



ARTÍCULO DE REVISIÓN

**LA DOMESTICACIÓN Y CRIANZA DE INSECTOS COMESTIBLES:
UNA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN POCO EXPLORADA Y CON
GRAN POTENCIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA
SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO**

Patricio Daniel Cruz y Celis Peniche 

Escuela de Gestión y Autodesarrollo Indígena,
Universidad Autónoma de Chiapas.

 patocyc@yahoo.com

Boulevard Javier López Moreno sin número. Barrio de Fátima, C. P. 29264. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas.

Folia Entomológica Mexicana (nueva serie), 4(2): 66–79, 2018.

Recibido: 19 de marzo 2018

Aceptado: 25 de junio 2018

Publicado en línea: 12 de septiembre 2018

LA DOMESTICACIÓN Y CRIANZA DE INSECTOS COMESTIBLES: UNA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN POCO EXPLORADA Y CON GRAN POTENCIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO

Edible insect domestication and rearing: an under-explored line of research with great potential for sustainable development and food security in Mexico

Patricio Daniel Cruz y Celis Peniche*

Escuela de Gestión y Autodesarrollo Indígena, Universidad Autónoma de Chiapas.

*Autor de correspondencia: patocyc@yahoo.com

RESUMEN. Este trabajo resume algunos resultados de investigación de mi tesis de licenciatura intitulada *La Entomofagia en Chiapas: relevancia, estado actual y potencial*. En ella se condujo una revisión bibliográfica a profundidad sobre la literatura existente en torno al consumo de insectos comestibles en Chiapas, México, y el resto del mundo. Gran parte de esa bibliografía subraya el potencial que tiene la domesticación y cría de insectos, ya sea para la producción de piensos sostenibles o para la alimentación de las poblaciones humanas. Este artículo describe algunos de estos beneficios, y busca explicar el vacío de conocimientos científicos existente en la academia mexicana en torno a estas nuevas prácticas agropecuarias. Cinco diferentes causas posibles detrás de la falta de investigación sobre domesticación y crianza de insectos comestibles en México son consideradas. Finalmente, algunas líneas de investigación y experimentación pertinentes son sugeridas, así como también se detallan diferentes obstáculos a superar para lograr la producción en masa y comercialización de insectos comestibles en México.

Palabras clave: Entomocultura, entomología, desarrollo sostenible, seguridad alimentaria, acuacultura.

ABSTRACT. This work summarizes some research results originally presented in my undergraduate dissertation whose title would translate to *Entomophagy in Chiapas: relevance, current state and potential*. In it I conducted an in-depth bibliographical research study on the existing literature on edible insect consumption in Chiapas, Mexico, and the rest of the world. A great number of these works highlight the potential that insect rearing and domestication have, whether it be for sustainable feed production, or as food for human populations. This article intends to describe some of these benefits, and tries to explain the knowledge gap that currently exists in Mexican academia regarding these novel food production practices. Five different possible reasons behind the lack of research in Mexico on edible insect domestication and rearing are considered. Finally, some relevant research topics are suggested, as well as different obstacles that need to be overcome in order to achieve mass production and marketing of edible insects in Mexico.

Key words: Insect rearing, entomology, sustainable development, food security, aquaculture.

INTRODUCCIÓN

En el 2013, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (de aquí en adelante referida como FAO, por sus siglas en inglés) publicó un reporte que podría traducirse a «Insectos Comestibles: futuras posibilidades para la seguridad alimentaria y de piensos» (*Edible Insects: future prospects for food and feed security*). Dicho reporte contiene una investigación a profundidad sobre los beneficios nutricionales, económicos y ecológicos que podrían derivarse del consumo y la cría de insectos comestibles. El reporte coincide con la

creciente atención que está atrayendo la falta de sostenibilidad de nuestro sistema mundial de producción agroalimentario, el cual es altamente dependiente de los combustibles fósiles y contribuye tanto al agotamiento acelerado de los recursos naturales como a la degradación ambiental (Gliessman, 2007; Foley *et al.*, 2011). A partir de las virtudes nutricionales y ecológicas de su reproducción y consumo, la FAO sugiere que los insectos comestibles podrían ser un componente clave en la lucha para garantizar una producción de alimentos más sostenible, que no comprometa la seguridad alimentaria de las poblaciones presentes y futuras (FAO, 2013a).

Desde esa publicación, numerosas otras han surgido por parte de investigadores alrededor del mundo que subrayan el tremendo potencial de la cría de insectos comestibles para alcanzar dichos objetivos (Tomberlin *et al.*, 2015). A pesar de que el tema del consumo de insectos comestibles ha sido ampliamente revisado en la literatura científica mexicana, el tema de la domesticación y cría de insectos, o entomocultura, permanece uno sumamente poco explorado en México. A continuación, se resumen algunos hallazgos de mi tesis de licenciatura (Cruz y Celis, 2017), los cuales subrayan la importancia de perseguir esta línea de investigación para la posterior implementación de nuevas tecnologías agroproductivas en México.

MATERIALES Y MÉTODO

Este trabajo resume los contenidos de mi tesis de licenciatura intitulada *La Entomofagia en Chiapas: relevancia, estado actual y potencial* (Cruz y Celis, 2017). En ella, conduje una investigación bibliográfica de más de 500 fuentes que exploran las prácticas tradicionales de recolección y consumo de insectos comestibles en México y el mundo, así como aquellas que detallan los beneficios nutricionales de la entomofagia, y el potencial económico que podría tener su domesticación y cría en masa, sobre todo a partir de estudios de caso centrados en Tailandia. Dado que varias de las fuentes que reviso fueron escritas y publicadas en inglés, las citas textuales de Yen y Van Itterbeeck (2016) y FAO (2013a; 2015) que se incluyen en este trabajo han sido traducidas al español por mí, al igual que varía de la información que se incluye en el cuadro 1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de insectos comestibles, o entomofagia (del griego *éntomos* o insecto, y *phágein*, comer), ha sido y permanece una práctica común entre varias poblaciones del mundo. Se estima que dos mil millones de personas actualmente consumen insectos de manera cotidiana; particularmente grupos indígenas de Sudamérica, África y Asia que

