



Review [Revisión]

INSECTOS COMESTIBLES: UNA ALTERNATIVA PARA COADYUVAR A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA (ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO 2014-2023)[†]

[EDIBLE INSECTS: AN ALTERNATIVE TO CONTRIBUTE TO FOOD SECURITY (BIBLIOMETRIC ANALYSIS 2014-2023)]

Claudio Romero-Díaz¹, Saúl Ugalde-Lezama¹, Armando Equihua-Martínez²,
Luis Antonio Tarango-Arámbula³ and Eduardo Valdés-Velarde^{1*}

¹ Universidad Autónoma Chapingo. Doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el desarrollo Sostenible. Departamento de Fitotecnia, km. 38.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56230, México. Emails: biologoinders@gmail.com; biólogo_ugalde@hotmail.com; valdevela@gmail.com

² Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Departamento de Entomología y Acarología, km. 36.5, Texcoco, Estado de México C.P. 56230, México. Email: equihuaa@colpos.mx

³ Colegio de Posgraduados Campus San Luis Potosí. Posgrado en Innovación en el Manejo de Recursos Naturales, Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí C.P. 78600. México. Email: ltarango@colpos.mx

* Corresponding author

SUMMARY

Background. Insects can contribute to food security; the FAO proposes this resource as an important pillar for the food of the future. **Objective:** To analyze scientific production on edible insects to understand current trends in this area of research and the gaps in knowledge. **Methodology.** A bibliometric analysis was applied, for which relationships between countries, authors and journals were identified, considering the period 2014-2023. **Results.** The author, journal and country with the greatest scientific impact linked to the study of edible insects were: Adámková, A, Foods and Poland, respectively. The most developed topic is linked to the analysis of food (feed), nutritional value, metabolism and animal experiments on diets made from insects. A projection of a scientific study aimed at food analysis and sustainability was shown. **Implications.** This work only presents information available in the Scopus database. Because it is a global resource, useful for the dissemination of scientific knowledge, it is limited to considering works published in search engines with a smaller scope. **Conclusions.** It was possible to analyze the scientific production related to edible insects and associated factors, showing the current trend on this line of research and its knowledge gaps. Areas of opportunity are visualized for the scientific community, as a strategy that contributes to food security.

Key words: *Tenebrio molitor*; *Archeta domesticus*; entomophagy; nutritional value; sustainability.

RESUMEN

Antecedentes. Los insectos pueden coadyuvar a la seguridad alimentaria, la FAO propone a este recurso como pilar importante hacia la alimentación del futuro. **Objetivo.** Analizar la producción científica sobre insectos comestibles para conocer la tendencia actual sobre esta línea de investigación y los vacíos de conocimiento. **Metodología.** Se aplicó un análisis bibliométrico, para ello se identificaron relaciones entre países, autores y revistas, considerándose el periodo 2014-2023. **Resultados.** El autor, revista y país con mayor impacto científico ligado al estudio de insectos comestibles fueron: Adámková, A, Foods y Polonia, respectivamente. El tema de mayor desarrollo está ligado al análisis de alimentos (piensos), valor nutricional, metabolismo y experimentos con animales sobre dietas elaboradas a partir de insectos. Se mostró una proyección de estudio científico dirigido al análisis de alimentos y la sustentabilidad. **Implicaciones.** Este trabajo solo presenta información disponible en la base de datos de Scopus, esto por ser un recurso

[†] Submitted May 7, 2024 – Accepted May 6, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5614>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = C Romero-Díaz: <http://orcid.org/0000-0003-0212-8385>; S Ugalde-Lezama: <http://orcid.org/0000-0002-0841-211X>; A Equihua-Martínez: <http://orcid.org/0000-0003-4392-3924>; LA Tarango-Arámbula: <http://orcid.org/0000-0002-7662-1319>; E Valdés-Velarde: <http://orcid.org/0000-0002-6226-7443>

de alcance mundial, útil para la difusión del conocimiento científico, se limita a considerar trabajos publicados en buscadores de menor alcance. **Conclusiones.** Se logró analizar la producción científica relacionada a los insectos comestibles y factores asociados, exhibiéndose la tendencia actual sobre esta línea de investigación y sus vacíos de conocimiento. Se visualizan áreas de oportunidad para la comunidad científica, como una estrategia que coadyuve a la seguridad alimentaria.

Palabras clave: *Tenebrio molitor*; *Archeta domesticus*; entomofagia; valor nutricional; sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria es uno de los principales retos que actualmente enfrenta la humanidad (Van Huis *et al.*, 2013). Se estima que para el año 2050 la población mundial superara los 9.1 mil millones de personas; esto supone un incremento masivo en la expansión de la producción agrícola-pecuaria para satisfacer las necesidades nutricionales (Pérez Vázquez *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2020; Meysing *et al.*, 2022). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala que aproximadamente 2 000 mil millones de personas en el mundo presentan inseguridad alimentaria, en niveles de moderado a grave, experimentando desnutrición crónica; entre ellos cerca de 150 millones de niños no consumen la proporción básica de nutrientes, limitando su crecimiento y desarrollo por falta de proteína y otros elementos (Rodríguez-Parrales *et al.*, 2023).

No obstante, la producción de ganado convencional para la provisión de proteínas, es una actividad cada vez más insostenible, se debe optar por productos alternos que compensen este requerimiento nutricional. Como una opción que pudiera mitigar el problema del hambre y la malnutrición, ligado a los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), la FAO propone el consumo de insectos (entomofagia) como pilar importante de la seguridad alimentaria del futuro (Van Huis *et al.*, 2013; Torres Gallegos y Camba Cortéz, 2019). Este recurso ofrece ventajas importantes sobre la producción convencional de alimentos, p.ej., alto contenido de minerales, grasas, vitaminas y proteínas; bajas emisiones de gases que contribuyen al calentamiento global; uso reducido de recurso hídrico y espacio; alta eficiencia de conversión alimenticia; y ciclo de vida corto (Van Huis *et al.*, 2013; Meysing *et al.*, 2022).

A pesar de los beneficios sociales, económicos y ambientales que ofrece el consumo de insectos, la principal limitante para la adopción de este recurso es la neofobia, comportamiento asociado al miedo y terror que provoca el rechazo por el consumo de nuevos alimentos (Rivero *et al.*, 2023). Se liga a la idea de que dichos organismos son repugnantes, sucios, desarrollan miedo, disgusto y representan un peligro (Ocampo Cadena, 2020). Así mismo, la práctica entomofágica constantemente se relaciona con un comportamiento primitivo que incrementa la baja

aceptación y consumo de tales organismos (Cartay, 2018).

Por otra parte, aún existen vacíos de conocimiento enfocados al tema de calidad nutricional (análisis bromatológicos), legislación, composición, procesos de elaboración, información nutricional, valores toxicológicos y alergenidad de alimentos; todo esto basado en los daños que pudiera provocar a la salud de sus consumidores (Sogari *et al.*, 2019; Knežević *et al.*, 2021; Lange y Nakamura, 2021a).

Una herramienta que permite conocer la información actual sobre las publicaciones científicas en cualquier tema de investigación basado en métodos matemáticos y estadísticos es la bibliometría (Pacheco-Almaraz *et al.*, 2021). Esta herramienta exhibe información científica relevante a través de diferentes indicadores que pueden clasificarse como unidimensionales, multidimensionales o relacionales. Este último estudia varios rasgos simultáneamente, estableciendo múltiples interrelaciones en las publicaciones o en los hábitos de investigación de los científicos (Abbasi y Altmann, 2010; Rodríguez Gutiérrez y Gómez Velasco, 2017). Cabe señalar que los resultados de dichos análisis se pueden representar gráficamente a través de mapas bibliométricos (que brindan datos cognitivos y de relaciones sociales) o mediante análisis de redes que permiten visualizar e interpretar de mejor manera la información sobre el tema de interés (Jain *et al.*, 2022).

