para la especie, Vargas *et al.* (2013) reportan altos valores, donde destacan contenidos de vitaminas A y E, además de ácidos grasos (cuadro 4). Cartay (2018) reporta que las larvas de *R. palmarum* tiene mayor porcentaje de proteína (76%), comparado con diferentes tipos de proteína animal como la carne bovina que alcanza hasta 57%. Otra comparativa es la presencia de ácidos grasos (en su mayoría poliinsaturados, linoleico y linolénico), que oscila entre 21-54% comparado con el contenido de grasas en pescado y ganado, que va de 17 a 19%, respectivamente, y en su mayoría estas grasas se presentan en exceso y suelen estar relacionados con el desarrollo de enfermedades coronarias en humanos.

Cuadro 4

Composición nutricional de larvas de *R. palmarum* criadas en palmas de moriche, estado Amazonas, Venezuela

Composición nutricional (g/100 g peso fresco)	
Agua	71.7
Proteína	7.3
Grasa	10.9
Ceniza	0.6
Carbohidratos	9.4
Energía	165 kcal/100 g

Aminoácidos	
Ácido Aspártico	0.650
Treonina*	0.326
Serina	0.377
Ácido Glutámico	0.876
Prolina	0.317
Glicina	0.296
Alanina	0.387
Valina*	0.229
Metionina*	0.076
Isoleucina*	0.213
Leucina*	0.458
Tirosina*	0.276
Fenilalanina*	0.207
Histidina*	0.288
Ornitina	0.059
Lisina*	0.486
Arginina	0.458
Triptofano*	0.072
Cisteína*	0.064
Vitaminas	
Alfa tocoferol	9.82
Beta + Gamma Tocoferol	2.62
Esqualeno	0.97
Esteroles Totales	58.13
Colesterol	53.3
Carotenos	0.51
Equivalentes retinol	85

* Aminoácidos esenciales.

Fuente: modificado de Cerda et al. (1999).

En general, los indígenas del Amazonas suelen consumir la totalidad de la larva, previo proceso de ayuno de los mojojays (durante uno o dos días), ya sean fritas, en brochetas o sancochadas, y acompañadas de arroz, plátano, yuca u otra fuente de almidón (Ruiz *et al.*, 2010; Sancho, 2012; Darquea-Bustillos, 2018). Por otro lado, existen empresas en el mercado que ofrecen larvas procesadas y enlatadas (figura 2) (Vogel, 2010; Vélez, 2019).

Figura 2

Conocidas como *Sago Worms*, las larvas de *R. palmarum* se ofertan en el mercado preprocesadas y enlatadas



Fuente: Tomado de Crunchy Critters (2019).

Dada su riqueza en nutrientes, la especie capta la atención como fuente de energía y alimento para las comunidades indígenas y para la industria de insectos comestibles. Inicialmente, las comunidades indígenas recolectaban las larvas que obtenían de las palmas; sin embargo, esta técnica milenaria tardaba demasiado tiempo mientras la larva alcanzaba el tamaño considerable para su recolección. En la actualidad, se estima que la cosecha dura de 2-3 meses, siendo unas de las especies actualmente cultivables a gran escala (Cartay, 2018; Fleita-Zaragozano, 2018). Otro ejemplo de su éxito en el mercado es que algunos restaurantes ya ofrecen un platillo con estos insectos. En Medellín, Colombia, se encuentra el restaurante La Chagra, famoso porque que gran parte de su menú está inspirado en sabores amazónicos, dentro de los cuales incluye el plato “Pachamama”, cuya receta está basada en estas larvas (figura 3).

Figura 3

Plato “Pachamama” con larvas de *R. palmarum*.



Fuente: Tomado de La Chagra, Sabores Amazónicos (2020).

