



Evaluación de la digestibilidad in vitro de proteínas de insectos comestibles del valle del mezquital

Carlos Abraham Reynoso Ocampo¹, Celerino Arroyo Cruz², Luis Salazar Cervantes³, Yazmin González Nava⁴, María Isabel Martín Espíritu⁵

^{1,2,3,4,5} Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital

Car. Ixmiquilpan-Capula Km. 4, Col. El Nith.

Ixmiquilpan, Hidalgo, México, C.P. 42300.



Correo correspondiente

creynoso@utvm.edu.mx

Resumen

En Hidalgo se conocen 88 especies de insectos, el 55.8% se consumen en estado inmaduro, y el 44.2% en estado adulto (Ramos-Elorduy, 2004). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar el porcentaje de la digestibilidad in vitro de las proteínas de tres insectos comestibles del Valle del Mezquital, para cuantificar las proteínas digeribles.

El análisis de proteína digerible y no digerible del tratamiento in vitro se efectuó con el diseño experimental de bloques completamente al azar, mediante una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medias a un nivel de confianza de 95%, estableciendo como tratamientos los estudios de digestibilidad de proteína y como bloques a la especie de insecto.

Se encontró que los escamoles y los chinicuales se destacan por ser fuente de proteínas de calidad por su alto porcentaje de absorción, mientras que los xamues presenta un menor porcentaje de digestibilidad.

Abstract

In Hidalgo, 88 species of insects are known, 55.8% are consumed in the immature state, and 44.2% in the adult state (Ramos-Elorduy, 2004). Therefore, the objective of this study was to determine the percentage of in vitro digestibility of the proteins of three edible insects from the Mezquital Valley, to quantify the digestible proteins.

The digestible and non-digestible protein analysis of the in vitro treatment was carried out with the experimental design of completely random blocks, by means of a hypothesis test on the equality of the means at a confidence level of 95%, establishing as treatments the studies of protein digestibility and as blocks to the insect species.

It was found that escamoles and chinicuiles stand out for being a source of quality proteins due to their high percentage of absorption, while xamues have a lower percentage of digestibility.

Palabras clave: Insectos, digestibilidad, in vitro, proteína.

Keywords: Insects, digestibility in vitro, protein.

Introducción

Satisfacer las necesidades alimentarias de la población mundial es un desafío permanente, se prevé que la población mundial aumente hasta alcanzar casi los 9,700 millones de personas para el año 2050 (FAO, 2017). Hidalgo es uno de los estados de la república mexicana que tiene un mayor consumo de insectos debido a la cultura, esta ha sido heredada de generación en generación, de los ochenta y cuatro municipios que conforman el estado la mayoría de estos colectan y consumen los insectos: Singuilucan, Santiago de Anaya, Tasquillo, Tepeapulco, Mineral de la Reforma, Epazoyucan, Ixmiquilpan, Tula de Allende, Huichapan, Actopan y Zimapan, consumen chinches, pulgones, escarabajos, mariposas, hormigas, abejas, chapulines, escamoles, jumiles, y gusanos de

maguey (Ramos- Elorduy, Muñoz, & Morales, 2002).

En la actualidad, la "mala nutrición" afecta drásticamente a la población hidalguense, encontrándose más de mil comunidades en pobreza extrema y marginación, siendo el Valle del Mezquital la zona más afectada, y el municipio de Ixmiquilpan se ubica dentro de los cinco municipios con mayor número de personas en pobreza extrema, representando el 10.3% en el 2015 (CONEVAL, 2020).

El hábito de la entomofagia (hábito de comer insectos) es ampliamente conocido en México (Ramos et al., 2006), además México es el país con mayor número de especies de insectos comestibles, por lo que en la actualidad se ha incrementado de manera significativa su consumo.