Por lo anterior el objetivo del presente proyecto fue analizar la producción científica sobre insectos comestibles y factores asociados (entomofagia, neofobia, aspectos nutricionales, calidad e inocuidad). Esto mediante un análisis bibliométrico que permitió conocer la tendencia actual sobre esta línea de investigación y los vacíos de conocimiento. Para ello fueron formuladas las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son las tendencias de publicación referente al tema de insectos comestibles?; ¿Quiénes son los autores, revistas, organizaciones y países más productivos que contribuyen al campo de conocimiento sobre el tema en cuestión?; ¿Cuáles son los temas desarrollados y emergentes vinculados a los insectos comestibles? y ¿Cuáles son las proyecciones futuras de investigación sobre el tema en comento?

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso aplicado para el desarrollo del presente estudio consistió en tres etapas: 1) selección de fuentes de información y recopilación de datos; 2) fijación de indicadores y procesamientos de las unidades de análisis; 3) interpretación de resultados. El material de análisis estuvo conformado por un total de 88 artículos científicos derivados de la aplicación de criterios de búsqueda y exclusión, sobre un total inicial de 316 documentos digitales, derivados de la búsqueda en bases de datos de Scopus. Este buscador fue utilizado porque facilita el acceso al conocimiento (Echchakoui, 2020) y además, estas bases de datos son referentes a nivel internacional (Pranckutė, 2021; Rabelo Florez, 2023). Las directrices de búsqueda se enlistan en la Tabla 1.

Para el análisis de los datos se desarrollaron cuatro procesos bibliométricos: 1) análisis de citas; 2) co-ocurrencia de palabras; 3) cocitaciones de coautores; y 4) acoplamiento bibliográfico (Zupic y Čater, 2015). La herramienta utilizada para el análisis bibliográfico fue Biblometrix en el programa Rstudio (Aria y Cuccurullo, 2017), esta es una aplicación de uso gratuito, que permite el análisis con diferentes bases de datos, además es una herramienta que ha sido aplicada y corroborada por diferentes investigadores (Di Vaio *et al.*, 2021; Duque Hurtado *et al.*, 2021; Rabelo Florez, 2023). Para el análisis gráfico y agrupamiento de los datos se utilizó el software VOSviewer (Van Eck y Waltman, 2010; Rabelo Florez, 2023). Este gráfico, permite observar un análisis histórico del área científica de interés, además, ayuda al reconocimiento

de nuevas corrientes de investigación sobre la temática bajo estudio (Zuschke, 2020).

Tabla 1. Parámetros de búsqueda de la literatura científica consultada en las bases de Scopus.

Bases de datos	Scopus
Periodo de consulta	2014-2023
Fecha de consulta	26/06/2023
Criterios de búsqueda	Título, resumen, palabras clave
Tipo de revista	Acceso libre
Idioma	Ingles
Palabra o frases de búsqueda	(TITLE-ABS-KEY(entomophagy OR "edible insects" AND "Nutritional value")
Resultados	316
Resultados totales	88

RESULTADOS

Análisis histórico de la producción científica

Se registró un total de 88 documentos científicos, publicados entre 2014-2023. La recta de regresión ajustada, y el coeficiente de correlación entre años y número de publicaciones mostró un $R^2 = 0.4706$. Se logró evidenciar como a partir de 2019 se presentó un interés por parte de la comunidad científica hacia el estudio de dicho campo de conocimiento (Figura 1).

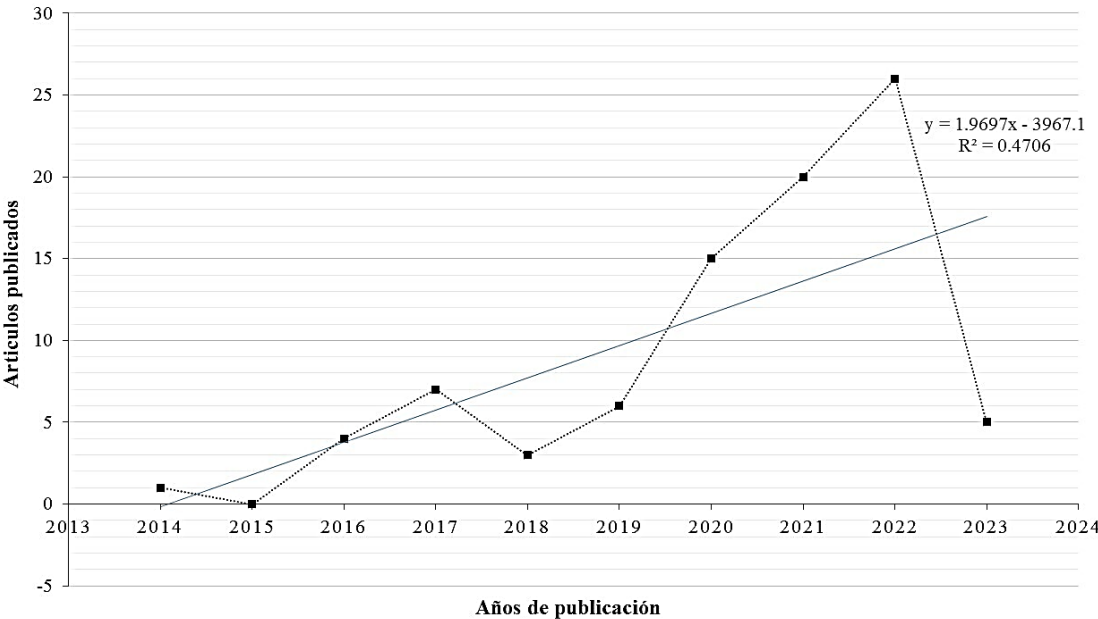


Figura 1. Publicaciones científicas registradas (2024-2023) sobre el tema de insectos comestibles.

Publicaciones científicas registradas por país

Referente a la producción científica registrada por país, el primer lugar lo lidera Polonia con 15 publicaciones (10.3 %), seguido por Corea del Sur con 11 (7.43 %) y Grecia con 8 (5.40 %). Se resalta a México como país latinoamericano, ocupa el cuarto lugar con un total de

7 publicaciones (4.72 %). Los primeros 10 países representan el 47.29 % de la producción científica mundial sobre el tema de insectos comestibles (Figura 2). La Figura 3 exhibe la producción científica sobre el tema bajo estudio, registrado en los diferentes países del mundo.

