

# Análisis físico y químico proximal, de tres especies de insectos comestibles en Guerrero, México

Proximal physical and chemical analysis of three species of edible insects in Guerrero, Mexico

Mayra Liliana Barrios-Morales<sup>1</sup>, Xóchitl Paola Peralta-García<sup>1</sup>, Ricardo Salazar<sup>2</sup> , Yanik Ixchel Maldonado-Astudillo<sup>1, 3\*</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas s/n. Ciudad Universitaria Sur, Col. La Haciendita, 39090. Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

<sup>2</sup>Centro de Innovación, Competitividad y Sostenibilidad (CICS). Universidad Autónoma de Guerrero. Calle Pino s/n Col. El Roble, 39640. Acapulco, Guerrero, México.

<sup>3</sup>CONACyT-Universidad Autónoma de Guerrero, Av. Javier Méndez Aponte No. 1, Fracc. Servidor Agrario, 39070. Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México.

\*Autor de correspondencia: yimaldonado@uagro.mx

## RESUMEN

### Fecha de recepción:

1 de junio de 2022

### Fecha de aceptación:

9 de septiembre de 2022

### Disponible en línea:

31 de diciembre de 2022

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercia-

CompartirIgual 4.0

Internacional

La entomofagia se realiza desde la época de Aristóteles (345 a.C.) y continua hasta nuestros días. En México los insectos representan una fuente de alimento importante principalmente en áreas rurales, como parte de su economía natural o de subsistencia. En este estudio se determinaron los atributos físicos (medidas morfométricas, color y textura), composición química (humedad, cenizas, carbohidratos, lípidos, proteínas, fenoles totales) y actividad atrapadora de radicales libres de tres especies de insectos comestibles colectados en el estado de Guerrero, México. Los resultados muestran que, de los insectos analizados, el chapulín (*Sphenarium purpurascens* Charpentier; Orthoptera: Pyrgomorphidae) posee el mayor tamaño, peso, contenido de proteína cruda (53.44 %), carbohidratos (15.53 %) y cenizas (3.29 %). El jumil (*Atizies taxcoensis* Ancona; Hemiptera: Pentatomidae) posee la mayor dureza, contenido de fenoles y junto con *S. purpurascens*, tiene la mayor capacidad atrapadora del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Se concluye que los insectos analizados poseen un contenido nutricional adecuado como alimento tradicional; siendo el chapulín el que posee mejores atributos nutrimentales y alta capacidad atrapadora de radicales libres.

## PALABRAS CLAVE:

Insectos comestibles, aporte nutrimental, revalorización.

## ABSTRACT

Entomophagy dates to the time of Aristotle (345 BC) and continues to this day. In Mexico, insects represent an important food source, mainly in rural areas, as part of their natural or subsistence economy. In this study, the physical attributes (shape, size, color and texture), chemical composition (moisture, ash, carbohydrates, lipids, proteins, total phenols) and free radical scavenging activity of three species of edible insects collected in Guerrero state (Mexico) were determined. The results show that grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Charpentier; Orthoptera: Pyrgomorphidae) was the largest size, weight, crude protein (53.44 %), carbohydrates (15.53 %) and ashes content (3.29 %). Jumil (*Atizies taxcoensis* Ancona; Hemiptera: Pentatomidae) was the highest hardness, phenol content and, together with *S. purpurascens*, were the highest DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging capacity. It is concluded that all the insects analyzed have adequate nutritional content as traditional food; highlighting the grasshopper which has better nutritional attributes and high free radical scavenging capacity.

## KEYWORDS:

Edible insects, nutritional supply, revalorization.

## INTRODUCCIÓN

La creciente población mundial genera un aumento en la demanda de alimentos, lo que requiere un incremento de su producción y en consecuencia genera una alta presión sobre el medio ambiente, los recursos hídricos y la biodiversidad (Avendaño et al. 2020). Actualmente, proliferan diversas dietas alimenticias poco comunes en algunos grupos de población, algunas con características tradicionales hasta dietas extravagantes e incluso perjudiciales. Algunas dietas aparentemente perjudiciales, son la expresión de tradiciones y hábitos de determinados grupos humanos. La globalización, la migración y la transmisión de información casi instantánea, nos obliga a analizar con cautela cualquier tendencia alimentaria no común, con la finalidad de contar con una alimentación normal, suficiente y equilibrada.