La calidad de las proteínas que proporcionan los insectos es considerada por la FAO como bastante buena y los aminoácidos de los que están constituidos los insectos son los pilares de la formación, reparación, inmunización y función celular (Ramos-Elorduy et al., 1997). La digestibilidad es uno de los parámetros más utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a alimentación. Este método constituye una excelente medida de calidad de los componentes de un alimento y ello ha suscitado la idea de medirla de diferentes formas, el método in vitro pepsina ácida consiste en someter las proteínas a una digestión artificial por pepsina que es una enzima que se encuentra en el estómago de los animales superiores. La pepsina es una enzima digestiva que en presencia de un medio ácido desdobla las proteínas de los alimentos, midiendo qué cantidad de proteína es digestible, podemos estimar el valor nutritivo relativo de dicha muestra (Castro & Avila, 1994).

Contexto de los insectos del estudio

Los escamoles (*Liometopum apiculatum* M.), son huevos de insectos himenópteros de la familia Formicidae. A partir de base seca, los tejidos de los escamoles (Figura 1) tienen 67 % de proteína, 12.08 % de extracto etéreo, 5.05 % de sales minerales, y 0.99 % de fibra cruda. Cabe señalar, que 100 g de proteína en base seca de escamoles contienen 8.9 g de leucina, 6.8 g de tirosina, 6.0 g de lisina, 4.8 g de valina, 4.4 g de isoleucina, 3.5 g de fenilalanina, 3.5 g de treonina, 2.9 g de histidina, 1.8 g de metionina y 0.62 de triptófano (Ladrón de Guevara et al., 1995).

Los Gusanos rojos o Chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.) son larvas de un insecto lepidóptero perteneciente a la familia Cossidae, también llamado gusano rojo o rosado del maguey (figura 2), por estar asociado directamente con el

maguey pulquero *A. salmiana*. Estudios bromatológicos del insecto muestran que el contenido proteico de las larvas es hasta de 67.3% en base seca y de los 17 aminoácidos esenciales que contiene sobresale el aporte de ácido glutámico, ácido aspártico, leucina, alanina, serina, valina, arginina, prolina, tirosina e isoleucina, los cuales comparados con el patrón FAO 1973, se encuentran en cantidades adecuadas para los requerimientos de la dieta humana (Granados, 1993).



Figura 1. Escamoles (*Liometopum apiculatum* M.).
Fuente: Escamilla, 2019.



Figura 2. Gusanos rojos de maguey o chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.).
Fuente: Borroso & Aquino, 2014.



Figura 3. Xamues (*Thasus gigas*).

Fuente: Longino, 2020.

El "xamue" (*Thasus gigas*) es un insecto hemíptero que pertenece al género de los coreidos los cuáles son los más abundantes y con mayor distribución geográfica en el país. Dichos insectos se encuentran en zonas semiáridas como es el Valle del Mezquital donde se alimentan y reproducen en los mezquites. Estas "chinchas" se alimentan de las hojas tiernas y vainas verdes de los mezquites. El *Thasus gigas* en estado ninfa contiene 63% de proteína en extracto seco, mientras que en estado adulto puede llegar a contener hasta un 65.90% (Ramos-Elorduy, Pino & Moreno, 2002). Estos insectos se caracterizan por tener un esqueleto externo o exoesqueleto de quitina; patas articuladas y un cuerpo organizado por un número variable de segmentos (Delvare, Aberlenc, Michel, y Figueroa, 2002).

Materiales y métodos

La investigación se realizó en las instalaciones de la Uni-

versidad Tecnológica del Valle del Mezquital (UTVM), ubicada sobre la Carretera Ixmiquilpan-Capula, Nith, 42300, en el municipio de Ixmiquilpan, Hidalgo; para la selección de los insectos de estudio, se consideraron los siguientes criterios: a) estados de desarrollo de insectos endémicos de la región del valle del mezquital, b) consumo y popularidad en la población, c) pertenecer a la gastronomía típica de la región del valle del mezquital y d) valor nutricional. Con base a lo anterior, se seleccionaron los insectos siguientes:

1. Escamoles (*Liometopum apiculatum* M.).
2. Xamues (*Thasus gigas*).
3. Gusanos rojos de maguey o chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.).