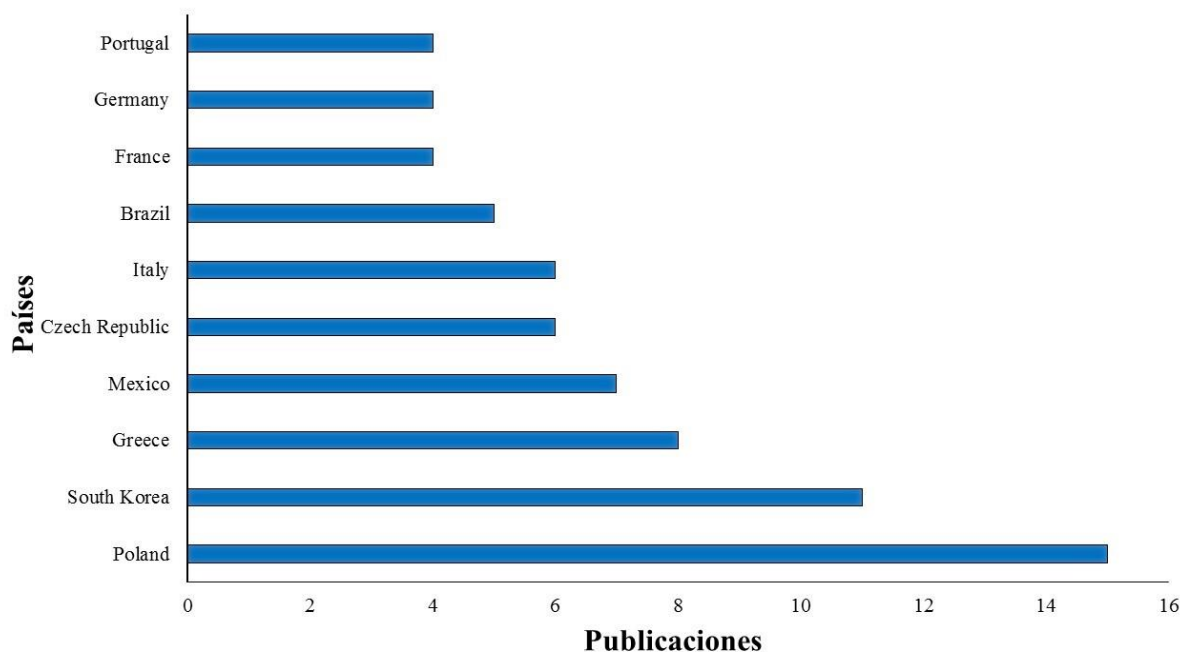


Figura. 2. Producción científica registrada por los 10 primeros países y su contribución sobre el tema de insectos comestibles.

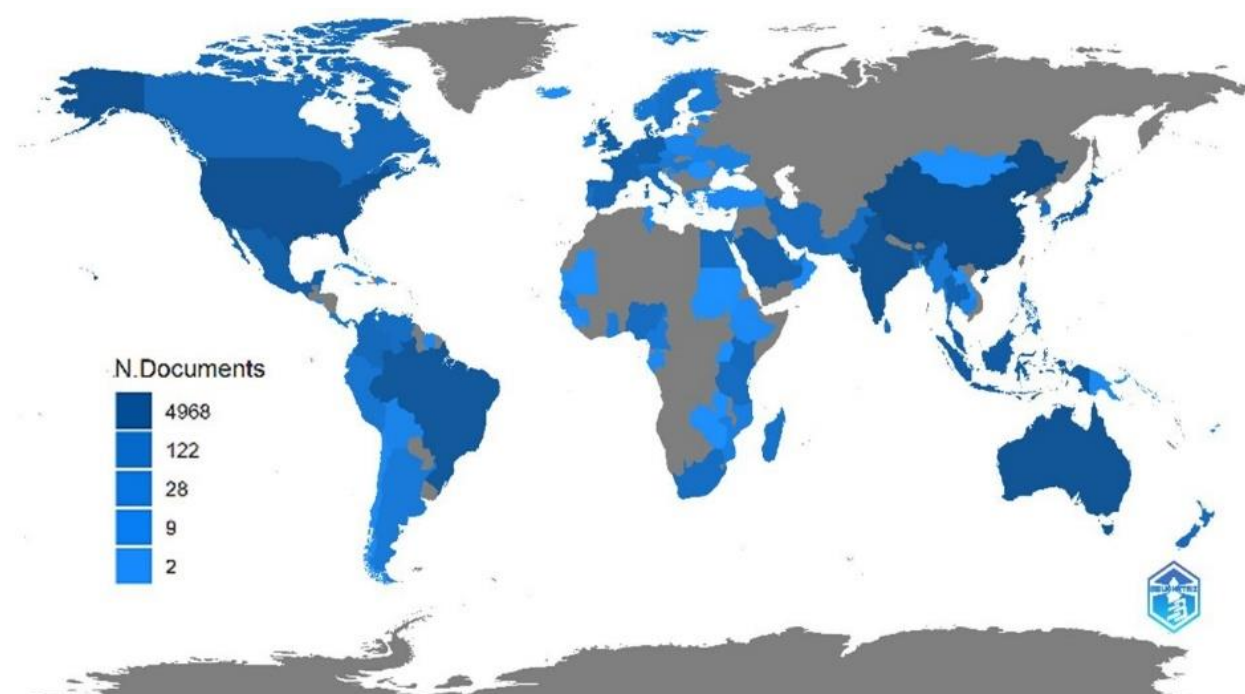


Figura. 3. Contribución científica sobre el tema de insectos comestibles registrados en los diferentes países.

Análisis de autores

De los 11 autores con mayor producción científica relacionada al tema bajo estudio, Adámková, A. ocupa el primer lugar vinculado a la Universidad Checa de Ciencias de la Vida Praga (5 publicaciones y 57 citaciones); Seguido por Mlček, J., perteneciente a la Universidad Tomas Bata de Republica Checa (4 publicaciones y 132 citaciones). Se advierte que Nakimbugwe, D. y Borkovcová, M. presentan 3 documentos y se integran entre los más citados a nivel mundial sobre dicha temática. Se puede inferir que, pese a que dichos autores presentan pocas

publicaciones, representan el mayor impacto científico sobre dicha línea de investigación (Tabla 2). Por su parte la Tabla 3 muestra los 10 artículos más citados a nivel mundial relativo al tema de insectos comestibles.

Co-citación de autores

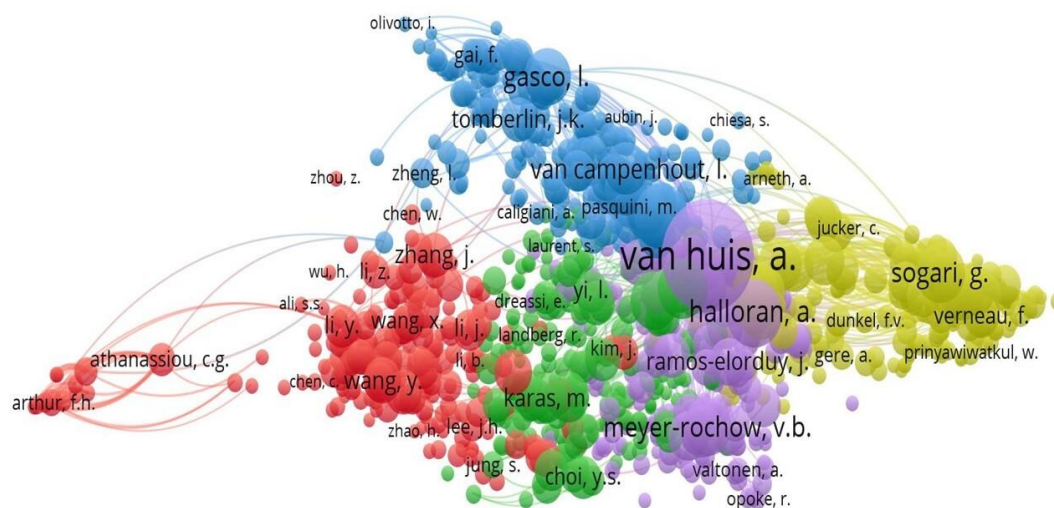
En el análisis de co-citación de autores de mayor representatividad en el campo de estudio mostró cinco grupos de investigadores que se aglomeran en una misma línea de investigación, dirigida al conocimiento de los insectos comestibles (Figura 4).

Tabla 2. Principales autores que abordan el tema de insectos comestibles a nivel mundial.