habitan regiones tropicales (Shockley y Dossey, 2014; Yen, 2015). El registro más reciente y completo calcula el número de especies de insectos comestibles alrededor del mundo en 2,111 (Jongema, 2017). Basado en un estudio conducido por Rumpold y Shlutter (2013), la FAO afirma que “los insectos comestibles proveen cantidades satisfactorias de energía y proteínas, cumplen los requerimientos de aminoácidos para los humanos, son altos en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, y son ricos en micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, manganeso, fósforo, selenio y zinc, así como riboflavina [vitamina B12], ácido pantoténico [vitamina B5], biotina [vitamina B7] y, en ocasiones, ácido fólico [vitamina B9]” (FAO, 2013a: 67). No es de sorprender entonces que tantas personas consuman estos alimentos alrededor del mundo. En México, los insectos han formado parte de la dieta tradicional de numerosos grupos étnicos desde tiempos prehispánicos (Ramos-Elorduy y Pino-Moreno, 1989). Hoy en día la entomofagia sobrevive como una práctica común a través de las poblaciones indígenas y rurales del país (Ramos-Elorduy, 2009a). Según Ramos-Elorduy *et al.* (2008), tan sólo en México existen 549 especies de insectos comestibles, lo cual lo convierte en el país con el mayor número de especies de insectos comestibles registradas en el mundo (Figs. 1 y 2). La recolección de estos animales provee a las poblaciones rurales mexicanas de una fuente constante y nutritiva de alimentación en temporadas del año en la que escasean otras fuentes de alimentos (Acuña *et al.*, 2011). A pesar de ello, numerosos autores advierten de los riesgos que puede tener la recolección de insectos, sobre todo cuando es practicada por personas que no cuentan con un conocimiento científico o tradicional suficiente sobre estas poblaciones silvestres (Cerritos, 2009; Ramos-Elorduy *et al.*, 2006). Este último fenómeno se ha exacerbado recientemente, debido en parte al alto precio que algunos restaurantes o consumidores están dispuestas a pagar por algunas especies de insectos consideradas *gourmet* en la cultura gastronómica nacional. Dicha recolección puede conllevar a la sobre-explotación de estas especies (Ramos-Elorduy, 2006), o representar un riesgo de

Cuadro 1. Características etológicas a considerar en la domesticación de animales invertebrados.

Favorables	Desfavorables
Estructura Social	
Gregarios	Solitarios
Pequeños territorios	Grandes territorios
Afiliación de los machos con grupos de hembras	Grupos monosexuales
Comportamiento Agonístico Intra e Interespecífico	
No es agonístico hacia miembros de su especie	Agonístico hacia miembros de su especie
No es agonístico hacia miembros de otras especies	Agonístico hacia miembros de otras especies
Es altruista	
Comportamiento Reproductivo	
Iniciado por los machos	Requiere una secuencia conductual elaborada y correcta, sin garantía de éxito de apareamiento
Señales reproductivas vía movimientos o posturas	Requiere la muerte del macho, la hembra, o de ambos
Inducido por feromonas	Monógamos
Promiscuos	
Comportamiento Parental	
Cuidado de los huevos	No existe cuidado parental
Crías precoces	Crías altriciales
Crías no planctónicas	Crías planctónicas
Crías fácilmente separables de los adultos	Canibalismo aloparental
Construcción de nidos y refugios	
Reacción hacia los Humanos	
Fácilmente habituado	Cauteloso
Poco alarmado	Fácilmente alarmado
No es antagonístico	Antagonístico, tóxico o peligroso
Comportamientos Alimenticios	
Generalista en su dieta	Requiere productos específicos y difíciles
No es canibalesco	Canibalesco
Acepta dieta artificial	Requiere alimentos vivos
Saciedad alimentaria endógena	Alimentación máxima sin mecanismos de saciedad endógenos
Actividad Locomotora y Elección de Hábitat	
No es migratorio	Migratorio (obligado)
Sésil o con un hábitat limitado	Libre y sin un hogar recurrente
Agilidad limitada	Extremadamente ágil
Eurioico	Estenóico
Euritérico	Estenotérico
Euriofótico	Estenofotico
No busca refugios	Requieren de un refugio
Versatilidad ecológica	Especialización ecológica

Fuente: Cuadro traducido y adaptado de una versión original en inglés elaborada por Gon y Price (1984: 577).

salud a las poblaciones humanas si los insectos recolectados estuvieron en contacto con pesticidas de cultivos agrícolas (Saeed *et al.*, 1993). Es por ello que la cría de insectos comestibles parece una mejor alternativa a la recolección de los mismos;

sobre todo si se pretende alcanzar todo el potencial de estos animales como fuente sostenible de alimentación, nutrición animal y empleo.

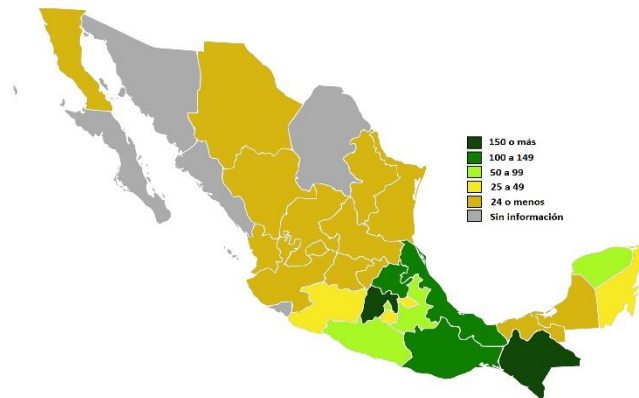


Figura 1. Número de especies de insectos comestibles registradas en México, por estado. *Nota:* De acuerdo a la fuente, el número de especies de insectos comestibles por estado en el 2004 era la siguiente: Chiapas, 159; Estado de México, 152; Hidalgo, 143; Oaxaca, 134; Veracruz, 112; Guerrero, 87; Puebla, 77; Ciudad de México, 73; Yucatán, 67; Michoacán, 45; Morelos, 45; Quintana Roo, 30; Tlaxcala, 26; San Luis Potosí, 19; Tabasco, 19; Campeche, 19; Nayarit, 16; Querétaro, 16; Jalisco, 15; Guanajuato, 12; Durango, 7; Zacatecas, 7; Chihuahua, 6; Aguascalientes, 6; Nuevo León, 3; Baja California, 1; Tamaulipas. 1. *Fuente:* Figura de elaboración propia con información tomada de Ramos-Elorduy, 2004; originalmente publicada en Cruz y Celis, 2017.