Producción y uso de harina de grillo con dos especies: *G. assimilis* (Fabricius, 1775) y *G. sigillatus* (Walker, 1869)

Parte del éxito a la hora de ofrecer insectos como alternativa nutricional es el aspecto y sabor, algunas empresas dedicadas a perfeccionar productos con base de insectos, amplían la diversidad gastronómica en la cocina tradicional, es el caso de la harina de grillo. En Colombia existe la empresa Arthrofood, que cultiva dos especies de grillos tropicales (*G. assimilis* y *G. sigillatus*) mediante un proceso exitoso que consiste en la fase de apareamiento, la incubación de los huevos y la producción de la harina. Debido a su alto contenido proteico de la harina y siendo superior al adquirido en el consumo de carne bovina (cuadro 5), la empresa propone esta alternativa además porque es amigable con el ambiente (Arthrofood, 2019).

Cuadro 5
Digestibilidad y aporte proteico de las especies de grillos

Nombre común	Nombre científico	Rango de aporte proteico en 100 g	Rango de digestibilidad (%)
Grillo común	<i>Acheta domesticus</i>	60.6-70.0	65.0-91.0
Grillo de bicolor	<i>Gryllus assimilis</i>	66.9-75.0	81.8-88.0
Grillo de campo	<i>Gryllus bimaculatus</i>	57.0-58.0	77.0-81.2

Fuente: tomado de Santamaria e Inga (2019).

Estudios como el presentado por Rivera (2017), en el Salvador, reporta que, desde la fase de cultivo del grillo hasta la producción de la harina, los costos son relativamente bajos y pueden competir con otras empresas que actualmente se dedican a la producción y comercialización de harina de grillos con otras especies, como la Entomo Farms ubicada en Ontario, Canadá (figura 4 a y b). Otro estudio realizado por Barrios (2017), señala que la harina de grillo supera a la carne bovina en 65% de proteína, además menciona que mientras se requiere entre 7 570 a 11 300 litros de agua por libra para la producción de ganado, en grillos sólo se requieren cuatro litros por libra, lo cual resulta en una mayor eficiencia del uso de recursos naturales.

La harina de grillo cautivo en el mercado, porque el protocolo para su elaboración es relativamente fácil, sugiere (acorde con Santamaria e Inga, 2019) que este proceso costa de seis fases: la primera es la selección de la materia prima, que deben ser los grillos completos; seguida de su congelamiento a 8° C durante una hora; como tercera fase está el secado de la materia prima previamente congelada, se mantiene a una temperatura de 80° C durante 24 horas; luego ser molida, ya sea por un molino de mano o industrial; como quinta fase, una vez se obtiene la harina, se realiza el secado a 80° C durante ocho horas; finalmente se envasa la harina en bolsas de polietileno. Existe además estrategias de mercado en la cual mezclan la harina de grillo con otros componentes para generar variedad en el sabor y en su uso, es el caso de mezclarse con harina de maíz o soya (Barrios, 2017; Rivera, 2017).

Figura 4

Harina de grillo de dos empresas comerciales en Colombia



a

Fuente: Arthrofood, Colombia (2019).



b

Fuente: Entomo Farms (2019).

Perspectivas de uso

Aunque los insectos son una fuente de alimento muy apreciada desde hace años, en algunas partes del mundo como Asia, América del sur y África, la mayoría de las culturas occidentales no las consideran una fuente de alimento apropiada y prevalecen las actitudes negativas (Van Huis *et al.*, 2013). Esto último, probablemente sería un inconveniente a la hora incluir los insectos como parte de la dieta en humanos, puesto que el mayor desafío para la industria de insectos es lograr la aceptación del consumidor (Van Huis *et al.*, 2013; Mancini *et al.*, 2019).

Los atributos sensoriales son factores importantes en la producción de insectos, además del contenido proteico se debe asegurar la calidad y el producto, lo que garantiza una mayor aceptación en el consumo. Como cualquier otro producto animal, variaciones en las condiciones de cría, procesamiento, así como su incorporación en nuevos alimentos y platos con base de insectos, puede afectar las propiedades sensoriales del producto final a ofertar; es pues, donde el principal objetivo es trabajar en la mejora de sabores y texturas para despertar una actitud positiva hacia ese tipo de comida.