Autor	Documentos	Citaciones	País	Institución (afiliación)
Adámková, A.	5	57	República Checa	Departamento de Calidad de Productos Agrícolas, Facultad de Agrobiología, Alimentos y Recursos Naturales, Universidad Checa de Ciencias de la Vida Praga, Kamýcká
Mlček, J.	4	132	República Checa	Departamento de Análisis y Química de Alimentos, Facultad de Tecnología, Universidad Tomas Bata en Zlin, Zlin.
Kowalski, S.	3	34	Polonia	Departamento de Tecnología de Carbohidratos y Procesamiento de Cereales, Facultad de Tecnología de Alimentos, Universidad de Agricultura de Cracovia.
Mazurek, A.	3	34	Polonia	Departamento de Ciencias de los Productos Básicos, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Médica de Gdansk.
Mickowska, B.	3	34	Polonia	Departamento de Tecnología de Productos Vegetales e Higiene Nutricional, Facultad de Tecnología de Alimentos, Universidad de Agricultura de Cracovia
Mikulec, A.	3	34	Polonia	Universidad Estatal de Ciencias Aplicadas en Nowy Sącz
Skotnicka, M.	3	34	Polonia	Departamento de Ciencias de los Productos Básicos, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Médica de Gdansk.
Kowalczewski, P.Ł.	3	41	Polonia	Departamento de Tecnología de la Carne, Facultad de Ciencias de la Alimentación y Nutrición, Universidad de Ciencias de la Vida de Poznań, Poznań.
Chuck-Hernández, C.	3	18	México	Tecnológico de Monterrey, The Institute for Obesity Research, Monterrey 64849, México.
Nakimbugwe, D.	3	116	Uganda	Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad de Makerere, Kampala, Uganda.
Borkovcová, M.	3	130	República Checa	Departamento de Zoología, Pesca, Hidrobiología y Apicultura, Facultad de Agronomía, Universidad Mendel en Brno, Brno.

Tabla 3. Artículos científicos más citados a nivel mundial sobre el tema de insectos comestibles.

Autores	Título	Número de citas	Año de publicación
Oonincx D.G.A.B., Laurent S., Veenenbos M.E., van Loon J.J.A.	Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids	82	2020
Mwangi M.N., Oonincx D.G.A.B., Stouten T., Veenenbos M., Melse-Boonstra A., Dicke M., Van Loon J.J.A.	Insects as sources of iron and zinc in human nutrition	63	2018
Adámková A., Mlček J., Kouřimská L., Borkovcová M., Bušina T., Adámek M., Bednářová M., Krajsa J.	Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra	57	2017
Shantibala T., Lokeshwari R.K., Debaraj H.	Nutritional and antinutritional composition of the five species of aquatic edible insects consumed in Manipur, India	57	2014
Mancini S., Fratini F., Turchi B., Mattioli S., Dal Bosco A., Tuccinardi T., Nozic S., Paci G.	Former foodstuff products in <i>Tenebrio molitor</i> rearing: Effects on growth, chemical composition, microbiological load, and antioxidant status	56	2019
Alves A.V., Sanjinez-Argandoña E.J., Linzmeier A.M., Cardoso C.A.L., Macedo M.L.R.	Food value of mealworm grown on <i>acrocomia aculeata</i> pulp flour	53	2016
Nyangena D.N., Mutungi C., Imathiu S., Kinyuru J., Affognon H., Ekesi S., Nakimbugwe D., Fiaboe K.K.M.	Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa	51	2020
Manditsera F.A., Lakemond C.M.M., Fogliano V., Zvidzai C.J., Luning P.A.	Consumption patterns of edible insects in rural and urban areas of Zimbabwe: taste, nutritional value and availability are key elements for keeping the insect eating habit	46	2018
Ssepuuya G., Mukisa I.M., Nakimbugwe D.	Nutritional composition, quality, and shelf stability of processed <i>Ruspolia nitidula</i> (edible grasshoppers)	46	2017
Orkusz A.	Edible insects versus meat—nutritional comparison: Knowledge of their composition is the key to good health	45	2021

**Figura. 4.** Red de co-citación entre autores de documentos referentes al estudio de insectos comestibles para el periodo de 2014-2023.

Análisis de revistas

La Tabla 4, relaciona a las 10 revistas con mayor cantidad de publicaciones sobre el tema de insectos comestibles. El 80% de las revistas están categorizadas en Q1. La revista con más publicaciones registradas es la Revista Foods de Suiza, con un total de 11 publicaciones. La revista con mejor índice H según Scimago Journal and Country Rank (SJR) es Scientific Reports con un valor H = 282. La revista que tiene mejor factor de impacto (JCR) es Nutrients de Suiza con un valor de 6.7. En general, se puede observar que, pese a que algunas revistas tienen menos publicaciones, su índice H y factor de impacto es mayor, lo que implica que son revistas con mayor impacto dentro de la comunidad científica. Por su parte, la Figura 5 exhibe a las 10 revistas (Figura 5A) e instituciones (Figura 5B) con mayor número de publicaciones sobre el tema analizado.

Co-ocurrencia

A partir de un listado de 41 términos contemplados en el presente análisis bibliométrico, se desarrolló la caracterización de clústeres de asociación sobre distintos grupos temáticos (Figura 6). Se identificó que

los términos que pertenecen al mismo grupo muestran mayor correlación hacia cierta línea de investigación. Cabe señalar, que la designación del nombre de cada uno de los conglomerados se realizó en función de la mayoría de las palabras clave que lo formaron. En dicho sentido, para este período de análisis, se identificaron cuatro líneas de investigación: 1) Análisis químico del valor nutricional de *Archeta domesticus* y *Tenebrio molitor* (color rojo); 2) coleópteros como piensos para la alimentación de animales (color verde); 3) estudio comparativo del valor nutricional de los insectos y su efecto en hombres y mujeres (color azul) y 4) actitud en el consumo de insectos como una estrategia de seguridad alimentaria (color amarillo). Los grupos fueron integrados de acuerdo con los términos enlistados en la Tabla 5.

Análisis histórico

El análisis histórico sobre el tema en cuestión, exhibió una tendencia al estudio de insectos comestibles, particularmente *Archeta domesticus* y *Tenebrio molitor*. La comunidad científica está interesada en abordar temas dirigidos a la sostenibilidad, evaluación metabólica, determinación de aminoácidos y estudios comparativos (Figura 7).

Tabla 4. Revistas de mayor relevancia científica a nivel mundial sobre el tema de insectos comestibles.

Revista	Publicaciones	País	Factor de impacto (JCR)	Área temática	Índice H
Foods	11	Suiza	5.56 (Q1)	Ciencias Agrícolas y Biológicas Ciencia de los Alimentos Ciencia de las plantas	73
Molecules	6	Suiza	4.92 (Q1)	Multidisciplinario	199
Scientific Reports	5	Reino Unido	4.99 (Q1)	Multidisciplinario	282
Insects	3	Suiza	3.14 (Q1)	Ciencias agrícolas y Biológicas	53
Nutrients	3	Suiza	6.7 (Q1)	Ciencias agrícolas y Biológicas	178
Sustainability (switzerland)	3	Suiza	3.9 (Q1)	Multidisciplinario	136
Animals	2	Suiza	3.23 (Q1)	Multidisciplinario	60
CYTA-Journal of Food	2	Reino Unido	2.47 (Q2)	Multidisciplinario	40
European Food Research and Technology	2	Alemania	3.49 (Q2)	Multidisciplinario	116
Food Science and Nutrition	2	Reino Unido	3.55 (Q1)	Multidisciplinario	49