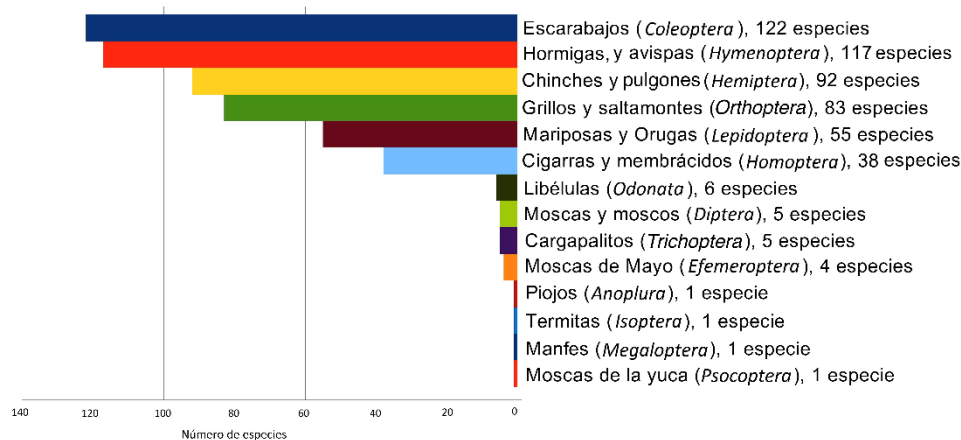


Figura 2. Especies de insectos comestibles registradas en México, por orden. *Fuente:* Figura de elaboración propia, con información tomada de Ramos-Elorduy, 2009b; originalmente publicada en Cruz y Celis, 2017.

Las ventajas de la cría de insectos son varias y destacan aún más al compararse con la producción de otros alimentos de origen animal. Para comenzar, la cría de insectos requiere una cantidad mínima de agua, debido a que estos animales suelen extraerla de sus alimentos (Miglietta *et al.*, 2015). En comparación, la ganadería es la actividad humana que más agua

dulce consume a nivel mundial (Turner *et al.*, 2004). La cría de insectos como grillos y saltamontes produce hasta 100 veces menos emisiones de gases de efecto invernadero que aquellas producidas por el ganado bovino y porcino (Oonincx *et al.*, 2010). Debido a su tamaño y la posibilidad de concentrarse en grandes números, los insectos pueden ser criados

en espacios muy pequeños, ya sea en zonas urbanas, peri-urbanas o rurales (Ooninx y de Boer, 2012). Por lo contrario, la gran extensión de tierra que requiere la ganadería le hace la principal causa de deforestación y pérdida de biodiversidad a nivel mundial (FAO, 2006). Dada la versatilidad de su dieta, una gran cantidad de insectos comestibles pueden ser alimentados con residuos orgánicos (incluyendo estiércol animal, compostas o desperdicios de los sectores agrícola y forestal) (Ooninx *et al.*, 2015), potencialmente reduciendo los costos de su producción. La rentabilidad del cultivo de insectos comestibles también se ve favorecida por los cortos ciclos de vida de estos animales, generando varios ciclos de producción al año (de seis a ocho para grillos [*Acheta domesticus* L.]; Gahukar, 2011). En lo general, la producción de proteínas animales a través de la cría de insectos comestibles puede ser considerada mucho más eficiente que casi cualquier otra forma de producción pecuaria. Por ejemplo, se necesitan 10 kg de alimento para generar cada kg en el peso de una res, 5 kg en un cerdo, 2.5 kg en un pollo, y tan sólo 1.7 kg en el caso de insectos como los grillos (Collavo *et al.*, 2005).

Similarmente, el porcentaje comestible de cada insecto es mayor (80 %) que aquel de los pollos (55 %), cerdos (55 %) y reses (40 %) (Nagasaki y De Foliart, 1991). Todo esto hace de los insectos una fuente de proteínas animales hasta 12 veces más eficiente de producir que el ganado bovino (van Huis, 2013). Además de su viabilidad como fuente de alimentación para las poblaciones humanas, los insectos también muestran un gran potencial como piensos para animales de granja específica pero no exclusivamente aquellos que son monogástricos.

Múltiples estudios de caso han documentado la sustitución parcial o total de alimento convencional (hecho a base de soya o similares) con alimentos hechos a base de gusanos de harina *Tenebrio molitor* L. en pollos (Ramos-Elorduy *et al.*, 2002; Bovera *et al.*, 2015) y cerdos (Jin *et al.*, 2016). Estos estudios no sólo demuestran que aquellos animales alimentados con insectos adquieren niveles similares de peso que aquellos alimentados convencionalmente, sino también mejores niveles de conversión de alimento;

incluso cuando los gusanos de harina son alimentados con residuos orgánicos. Otra de las aplicaciones de los insectos en la alimentación animal refiere a su potencial como piensos sostenibles para la producción acuícola. Esta última aplicación es de particular relevancia en México, que ha visto la reciente emergencia de su sector acuícola; creciendo a un sorprendente ritmo del 15% anual, convirtiéndose en la actividad económica de mayor crecimiento en el país (CONAPESCA, 2012). Sin embargo, el crecimiento de este sector se ve amenazado por una limitada oferta de harinas y aceites de pescado, principales insumos alimenticios en la producción acuícola (Wijkstrom y New, 1989).

Dado que las harinas y aceites de pescado dependen de la industria pesquera, la sobreexplotación de los océanos está poniendo límites a la producción de las mismas, lo cual ha ocasionado – junto con una creciente demanda – que el precio de éstas se dispare (Olsen y Hasan, 2012). Esto hace de la búsqueda de fuentes alternativas de alimentación para la producción acuícola algo necesario si es que el sector ha de seguir creciendo al ritmo actual. En México, cinco de diez granjas acuícolas crían mojarra tilapias (*Oreochromis* spp.), siendo ésta la principal producción acuícola en el país por volumen (CONAPESCA, 2013).

Varios estudios de caso demuestran la factibilidad de alimentar tilapias con insectos, particularmente con larvas de mosca soldado negra *Hermetia illucens* L. (Ezewudo *et al.*, 2015; Shakil Rana *et al.*, 2015). Dichos estudios señalan que un remplazo del 50 al 60 % del alimento convencional con larvas de mosca tiene una incidencia positiva en el peso, desarrollo y supervivencia de las tilapias alimentadas con insectos, en comparación con aquellas alimentadas exclusivamente con alimento convencional (hecho a base de soya y harinas y aceites de pescado). La gran producción acuícola en México y su creciente demanda de piensos sugieren que la cría de insectos comestibles podría convertirse en una actividad potencialmente igual o más lucrativa que la producción de otras fuentes de proteínas animales como la carne; teniendo al mismo tiempo un menor impacto ambiental en comparación.

A partir de los beneficios mencionados, no es de sorprender que numerosas iniciativas privadas han surgido alrededor del mundo enfocadas en la producción de alimentos y piensos hechos a base de insectos (Fleming, 2014; Kupferschmidt, 2015). Este fenómeno es en parte un resultado de la publicación del reporte de la FAO antes mencionado (FAO, 2013a). Sin embargo, una gran mayoría de estas empresas se centran en la cría y reproducción masiva de tan sólo algunas de las tres especies de insectos hasta ahora mencionadas en este trabajo. Por ejemplo, EnviroFlight LLC en Estados Unidos (www.enviroflight.net), Hermetia Alstatten GmbH en Alemania (www.hermetia-zucht.de), Enterra en Canadá (www.enterrafeed.com), Bioflytech en España (www.bioflytech.com), y Entologics en Brasil (www.entologics.com), son todas empresas dedicadas a la reproducción de la mosca soldado negra *H. illucens*.