Una de estas tendencias es la dieta a base de insectos. Esta dieta se ha llevado a cabo en diversos lugares de México, Sudamérica y Asia, desde tiempos inmemoriales, y en muchas zonas está plenamente aceptada (Zaragozano 2018). El humano se alimenta de insectos consciente e inconscientemente desde la antigüedad. En la Biblia y en el Corán se citan a los insectos como parte de la alimentación humana. Aristóteles ya recomendaba alguna receta elaborada con cigarras en su fase de ninfa. Sin embargo, la entomofagia, representaba un complemento de la alimentación (Salas et al. 2005).

Los insectos constituyen el grupo de animales terrestres mayormente representados en el planeta, así como también se caracterizan por ser un recurso natural renovable por su disponibilidad y abundancia ya que contienen un alto valor nutritivo (Ramos-Elorduy y Viejo Montesino 2007). El uso de insectos en la dieta humana es muy variable. La evidencia sugiere que la entomofagia destaca de manera significativa en la evolución, la prehistoria y la historia de la dieta humana. Los hábitos alimentarios en las culturas son muy diferentes, desde evitar el consumo de insectos de manera permanente, hasta el consumo ocasional y permanente de los mismos (Raubenheimer y Rothman 2013).

Considerando la importancia de los insectos como fuente de alimento y su disponibilidad, resulta importante favorecer la práctica de la entomofagia (hábito de consumir insectos o sus derivados) como

alternativa alimenticia para combatir la mal nutrición y la desnutrición, puesto que la ingestión de proteínas y calorías de los alimentos procesados es insuficiente para alcanzar una buena nutrición; en cambio los insectos proporcionan nutrientes de alta calidad en comparación con la carne de res y el pescado (Avendaño 2020).

Se estima que el consumo de insectos (entomofagia) es practicado por al menos 2 mil millones de personas en el mundo (FAO 2021). Los insectos son consumidos en todas las etapas de crecimiento (huevos, larvas, pupas y adultos) y la mayoría de ellos son recolectados de la naturaleza (Van Huis et al. 2013). Alrededor de 2,111 especies de insectos se incluyen en la dieta humana en 140 países (Jongema 2017). No obstante, los datos disponibles sobre las cantidades de insectos consumidos en todo el mundo son escasos.

Los insectos con mayor consumo son los coleópteros (escarabajos; 31 %), lepidópteros (mariposas y orugas; 18 %), himenópteros (abejas, avispas y hormigas; 14 %), ortópteros (chapulines, langostas y grillos; 13 %), hemípteros (chinchas y jumiles; 10 %), isópteros (termitas; 3 %), odonatos (libélulas; 3 %), dípteros (moscas; 2 %) y otros ordenes (5 %) (Van Huis et al. 2013).

En México se tienen registros de 525 especies de insectos comestibles, de los cuales el 87 % son terrestres y el 13 % provienen de ecosistemas acuáticos; del total de especies el 55.8 % se consumen en estados inmaduros (huevo, larva, pupa, ninfa) y el 44.2 % como adultos (Ramos-Elorduy y Viejo Montesinos 2007).

La importancia potencial de los insectos y artrópodos como fuente de proteína de alta calidad fue valorada para las generaciones pasadas; y es posible que esta práctica recupere su relevancia en el futuro próximo debido al crecimiento bajo de la economía y a la disponibilidad de los alimentos. En 2030 se deberá alimentar a más de 9,000 millones de personas, miles de millones de animales que se crían anualmente con fines alimentarios, recreativos y como mascotas (FAO 2021). Una estrategia para abordar la seguridad alimentaria es la cría de insectos (Raubenheimer y Rothman 2013; Apolo-Arévalo y Lannacone 2015). Los jumiles, chicatana y chapulines son insectos de importancia en la gastronomía tradicional del estado de Guerrero; no obstante, su abundancia está disminuyendo debido