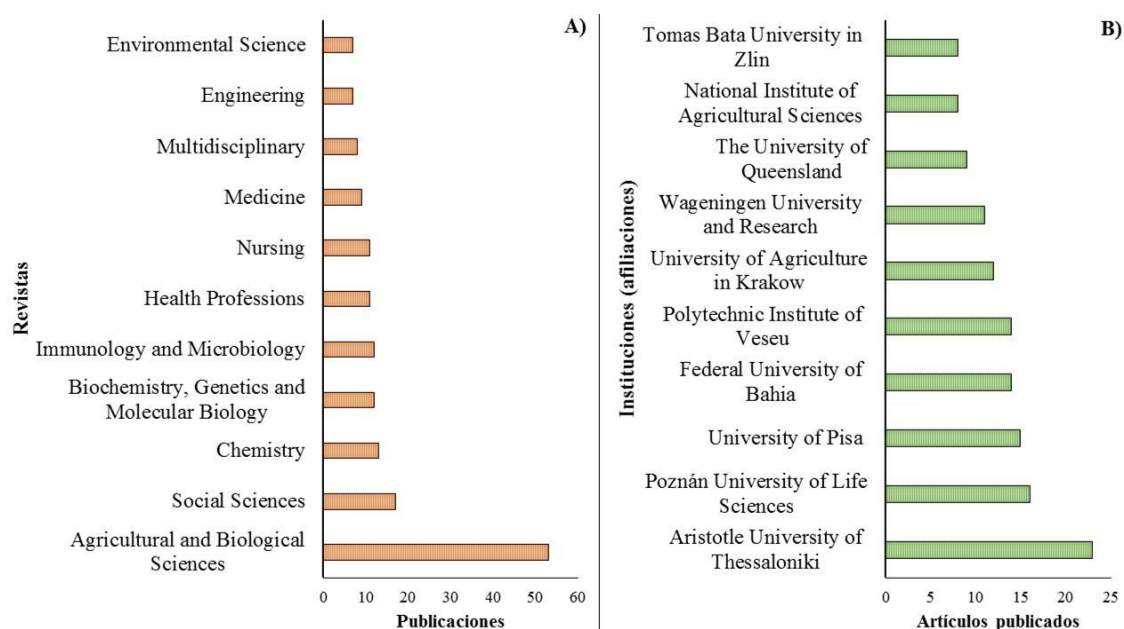


Figura. 5. Lista de revistas e instituciones con mayor número de publicaciones referentes al tema de insectos comestibles.

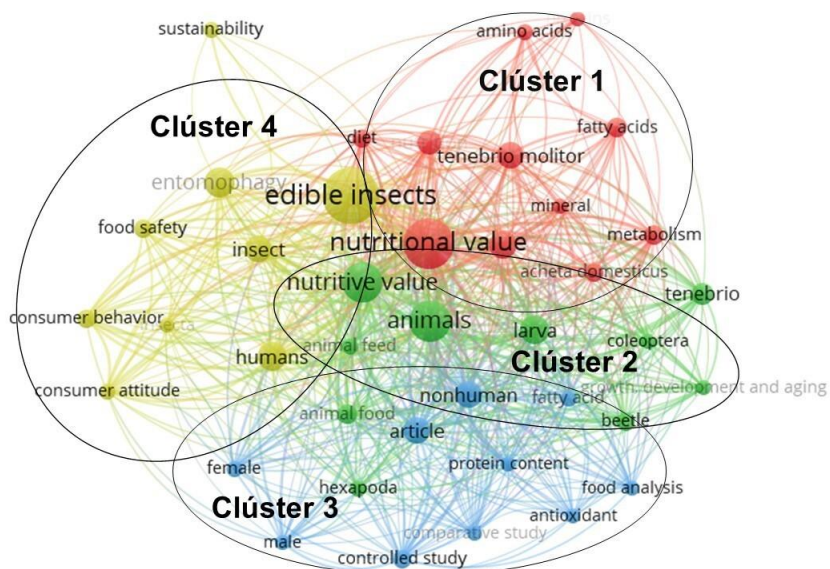


Figura. 6. Mapa bibliométrico de la red de co-ocurrencias con 41 términos seleccionados a partir de documentos referentes a los insectos comestibles en un periodo de 2014-2023.

Red de colaboración entre países

El país con mayor producción científica relacionada al tema de insectos comestibles está liderado por Polonia con un total de 15 publicaciones, seguido de Corea del Sur y Grecia (Tabla 6). En la Figura 8 se visualizan las redes de colaboración entre diferentes países que abordan contenidos relacionados al tema bajo estudio.

Mapa temático

Los temas del cuadrante superior derecho se caracterizan por una alta centralidad y alta densidad, por lo que se consideran temas ampliamente desarrollados e importantes para la comunidad científica. Los temas ubicados en el cuadrante superior izquierdo se caracterizan por una alta centralidad y baja densidad, y se consideran temas muy desarrollados y aislados, abordados por un grupo específico de investigadores, por lo que son

considerados temas de oportunidad o de nicho. Los temas con baja densidad y baja centralidad ubicados en el cuadrante inferior izquierdo se consideran emergentes y no muestran alta prioridad en su estudio. Los temas ubicados en el cuadrante inferior

derecho con baja densidad y baja centralidad son considerados estudios fundamentales pero que han sido poco abordados por los investigadores (Figura 9).

Tabla 5. Grupos temáticos de co-ocurrencias sobre el tema de insectos comestibles.

Clúster (N° y color)	Nombre	Términos
Clúster 1 (rojo)	Análisis químico del valor nutricional de <i>Archeta domesticus</i> y <i>Tenebrio molitor</i>	<i>Acheta domesticus</i> , amino acids, chemistry, diet, fatty acids, metabolism, mineral, nutrition, nutritional value, proteins, <i>Tenebrio molitor</i>
Clúster 2 (verde)	Coleópteros como piensos para la alimentación de animales	animal feed, animal food, animals, beetle, coleoptera, growth, development and aging, hexapoda, larva, nutritive value, <i>Tenebrio</i>
Clúster 3 (azul)	Estudio comparativo del valor nutricional de los insectos y su efecto en hombres y mujeres	antioxidant, article, comparative study, controlled study, fatty acid, female, food analysis, male, nonhuman, protein content
Clúster 4 (amarillo)	Actitud en el consumo de insectos como una estrategia de seguridad alimentaria	consumer attitude, consumer behavior, edible insects, entomophagy, food safety, humans, insect, insecta, sustainability

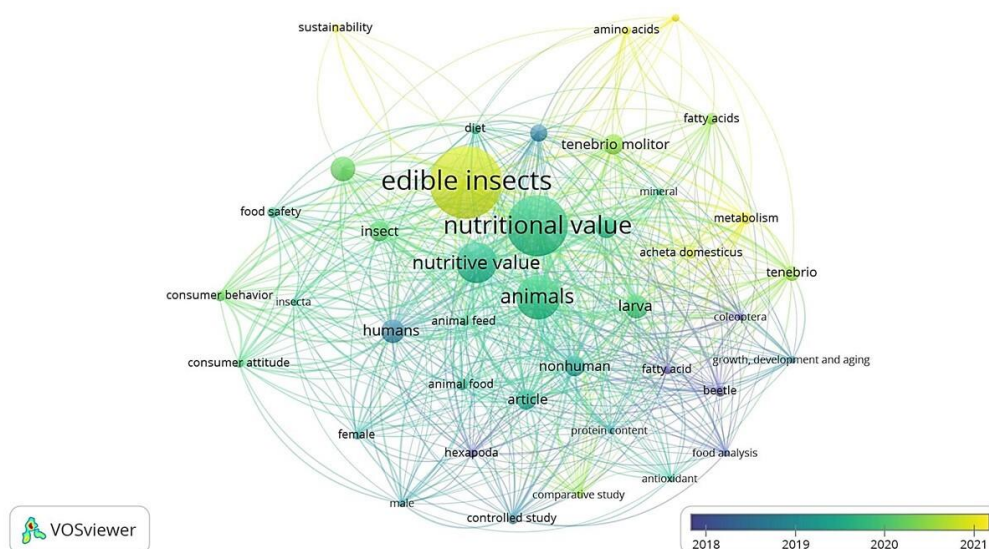


Figura. 7. Mapa bibliométrico del análisis histórico y la tendencia de estudio relacionado a los insectos comestibles.