Esto quizá se deba, por un lado, a las características particulares de esta especie. La mosca soldado negra no es agresiva al ser humano, se alimenta fácilmente de desperdicios vegetales o estiércol animal, se reproduce en cautiverio en grandes números y varias veces al año, es adaptable a una diversidad de climas y condiciones geográficas, y tiene un índice de conversión de alimento muy alto (FAO, 2013a).

Los alimentos hechos a base de larvas de mosca soldado negra tienen alrededor de 42 % de proteína y 35 % de grasa (Sheppard *et al.*, 1994; Newton *et al.*, 2005). No obstante, la creciente atención que ha recibido la mosca soldado negra quizá se deba más a la falta de investigación que existe en torno a la domesticación y cría de otras especies de insectos. Después de todo, hay un gran cuerpo de investigación al respecto de la domesticación, reproducción, alimentación e implementación en la producción animal de la mosca soldado negra (Bondari y Sheppard, 1981; St-Hilaire *et al.*, 2007; Diener *et al.*, 2009; Tomberlin *et al.*, 2015). Mientras tanto, semejante investigación no existe para el resto de las miles de especies de insectos comestibles que se tienen registradas en el mundo, ni para las más de 500 que se conocen tan sólo aquí en México. ¿Cómo explicar semejante vacío de conocimientos en

éste, el país con más insectos comestibles registrados en todo el planeta?

Una primera explicación a la falta de atención que se le ha dado a la entomocultura en la academia mexicana tiene que ver con un posible sesgo de investigación por parte de los científicos mexicanos, y la interpretación que suelen hacer al respecto del consumo social de insectos comestibles.

Como ya se mencionó, el consumo de insectos en México está fuertemente vinculado a las tradiciones culturales de numerosos grupos étnicos. De esta forma, aquellos entomólogos que se han dedicado a su estudio suelen adoptar una postura 'conservacionista' con respecto a estas prácticas, defendiendo la recolección y el consumo de insectos comestibles como parte de los así llamados Sistemas Alimentarios Tradicionales (Ramos-Elorduy, 2009a; Acuña, 2010; López *et al.*, 2013). Resulta importante señalar la dificultad de limitar el estudio de los insectos comestibles a su consumo tradicional, ya que este conocimiento y prácticas tradicionales están desapareciendo rápidamente. Esto en parte se debe a un fenómeno generalizado que algunos autores han denominado la "transición nutricional": entre mayor sea la afluencia económica (capacidad adquisitiva) de una población, habrá una mayor sustitución del consumo de cereales secundarios (como el maíz) a cereales refinados, de carbohidratos a grasas animales y vegetales, y de proteínas vegetales a proteínas animales (Popkin, 2003; Capper, 2013).

Por otro lado, la desaparición acelerada de lenguajes indígenas también va de la mano con un deterioro del conocimiento tradicional de estos pueblos (Harrison, 2007). Estos fenómenos globales están afectando la continuidad de las prácticas tradicionales entomofágicas entre los grupos indígenas de todo el mundo (Yen, 2009a y 2009b), incluyendo aquellos que habitan en México (Cruz y Celis, 2017). Mientras que la FAO misma ha señalado la importancia de conservar y recuperar este tipo de conocimientos y prácticas tradicionales, hay que reconocer que el gran potencial de los insectos comestibles radica en su cría y reproducción en masa; no en su recolección estacional. Por eso convendría a la

academia mexicana ampliar la estrecha relación que ha forjado entre el consumo de insectos comestibles y los Sistemas Alimentarios Tradicionales, hacia otras formas y estrategias de producción y consumo. Lo anterior requiere afirmar el consumo de insectos comestibles como algo que no necesariamente tiene que estar ligado con una cultura étnica particular. Si bien algunos de los autores señalados sí describen el consumo de algunas especies de insectos comestibles entre las poblaciones urbanas y mestizas del país, éstas también son producto de la recolección estacional, y están por ende expuestas al mismo tipo de riesgos ambientales y de salud antes descritos.

Una segunda razón detrás del vacío de conocimientos científicos existente en México en torno a la cría y domesticación de insectos comestibles concierne a las dificultades técnicas del estudio en sí. Es bien sabido que, para ser exitosa, la domesticación animal depende de que una especie cumpla con una serie de características específicas. Generalmente, éstas incluyen características favorables en la alimentación, la tasa de crecimiento, las dinámicas reproductivas, la apacibilidad, y la estructura social de un animal (Gon y Price, 1984; Zeder, 2012). Mientras que existen estudios que detallan el tipo de requerimientos específicos para la cría de invertebrados en general (Cuadro 1) (Gon y Price, 1984), hace falta mayor investigación a profundidad centrada en especies de insectos particulares.

Después de todo, los insectos son el grupo de animales más diverso, con un número de especies que va de los tres a los diez millones (Chapman, 2009; Stork *et al.*, 2015). A pesar de que las tres especies aquí mencionadas (*A. domesticus*, *H. illucens*, y *T. molitor*) destacan por poseer características y comportamientos favorables que facilitan su domesticación y cría masiva, es conveniente conducir investigación específica para el resto. Como lo señalan los entomólogos Alan Yen y Joost Van Itterbeeck (2016: 223) “la adopción de un pequeño número de especies de insectos como alimentos y piensos es contradictoria con la noción de que la diversidad de los insectos comestibles ayudará a alimentar al mundo”. Por un lado, centrar la atención en la gran diversidad de especies comestibles que

sabemos existen en el país hace del conocimiento tradicional que poseen algunos grupos étnicos invaluable, de tal forma que resulta imprescindible conservarlo antes de que se deteriore. Por otro lado, esto también nos exige adoptar una perspectiva diferente a la hora de hacer investigación sobre insectos comestibles.

Los estudios entomológicos en México han sido exitosos en el registro taxonómico de las especies tradicionalmente consumidas por diferentes comunidades étnicas del país, y las formas tradicionales de recolección, preparación, almacenamiento y consumo. Sin embargo, estos trabajos han dejado fuera el estudio de la presencia o ausencia de características etológicas favorables para la domesticación de esas especies (Cuadro 1 y 2) (Chacón, 2007; Ramos-Elorduy *et al.*, 2012; Ramos-Elorduy y Pino-Moreno, 2002 y 2004). Ampliar los objetivos y métodos de investigación de estudios como éstos ciertamente requeriría de mayores recursos, tiempo y personal. Por ejemplo, Yen y Van Itterbeeck (2016) recién sugirieron que las especies que se registren como comestibles sean almacenadas en instituciones académicas para poder conducir investigación posterior sobre sus características nutricionales, su correcta identificación taxonómica, y su potencial uso como alimento para humanos o piensos.