Para evaluar la digestibilidad in vitro de las proteínas de los tres insectos comestibles, se trabajó en cuatro etapas:

Recolección de muestras: se realizó mediante muestreo por conveniencia, al ser un alimento silvestre, las condiciones bióticas y abióticas son difíciles de controlar. Los escamoles (*Liometopum apiculatum* M.) se recolectaron en una superficie irregular de aproximadamente 2.5 km² en el municipio de Actopan, ubicada en las coordenadas geográficas 20°16'12" de latitud norte y 98° 56' 42" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud promedio de 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm). La recolecta de los xamues (*Thasus gigas*) se realizó en el municipio de Tula de Allende, ubicado entre los paralelos 20°03' latitud norte y 99°21' longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 2020 msnm, en una superficie de terreno irregular de aproximadamente 3.5 km². Por último, la recolecta de los gusanos rojos de maguey (*Comadia redtenbacheri* H.) se realizó en el municipio de Tulancingo de Bravo, ubicado entre los paralelos 20°03' y 20°13' de latitud norte; los meridianos 98°14' y 98°31' de longitud oeste. Los insectos fueron recolectados en su etapa de ninfa.

Caracterización bromatológica: una vez recolectadas las muestras de cada insecto (*Liometopum apiculatum* M., *Thasus gigas*, *Comadia redtenbacheri* H.), se emplearon los Métodos Oficiales de Análisis de la Asociación de Químicos Agrícolas Oficiales (AOAC). El método de prueba en la determinación del porcentaje de humedad es AOAC 930.15, para determinar el contenido de grasa se empleó el método por extracto etéreo AOAC 920.39 y para el porcentaje de cenizas se empleó el método AOAC 942.05. Posteriormente, con los datos obtenidos de las propiedades nutrimentales de cada insecto, se elaboró una tabla de análisis proximal en base seca, con la finalidad de establecer el porcentaje de proteína inicial de la muestra.

Digestibilidad in vitro: se evaluó según la metodología descrita por el método prueba de digestibilidad de pepsina ácida (AOAC 971.09), cada ensayo se realizó por triplicado, los resultados obtenidos se plasmaron en tablas para analizar el porcentaje de proteína final, para obtener por diferencia el coeficiente de digestibilidad en cada insecto.

Diseño experimental: Se realizó en dos fases. En la primera fase se evaluó por separado cada tratamiento de digestibilidad, para comprobar si existían diferencias significativas en el porcentaje de proteína inicial (testigo), digerible y no digerible de cada insecto. Los datos se analizaron mediante el diseño experimental completamente al azar (DCA). El análisis de varianza (ANOVA) se efectuó con el programa MINITAB® versión 19, mediante una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medias las muestras por triplicado, bajo las siguientes presunciones:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 \text{ vs. } H_1: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \quad (1)$$

H_0 : No existen diferencias significativas en los porcentajes de proteína en las muestras de insecto.

H_1 : Existen diferencias significativas en los porcentajes de proteína en las muestras de insecto.

Asumiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

Donde:

Y_{ij} = Porcentaje de proteína de la j -ésima muestra de insecto en cada tratamiento.

μ = Media general del porcentaje de proteína en las muestras de insectos.

τ_i = Efecto en la especie de insecto, del tratamiento de digestibilidad de proteína.

ε_{ij} = Error experimental en la determinación de la j -ésima muestra.

En la segunda fase, se evaluaron los porcentajes de proteína de cada tratamiento de digestibilidad mediante análisis de varianza en el diseño experimental por bloques completamente al azar (DBCA), con una prueba de hipótesis sobre la igualdad de las medias de las muestras realizadas por triplicado, teniendo como tratamiento a los estudios de proteína inicial (testigo), digestibilidad de proteína y como bloques a la especie de insecto, bajo las siguientes presunciones:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \tau_3 \text{ vs. } H_1: \tau_1 \neq \tau_2 \neq \tau_3 \quad (3)$$

H_0 : Los tratamientos de digestibilidad no afectan el porcentaje de proteína en las muestras.

H_1 : Los tratamientos de digestibilidad afectan el porcentaje de proteína en las muestras.

Asumiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (4)$$

Donde:

Y_{ij} = Es el porcentaje de proteína en la muestra con el i-ésimo tratamiento de digestibilidad.

μ = Media general del porcentaje de proteína en las muestras, antes de los tratamientos.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento de digestibilidad.

β_j = Efecto de la j-ésima especie de insecto.

ε_{ij} = Error experimental.