Tabla 6. Detalle del clúster de emparejamiento bibliográfico entre países.

Clúster (N° y color)	Países	Artículos	Total de citaciones
Clúster 1 (rojo)	Republica Checa	6	152
	Francia	4	122
	Alemania	4	32
	Italia	6	118
	Sudáfrica	4	81
	Corea del Sur	11	127
Clúster 2 (verde)	Brasil	5	83
	Grecia	8	23
	México	7	33
	Portugal	4	37
Clúster 3 (azul)	Polonia	15	191
	Estados Unidos	4	83

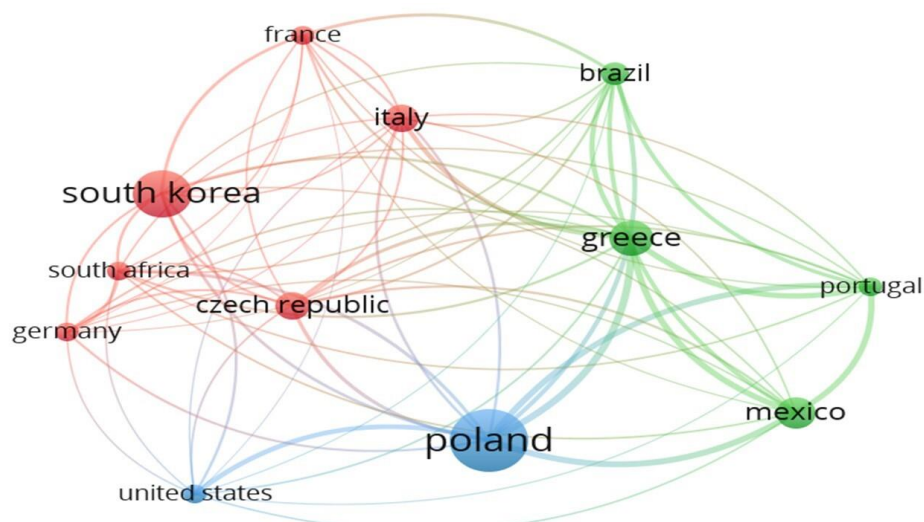


Figura. 8. Redes de colaboración entre países que desarrollan estudios dirigidos al tema de insectos comestibles.

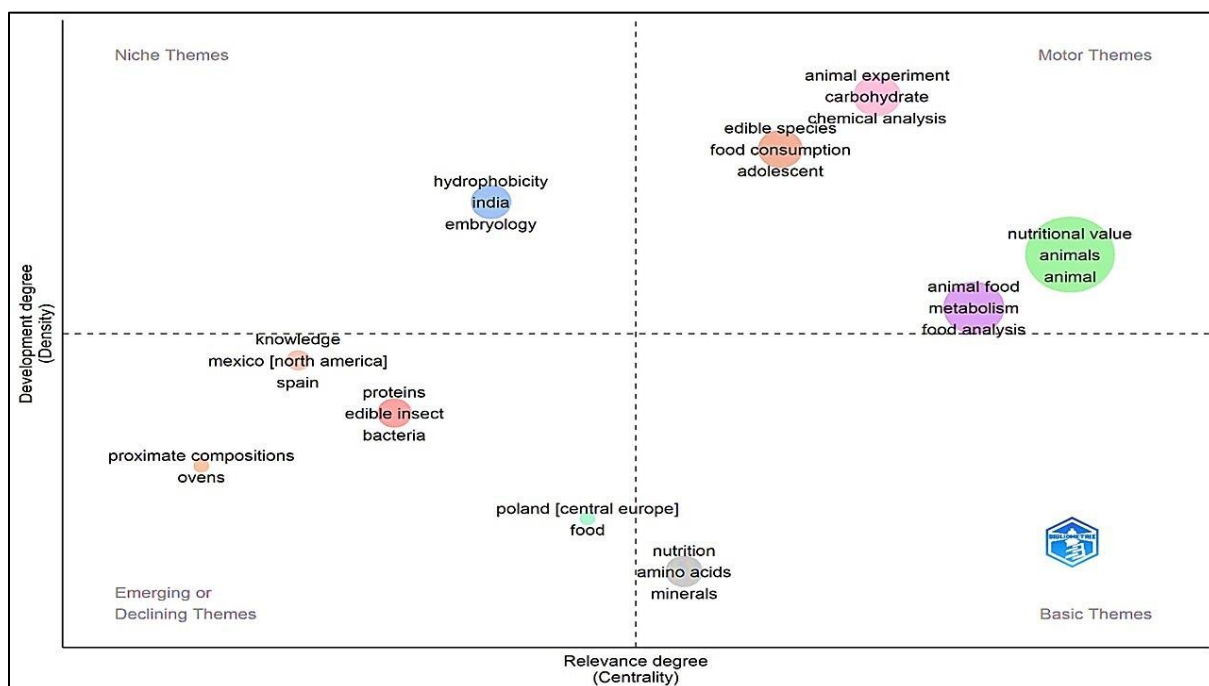


Figura. 9. Mapa temático de la situación actual y la tendencia que muestran los estudios relacionados al tema de insectos comestibles.

DISCUSIÓN

La tendencia actual del tema bajo estudio mostró que el recurso entomológico ha sido utilizado ampliamente alrededor del mundo, como alimento para animales y humanos. El potencial de incorporar este recurso como elemento que coadyuve a la seguridad alimentaria, así como la necesidad de estudiar su valor nutricional, calidad e inocuidad para incluirse en la industria alimentaria, ha mostrado una tendencia exponencial. Se abordan temas referentes a la sostenibilidad,

evaluación metabólica, determinación de aminoácidos, estudios comparativos y nivel de aceptación por parte de sus consumidores (Ververis *et al.*, 2022). Dicho comportamiento pudiera atribuirse a impulsores de conservación que buscan desarrollar alternativas de producción sostenible y amigables con el medioambiente, bajo principios éticos y saludables (Boehm *et al.*, 2021; Ververis *et al.*, 2022). En este contexto Ekmekcioglu *et al.* (2017) y Onwezen *et al.* (2021), señalan como dicha tendencia ha mostrado interés por parte de los consumidores, tomadores de

decisiones, desarrolladores de políticas y la industria alimentaria, ofreciendo opciones como sustituto de los recursos cármicos. La Unión Europea (UE) ha desarrollado la ley de “nuevos alimentos” considera a los insectos y sus derivados, destinados al consumo humano; dicha ley contempla un análisis interdisciplinario de valoración química, tecnología alimentaria, microbiología, nutrición humana y toxicología, esto con la finalidad de identificar y caracterizar los peligros y riesgos relacionados al consumo de nuevos alimentos (Ververis *et al.*, 2022). En este contexto la UE ha otorgado el permiso de consumo y comercialización de tres especies de insectos que ya han sido ampliamente estudiadas: gusano amarillo (*Tenebrio molitor*) (EFSA NDA *et al.*, 2021a), langosta migratoria (*Locusta migratoria*) (EFSA NDA *et al.*, 2021b) y grillo doméstico (*Acheta domestica*) (EFSA NDA *et al.*, 2021c). Sin embargo, dicha cifra es relativamente baja, ya que de acuerdo con Gasca-Álvarez y González (2022), a nivel mundial se registran alrededor de 2100 especies de insectos comestibles, por lo que el número de trabajos que otorgan valores analíticos sobre la incidencia de elementos endógenos o exógenos de posible preocupación toxicológica, es escaso. Se visualizan áreas de oportunidad y vacíos de conocimiento sobre el tema relacionado a los insectos comestibles, particularmente en análisis de aspecto nutricional, calidad de alimentos e inocuidad de dichos productos. Son escasas las publicaciones científicas relacionadas al análisis de insectos comestibles, exhibiéndose pocas redes de colaboración entre países. En general, el interés sobre el tema alimentario basado en insectos ha sido poco abordado por la comunidad científica. Los conceptos “entomofagia, insectos comestibles y valor nutricional” abarcan distintos campos de estudio. Sin embargo, no se abarcan líneas de investigación vistas desde una perspectiva de la ciencia pura, son estudios multidisciplinarios con alta transversalidad.