Otra de las herramientas necesarias en esta industria corresponde a la educación, publicidad u otro tipo de información que se pueda brindar sobre la entomofagia, aumentando la familiaridad de los consumidores con los productos derivados de los insectos y eliminando cada vez más el miedo de su consumo (Mishyna *et al.*, 2020).

Durante los últimos años, los investigadores estiman un cambio positivo en las preferencias del consumidor y las actitudes sociales frente a la entomofagia en sociedades occidentales, y parte de esto está relacionado con alternativas a una alimentación más adecuada en busca de dietas y fuentes de proteínas más amigables con el planeta (Van

Huis *et al.*, 2013; Galati *et al.*, 2019). Videbæk y Grunert (2020), mencionan que gran parte de la población que acepta de manera positiva la entomofagia son los hombres y consumidores jóvenes; sin embargo, resaltan la importancia de explorar aún más la preferencia que los consumidores puedan tener sobre los alimentos con base de insectos para en el futuro eliminar por completo la barrera del asco y aceptarlos como un ingrediente más en la comida cotidiana.

Es gracias a esto que la comunidad científica e industria interesada en este campo esperan que los insectos se conviertan rápidamente en un mercado asequible en Europa y que pueda expandirse a otras partes del mundo (Derrien y Bocconi, 2018). Durante 2018, el valor del mercado global de insectos cultivados en Asia fue de 406 millones de dólares y se anticipa que para 2023 esta cifra se triplique (1 182 millones de dólares), lo que implica una tasa anual de crecimiento de 23.8%. Aunque Asia sigue siendo el mercado líder y de mayor expansión de insectos, Europa le sigue con un crecimiento de 92.2 millones de dólares en 2018, estimando un aumento de 261 millones de dólares para el año 2023, superando con estas cifras a América Latina (Sogari *et al.*, 2019).

Las condiciones de desarrollo a escala comercial de algunas especies de insectos están bien documentadas, ejemplos de ello son la cría de chapulines, la empresa Crunchy Critters —que ya los explota en el mercado inglés— (Vélez, 2019) y Entomo Farms, que son empresas dedicadas al cultivo y producción de harinas con base de insectos. Por otro lado, en el ámbito tradicional, está totalmente documentada la cría de *R. palmarum* y existen recetarios de cocina con su preparación; sin embargo, sólo algunas empresas exploran mercados americanos, europeos y asiáticos de la mano de empresas de alimentos procesados y enlatados (Vélez, 2019).

Por lo anterior, el consumo de insectos es una alternativa promisorio para la alimentación humana, con respecto a las necesidades de una creciente población mundial (Halloran y Vantomme, 2013). La entomofagia ayuda a superar los problemas asociados a la producción de carne ovina, porcina y aviaria, que implica altos niveles de GEI, poca eficiencia en el uso de la tierra y bajos valores nutricionales (Vogel, 2010; Arnaldos *et al.*, 2011; Halloran y Vantomme, 2013; Andrade, 2016; Fleta-Zaragozano, 2018; Vélez, 2019). En todos estos ámbitos, el consumo de insectos supera los valores nutricionales sobre los macrovertebrados, usa 1/6 de la tierra necesaria para producir carne bovina, aporta hasta 90% de proteína por peso corporal contra 60% de la carne vacuna, consume 1/10 del agua y requiere materiales de bajo costo para la cría de larvas, tales como cartón, papel o desechos de cocina (Vogel, 2010; Arnaldos *et al.*, 2011; Halloran y Vantomme, 2013; Costa-Neto, 2014; Andrade, 2016; Darquea-Bustillos, 2018; Fleta-Zaragozano, 2018; Vélez, 2019).

Conclusiones

Los insectos poseen un gran potencial en la alimentación humana no únicamente porque tienen un nexo histórico con el hombre, sino porque propone una alternativa real para alimentar a las poblaciones humanas vulnerables, gracias a su bajo costo de producción.

También aportan ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y otros nutrientes que favorecen la dieta con base de insectos, supone una fuente de alimento más sana, previniendo enfermedades coronarias y aquellas relacionados con el exceso de grasas y colesterol.