Las pruebas de hipótesis se efectuaron con un nivel de confianza de 95%, dónde se utilizó el valor de probabilidad p obtenido en el análisis de varianza y un nivel de significancia $\alpha = 0.05\%$ para determinar si se aceptaban o rechazan las hipótesis establecidas, de acuerdo a la metodología que describe Gutiérrez y De la Vara (2008)

Resultados

El estudio de la composición química de los alimentos permite además de conocer la proporción de los elementos y macromoléculas, determinar la calidad nutritiva con el objetivo de establecer su importancia como productos típicos (Ramos et al., 2012). El análisis químico proximal g/100g de muestra en base seca se presentan en la Tabla 1. Según Ramos-Elorduy, Pino & Moreno (2002) para *Thasus gigas* en su estado ninfa el contenido de proteína es de 63%, mismo que concuerda con los datos encontrados en este trabajo. Ramos- Elorduy, Pino y Moreno, (2002) indican que el contenido de proteína para *Liometopum apiculatum* es de 66.5%, en el estudio se encontró que los escamoles tienen un mayor contenido de proteína (67.23%). En *Comadia redtenbacheri*

ri H., se cuantifica 63.85% de proteína, en tanto Granados (1993) reporta 58.3%. El contenido de ceniza (2.33%), grasa (26.56%) y extracto libre (8.82%) en xamues se encuentra dentro de los datos reportados por Ramos-Elorduy, Pino & Moreno (2002), quienes anuncian 26.75% en grasa, 1.84% cenizas y 8.41% de extracto libre de nitrógeno, en lo que respecta a Escamoles reportan 12.19% de grasa, 16.25% extracto etereo de nitrógeno y 5.06% de ceniza, datos similares se cuantifican en este estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis proximal (g/100g base seca).

Insecto	% Ceniza	%Grasa	% Proteína	%Extracto libre de N
Xamues (<i>Thasus gigas</i>)	2.33	26.56	62.29	8.82
Escamoles (<i>Liometopum apiculatum M.</i>)	4.93	12.67	67.23	15.17
Chinicuales (<i>Comadia redtenbacheri H.</i>)	2.62	25.81	63.85	7.72

Para efectos de este estudio, la cantidad total de proteínas de los insectos estudiados se expresan en base seca, según señala Elorduy et al., (1984) de manera que se puedan comparar con los productos convencionales de obtención proteica.

Recurriendo al método de prueba AOAC 2001.11 se evalúa el contenido porcentual de proteína inicial de los insectos de este estudio, se realiza cada prueba por triplicado (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de proteína inicial en insectos

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio*
	% de proteína			
Xamues (<i>Thasus gigas</i>)	62.25	62.37	62.25	62.29 A
Escamoles (<i>Liometopum apiculatum M.</i>)	67.38	67.15	67.15	67.23 B
Chinicuales (<i>Comadia redtenbacheri H.</i>)	64.18	63.60	63.77	63.85 C

*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El análisis de varianza de la Tabla 3, muestra que existen diferencias significativas en el contenido de proteína inicial

entre las muestras de las diferentes especies de insectos debido a que el valor de $F_0 = 514.75$, es mayor al valor de tabla $F_6^2(0.05) = 5.143$, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 . El valor de p mayor a 0.001 indica que existen diferencias altamente significativas para rechazar H_0 . Agrupando la información bajo el método de comparaciones de Tukey con un nivel de confianza del 95%, se determinó que para el contenido de proteína inicial las medias para cada especie de insecto, son significativamente diferentes.

Tabla 3. Análisis de Varianza* (ANOVA) para el contenido inicial de proteína en insectos.

Fuente de Variación	GL	Contribución	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Insecto	2	99.42%	38.2062	19.1031	514.75	0.0001
Error	6	0.58%	0.2227	0.0371		
Total	8	100.00%				

*En diseño completamente al azar.

En cuanto al porcentaje de proteína después del tratamiento con pepsina ácida, la Tabla 4 muestra que para *Thasus gigas* la proteína equivale a 20.31%, en *Liometopum apiculatum* M., se detecta 14.17% siendo para *Comadia redtenbacheri* H., el de menor contenido de proteína (10.48%) después del procedimiento.