principalmente a la destrucción de sus hábitats. Por lo que generar conocimiento que muestre el aporte nutrimental que aportan en la alimentación puede contribuir a su revaloración y conservación. En el presente estudio se determinaron los atributos físicos (medidas morfométricas, color y textura), composición química (humedad, cenizas, carbohidratos, lípidos, proteínas, fenoles totales) y actividad atrapadora de radicales libres de tres especies de insectos comestibles colectados en el estado de Guerrero, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material biológico.** Se utilizó 1 kg de insectos comestibles en etapa adulta de las siguientes especies *Atizies taxcoensis* Ancona; Hemiptera: Pentatomidae (jumil) colectado en la localidad Taxco de Alarcón, *Atta mexicana* Smith; Hymenoptera: Formicidae (chicatana) procedente del municipio de Tecoaapa y *Sphenarium purpurascens* Charpentier; Orthoptera: Pyrgomorphidae (chapulín) del poblado de Xochipala, Estado de Guerrero, México. Después de la colecta, los insectos fueron distribuidos en dos partes. Una parte de insectos fue llevado al Laboratorio integral de Fauna Silvestre de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero, montados y etiquetados para su identificación utilizando claves taxonómicas disponibles para los diferentes órdenes, Hemiptera-Heteroptera (Rivera 1977; Rolston et al. 1980; Thomas 2000); Hymenoptera (Cibrián et al. 1995), y Orthoptera (Barrientos 2002; Kevan 1977; Márquez 1962). La otra parte de insectos fue trasladada al laboratorio de investigación en Bromatología y Tecnología de alimentos de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Guerrero, donde fueron liofilizados, conservados y guardados hasta su utilización.

**Análisis físico.** Se seleccionaron al azar 15 ejemplares de cada especie para evaluar medidas morfométricas, color y textura. Se tomaron las medidas morfométricas (diámetro longitudinal y diámetro transversal) y peso de los insectos. El peso se determinó con una balanza digital (OHAUS®, mod. PR822N/E, Nueva Jersey, Estados Unidos) con una sensibilidad de 0.1 g, mientras que los diámetros longitudinales (DL) y transversal (DT) fueron medidos con un vernier

(MITUTOYO® MOD. CD-6" CSX, Kawasaki, Japón) con una sensibilidad de 0.01mm.

La determinación de color se realizó con ayuda de un espectrómetro (X-rite® mod. Ci62, Michigan, Estados Unidos). Se utilizó el sistema CIE Lab, para posteriormente convertirlo al sistema C (cromaticidad) y Hue (matiz), utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{croma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}^{1/2}$$

$$\text{Hue}^\circ = \tan^{-1} (b^*/a^*)$$

$$L^* = (100 = \text{blanco}, a\ 0 = \text{negro})$$

Donde  $a^*$  = [negativo (verde) a positivo (rojo)],  $b^*$  = [negativo (azul) a positivo (amarillo)]. El iluminante empleado fue D65, a 10° del observador.

Se realizó un análisis de resistencia a la compresión con ayuda de un texturómetro (TA.XT® plus, Texture Technologies Corp, Scarsdale, Nueva York, Estados Unidos). El análisis fue destructivo con 15 unidades experimentales de cada especie. Las muestras fueron comprimidas con una sonda de compresión de 75 mm de diámetro con una celda de carga de 25 kg a una velocidad de 2 mm s<sup>-1</sup> hasta lograr 20 % de compresión del diámetro transversal del insecto. A partir de los resultados se calculó la dureza (N), fuerza necesaria para generar una deformación de la muestra.

**Análisis químico.** Los insectos liofilizados fueron molidos hasta obtener una harina (tamiz con un tamaño de poro de 0.25 mm). Las harinas de los insectos se analizaron por triplicado: contenido de proteína (46-16.01), extracto etéreo (30-25.01) y ceniza (8-1.01). Para ello se usaron los métodos estándar de la Asociación Americana de Químicos de Cereales Internacional (AACC 2000). El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia.