El consumo de insectos ha sido una práctica arraigada en diversas culturas a lo largo de la historia (Ramos-Elorduy, 2009). En diversos lugares del mundo, los insectos son una fuente de alimento rico en nutrientes y han sido incorporados a la dieta humana de varias formas. Este recurso se presenta como una alternativa sostenible y nutritiva en comparación con otras fuentes nutricionales de origen animal (Raheem *et al.*, 2019). En la actualidad ha aganado interés como una opción alimentaria innovadora y sostenible (Puzari, 2021); son una fuente valiosa de proteínas, grasas saludables, vitaminas y minerales (Lange y Nakamura, 2021b). En términos de valor nutricional, son una fuente importante de nutrientes esenciales (Chávez Vera, 2022). Por ejemplo, algunos insectos contienen una cantidad significativa de proteínas de alta calidad, comparable o incluso superior a la carne convencional. Además, muchos insectos son ricos en ácidos grasos omega-3, vitaminas del complejo B, minerales como

hierro y zinc, y fibra dietética (Gorbunova y Zakharov, 2021). La inclusión de insectos en la dieta puede contribuir a la diversificación de la ingesta de nutrientes, especialmente en comunidades donde se enfrentan desafíos nutricionales.

La cría de insectos para consumo humano tiene una huella ecológica menor en comparación con la producción de carne, ya que requiere menor superficie de tierra, agua y alimento para su producción (van Huis, 2015; van Huis y Oonincx, 2017; Barton *et al.*, 2020; Iseppi *et al.*, 2021). Se ha demostrado que la emisión de gases de efecto invernadero, derivado de la crianza de insectos es relativamente baja, contrastada con las emisiones ocasionadas por la producción de ganado vacuno (Anankware *et al.*, 2015).

A pesar de los beneficios nutricionales y ambientales que ofrece la producción y consumo de insectos, la aceptación y adopción de este recurso aún enfrenta desafíos culturales y psicológicos en diversos grupos sociales (Ocampo Cadena, 2020). Superar este desafío, requiere de educación continua sobre los beneficios que ofrecen, así como su presentación de una manera gastronómicamente atractiva para mitigar su rechazo (Hopkins *et al.*, 2023). Investigaciones futuras deberían continuar inspeccionando la relación entre la neofobia alimentaria y la aceptación de nuevos alimentos, al mismo tiempo deben desarrollarse estrategias para incrementar la exposición de estos organismos con el fin de crear familiaridad con este recurso alimenticio.

CONCLUSIONES

Se logró analizar la producción científica relacionada a los insectos comestibles y factores asociados, exhibiéndose la tendencia actual sobre esta línea de investigación y sus vacíos de conocimiento. El tema bajo análisis mostró un comportamiento de tipo exponencial en el desarrollo de publicaciones científicas. El autor, revista y país con mayor impacto científico ligado al estudio de insectos comestibles fueron: Adámková, A, Foods y Polonia, respectivamente. El tema de mayor desarrollo está ligado al análisis de alimentos (piensos), valor nutricional, metabolismo y experimento en animales con dietas elaboradas a partir de insectos. Se visualiza una proyección de estudio científico, dirigido al análisis de alimentos y la sustentabilidad. Son pocos los trabajos científicos relacionados al tema de insectos comestibles dirigidos al consumo humano. Se visualizan áreas de oportunidad para la comunidad científica, los cuales pudieran abordar el tema en comentario como una estrategia que coadyuve a la seguridad alimentaria.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). A la Universidad Autónoma Chapingo. Al doctorado en Ciencias en Agricultura Multifuncional para el Desarrollo Sostenible.

Funding. The authors received no specific funding for this work.

Conflict of interest. The authors declare they have no conflicts of interest.

Compliance with ethical standards. The characteristics of this research do not require ethics committee approval.

Data availability. Data are available from the first author (Claudio Romero Díaz), email biologoinders@gmail.com

Author contribution statement (CRediT).

C. Romero-Díaz: Conceptualization, Investigation, Methodology. **S. Ugalde-Lezama:** Project Administration, Resources, Validation. **A. Equihua-Martínez:** Visualization, Writing –original draft, Writing –review & editing. **L.A. Tarango-Arámbula:** Conceptualization, Investigation. **E. Valdés-Velarde:** Methodology, Writing –original draft, Writing –review & editing.

REFERENCES

- Abbasi, A. and Altmann, J., 2010. A Social Network System for Analyzing Publication Activities of Researchers Alireza. In *Paper Knowledge. Toward a Media History of Documents* (p. 161). South-Korea. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14481-3_5
- Anankware, P.J., Fening, K., Osekre, E. and Obeng-Ofori, D., 2015. Insects as Food and Feed: A Review. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 3(1), pp. 143–151.
- Aria, M. and Cuccurullo, C., 2017. Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), pp. 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Barton, A., Richardson, C.D. and McSweeney, M.B., 2020. Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*)-based protein powders. *Journal of Food Science*, 85(3), pp. 781–788. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15043>
- Boehm, E., Borzekowski, D., Ververis, E., Lohmann, M. and Böl, G., 2021. Communicating Food Risk-Benefit Assessments: Edible Insects as Red Meat Replacers. *Frontiers in Nutrition*, 8(1), pp. 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.749696>
- Cartay, R., 2018. Between shock and disgust: The consumption of insects in the amazon basin. The case of rhynchophorus palmarum (coleoptera curculionidae). *Revista Colombiana de Antropología*, 54(2), pp. 143–169. <https://doi.org/10.22380/2539472x.465>
- Chávez Vera, W.M., 2022. La entomofagia y la industrialización de los insectos: Una revisión sistémica. *Revista Estudiantil AGRO-VET*, 6(2), pp. 108-118. Retrieved from <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/136>
- Di Vaio, A., Palladino, R., Pezzi, A. and Kalisz, D., 2021. The role of digital innovation in knowledge management systems: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 123(1), pp. 220–231. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.042>
- Duque Hurtado, P.L., Meza Aguirre, O.E., Zapata Lesmes, G.A. and Giraldo Castellanos, J.D., 2021. Internacionalización de empresas latinas : evolución y tendencias. *Económicas*, 42(1), pp. 122–152. <https://doi.org/https://doi.org/10.17981/econuc.42.1.2021>
- Echchakoui, S., 2020. Why and how to merge Scopus and Web of Science during bibliometric analysis: the case of sales force literature from 1912 to 2019. *Journal of Marketing Analytics*, 8(1), pp. 165–184. <https://doi.org/10.1057/s41270-020-00081-9>
- EFSA NDA Panel, Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Kearney, J., Maciuk, A. et al. 2021a. Safety of dried yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(1), pp. e06343. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6343>
- EFSA NDA Panel, Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Maciuk, A. et al. 2021b. Safety of frozen and dried formulations from migratory locust (*Locusta migratoria*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(7), pp. e06667. <https://doi.org/https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6667>