Debido a los altos contenidos proteicos y los nutrientes presentes en la mayoría de las especies de insectos comestibles de fácil cultivo, su uso no sólo puede asociarse a la nutrición humana sino, además, conferir mejores fuentes de energía para tratar temas de desnutrición y sobrepeso, entre otros.

Dada las nuevas tecnologías y bajos costos a la hora de desarrollar productos como la harina de grillo y larvas de *R. palmarum*, su uso ahora se extiende a la cocina tradicional y su popularidad aumenta en varios países. Es gracias a esto que los insectos de fácil cultivo, prometen ser la fuente de alimentación llamada a liderar el mercado mundial, aunque aún existen temores y respuestas negativas relacionadas con su consumo, cada vez aumenta su demanda e interés en esta industria, que puede llegar a alcanzar el mercado de los alimentos bovinos, porcinos y avícolas que lideró el siglo XX.

Literatura citada

- Akhtar, Y. e Isman, M.B. (2017). 10- Insects as an Alternative Protein Source. In R.Y. Yada. *Proteins in food processing* (pp. 263-288). Woodhead Publishing.
- Andrade, F.H. (2016). *Los desafíos de la agricultura*. Editorial International Plant Nutrition Institute. Mar del Plata, Argentina. 136 p.
- Arnaldos, M.I.; García, M.D.; y Presa, J.J. (2010). Entomofagia forense. Tesis de maestría en Ciencias Forenses. Universidad de Murcia. Murcia (España). <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/13607/7/EntomologiaForenseDIGITUM.pdf> (Consultada el 30 marzo de 2020).
- ArthroFood SAS. (2019). *Alimentos con impacto*. Bogotá, Cundinamarca. <https://co.linkedin.com/company/arthrofood> (Consultada el 2 julio de 2020).
- Banjo, A.D.; Lawal, O.A. y Songonuga, E.A. (2006). The nutritional value of fourteen species of edible insects in South-western Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* 5(3): 298-301.
- Barrios, B.K.S. (2017). Desarrollo de un prototipo de tortilla funcional de maíz (*Zea mays*) y harina de grillo (*Acheta domesticus*), como fuente de proteína para dieta humana. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. <http://hdl.handle.net/11036/6205> (Consultada el 2 julio de 2020).
- Broom, R. (1938). The Pleistocene Anthropoid Apes of South Africa. *Nature.* 142(1): 377-379.
- Cappelli, A.; Cini, E.; Lorini, C.; Oliva, N. y Bonaccorsi, G. (2020). Insects as food: A review on risks assessments of Tenebrionidae and Gryllidae in relation to a first machines and plants development. *Food Control*, 108(1): 106877-106890.
- Cartay, R. (2018). Between shock and disgust: The consumption of insects in the Amazon basin. The case of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera Curculionidae). *Rev. Colomb. Antropol.* 54(2): 143-169.
- Cartay, A.; Dimitrov, V. y Feldman, M. (2020). An insect bad for agriculture but good for human consumption: The case of *Rhynchophorus palmarum*: A social science perspective. *Edible Insects*. London, England. Ed. IntechOpen.
- Cerda, H.; Martínez, R.; Briceño, N.; Pizzoferrato, L.; Hermoso, D. y Paoletti, M. (1999). Cría, análisis nutricional y sensorial del picudo del cocotero *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae), insecto de la dieta tradicional indígena amazónica. *Ecotrópicos.* 12(1): 25-32.
- Chakravorty, J.; Ghosh, S.; Megu, K.; Jung, C. y Meyer-Roch, V.B. (2016). Nutritional and anti-nutritional composition of *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) and *Odontotermes* sp. (Isoptera: Termitidae): Two preferred edible insects of Arunachal Pradesh, India. *J Asia-Pac Entomol.* 19(3): 711-720. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.07.00>