**Contenido de fenoles totales.** El contenido de polifenoles total de las muestras fue determinado usando el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu descrito por De la Parra et al. (2007). Se utilizó como estándar ácido gálico (AG) y los resultados se expresaron en mg<sup>EAG</sup> por g de extracto.

**Determinación de la actividad antirradicalaria.** La actividad atrapadora de radicales libres de los extractos de insectos diluidos en una solución de dimetilsulfóxido (DMSO) al 10 %, se determinó por el método del 1,1-Difenil-2-Picril-Hidrazilo (DPPH), de acuerdo con lo sugerido por Thaipong et al. (2006). Se utilizó como control la solución de DMSO al 10 %.

Se comparó la inhibición (%) en función de la concentración de extracto utilizado para obtener el valor de la concentración de inhibición media ( $CI_{50}$ ), definida como la concentración de extracto requerido para atrapar el 50 % de los radicales DPPH. Los resultados se expresaron como  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}$  de extracto.

**Análisis estadístico.** Para el análisis estadístico de todas las determinaciones, se utilizó un análisis de varianza ANOVA de una sola vía. Las diferencias entre los diferentes grupos se determinaron con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). El ANOVA y la comparación de medias se realizaron con el programa GraphPad Prism® V. 6.01.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis físico.** Las especies estudiadas se muestran en la figura 1. Los resultados del análisis morfométrico indican que el chapulín posee el mayor tamaño y peso (Cuadro 1) y la chicatana, el menor. La forma de los insectos es cilíndrica para el chapulín y la chica-

tana; siendo evidente la segmentación (cabeza, tórax y abdomen) en *A. mexicana*. El jumil presentó una forma aplanada. El tamaño y forma del jumil es similar a lo reportado por Silva-García et al. (2018) para *Edessa bifida* y *E. championi*, dos especies de jumiles de la región de Taxco, Guerrero, México (14-18 mm).

Los parámetros de color (Cuadro 2) de *A. mexicana* indican que tiene una luminosidad baja ( $L^*=10.5$ ), matiz predominantemente rojo ( $^{\circ}\text{H}= 46.64$ ) y una saturación baja ( $C=17.44$ ). *Sphenarium purpurascens* presentó un valor en luminosidad media baja ( $L^*= 25.14$ ), un matiz predominantemente verde ( $^{\circ}\text{H}= 66.8$ ) y una saturación baja ( $C= 12.22$ ), por último *A. taxcoensis* obtuvo una luminosidad media baja ( $L^*= 27.25$ ), un matiz marrón ( $^{\circ}\text{H}= 61.92$ ) y una saturación muy baja ( $C= 9.79$ ).

El tamaño y color de los insectos varía durante las diferentes etapas de desarrollo. El color en los artrópodos ha sido poco estudiado; sin embargo, se conoce que está ligado con funciones de termorregulación, selección sexual, función críptica de defensa contra depredadores. También se ha reportado que los insectos de color verde desarrollan colores marrones



Figura 1. Insectos analizados en el estudio, procedentes de Guerrero, México: A) jumil, B) chicatana, C) chapulín.

**Cuadro 1. Medidas morfométricas de tres especies de insectos procedentes del estado de Guerrero, México; con potencial como alimento.**

Especie	Peso (g)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Forma
<i>Atizies taxcoensis</i>	0.19 ± 0 a*	14 ± 0.9 a	7.5 ± 1.1 b	Aplanada
<i>Atta mexicana</i>	0.25 ± 0 a	18.50 ± 0.9 b	6.35 ± 0.9 a	Cilíndrica y segmentada
<i>Sphenarium purpurascens</i>	0.78 ± 0 b	28.65 ± 1.1 c	7.56 ± 1.2 b	Cilíndrica

Nota: Promedio de 10 repeticiones ± la desviación estándar. \*Las letras indican diferencias significativas entre los tratamientos.

