

Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae)

Nutritional value of larvae and pupae of silkworm (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae)

ALEJANDRO RODRÍGUEZ-ORTEGA¹, JOSÉ MANUEL PINO-MORENO², SERGIO CARLOS ÁNGELES-CAMPOS³,
ÁGUEDA GARCÍA-PÉREZ⁴, ROSARIO MELINA BARRÓN-YÁNEZ⁵ y JUDITH CALLEJAS-HERNÁNDEZ¹

Resumen: El objetivo de la presente investigación fue comparar la calidad nutricional de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*). Se realizó el análisis proximal: energía (kcal/kg), minerales (%), proteína (%) y digestibilidad *in vitro* en larvas y pupas de *B. mori* en base seca y base húmeda. Se utilizaron 100 larvas y 100 pupas producidas en julio y agosto de 2013 en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México. El análisis se realizó un mes después de la colecta. En base seca, de acuerdo a los análisis estadísticos, las pupas mostraron el mayor contenido en energía (4231,89 kcal/kg), minerales (6,25%), proteína (64,31%) y en extracto etéreo (20,63%), comparativamente en las larvas se cuantificaron energía (4115,79 kcal/kg), minerales (5,02%), proteína (62,60%) y extracto etéreo (16,43%). Se concluye que las larvas y pupas del gusano de seda pueden ser consideradas como un ingrediente rico en proteínas, grasas y minerales para la elaboración de raciones para humanos y ganado.

Palabras clave: Gusano de seda. Análisis proximal. Fuente alimento. Proteína.

Abstract: The objective of this study was to compare the nutritional quality of larvae and pupae of the silkworm (*Bombyx mori*). A proximal analysis was performed on: energy (kcal/kg), minerals (%), protein (%), and *in vitro* digestibility of larvae and pupae of *Bombyx mori* on wet and dry bases. One hundred (100) larvae and 100 pupae produced under laboratory conditions in July and August 2013 were used. Analysis was performed one month after collection in the laboratory of the Department of Animal Nutrition and Biochemistry of the Faculty of Veterinary Medicine of the National Autonomous University of Mexico. According to statistical analysis, on dry bases, the pupae showed higher energy (4231.89 kcal/kg), mineral (6.25%), protein (64.31%), and fat extract (20.63%) content; as compared with larval energy (4115.79 kcal/kg), mineral (5.02%), protein (62.60%), and fat extract (12.90%) content. Silkworm larvae and pupae are ingredients for the production of cattle rations and the preparation of conventional foods that are rich in protein, fat, and minerals.

Key words: Silkworm. Proximal analysis. Food source. Protein.

Introducción

Los insectos constituyen cuatro quintas partes del reino animal, forman la mayor biomasa del planeta, debido a su gran adaptabilidad, amplia distribución y en ocasiones cosmopolitas; una gran variedad de ellos son utilizados para diversos fines: por ejemplo la “mosca española” en la medicina tradicional; las abejas se han empleado desde tiempos antiguos para la producción de miel y ceras; moscas, mariposas, palomillas, varias especies de escarabajos y abejas llevan a cabo el proceso de polinización; y diversas especies de avispas han sido empleadas en el control biológico de plagas (Metcalf y Flint 1976).

En relación a los insectos como alimento de la sociedad se incluyen una gran diversidad de ellos en su dieta, muchos poseen un alto valor nutritivo y son una fuente de proteína de excelente calidad, sin embargo hasta ahora poco se ha promovido su explotación y cultivo adecuado para este fin (Pino *et al.* 2006; Van Huis *et al.* 2013). Actualmente se conocen 1689 especies comestibles en el mundo, de las cuales 512 se localizan en México, por lo que representan una alternativa

alimentaria muy prometedora (Ramos-Elorduy 2008). Por otro lado debido al crecimiento de la población humana, al incremento de la pobreza y a los problemas de abastecimiento para toda la población, en las últimas décadas se han propuesto una gran diversidad de insectos como alternativa viable que pueda suplir la escasez de recursos alimenticios para la sociedad. Por lo que su estudio se convierte una imperiosa necesidad con fines alimenticios de mejor calidad nutricional (Van Huis *et al.* 2013).