- Chen, X.; Feng, Y. y Chen, Z. (2009). Common edible insects and their utilization in China. *Entomol. Res.* 39(5): 299-303. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00237.x>
- Costa-Neto, E.M. (2012). Estudos etnoentomologicos no estado da Bahia: Uma homenagen aos 50 anos compo de pesquisa. *Biotemas.* 17(1): 117-149. <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Costa-Neto, E.M. (2014). Insects as human food: an overview. *Amazônica-Revista de Antropologia.* 5(3): 562-582. <http://dx.doi.org/10.18542/amazonica.v5i3.1564>
- Crunchy Critters. (2019). *¿Comida del futuro? Mira los hechos.* <https://www.facebook.com/CrunchyCritters/photos/pcb.1134034930029464/1134032056696418/?type=3ytheater> (Consultada el 20 mayo de 2020).
- Darquea-Bustillos, E.N. (2018). Patrones de uso de insectos en dos mercados del distrito metropolitano de Quito, Ecuador. *Ethnoscientia.* 3(1). <http://dx.doi.org/10.22276/ethnoscientia.v3i0.149>
- DeFoliart, G. R. (1999). Insects as food: Why the western attitude is important. *Annual Review of Entomology.* 44(1):21-50. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.44.1.21>
- Derrien, C. y Bocconi, A. (2018). Current status of the insect producing industry in Europe. In: A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, and N. Roos. (Eds). *Edible insects in sustainable food systems* (pp. 471-479). United State. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_30
- Entomo Farms. (2019). Producción alimentaria. Norwood, Ontario. <https://entomofarms.com/> (Consultada el 3 julio de 2020).
- Feng, Y.; Chen, X.; Sun, L. y Chen, Z. (2010). Common edible wasps in Yunnan Province, China and their nutritive value. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.N. Leslie, y K. Shono (Eds.). *Forest insects as food: Humans bite back*. Bangkok, Thailand. Editorial FAO. 232 p.
- Feng, Y.; Chen, X.-M.; Zhao, M.; He, Z.; Sun, L.; Wang, C.-Y. y Ding, W.-F. (2018). Edible insects in China: Utilization and prospects. *Insect Science*, 25(2): 184-198.
- Fleta-Zaragozano, J. (2018). Entomofagia: ¿Una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanidad Militar.* 74(1): 41-46. <http://dx.doi.org/10.4321/s1887-85712018000100008>
- Galati, A.; Tulone, A.; Moavero, P. y Crescimanno, M. (2019). Consumer interest in information regarding novel food technologies in Italy: The case of irradiated foods. *Food Res Int.* 119(1): 291-296. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.065>
- Gahukar, R. T. (2016). Edible insects farming: Efficiency and impact on family livelihood, food security, and environment compared with livestock and crops. In A. T. Dossey, J. A. Morales-Ramos, and M. Guadalupe Rojas (Eds.). *Insects as sustainable food ingredients: Production, processing and food applications*. London, England. Elsevier-Academic Press. Pp. 85-111. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00004-1>
- Gibson, R.S. (2015). Dietary-induced zinc deficiency in low income countries: Challenges and solutions, *Nutrition Today* 50(1): 49-55. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000070>
- Gómez, P.A.; Halut, R. y Collin, A. (1961). Production de proteines animales au Congo. *Bull. Agric. Congo Belge.* 52(4): 689-815.
- Govorushko, S. (2016). *Human impact on the environment: An illustrated world atlas*. Ed. Springer. United State. 351 p.
- Govorushko, S. (2019). Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends Food Sci Tech.* 91(1): 436-445. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.032>
- Guzmán-Mendoza, R.; Calzontzi-Marín, J.; Manuel Darío Salas-Araiza, M.D. y Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: Análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoológica Mexicana.* 32(3): 370-379.
- Halloran, A. y Vantomme, P. (2013). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente.* <http://www.fao.org/docrep/018/i3264s/i3264s00.pdf>. (Consultada el 15 mayo de 2020).
- Hanboonsong, Y.; Jamjanya, T. y Durst, P.P.B. (2013). *Six-legged livestock: Edible insect farming, collection and marketing in Thailand.* Food and agriculture organization, regional office for Asia and the Pacific. RAP Publication. Bangkok, Thailand. 58 p.