Una tercera causa relacionada a la falta de investigación nacional sobre la cría y domesticación de insectos comestibles posiblemente se deba a una barrera del lenguaje. A partir de la publicación del famoso estudio de la FAO antes mencionado (FAO, 2013a), la gran mayoría de los trabajos de investigación que se han publicado acerca del tema han sido publicados en inglés.

Es de notar que ni siquiera el reporte de la FAO en sí ha sido traducido a otros idiomas aparte del inglés. Esto es una ironía ya que, como señala Yen (2015: 85), “los aproximadamente dos mil millones de personas en el mundo que consumen insectos viven en África, Asia, Centro y Sudamérica, donde el inglés no es la lengua principal”. Según Yen (2015: 85) este es un problema que afecta la construcción colaborativa de conocimiento sobre insectos comestibles de dos maneras: por un lado, la información publicada en inglés al respecto del tema excluye a

Cuadro 2. Algunos temas de investigación y experimentación sugeridos para la construcción del conocimiento científico sobre la cría y domesticación de insectos comestibles en México.

-
- La distribución geográfica natural y el valor nutricional de las especies comestibles conocidas en México.
 - La concordancia semántica entre los nombres tradicionales y los nombres científicos (taxonómicos) utilizados para referirse a las especies comestibles conocidas.
 - Las diferentes formas culturales de aprovechamiento de las especies comestibles conocidas.
 - El potencial de domesticación de las especies comestibles conocidas, incluyendo:
 - la presencia de características favorables o desfavorables para su domesticación
 - su viabilidad como alimento para diferentes animales de granja;
 - su índice de transformación de alimento;
 - la huella ecológica potencial y real de su producción a pequeña, mediana y gran escala;
 - su adaptabilidad a una diversidad de entornos ambientales.
 - Los diferentes métodos y tecnologías de crianza y reproducción a nivel industrial, semi-industrial y de traspatio, incluyendo sistemas de automatización.
 - La calidad nutricional, inocuidad, eficiencia e incidencia en el crecimiento y desarrollo de diferentes fórmulas de alimentación en las especies de insectos criadas.
 - La calidad nutricional, inocuidad, eficiencia e incidencia en el crecimiento y desarrollo de diferentes fórmulas de alimentación elaboradas a base de insectos para animales de granja.
 - La calidad nutricional e inocuidad de alimentos hechos a base de insectos para consumo humano.
 - El riesgo ecológico de la introducción de especies exóticas de insectos comestibles en diferentes ecosistemas de México.
 - La confección de diferentes tipos de alimentos hechos a base de insectos que sean culturalmente familiares (ej. harinas, pastas, embutidos, galletas, barras, etcétera).
-

Fuente: Cuadro de elaboración propia con información tomada de FAO (2013a), Rumpold y Schlüter (2014), Yen y Van Itterbeeck (2016), Shockley y Dossey (2014), y Yen (2009a; 2009b; 2016).

una gran mayoría de las poblaciones que consumen insectos y que, por lo tanto, podrían directamente beneficiarse de la misma; por otro lado, estas poblaciones no tienen un canal de comunicación que permita dar a conocer la información que ellas mismas poseen sobre esas especies de manera directa. Yen (2015) por tanto subraya la importancia de traducir y publicar el conocimiento existente sobre los insectos comestibles en diferentes idiomas, y diversificar la publicación de investigaciones futuras en idiomas distintos al inglés. A la fecha, la única revista científica especializada en el tema (*Journal of Insects as Food and Feed*, Wageningen Academic Publishers) tiene sede en Holanda y es publicada únicamente en inglés.

Una cuarta causa detrás del desconocimiento

generalizado que existe entre la academia mexicana sobre la entomocultura es que no existe hasta ahora un curso, carrera, diplomado, o licenciatura especializada en el tema que sea impartida por alguna universidad o centro de investigación en el país. De hecho, la enseñanza de los beneficios, prácticas y tecnologías necesarias para la crianza masiva de insectos comestibles ni siquiera forma parte de los contenidos curriculares de carreras afines como biología o ingeniería en alimentos en México.

Esto está lejos de ser algo particular y es más bien un fenómeno generalizado, ya que alrededor del mundo son contadas las universidades que contemplan la cría de insectos comestibles como parte de sus programas curriculares. Según la FAO (2013a: 143), esto se debe en parte a que “los

insectos en las ciencias occidentales permanecen mayormente conceptualizados como plagas”, no como alimentos. No obstante, aquellos países que sí cuentan con centros académicos especializados en la enseñanza de la cría y domesticación de insectos comestibles demuestran el impacto que ello puede tener en el desarrollo social de una población.

El mismo año que la FAO publicó el trabajo arriba mencionado sobre insectos comestibles, la Organización también publicó un segundo trabajo centrado en Tailandia, titulado *Six-legged livestock: edible insect farming, collecting and marketing in Thailand* (o «Ganado de seis patas: la cría, recolección y comercialización de insectos comestibles en Tailandia»).

A decir del documento (FAO, 2013b), Tailandia es el país que ostenta el mayor mercado de insectos comestibles a nivel mundial. A pesar de que los altos niveles de consumo de insectos comestibles entre la población tailandesa son culturalmente excepcionales, Tailandia comparte con México varias características. Ambos encabezan la lista de países con el mayor número de especies de insectos comestibles registradas en el mundo, ambos son países tropicales, y un gran porcentaje de las poblaciones de ambos países se dedican a la agricultura rural.

Las prácticas y técnicas de cría y domesticación de insectos comestibles han sido impartidas en la Universidad de Khon Kaen desde la década de 1980. En 1988, científicos y estudiantes de este centro de estudios introdujeron las prácticas de cría de grillos (*Gryllus bimaculatus* De Geer; *Teleogryllus testaceus*, Walker; *Teleogryllus occipitalis* Serville; y *A. domesticus*) a la población rural tailandesa. La práctica ganó popularidad rápidamente. Actualmente existen más de 20,000 granjas de grillos en ese país, proveyendo alimentación y un ingreso confiable a los agricultores tailandeses.

La gran mayoría de estas granjas son administradas por pequeñas cooperativas familiares, varias de las cuales han abandonado el cultivo tradicional de arroz por esta nueva práctica que ha resultado más lucrativa (Durst y Hanboonsong, 2015). Este estudio de caso ejemplifica el papel que la academia mexicana podría tener en desarrollar el potencial de la cría

de insectos comestibles entre los campesinos mexicanos.