**Cuadro 2. Parámetros de color de tres especies de insectos procedentes del estado de Guerrero, México; con potencial como alimento.**

Especie	L*	C*	°h
<i>Atizies taxcoensis</i>	27.25 ± 2 a*	9.79 ± 2 a	61.92 ± 3 ab
<i>Atta mexicana</i>	10.59 ± 4 b	17.44 ± 6 a	46.64 ± 3 b
<i>Sphenarium purpurascens</i>	25.14 ± 4 ab	12.22 ± 2 a	66.83 ± 3 ab

Nota: Promedio de 5 repeticiones ± la desviación estándar. \*Las letras indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

conforme envejecen (Cueva del Castillo 2001; Toro et al. 2003).

Desde el enfoque alimentario, es deseable que los insectos tengan tamaño, formas y colores convencionales y atractivos para que el comensal lo apruebe visualmente antes de degustarlo. En el caso de los organismos estudiados, los atributos de tamaño, forma y tamaño corresponden a los esperados por los consumidores.

En relación con la textura, se observó que *A. taxcoensis* presentó la mayor dureza (82 N), soportando la mayor fuerza de compresión (Figura 2), por el contrario *A. mexicana* presentó la menor (17 N). La forma aplana del jumil permite que la fuerza de compresión se distribuya en un área mayor, lo cual contribuye a incrementar la resistencia del exoesqueleto. La dureza del jumil es similar a lo reportado para maíz criollo morado ( $79.0 \pm 4.5$  N) (Maldonado-Astudillo et al. 2021). La dureza de la cutícula en los insectos es debido principalmente a la estructura y organización de las microfibras de quitina, el número de enlaces entre las proteínas y la quitina, y la presencia de surcos, crestas o plegamientos en su estructura (Toro et al. 2003).

Las propiedades sensoriales son criterios importantes que acompañan el consumo de insectos comestibles. El sabor, textura, aroma y color son muy diversos. El exoesqueleto de los insectos es el principal responsable de su textura. Los insectos generan sonidos crujientes al comerlos, el cual asemeja al sonido de alimentos de amplio consumo como galletas saladas, tostadas, pretzels, etc. El color agradable no siempre indica que un insecto sea delicioso, ya que, durante la cocción, procesamiento o almacenamiento, el color del insecto suele cambiar de los tonos originales a rojo, marrón o negro (Kouřimská y Adámková 2016).

**Análisis químico.** En relación con el análisis químico proximal (Cuadro 3) se encontraron diferencias estadísticas entre las muestras analizadas, siendo los chapulines (*S. purpurascens*) los insectos con el mayor contenido de proteína cruda (53.44 %), carbohidratos (15.53 %) y cenizas (3.29 %). Las chicatanas (*A. mexicana*) presentaron el mayor contenido de humedad (44.94 %) y menor contenido de proteína cruda. Los jumiles (*A. taxcoensis*) poseen el mayor contenido de lípidos.

Algunos autores (Ramos-Elorduy y Pino 2001; Barrera-Molina 2019) señalan que los insectos comesti-

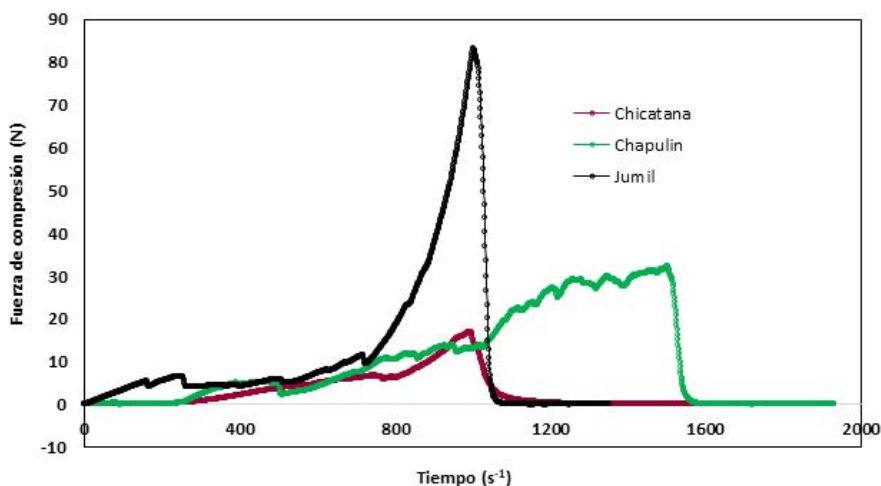


Figura 2. Dureza de los insectos analizados procedentes del estado de Guerrero, México.