Tabla 4. Contenido de proteína (%) después de tratamiento con pepsina ácida.

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio*
	% de proteína			
Xamues (<i>Thasus gigas</i>)	20.01	22.09	18.82	20.31 A
Escamoles (<i>Liometopum apiculatum</i> M.)	14.48	15.44	12.59	14.17 B
Chinicuiles (<i>Comadia redtenbacheri</i> H.)	11.04	10.83	9.58	10.48 C

*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis estadístico ANOVA con nivel de confianza del 95%, indica que hay diferencias en el contenido de proteína después del tratamiento con pepsina, en las muestras de las tres especies de insecto analizadas. El análisis de comparación de medias de Tukey indica que existen diferencias significativas en las muestras de las tres especies de insectos.

En contraste, la proteína no digerible (Tabla 5) bajo el método de digestibilidad in vitro A.O.A.C 971.09 refleja en el xamue el mayor contenido de proteína no digerible (32.60%), en tanto los escamoles y chinicuiles presentan 21.07% y 16.42% respectivamente. Se atribuye el alto contenido de proteína no digerible que presenta el xamue a la composición de su exoesqueleto, según señala Delvare, Aberlenc, Michel, & Figueroa (2002), la quitina es un polisacrido nitrogenado y es el componente principal de la cutícula de los insectos.

Tabla 5. Contenido porcentual de la fracción de proteína no digerible

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
	% de proteína			
Xamues (<i>Thasus gigas</i>)	32.2	35.42	30.23	32.60 A
Escamoles (<i>Liometopum apiculatum</i> M.)	21.49	22.99	18.74	21.07 B
Chinicuiles (<i>Comadia redtenbacheri</i> H.)	17.20	17.03	15.02	16.42 B

*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El análisis estadístico ANOVA con nivel de confianza del 95% indica que hay diferencias en el contenido de porcentual de proteína no digerible en las muestras de las tres especies de insecto. El análisis de comparación de medias de

Tukey indica que existen diferencias significativas de la fracción no digerible en los Xamues en relación con los escamoles y Chinicuiles.

En la Tabla 6, se comparan las medias del porcentaje de proteína para cada uno de los tratamientos probados, en un arreglo de diseño en bloques completamente al azar.

Tabla 6. Contenido de proteína (%) después de tratamiento con pepsina ácida.

Insecto (Bloques)	% de proteína en tratamientos T		
	T 1 Testigo	T 2 Con Pepsina	T3 Frac. No digerible
Xamues (<i>Thasus gigas</i>)	62.29	20.31	32.60
Escamoles (<i>Liometopum apiculatum M.</i>)	67.23	14.17	21.07
Chinicuiles (<i>Comadia redtenbacheri H.</i>)	63.85	10.48	16.42
Comparación de medias por método de Tukey con $\alpha=0.05$	A	B	B

El análisis de varianza de la Tabla 7, muestra que existen diferencias significativas en el contenido de proteína inicial (testigo) con respecto al tratamiento de digestibilidad con pepsina y la fracción no digerible entre las muestras de las diferentes especies de insectos (bloques). Esto es debido a que el valor de $F_0 = 83.15$, es mayor al valor de tabla $F_4^2(0.05) = 6.944$, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 . El valor de p mayor a 0.001 indica que existen diferencias altamente significativas para rechazar H_0 . Agrupando la información bajo el método de comparaciones de Tukey con un nivel de confianza del 95%, se encontró que para el contenido de proteína inicial las medias, son significativamente diferentes para el tratamiento con pepsina y la fracción no digerible.