- Hardy, K.; Radini, A.; Buckley, S.; Blasco, R.; Copeland, L. y Francesc, B. (2017). Diet and environment 1.2 million years ago revealed through analysis of dental calculus from Europe's oldest hominin at Sima del Elefante, Spain. *The Science and Nature*. 104(1-2): 2. <https://doi.org/10.1007/s00114-016-1420-x>
- Heckmann L.H.; Andersen, J.L.; Gianotten, N.; Calis, M.; Fischer, C.H. y Calis, H. (2018). Sustainable mealworm production for feed and food. In: A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme and N. Roos (eds). *Edible insects in sustainable food systems*. Cham, Switzerland. Springer, Cham. Pp. 321-328. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_19
- Herrero, M.; Henderson, B.; Havlík, P.; Thornton, P.K.; Conant, R.T.; Smith, P.; Wierseni, S.; Hristov, A.N.; Gerber, P.; Gill, M.; Butterbach-Bahl, K.; Valin, H.; Garnett, T. and Stehfest, E. (2016). Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector. *Nature Clim Change*. 6(1): 452-461. <https://doi.org/10.1038/nclimate2925>
- Imathiu, S. (2020). Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*. 18(1): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- Jongema, Y. (2017). *List of edible insects of the world*. <http://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>. (Consultada 14 mayo de 2020).
- Kelemu, S.; Niassy, S.; Torto, B.; Fiaboe, K.; Affognon, H.; Tonnang, H.; Maniania, N K. y Ekesi, S. (2015). African edible insects for food and feed: Inventory, diversity, commonalities and contribution to food security. *J. Insects as Food Feed*. 1(2): 103-119. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0016>
- Klunder, H.C.; Wolkers-Rooijackers, J.; Korpela, J.M. y Nout, M.J.R. (2012). Microbiological aspects of processing and storage of edible insects. *Food Control*. 26(2): 628-631. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.02.013>
- La Chagra. Restaurante sabores amazónicos. Medellín, Colombia https://www.saborygusto.com/cartas/carta_la_chagra.html (Consultada 3 julio 2020).
- Lautenschläger, T.; Neinhuis, C.; Monizi, M.; Mandombe, J.L.; Förster, A.; Henle, T. y Nuss, M. (2017). Edible insects of northern Angola. *African Invertebrates*. 58(2): 55-82. <https://doi.org/10.3897/Afr-Invertebr.58.21083>.
- Mancini, S.; Moruzzo, R.; Riccioli, F. y Paci, G. (2019). European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. *Food Res Int*. 122(1): 661-678. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.041>
- Magalhaes, B.; Peleteiro, B. y Lunet, N. (2012). Dietary patterns and colorectal cancer: systematic review and meta-analysis. *Eur J Cancer Prev*. 21(1): 15-23. <https://doi.org/10.1097/CEJ.0b013e3283472241>
- Mishyna, M.; Chen, J. y Benjamin, O. (2020). Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. *Trends Food Sci Tech*. 95(1): 141-148. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.016>
- Mitsuhashi, J. (2008). Entomophagy: Human consumption of insects. In J.L. Capinera (Ed.). *Encyclopedia of entomology* (pp. 1341-1343). Heidelberg, Germany. Springer Science+Business Media B.V.
- Mitsuhashi, J. (2016). *Edible insects of the world*. Boca Raton, Florida, USA. CRC Press. 286 p.
- Mlcek, J.; Rop, O.; Borkovcova, M. y Bednarova, M. (2014). A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – A review. *Pol J. Food Nutr. Sci*. 64(3): 147-157. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>
- Mora, C.; Tittensor, D.P.; Adl, S.; Simpson, A.G.B. y Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the Ocean? *Plos Biology*. 9(8): e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>.
- Niassy, S.; Ekesi, S.; Hendriks, S.L. y Haller-Barker, A. (2018). Legislation for the use of insects as food and feed in the South African context. In A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, and N. Roos (Eds.). *Edible insects in sustainable food systems* (pp. 457-470). Cham, Switzerland. Cham: Springer.
- Nonaka, K. (2005). *Ethnoentomology: Insect Eating and Human–Insect Relationship*. Tokyo, Japan. University of Tokyo Press.
- Obopile, M. y Seeletso, T.G. (2013). Eat or not eat: An analysis of the status of entomophagy in Botswana. *Food Security*. 5(6): 817-824. <https://doi.org/10.1007/s12571-013-0310-8>
- Onore, G. (1997). A brief note on edible insects in Ecuador. *Ecol Food Nutr*, 36(2-4): 277-285. <https://doi.org/10.1080/03670244.1997.9991520>