Una quinta y última causa detrás de la falta de investigación existente sobre la entomocultura en México tiene que ver con la poca atención que ha recibido el tema en materia de legislación. No existe hasta la fecha mención alguna de la cría de insectos comestibles dentro de la legislación mexicana como una actividad agropecuaria o agroforestal. Una vez más, esto no es único a nuestro país, y es más bien un fenómeno general. En 2010, la FAO y la Organización Mundial de la Salud rechazaron una solicitud de incluir en el *Codex Alimentarius* a la cría de grillos, debido a que su comercialización fue considerada muy limitada (FAO, 2010).

En Estados Unidos, los insectos son contemplados dentro de la legislación vigente únicamente como impurezas que forman parte de otros alimentos, prescribiendo niveles límite en la cantidad de insectos que estos productos pueden contener (USFDA, 2016). Únicamente la Unión Europea ha mostrado señales de una inclusión explícita de los insectos comestibles dentro de su legislación.

A finales del 2015 se aprobó una ley que regula el uso de insectos comestibles tanto en alimentos como para piensos, la cual entrará en vigor a finales del 2017 (Fernandez, 2016). Aquí en México, el único esfuerzo encaminado a una inclusión de la producción pecuaria de insectos comestibles dentro de nuestra legislación ha sido una propuesta de modificación a la Ley de Desarrollo Rural Sustentable elaborada por el Senador Francisco López Brito del estado de Sinaloa. Esta propuesta hace referencia al documento de la FAO antes mencionado (FAO, 2013a), y sugiere incluir a “las actividades de uso y aprovechamiento de insectos” dentro de la Ley como actividades agropecuarias (López Brito, 2015).

Mientras que bajo “uso y aprovechamiento” seguramente caerían tanto la recolección como la cría de insectos, de aprobarse esta propuesta de modificación se estaría tipificando por primera vez a estas actividades dentro de la legislación mexicana. Esto permitiría canalizar recursos públicos hacia proyectos de desarrollo social que busquen introducir este tipo de tecnologías entre

la población rural mexicana. Más importante aún, sentaría un precedente para futuras iniciativas legales que busquen regular la producción y comercialización de insectos comestibles para consumo humano y animal en el país. Sin embargo, hasta que dichos procesos se pongan en marcha, la falta de una legislación adecuada desincentiva cualquier interés académico encaminado a la investigación sobre la cría de insectos comestibles.

Al mismo tiempo, la falta de evidencia científica que demuestre la factibilidad y los beneficios sociales, ecológicos y económicos de estas nuevas prácticas agropecuarias disminuyen la probabilidad de que nuestro gobierno les asigne la importancia que se merecen. Este círculo vicioso pareciera tener de por medio un desinterés general de la población nacional sobre el tema, enraizado a su vez en una falta de conocimiento sobre las virtudes y el potencial que tiene la cría de insectos comestibles para garantizar la seguridad alimentaria y el desarrollo agroalimentario sostenible en el país.

CONCLUSIÓN

Los insectos comestibles son una fuente alternativa de proteínas animales que se ha demostrado puede ser nutricionalmente viable, ecológicamente sostenible y económicamente redituable. Estos beneficios son aún mayores cuando los insectos son criados y reproducidos en masa, en lugar de ser recolectados.

La cría de insectos comestibles no sólo podría contribuir a la alimentación de las poblaciones más empobrecidas del país, sino ser también una fuente potencial de empleo. Particularmente, el uso que podrían tener los insectos comestibles como piensos para la cría de otros animales sugiere que esta actividad agropecuaria podría ser conducente tanto a la seguridad alimentaria como al desarrollo agroalimentario sostenible.

La cría de insectos comestibles podría desarrollarse en México a través de iniciativas privadas que busquen invertir en el desarrollo tecnológico de este sector agroalimentario, así como a través de proyectos de desarrollo social centrados en el bienestar de la población rural del país. Sin embargo, para poder ver el surgimiento

de esta revolución agroalimentaria en México será necesario cerrar el vacío de conocimientos que existen acerca del tema.

Es imperativo conducir mayor investigación y experimentación en torno a la factibilidad de reproducción y domesticación exitosa de los cientos de especies de insectos comestibles que se tienen registradas en México y que son tradicionalmente recolectadas.

Una vez determinado el potencial de domesticación de estas especies, serán necesarios futuros trabajos de investigación para garantizar la producción y comercialización nacional de alimentos y piensos hechos a base de insectos comestibles. Similarmente, nueva legislación deberá ser diseñada y aprobada por el gobierno mexicano para regular y supervisar estos productos agroalimentarios. La superación de todos estos retos de investigación será más probable si las universidades y demás centros de investigación en México integran a la cría de insectos comestibles dentro de sus programas curriculares de manera formal y estructurada, y si las revistas de divulgación científica nacionales publican mayores trabajos acerca del tema en español y no necesariamente en inglés.

Dado el estado de oscuridad en el que se encuentra el tema de la entomocultura en México, corresponde a las instituciones del conocimiento el informar y concientizar a la población mexicana y su gobierno sobre las virtudes y el potencial de la cría de insectos comestibles.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Dr. Benigno Gómez del Departamento de Conservación de la Biodiversidad de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) unidad San Cristóbal de Las Casas, por su apoyo en la traducción y adaptación del Cuadro 1 anexo a este documento.

LITERATURA CITADA

ACUÑA, A. M. 2010. *Etnoecología de insectos comestibles y su manejo tradicional por la comunidad indígena de Los Reyes Metzontla, Municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Campus Puebla, Puebla México. Disponible en línea: <http://>

- colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/300/Acu%20b1a_Cors_AM_MC_EDA_R_2010%20282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- ACUÑA, A. M., CASO, L., ALIPHAT, M. M. AND C. H. VERGARA. 2011. Edible insects as part of the traditional food system of the Popoloca town of Los Reyes Metzontla, Mexico. *Journal of Ethnobiology*, 31(1): 150–169.
- BONDARI, K. AND D. C. SHEPPARD. 1981. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquacultur*, 24(1-2): 103–109.
- BOVERA, F., PICCOLO, G., GASCO, L., MARONO, S., LOPONTE, R., VASSALOTTI, G., MASTELLONE, V., ATTIA, Y. A. AND A. NIZZA. 2015. Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science*, 56(5): 569–575.
- CAPPER, J. L. 2013. Should we reject animal source foods to save the planet? A review of the sustainability of global livestock production. *South African Journal of Animal Science*, 43(3): 233–246.
- 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.
- CHACÓN, H. A. 2007. *La construcción de los agroecosistemas a base de *Arsenura armida armida* (Cramer, 1979) (Lepidoptera: Saturniidae: Arsenurinae)*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México.
- CHAPMAN, A. D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the World*. Report for the Australian Biological Resources Study, Canberra, Australia. Australian Government: department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. Australia.
- COLLAVO, A., GLEW, R. H., HUANG, Y. S., CHUANG, L. T., BOSSE, R. AND M. G. PAOLETTI. 2005. House cricket small-scale farming. Pp. 519–544. In: M. G. PAOLETTI (Ed.). *Ecological implications of minilivestock: potential of insects, rodents, frogs and snails*. Science Publishers. United State Of America.
- CONAPESCA. COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA. 2012. *Es la acuicultura la actividad económica de mayor crecimiento en México: Conapesca*. CONAPESCA. México. Disponible en línea: <https://www.gob.mx/conapesca/prensa/es-la-acuicultura-la-actividad-economica-de-mayor-crecimiento-en-mexico-conapesca>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- CONAPESCA. COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA. 2013. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2013*. SAGARPA. México. Disponible en línea: <http://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- CRUZ Y CELIS, P. 2017. *La Entomofagia en Chiapas: relevancia, estado actual, y potencial*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. Chiapas, México.
- DIENER, S., ZURBRUGG, C. AND K. TOCKNER. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management and Research*, 27(6): 603–610.
- DURST, P. B. AND Y. 2015. Hanboonsong. Small-scale production of edible insects for enhanced food security and rural livelihoods: experience from Thailand and Lao People's Democratic Republic. *Journal of Insects as Food and Feed*. 1(1): 25–31.
- EZEWUDO, B. I., MONEBI, C. O. AND A. A. UGWUMBA. 2015. Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. *African Journal of Agricultural Research*, 10(23): 2363–2371.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2006. *Livestock's Long Shadow: environmental issues and options*. The Livestock, Environment and Development Initiative (LEAD). FAO, Roma. Available online: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e00.pdf>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2010. *Development of regional standard for edible crickets and their products*. Paper presented at the Joint FAO/WHO meeting Food Standards Programme. FAO. Indonesia.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2013A. *Edible Insects: future prospects for food and feed security*. FAO Forestry Paper No. 171. FAO, Roma. Available online: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2013B. *Six-Legged Livestock: edible insect farming, collection, and marketing in Thailand*. Bangkok. Available online: <http://www.fao.org/docrep/017/i3246e/i3246e.pdf>. FAO. Bangkok. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- FERNANDEZ, L. 2016. *Insect protein for animal feed the considered in EU*. WattAgNet. [2016 Jan 6].

- Available online: <http://www.wattagnet.com/articles/25457-insect-protein-for-animal-feed-considered-in-eu>. (Fecha de consulta 30-I-2018).
- FLEMING, N. 2014. *How insects could feed the food industry of tomorrow*. BBC Future [2014 Jan 4]. Available online: <http://www.bbc.com/future/story/20140603-are-maggots-the-future-of-food>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- FOLEY, J. A., RAMANKUTTY, N., BRAUMAN, K. A., CASSIDY, E. S., GERBER, J. S., JOHNSTON, M., MUELLER, N. D., O'CONNEL, C., RAY, D. K., WEST, P. C., BALZER, C., BENNET, E. M., CARPENTER, S. R., HILL, J., MONFREDA, C., POLASKY, S., RÖCKSTROM, J., SHEEHAN, J., SIEBERT, S., TILMAN, D. AND D. P. M. ZAKS. 2011. Solutions for a Cultivated Planet. *Nature*, 478: 337–342. Available online: <https://www.nature.com/articles/nature10452>.
- GAHUKAR, R. 2011. Entomophagy and human food security. *International Journal of Tropical Insect Science*, 31(3): 129–144.
- GLIESSMAN, S. R. 2007. *Agroecology: The ecology of sustainable food systems*. 2da edition. Taylor and Francis Group. Unites States of America.
- GON, S. M. AND E. O. PRICE. 1984. Invertebrate domestication: behavioral considerations. *Bioscience*, 34(9): 575–579.
- HARRISON, K. D. 2007. *When Languages Die: the extinction of the world's languages and the erosion of human knowledge*. Oxford University Press. Nueva York, Unites States of America.
- JIN, X. H., HEO, P. S., HONG, J. S., KIM, N. J. AND Y. Y. KIM. 2016. Supplementation of dried mealworm (*Tenebrio molitor* larvae) on growth performance, nutrient digestibility and blood profiles in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 29(7): 979–986.
- JONGEMA, Y. 2017. *List of Edible Insects of the World*. Wageningen University and Research [2017 Apr 1]. Available online: <https://www.wur.nl/en/Expertise-Services/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edibleinsects/Worldwide-species-list.htm>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- KUPFERSCHMIDT, K. 2018. *Why insects could be the ideal animal feed*. Science [2015 Oct 14]. Available online: <http://www.sciencemag.org/news/2015/10/feature-why-insects-could-be-ideal-animal-feed>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- LÓPEZ BRITO, F. S. 2015. *Proyecto de decreto por el que se modifica el artículo 3 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable*. *Gaceta del Senado de la República LXIII/1PPO-68/59763*, 8 de diciembre de 2015. Gobierno de México. México. Disponible en línea: http://www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/63/1/2015-12-08-1/assets/documentos/Inic_Inic_PAN_Art_3_Ley_Des_Rural_Sustentable_Entomofagia.pdf. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- LÓPEZ-GÓMEZ, J. A., MARIACA-MÉNDEZ, R. Y B. GÓMEZ. 2013. Conocimiento tradicional y antropoentomofagia del chanulte' en Oxchuc, Chiapas, México. *Etnobiología*, 11(2): 69–80.
- MIGLIETTA, P. P., DE LEO, F., RUBERTI, M. AND S. MASSARI. 2015. Mealworms for food: a water footprint perspective. *Water*. 7(11): 56190–6203.
- NAKAGAKI, B. J. AND G. R. DE FOLIART. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* L. (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food, and comparison of food conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84(3): 891–896.
- NEWTON, G. L., SHEPPARD, D. C., WATSON, D. W., BURTLE, G. J., DOVE, C. R., TOMBERLIN, J. K. AND E. E. THELEN. 2005. *The black soldier fly, Hermetia illucens, as a manure management/resource recovery tool*. *Symposium on the state of the science of Animal Manure and Waste Management, Jan 5-7 2005, San Antonio Texas*. National Center for Manure and Animal Waste Management, Cooperative State Research Extension and Education Service (CSREES). United States of America.
- OLSEN, R. L. AND M. R. HASAN. 2012. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. *Trends in Food Science and Technology*, 27(2): 120–128.
- OONINCX, D. G. A. B. AND I. J. M. DE BOER. 2012. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans: a life cycle assessment. *PLoS ONE*, 7(12): e51145. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051145>.
- OONINCX, D. G. A. B., VAN BROEKHOVEN, S., VAN HUIS, A. AND J. J. A. VAN LOON. 2015. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, 10(12): e0144601. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601>.
- OONINCX, D. G. A. B., VAN ITERBEECK, J., HEETKAMP, M. J. W., VAN DEN BRAND, H., VAN LOON, J. AND A. VAN HUIS. 2010. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, 5(12): e14445. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0014445>