Tabla 7. Análisis de Varianza* (ANOVA) para los trata-

Fuente de Variación	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Insecto	2	99.69	49.85	1.97	0.254
Tratamiento	2	4206.11	2103.06	83.15	0.001
Error	4	101.16	25.29		
Total	8				

*Diseño en bloques completamente al azar

La proteína digerible de las muestras aleatoriamente estudiadas (Tabla 8), indica que los chinicuiles son los insectos con un mayor porcentaje de digestibilidad 83.58% en promedio, en tanto, el xamue solo representa un 67.4 %, y los escamoles el 78.92%, mediante una comparación por parejas de Tukey con un nivel de confianza de 95%, se detecta que el contenido de proteína digerible del xamue es significativamente diferente del resto de las muestras estudiadas, las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes considerando $\alpha = 0.05$

Tabla 8. Contenido porcentual de proteína digerible

Insecto	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio *
	% de proteína			
Chinicuiles (<i>Comadia redtenbacheri H.</i>)	82.80	82.97	84.98	83.58 A
Escamoles (<i>Liometopum apiculatum M.</i>)	78.51	77.01	81.26	78.92 A
Xamues (<i>Thasus gigas</i>)	67.85	64.58	69.77	67.40 B

*Comparación de medias por método de Tukey. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes

El análisis de varianza de la Tabla 9, muestra que existen diferencias significativas en el contenido porcentual de proteína digerible entre las muestras de las diferentes especies de insectos debido a que el valor de $F_0 = 48.04$, es mayor al valor de tabla $F_6^2(0.05) = 5.143$, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 .

Tabla 9. Análisis de Varianza* (ANOVA) para el contenido de proteína digerible

Fuente de Variación	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Insecto	2	416.45	208.224	48.04	0.001
Error	6	26.00	4.334		
Total	8	442.45			

*Diseño completamente al azar.

Discusión

La composición química de un alimento no solo muestra la proporción de elementos y macromoléculas que conforman el alimento, también informan sobre la calidad nutritiva, cobrando importancia en la valorización de alimentos típicos (Ramos, et al., 2012). La cuantificación proximal de los tres insectos de este estudio (*Thasus gigas*, *Liometopum apiculatum* M., *Comadia redtenbacheri* H.) confirman su valor nutritivo por el alto contenido de proteína digerible (tabla 1) en g/100g base seca, bajo esta aseveración Ramos-Elourdy et al., (1984) señalan enfáticamente en la calidad y cantidad de este tipo de macromoléculas sobre once especies estudiadas en México, al respecto reportan un contenido proteínico de entre 55 y 70% en base seca.

Saturino, et al., 2016, señala que hasta ahora gran parte de la atención en los insectos como alimento se ha centrado en su elevado contenido en proteína, al mostrar esta macromolécula un mayor porcentaje del contenido total, destacando la importancia de analizar el porcentaje de proteína digerible de cada uno de los insectos.

El contenido de proteína de los insectos (*Thasus gigas*, *Liometopum apiculatum* M., *Comadia redtenbacheri* H.) en base seca (Tabla 2) oscila entre 62.29 a 67.23%, estadísticamente hablando, son significativamente diferentes, sin embargo, el porcentaje proteínico de cada insecto los concibe

idóneos en la obtención de proteína de calidad. Asimismo, Ramos-Elourdy y Pino (1990) destacan que el 87% de los insectos comestibles son más energéticos que el maíz, 63% más que la carne de res, 84% de ellos más que las hortalizas, 70% más que el pescado e incluso 100% más que el pollo, por otro lado, el porcentaje promedio de digestión y absorción en proteínas de origen animal es alrededor de un 90%, siendo el de las proteínas de origen vegetal de sólo un 60 a un 70% aproximadamente (González-Torres, Téllez-Valencia, Sanpedro, y Nájera, 2007).

Para validar el aprovechamiento proteínico de los insectos durante su consumo, se obtiene la tabla 7, donde se muestra la cuantificación de proteína digerible, en *Thasus gigas* representa 69.77%, en *Liometopum apiculatum* M., equivale a 81.26% y en *Comadia redtenbacheri* H. corresponde a 84.98%. Estos valores expresan que los insectos son una buena fuente de obtención de aminoácidos esenciales con alto nivel de digestión por encima de los alimentos convencionales de origen vegetal, que aportan un valor de 60% según señala González-Torres, Téllez-Valencia, Sanpedro, y Nájera (2007).

Los insectos poseen 93% de nitrógeno sin ligaduras, esto facilita la degradación enzimática y por ende su digestibilidad in vitro e in vivo (Redford y Dorea, 1984), de acuerdo a Ramos-Elourdy et al., (1981) los insectos comestibles deben ingerirse en menor cantidad que los alimentos convencionales por su alta digestibilidad, desde esta perspectiva pueden considerarse como concentrados proteínicos.