- Ooninx, D.G.; Van Itterbeeck, J.; Heetkamp, M.J.; Van den Brand, H.; Van Loon, J.J. y Van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS One*. 5(12): e14445. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>
- Orsi, L.; Voegelé, L.L. y Stranieri, S. (2019). Eating edible insects as sustainable food? Exploring the determinants of consumer acceptance in Germany. *Food Res Int*. 125(1): 108573. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108573>
- Ortiz, J.C.; Ruiz, A.T.; Morales-Ramos, J.A.; Thomas, M.; Rojas, M.G.; Tomberlin, J.K., Yi, L.; Han, R.; Giroud, L. y Jullien, R.L. (2016). Insect mass production technologies. In A.T. Dossey, J.A. Morales-Ramos, and M. Guadalupe Rojas (Eds.). *Insects as sustainable food ingredients* (pp. 153-201). London, England. Ed. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5>
- Pellizzari, G. y Porcelli, F. (2014). Alien scale insects (Hemiptera Coccoidea) in European and Mediterranean countries: The fate of new and old introductions. *Phytoparasitica*. 42(5): 713-721. <https://doi.org/10.1007/s12600-014-0414-5>
- Quirce, C.; Filippini, V. y Micó, E. (2013). La utilización de los insectos en la gastronomía. *Cuadernos de Biodiversidad*. 43(1): 11-21. <http://dx.doi.org/10.14198/cdbio.2013.43.02>
- Ramos-Elorduy, J.; Landero-Torres, I.; Murguía-González, J. y Pino, J.M. (2008). Biodiversidad antropoentomofágica de la región de Zongolica, Veracruz, México. *Revi Biol Trop*. 56(1): 303-316.
- Ramos-Elorduy, J. (2009). Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*. 39(5): 271-288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>
- Raubenheimer, D. y Rothman, J.M. (2013). Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. *Annu. Rev. Entomol*. 58(1): 141-160. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100713>
- Rivera, E.O.P. (2017). Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domestica*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador. Tesis de Licenciatura. Zamorano, Honduras. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6159/1/AGN-2017-024.pdf>
- Roos, N. (2018). Insects and human nutrition. In A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, and N. Roos (Eds.). *Edible insects in sustainable food systems* (pp. 83-91). Cham, Switzerland Cham: Springer.
- Roulon-Doko, P. (1998). *Les activités de cueillette: Chasse, cueillette et culture chez les gbayá de centrafrique*. Edition Harmattan, Paris, France. 540 p.
- Ruiz, V.M.; Núñez, M.G.; Marquetti, M.L.M. y Aguirre, H.D.J. (2010). Los insectos de Xochimilco alimento de alto contenido en proteínas. *Enf Neurol*. 9(2): 86-89.
- Rumpold, B.A. y Schlüter, O.K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol Nutr Food Res*. 57(5): 802-823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sancho, D. (2012). *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) en la Amazonía, un insecto en la alimentación tradicional de las comunidades nativas. *Rev. Amazon*. 1(1): 51-57.
- Sancho, E.L. (2015). *Crear la marca global: Modelo práctico de creación e internacionalización de marcas*. ESIC Editorial. Madrid, España. 296 p.
- Sancho, D.; Gil, M.D.J. y Sánchez, L.D.R. (2015). Insectos y alimentación. Larvas de *Rhynchophorus palmarum* L, un alimento de los pobladores de la Amazonía ecuatoriana. *Eentomotropica*. 30(14): 135-149.
- Santamaria, W. e Inga, B. (2019). Determinación de la digestibilidad proteica *in vitro* de harina de grillo *Gryllus assimilis*. Tesis de licenciatura. Universidad Peruana Unión. 66 pp. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/2946/Williams_Tesis_Licenciatura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Schabel, H.G. (2010). Forest insects as food: A global review. In: P.B. Durst, D.V. Johnson, R.N. Leslie, and K. Shono (Eds.). *Forest insects as food: Humans bite back*. Bangkok, Thailand. RAP Publication. Pp. 37-64.
- Shin, J.T.; Baker, M.A. y Kim, Y.W. (2018). Edible insects use in South Korean Gastronomy: Korean Edible Insect Laboratory case study. In A. Halloran, R. Flore, P. Vantomme, and N. Roos (Eds.). *Edible insects in sustainable food systems* (pp. 147-159). Cham, Switzerland. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_10