- POPKIN, B. M. 2003. The nutrient transition in the developing world. *Development Policy Review*, 21(5-6): 581–597.
- RAMOS-ELORDUY, J. 2004. La entomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. Pp. 329–413. In: J. E. LLORENTE-BOUSQUETS, J. J. MORRONE, O. YÁÑEZ ORDÓÑEZ, E I. VARGAS FERNÁNDEZ (Eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México, Vol. IV: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México.
- RAMOS-ELORDUY, J. 2006. Threatened edible insects in Hidalgo, Mexico and some measures to preserve them. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(51): 1–10.
- RAMOS-ELORDUY, J. 2009A. Anthro-entomophagy: cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5): 271–288.
- RAMOS-ELORDUY, J. 2009B. ¿Los insectos se comen? *Ciencia de Boleto* No. 9. México: Gobierno del Distrito Federal, Universidad Nacional Autónoma de México.
- RAMOS-ELORDUY, J., AVILA-GONZÁLEZ, E. A., ROCHA HERNÁNDEZ, A. Y J. M. PINO-MORENO. 2002. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. *Journal of Economic Entomology*, 95(1): 214–220.
- RAMOS-ELORDUY, J. Y J. M. PINO-MORENO. 1989. *Los Insectos Comestibles en el México Antiguo: estudio etnoentomológico*. A.G.T. Editor. México.
- RAMOS-ELORDUY, J. Y J. M. PINO-MORENO. 2002. Edible insects of Chiapas, Mexico. *Ecology of Food and Nutrition*, 41: 271–299.
- RAMOS-ELORDUY, J. Y J. M. PINO-MORENO. 2004. Los coleópteros comestibles de México. *Anales del Instituto de Biología*. 75(1): 149–183.
- RAMOS-ELORDUY, J., PINO-MORENO, J. M. Y M. CONCONI. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3): 291–318.
- RAMOS-ELORDUY, J., PINO-MORENO, J. M. Y V. H. MARTÍNEZ. 2008. Una vista a la biodiversidad de la antropoentomofagia mundial. *Entomología Mexicana*. 7: 308–313.
- RAMOS-ELORDUY, J., PINO-MORENO, J. M. Y V. H. MARTÍNEZ. 2012. Could grasshoppers be a nutritive meal? *Food and Nutrition Sciences*, 3(2): 164–175.
- RUMPOLD, B. A. AND O. K. SCHLÜTER. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57(3): 802–823.
- SAEED, T., DAGGA, F. A. AND M. SARAF. 1993. Analysis of residual pesticides present in edible locusts captured in Kuwait. *Arab Gulf Journal of Scientific Research*, 11(1): 1–5.
- SHAKIL RANA, K. M., SALAM, M. A., HASHEM, S. AND A. ISLAM. 2015. Development of Black Soldier Fly Larvae Production Technique as an Alternate Fish Feed. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(1): 41–47.
- SHEPPARD, D. C., NEWTON, G. L., THOMPSON, S. A. AND S. SAVAGE. 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource Technology*, 50(3): 275–279.
- SHOCKLEY, M. AND A. T. DOSSEY. 2014. Insects for Human Consumption. Pp. 617–652. In: J. MORALES-RAMOS, ROJAS, G. AND D. I. SHAPIRO-ILAN (Eds.). *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press. United States of America.
- ST-HILAIRE, S., SHEPPARD, C, TOMBERLIN, J. K., IRVING S., NEWTON L., MCGUIRE M. A., MOSLEY, E. E., HARDY, R. W. AND W. SEALY. 2007. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(1): 59–67.
- STORK, N. E., MCBROOM, J., GELY, C. AND A. J. HAMILTON. 2015. New approaches narrow global species estimates for beetles, insects, and terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.*, 112:201502408.
- TOMERLIN, J. K., VAN HUIS, A., BENBOW, M. E., JORDAN. H., ASTUTI, D. A., AZZOLLINI, D., BANKS, I., BAVA, V., BORGEMEISTER, C., CAMMACK, J. A., CHAPKIN, R. S., CICKOVÁ, H., CRIPPEN, T. L., DAY, A., DICKE, M., DREW, D. J. W., EMHART, C., EPSTEIN, M., FINKLE, M., FISCHER, C. H., GATLIN, D., GRABOWSKI, N. T. H., HE, C., HECKMAN, L., HUBERT, A., JACOBS, J., KHANAL, S. K., KLEINFINGER, J. F., KLEIN, G., LEACH, C., LIU, Y., VERSTAPPEN, B., VICKERSON, A., YANG, H., YEN, A. L., YU, Z., ZHANG, J. AND L. ZHENG. 2015. Protecting the environment through insect farming as a means to produce protein for use as livestock, poultry, and aquaculture feed. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(4): 307–309.
- TURNER, K., GEORGIU, S., CLARK, R., BROUWER, R. AND J. BURKE. 2004. *Economic Valuation of water*

- resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management*. FAO paper reports No. 27. FAO. Roma, Italia.
- USFDA. UNITED STATES FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. 2016. *Defect Levels Handbook: The Food Defect Action Levels, Levels of natural or unavoidable defect in foods that present no health hazards for humans*. U.S. Department of Health and Human Services. Estados Unidos. Available online: <http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/guidancedocumentsregulatoryinformation/ucm056174.htm>. (Fecha de consulta: 30-I-2018).
- VAN HUIS, A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annual Review of Entomology*, 58(1): 563–583.
- WIJKSTROM, U. N. AND M. B. NEW. 1989. Fish for feed: a help or a hinderance to aquaculture in 2000? *INFOFISH International*, 6(89): 48–52.
- YEN, A. L. 2009A. Edible insects: traditional knowledge or western phobia? *Entomological Research*, 39(5): 289–298.
- YEN, A. L. 2009B. *Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. Proceedings of the Forest Insects as Foods: Humans Bite Back workshop, 19-21 February, Chiang Mai, Thailand*. Chiang Mai University, FAO. Bangkok, Thailand.
- YEN, A.L. 2015. Foreword: Books about edible insects in different languages. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(2): 85–86.
- YEN, A. L. AND J. VAN ITTERBEECK. 2016. No Taxonomists? No Progress. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2(4): 223–224.
- ZEDER, M. A. 2012. The domestication of animals. *Journal of Anthropological Research*, 68(2): 161–190.