- EFSA NDA Panel, Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Maciuk, A. et al. 2021c. Safety of frozen and dried formulations from whole house crickets (*Acheta domesticus*) as a Novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(8), pp. e06779. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6779>
- Ekmekcioglu, C., Wallner, P., Kundi, M., Weisz, U., Haas, W. and Hutter, H.P., 2017. Red meat, diseases, and healthy alternatives: a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), pp. 247–261. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1158148>
- Gasca-Álvarez, H. and González, W., 2022. Percepción y uso de insectos en las comunidades indígenas de Santa María de Itapinima y Piracemo, Mitú, Vaupés, Colombia. *Revista de La Sociedad Entomológica Argentina*, 81(3), pp. 1–16. <https://www.biotaxa.org/RSEA/article/view/77396>
- Gorbunova, N.A. and Zakharov, A.N., 2021. Edible Insects As a Source of Alternative Protein. a Review. *Theory and Practice of Meat Processing*, 6(1), pp. 23–32. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2021-6-1-23-32>
- Hopkins, I., Farahnaky, A., Gill, H., Danaher, J. and Newman, L.P., 2023. Food neophobia and its association with dietary choices and willingness to eat insects. *Frontiers in Nutrition*, 10(1), pp. 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1150789>
- Iseppi, L., Rizzo, M., Gori, E., Nassivera, F., Bassi, I. and Scuderi, A., 2021. Rasch Model for Assessing Propensity to Entomophagy. *Sustainability*, 13(8), pp. 1–21. <https://doi.org/10.3390/su13084346>
- Jain, J., Walia, N., Singh, S. and Jain, E., 2022. Mapping the field of behavioural biases: a literature review using bibliometric analysis. *Management Review Quarterly*, 72(3), pp. 823–855. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00215-y>
- Knežević, N., Grbavac, S., Palfi, M., Sabolović, M.B. and Brnčić, S.R., 2021. Novel food legislation and consumer acceptance - Importance for the food industry. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 33(2), pp. 93–100. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i2.2257>
- Lange, K. and Nakamura, Y., 2021a. Edible insects as a source of food bioactives and their potential health effects. *Journal of Food Bioactives*, 14(1), pp. 4–9. <https://doi.org/10.31665/jfb.2021.14264>
- Lange, K.W. and Nakamura, Y., 2021b. Edible insects as future food: chances and challenges. *Journal of Future Foods*, 1(1), pp. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.10.001>
- Lee, H.J., Yong, H.I., Kim, M., Choi, Y.S. and Jo, C., 2020. Status of meat alternatives and their potential role in the future meat market - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(10), pp. 1533–1543. <https://doi.org/10.5713/ajas.20.0419>
- Meysing, A., Fomeck, A.S. Razafindrakotomamonjy, A. and Dürr, J., 2022. Why socio-economic and attitudinal factors cannot predict entomophagy in rural areas of Madagascar. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(5), pp. 579–592. <https://doi.org/10.3920/JIFF2021.0086>
- Ocampo Cadena, J.A., 2020. Percepciones sobre el consumo de insectos como sustituto de las fuentes de proteínas tradicionales en los consumidores hispanohablantes. *Revista Kavilando*, 12(2), pp. 413–228. <https://kavilando.org/revista/index.php/kavilando/article/view/406>
- Onwezen, M., Bouwman, E., Reinders, M. and Dagevos, H., 2021. A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*, 159(1), pp. 105058. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.appet.2020.105058>
- Pacheco-Almaraz, V., Palacios-Rangel, M.I., Martínez-González, E.G., Vargas-Canales, J.M. and Ocampo-Ledesma, J.G., 2021. La especialización productiva y agrícola desde su análisis bibliométrico (1915-2019). *Revista Espanola de Documentacion Cientifica*, 44(3), pp. 1–15. <https://doi.org/10.3989/REDC.2021.3.1764>
- Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D.A. and Gómez Merino, F.C., 2018. Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), pp. 175–189. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.857>

- Pranckutė, R. 2021., Web of science (Wos) and scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications*, 9(1), pp. 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Puzari, M., 2021. Prospects of entomophagy. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(3), pp. 1989–1992. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00317-2>
- Rabelo Florez, R., 2023. Bacterias y hongos utilizados en la biodegradación de hidrocarburos: Una Revisión de literatura y Análisis Bibliométrico. *Revista EIA*, 20(39), pp. 1–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1622>
- Raheem, D., Raposo, A., Oluwole, O.B., Nieuwland, M., Saraiva, A. and Carrascosa, C., 2019. Entomophagy: Nutritional, ecological, safety and legislation aspects. *Food Research International*, 126(1), pp. 108672. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108672>
- Ramos-Elorduy, J., 2009. Anthro-entomophagy: Cultures, evolution and sustainability. *Entomological Research*, 39(5), pp. 271–288. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2009.00238.x>
- Rivero, R., Amato, M., Verneau, F. and La Barbera, F., 2023. The Interaction between Message Sensation Value and Food Neophobia in Communication about Insect-Based Foods: An Experiment with Italian Consumers(Article). *Nutrientes*, 15(1), pp. 1–12. <https://doi.org/10.3390/nu15010191>
- Rodríguez-Parrales, D.H., Erazo-Balladares, L., Delgado-Rubén, J. and Legton-Solórzano, M., 2023. Incidencia de desnutrición en niños del Ecuador. *Polo de Conocimiento*, 8(3), pp. 2243–2255. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i3>
- Rodríguez Gutiérrez, J.K. and Gómez Velasco, N.Y., 2017. Redes de coautoría como herramienta de evaluación de la producción científica de los grupos de investigación. *Revista General de Información y Documentación*, 27(2), pp. 279–297. <http://dx.doi.org/10.5209/RGID.58204>
- Sogari, G., Amato, M., Biasato, I., Chiesa, S. and Gasco, L., 2019. The potential role of insects as feed: A multi-perspective review. *Animals*, 9(4), pp. 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani9040119>
- Torres Gallegos, F. and Camba Cortéz, A.C., 2019. Contribución de los insectos comestibles a la seguridad alimentaria. *Revista Científica Aristas*, 1(2), pp. 5–17. Retrieved from https://revistacientificaistjba.edu.ec/images/joomgallery/details/gallery_2/gallery_1_9/volpdf1.pdf#page=6
- Van Eck, J. and Waltman, L., 2010. *Software survey: Vosviewer, a computer program for bibliometric mapping*. Scientometrics. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P., 2013. Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. In E. Rojas-Briales, E., y Van den Ende (Ed.), *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO FOREST, Vol. 97). <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>
- van Huis, A., 2015. Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security*, 4(1), pp. 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>
- van Huis, A. and Oonincx, D.G.A.B., 2017. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(5), pp. 4–14. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8>
- Ververis, E. Boué, G., Poulsen, M., Pires, S.M., Niforou, A., Thomsen, S.T., Tesson, V., Federighi, M. and Naska, A., 2022. A systematic review of the nutrient composition, microbiological and toxicological profile of *Acheta domesticus* (house cricket). *Journal of Food Composition and Analysis*, 114(1), pp. 104859. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104859>
- Zupic, I. and Čater, T., 2015. Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), pp. 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>
- Zuschke, N., 2020. An analysis of process-tracing research on consumer decision-making. *Journal of Business Research*, 111(1), pp. 305–320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.01.028>