Finalmente, de acuerdo a Conconi, (1993), la importancia de las proteínas radica en su intervención sobre todas las reacciones bioquímicas del cuerpo, en los sistemas hormonal e inmunológico, etc., al mismo tiempo son trascendentales por ser las constructoras y reparadoras de células.

Conclusiones

En función los resultados derivados de este estudio, se determina que el insecto con mayor porcentaje de digestibilidad es el chinicuil (*Comadia redtenbacheri* H.) donde se aprovecha 83.58%, en función de la comparación de pares por el método Tukey ($\alpha = 0.05$) este insecto es el que presenta un porcentaje de digestión significativamente diferente. El xamue (*Thasus gigas*) presenta una digestión de 67.40%, bajo esta premisa es el insecto con menor coeficiente de digestibilidad, por lo tanto, se infiere que es debido a la composición del exoesqueleto que contiene quitina, una proteína resistente a ácidos y bases diluidos, según describe Delvare, Aberlenc, Michel, y Figueroa (2002).

Los insectos de este estudio (*Thasus gigas*, *Liometopum apiculatum* M., *Comadia redtenbacheri* H.) son especies típicas de la región Valle del Mezquital, bajo el diseño experimental se determina que presentan diferencia significativa en el aporte proteínico que aportan, en tanto, su empleo como fuente de alimentación podrá ayudar a contrarrestar el problema de la desnutrición en el estado de Hidalgo. Los escamoles (*Liometopum apiculatum* M.) y los chinicuiles (*Comadia redtenbacheri* H.) se destacan por ser una buena fuente de obtención de proteínas de calidad por su alto porcentaje de absorción, lo anterior coincide con lo señalado por Ramos, et al., (2012) que refiere a los insectos comestibles como una excelente fuente de proteínas.

Los insectos son una fuente ilimitada de proteína animal desaprovechada, estas fuentes asegurarían un insumo alimenticio acorde a los requisitos biológicos para una nutrición aceptable, además, podrían ser la panacea al problema de hambre (Sánchez y Hevia, 1997), no solo en el estado de Hidalgo, sino en el mundo, esto gracias a sus componentes nutritivos.

Además, la FAO menciona que los insectos representarían una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente tanto para la alimentación animal como para la dieta de millones de personas en todo el mundo. En general, constituyen una fuente importante de proteínas, ácidos grasos esenciales, vitaminas, fibra, micronutrientes como cobre, hierro, magnesio, fósforo, manganeso, selenio y zinc, así como de otras sustancias bioactivas (FAO, 2013), en adición el aprovechamiento de insectos comestibles cumple con dos aspectos cruciales: disponibilidad y aceptablemente comestibles (Posey, 1987).

Este trabajo proporcionará las bases para futuros estudios de digestibilidad in vitro de insectos para validar el contenido de proteína de calidad absorbida en el consumo directo y la elaboración de productos funcionales, sin olvidar que es importante generar estrategias para evitar la depredación excesiva y modificación del hábitat natural de estas especies.

Referencias

- Borroso, M., y Aquino, S. (2014). Cría del gusano rojo de maguey *Comadia redtenbacheri* en maguey tóbala. 02,11,2020 de <https://sites.google.com/site/criadegusanorodemagueytobala/home>
- Castro, C.E., y Avila, M.L. (1994). Determinación de digestibilidad de la proteína por métodos in vitro (Torry- A.O.A.C). Control de Calidad de insumos y dietas acuícolas. septiembre 18, 2020, de FAO Sitio web: <http://www.fao.org/3/ab482s/AB482S07.htm#ch7>.
- Conconi, M. (1993). Estudio comparativo de 42 especies de insectos comestibles con alimentos convencionales en sus valores, nutritivo, calórico, proteínico y de aminoácidos haciendo énfasis en la aportación de los aminoácidos esenciales y su papel en el metabolismo humano, Tesis Fac. Ciencias (Biología) UNAM, México D.F. 71 pp.
- CONEVAL, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2020). Informe de pobreza y