**Cuadro 3. Análisis químico proximal de tres especies de insectos procedentes del estado de Guerrero, México; con potencial como alimento.**

Parámetro (%)	<i>Atizies taxcoensis</i>	<i>Atta mexicana</i>	<i>Sphenarium purpurascens</i>
Humedad	16.76 ± 0.8 a*	44.94 ± 1.4 c	22.73 ± 0.9 b
Cenizas	0.98 ± 0.05 a	1.05 ± 0.8 a	3.29 ± 0.2 b
Lípidos	36.82 ± 0.9 c	28.33 ± 0.8 b	5.01 ± 0.21 a
Proteínas	31.68 ± 0.9 b	14.49 ± 0.9 a	53.44 ± 1.34 c
Carbohidratos	13.77 ± 0.8 b	11.21 ± 1.1 a	15.53 ± 1.0 c

Nota: Promedio de 5 repeticiones ± la desviación estándar. \*Las letras indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

bles son una fuente importante de proteína, lo cual es evidente en adultos de *S. purpurascens* (58 %) y en larvas del megalóptero *Corydalus* sp. (57 %). El contenido de proteína en los jumiles analizados en el presente trabajo, es inferior al reportado para larvas y adultos del orden Hemiptera (42-74 %) y es similar en contenido de lípidos (36 %) a la larva de *Tenebrio molitor* (Santurino et al. 2016). El contenido promedio de lípidos en los insectos comestibles es de 10 a 60 %, siendo mayor en las etapas larvales que en los adultos (Kouřimská y Adámková 2016).

En términos generales, el contenido de proteína de los insectos fluctúa entre un 40 a 75 % por cada 100 g de materia seca, valores comparables a los contenidos de la carne de diferentes fuentes animales (Rosales-Escobar et al. 2018). Los insectos poseen importantes cualidades nutritivas, por lo que debe considerarse su inclusión en la alimentación humana a nivel global; estas cualidades no son fáciles de igualar por otros grupos animales, entre los que se encuentran los llamados "alimentos convencionales" (Ramos-Elorduy y Viejo-Montesinos 2007).

Por otro lado, la búsqueda de fuente alternativas de proteínas es de gran relevancia en la actualidad considerando que el COVID-19 y numerosas enfermedades virales han sido transmitidas de animales

a humanos (enfermedades zoonóticas). Es posible incrementar el interés del consumidor en reemplazar las proteínas animales, con fuentes alternativas como insectos, algas, entre otras (McClements et al. 2021).

**Fenoles totales y actividad atrapadora de radicales libres.** Las especies *A. taxcoensis* y *S. purpurascens* presentaron el contenido mayor de fenoles (0.60-0.70 mg EAG g<sup>-1</sup>), mientras que *A. mexicana* tiene el valor menor (0.44 mg EAG g<sup>-1</sup>). Rosales-Escobar et al. (2018) reportaron que tortillas de maíz adicionadas con harina de insectos adultos de *Pterophylla beltrani* incrementaron su contenido de fenoles totales de un 2-4 mg EAG g<sup>-1</sup> en función de la cantidad de harina adicionada (1-10 %). Otros alimentos como el tubérculo de *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia* tuber posee un contenido mayor de fenoles totales (44.21 mg EAG g<sup>-1</sup>) (Suastegui-Baylón et al. 2021).