- Sirimungkararat, S.; Saksirirat, W.; Nopparat, T. y Natongkham, A. (2010). Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. In: P.B. Durst, D.V. Johnson, R.N. Leslie, y K. Shono (Eds.). *Forest insects as food: Humans bite back* (pp. 189-200). Bangkok, Thailand. RAP Publication.
- Sogari, G.; Liu, A. y Li, J. (2019). Understanding edible insects as food in Western and Eastern societies. In D. Bogueva, D. Marinova, T. Raphaely, and K. Schmidinger. (Ed.). *Environmental, health, and business opportunities in the new meat alternatives market* (pp. 166-181). Hershey-Pensilvania, United States. IGI Global Publisher. <http://doi:10.4018/978-1-5225-7350-0.ch009>
- Sun-Waterhouse, D.; Waterhouse, G.I.N.; You, L.; Zhang, J.; Liu, Y.; Ma, L.; Gao J. y Dong, Yi. (2016). Transforming insect biomass into consumer wellness foods: A review. *Food Res Int.* 89(1): 129-151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.001>
- Uriel, P.F. (2012). *Dones del cielo. Abeja y miel en el mediterráneo antiguo*. Editorial UNED. Madrid, España. 308 p.
- Van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? *Agric. Food Secur.* 4(1): 1-20. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>
- Van Huis, A. y Oonincx, D.G.A.B. (2017). The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron Sustain Dev.* 37(43): 14. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>
- Van Huis, A.; Van Itterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G. y Vantomme, P. (2013). *Edible insects: Future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Italy. 191 p.
- Vargas, G.E.; Espinoza, G.; Ruiz, C. y Rojas, R. (2013). Valor nutricional de la larva de *Rhynchophorus palmarum* L.: comida tradicional en la Amazonía peruana. *Rev. Soc. Quím. Perú.* 79(1): 64-70.
- Videbæk, P.N., y Grunert, K.G. (2020). Disgusting or delicious? Examining attitudinal ambivalence towards entomophagy among Danish consumers. *Food Qual Prefer.* 83. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103913>
- Vélez, D.D. (2019). Estudio de prefactibilidad para establecer una empresa de elaboración y comercialización de barras proteicas a base de ortópteros. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. 203 p.
- Vogel, G. (2010). For more protein, filet of cricket. *AAAS.* 327(5967): 811. <https://doi.org/10.1126/science.327.5967.811>.
- Yen, A.L. (2015). Foreword: Books about edible insects in different languages. *J. Insects as Food Feed.* 1(2): 85-86. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.x003>
- Yyoung-aree, J. (2010). Edible insects in Thailand: Nutritional values and health concerns. In: P.B. Durst, D.V. Johnson, R.N. Leslie, y K. Shono (Eds.). *Forest insects as food: Humans bite back* (pp. 201-216). Bangkok, Thailand. RAP Publication.
- Yi, C.; He, Q.; Wang, L. y Kuang, R. (2010). The utilization of insect-resources in Chinese rural area. *J. Agric. Sci.* 2(3): 146-154.
- Yi, L.; Lakemond, C.M.; Sagis, L.M.; Eisner-Schadler, V.; van Huis, A. y van Boekel, M.A. (2013). Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem* 141(4): 3341-3348.

Recepción: 01 de junio 2020

Arbitraje: 06 de junio 2020

Dictamen: 17 de junio 2020

Aceptado: 03 de julio 2020