- evaluación 2020. Hidalgo. septiembre 23, 2020, de CONEVAL Sitio web: https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Documents/Informes_de_pobreza_y_evaluacion_2020_Documentos/Informe_Hidalgo_2020.pdf
- Delvare, G., Aberlenc, H., Michel, B., y Figueroa, A. (2002). Los insectos de África y de América tropical. Claves para la identificación de las principales familias. Montpellier, France: CIRAD, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.
- Escamilla, M. (2019). Análisis de la composición de ácidos grasos de cuatro especies de insectos antes y después del proceso de freído. Hidalgo, México: UAEH.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura, Tendencias y desafíos. septiembre 23, 2020, de FAO Sitio web: http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallg/home_149/recursos/general/05052017/semana_13_fao.pdf
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2013). Insectos comestibles: perspectivas futuras para la seguridad alimentaria y animal. Italia, Roma: FAO Forestry paper.
- Finke, M. (2013). Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biol*, 1, 27-36.
- González, T.L., Téllez, V.A., Sanpedro, J., y Nájera, H. (2007). Las proteínas en la nutrición. *Respyn, Salud Pública y Nutrición*, 8 (2), 1-7.
- Granados, S.D. (1993). Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo, México. ISBN 9688842257.
- Gutiérrez, P.H., y De la Vara, S. (2008). Análisis y diseño de experimentos (2 ed.). México, D.F.: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Ladrón de G. O., Padilla, L. García, J.M., Pino, M., y Ramos-Elorduy, J. (1995). Aminoacid determination in some edible mexican insects. *Aminoacids*, 9, 161-173.
- Longino, Y. (2020). La mirada de Yolanda Longino. La tantarria o xagues. 02,11,2020 de El sol de San Juan del Rio <https://www.elsoldesanjuandelrio.com.mx/cultura/gastronomia/la-mirada-de-yolanda-longinola-tantarria-o-xagues-5179516.html>
- Posey, R. (1987). Temas e inquietudes en entomofagia. (E. G. Antropology, Ed.) *Bol. Mus. Par*, 3(2), 99-134.
- Ramos, R.B., Quintero, S.B., Ramos-Elorduy, J., Pino, J.M., Ángeles, C.S.C., y Águeda, G.P. (2012). Análisis químico y nutricional de tres insectos comestibles de interés comercial en la zona arqueológica del municipio de San Juan Teotihuacán y en Otumba, en el Estado de México. *Interciencia*, 37 (12), 914-920.
- Ramos-Elorduy J (2004). La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. En Llorente BJE, Morrone JJ, Yáñez O, Vargas IF (Eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. 4. UNAM, México. pp. 329-413.
- Ramos-Elorduy, J. y Pino, M.J.M. (1990). Variation of the nutritive value of *Tenebrio molitor* L. raised on different substrates.. *Proc. Int. Working Conf. Stored Prod. Protec*, 1, 210.
- Ramos-Elorduy, J., y Pino, M.J.M. (1981). Digestibilidad "in vitro" de algunos insectos comestibles en México. *Folia Entomológica*, 53, 111-118.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., y Conconi, M. (2006). Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana*, 45, 291-318. ISSN #0430-8603
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., Márquez, M., Alvarado, M., y Escamilla, E. (1984). Edible insects in Mexico and their protein content. *Journal of Ethnobiology*, 4, 61-72.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., y Morales, J. (2002). Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Fol. Entomol*, 41, 15-29.
- Ramos-Elorduy, J., Pino, M.J.M., Escamilla, P.E., Alvarado, P.J. Lagunez, O., Ladrón de G. O. (1997). Nutritional value of edible insects from the State of Oaxaca, México. *Journal of Food Composition and Analysis*, 10, 142-15
- Redford, K., y Dorea, J. (1984). The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. *J. Zool*, 203, 385-395.
- Sánchez, P., y Hevia, P. (1997). Consumo de Insectos Alternativa alimentaria del neotropico. *Boletín. Entomology*, 12(1), 125-127.
- Saturnino, C., García, A., Molina, J., Sierra, P., Castro, M., Calvo, M., y Fontecha, J. (2016). Los insectos como complemento nutricional de la dieta: fuente de lípidos potencialmente activos. *Alimentación, nutrición y salud*, 23, 50-56.