*Atizies taxcoensis* y *S. purpurascens* poseen la capacidad mayor para inhibir el radical DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo), en relación con *A. mexicana*, que posee la menor (Cuadro 4). De acuerdo con Rosales-Escobar et al. (2018) en tortillas de maíz adicionadas de harina con insectos adultos de *Pterophylla beltrani*, la capacidad atrapadora de radicales libres de las tortillas se reduce al agregar harina de insecto. No obstante, son necesarios estudios adicionales para confirmar esta

**Cuadro 4. Contenido de fenoles total y capacidad atrapadora de radicales libres de tres especies de insectos procedentes del estado de Guerrero, México; con potencial como alimento.**

Especie	Fenoles totales (mg <sup>EAG</sup> •g <sup>-1</sup> )	IC <sub>50</sub> DPPH (µg•mL)
<i>Atizies taxcoensis</i>	0.70 ± 0 b*	0.56 ± 0 a
<i>Atta mexicana</i>	0.44 ± 0 a	4.06 ± 0 b
<i>Sphenarium purpurascens</i>	0.68 ± 0 b	0.32 ± 0 a

Nota: Promedio de 5 repeticiones ± la desviación estándar. \*Las letras indican diferencias significativas entre los tratamientos. Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

tendencia, ya que el contenido de compuestos fenólicos en *Pterophylla beltrani*, debería incrementar esta capacidad. Hasta ahora, se cuenta con poca literatura sobre antioxidantes presentes en insectos, sin embargo, parece ser que la presencia de antioxidantes es relativa a su tamaño, y depende de factores principales como sus fuentes de alimentación y etapa de desarrollo.

## CONCLUSIONES

En el estado de Guerrero el uso de insectos en la gastronomía tradicional de zonas rurales es importante. La diversidad de insectos y su estadio de desarrollo cuando son consumidos es diverso, por lo cual el aporte de nutrientes es variable. Es importante revalorizar a los insectos como una fuente alternativa de proteínas de fácil acceso en la dieta humana. Los insectos comestibles estudiados (*A. mexicana*, *S. purpurascens* y *A. taxcoensis*) presentan una alternativa importante en la dieta como fuente de proteínas. El contenido de fenoles y capacidad atrapadora de radicales libres es mayor en jumiles y chapulines; sin embargo, en los tres insectos estudiados el contenido de fenoles representa un compuesto bioactivo que puede realzar su valor nutrimental.

## LITERATURA CITADA

- [AACC]. American Association of Cereal Chemists. 2000. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Estados Unidos.
- Apolo-Arévalo L, Lannacone J. 2015. Crianza del grillo (*Acheta domestica*) como fuente alternativa de proteínas para el consumo humano. *Scientia* 17: 161-173. <https://doi.org/10.31381/scientia.v17i17.389>
- Avendaño C, Sánchez M, Valenzuela C. 2020. Insects: an alternative for animal and human feeding. *Revista Chilena de Nutrición* 47: 1029-1037. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>
- Barrera-Molina AM. 2019. Análisis químico proximal de *Corydalus* sp. y su comparación con insectos comestibles. *Inventio* 37: 1-9. <https://doi.org/10.30973/inventio/2019.15.37/6>
- Barrientos LL. 2002. Taxonomía y sistemática de acridoideos, especies más importantes en México. En: Barrientos LL, editor. *Ecología, manejo y control de la langosta voladora (Schistocerca piceifrons piceifrons Walker)*. Ciudad Victoria, Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. P. 34-42.
- Cibrián TD, Tulio J, Campos R, Yates O, Flores J. 1995. *Insectos Forestales de México/Forest Insects of Mexico*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Cueva Del Castillo R, Cano-Santana Z. 2001. Variación de la coloración corporal de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae) en función del sexo y su relación con la formación de parejas en un ambiente heterogéneo. *Folia Entomológica Mexicana* 40: 297-309.
- De la Parra C, Serna SO, Liu RH. 2007. Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortillas, and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55:4177-4183. <https://doi.org/10.1021/jf063487p>
- [FAO]. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021. Looking at edible insects from a food safety perspective. Challenges and opportunities for the sector. Roma, Italia. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- Jongema Y. [internet]. 2017. List of edible insect species of the world. Laboratory of Entomology, Wageningen University, The Netherlands. [citado 2022 agosto]. Disponible en: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm>
- Kevan DK. 1977. The American Pyrgomorphidae (Orthoptera). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 36: 3-28.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. *NFS Journal* 4: 22-26. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>
- Mackay, W. P., & Mackay, E. (1989). Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenoptera: Formicidae). In *Memorias del II simposio nacional de insectos sociales* (pp. 1-82). Oaxtepec: Sociedad Mexicana de Entomología.
- Maldonado-Astudillo YI, Gutiérrez AA, Flores YL, Arámbula G, Flores V, Jiménez-Hernández J, Ramírez R, Álvarez P, Salazar R. 2021. Propiedades morfológicas, fisicoquímicas y actividad antiproliferativa de maíces pigmentados de Guerrero. *Nova Scientia* 13: 1-26. <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2825>
- Márquez MC. 1962). Estudio de las especies del género *Sphenarium* basado en sus genitalia (Acrididae,

- Orthoptera), con la descripción de una nueva especie. *Anales del Instituto de Biología serie Zoología* 33: 247-258.
- McClements D, Barrangou R, Hill C, Kokini JL, Lila MA, Meyer AS, Yu L. 2021. Building a resilient, sustainable, and healthier food supply through innovation and technology. *Annual Review of Food Science and Technology* 12: 1-28.
- Ramos-Elorduy JB, Pino J. 2001. El consumo de insectos entre los lacandones de la comunidad de Bethel y su valor nutritivo. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Ramos-Elorduy JB, Viejo-Montesinos JM. 2007. Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica* 102: 61-84.
- Raubenheimer D, Rothman JM. 2013. Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. *Annual Review of Entomology* 58: 141-160. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100713>
- Rivera TL. 1977. Revisión taxonómica y distribución de la familia Coreidae Leach (Hemiptera-Heteroptera) en el Estado de Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Coyoacán, México.
- Rolston LH, MacDonald FJD, Thomas DB. 1980. A conspectus of Pentatomini genera of the western hemisphere, part 1 (Hemiptera-Pentatomidae). *Journal of the New York Entomological Society* 88: 120-130.
- Rosales-Escobar OE, Villanueva-Bocanegra B, Torres-Castillo JA, Arellano-Méndez LU, Moreno-Ramírez YR. 2018. Valor antioxidante de la grilleta *Pterophylla beltrani* para suplementar alimentos. *Southwestern Entomologist* 43: 475-483. <https://doi.org/10.3958/059.043.0219>
- Salas J, García P, Sánchez JM. 2005. La alimentación y la nutrición a través de la historia. Ed. Glosa. Barcelona, España.
- Santurino C, García-Serrano A, Molinar J, Sierra P, Castro-Gómez MP, Calvo MV, Fontecha J. 2016. Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente bioactivos. *Alimentación, Nutrición y Salud* 23: 50-56.
- Silva-García F, Figueroa-Castro P, López-Martínez V, Pérez-Villalba E. 2018. Primera cita de los jumiles comestibles *Edessa bifida* y *Edessa championi* (Hemiptera: Pentatomidae) y su importancia en la cultura entomofágica en la comunidad rural de “el zompanle”, Taxco de Alarcón, Guerrero, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 43: 1-3. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3411193>
- Suastegui-Baylón L, Salazar R, Maldonado-Astudillo YI, Ramírez-Sucre MO, Arámbula-Villa G, Flores-Casamayor V, Jiménez-Hernández J. 2021. Physical, chemical and rheological characterization of tuber and starch from *Ceiba aesculifolia* subsp. parvifolia. *Molecules* 2021: 26. <https://doi.org/10.3390/molecules26072097>
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis* 19: 669-675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Thomas DB. Pentatomidae (Hemiptera). En: Llorente Bousquets BJ, Soriano EG, Papavero N, editores. 2000. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Vol II. Coyoacán, Universidad Nacional Autónoma de México. P. 335-352.
- Toro HG, Chiappa ET, Tobar CM. 2003. Biología de insectos. Ediciones universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile.
- Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. Edible insects: Future prospects for food and feed security. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia.
- Zaragoza F. 2018. Entomofagia: ¿una alternativa a nuestra dieta tradicional? *Sanidad mil* 74: 41-46.