El gusano de seda es la larva de la polilla *B. mori* Linneo (Lepidoptera: Bombycidae) que produce seda a partir de su alimentación con la planta denominada morera (*Morus alba* L.) de la familia Moraceae. Este insecto es una especie domesticada que ha sido explotada por más de 5.000 años, las razas criadas actualmente han sido derivadas de un gusano silvestre *B. mandarina* Moore, 1872 originario de China, India y Corea (Cifuentes y Kee-Wook 1998). El insecto para su crecimiento ingiere aproximadamente 20-22 g de morera fresca o de 5 a 5.5 g de morera seca, el 40% del consumo se asimila y 60% restante se elimina por medio de los excrementos y sólo 25% del alimento digerido se transforma en seda

¹ Dr. y Dra., respectivamente. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Ingeniería en Agrotecnología. Km. 2 Carretera Tepatepec-San Juan Tapa, Francisco I. Madero Hidalgo, México. arodriguez@upfim.edu.mx y jcallejas@upfim.edu.mx. ² Dr. Instituto de Biología UNAM Departamento de Zoología Laboratorio de Entomología, Apdo. Postal 70153, 04510, México, D. F., jpino@ib.unam.mx, autor para correspondencia. ³ M. P. A. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Segundo Edificio, Tercer Piso, Laboratorio 2301. sangeles@servidor.unam.mx. ⁴ Q. A. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Segundo Edificio, Tercer Piso, Laboratorio 2301, México, aguedagp@unam.mx. ⁵ Dra. Universidad Tecnológica de Mineral de la Reforma, Pachuca, Hidalgo, México. rosariomelina@hotmail.com.

bruta para la formación del capullo (Cifuentes y Shon 1998). El alimento y su calidad nutricional tienen gran influencia en el desarrollo del gusano de seda, en la fase larvaria y en el encapullado (Takahashi *et al.* 2000). El gusano de seda para llevar a cabo su desarrollo morfológico y sus funciones del metabolismo necesita de dos nutrientes importantes como proteína cruda y carbohidratos, éstos se encuentran concentrados en porcentajes elevados en las hojas jóvenes de los árboles de morera. La cantidad de macro y micronutrientes en las hojas de morera influyen en el contenido de proteínas, lípidos, hidratos de carbono, vitaminas, minerales y agua, y oscila de acuerdo a la variedad, fertilidad del suelo, clima, época del año, edad y posición de las hojas (Pino *et al.* 2014; Roy *et al.* 2000).

En México, particularmente en el estado de Hidalgo, por su importancia económica se está promoviendo el cultivo del gusano de seda (*B. mori*) (Rodríguez *et al.* 2012) para obtener el hilo de seda y evaluar el valor nutricional del gusano (larva) y de la pupa, comparativamente con algunos insectos comestibles previamente reportados y con otros alimentos, este último aspecto permitiría su explotación como fuente de proteína de alto valor nutritivo y su aprovechamiento en la elaboración de productos comestibles convencionales, es decir aquellos que se producen bajo un sistema de producción artificial, basado en el alto consumo de insumos externos como los agroquímicos. En este aspecto es necesario mencionar que algunos de los problemas ambientales más graves, son el acelerado deterioro y la pérdida de recursos esenciales para la agricultura, así como los daños a los cultivos debido a la contaminación del agua, la tierra y del aire.

El estudio de la composición química de los alimentos permite no sólo conocer la proporción de los elementos y macromoléculas que los integran, sino que con base en ello se infiere su calidad nutritiva y además se establecen las bases para un mayor conocimiento y por ende la valoración de los mismos, lo anterior es significativo cuando se trata de productos, como en este caso los insectos que pueden resultar atractivos para el consumo tanto en humanos como para animales (Tejada 1992). El objetivo del presente trabajo de investigación fue comparar la calidad nutricional de larvas y pupas de gusano de seda (*B. mori*).

Materiales y métodos

Se utilizaron 100 larvas de *Bombyx mori* del quinto estadio y 100 pupas producidas en julio y agosto de 2013 en el Laboratorio de Gusano de Seda de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, perteneciente al municipio de Francisco I. Madero del estado de Hidalgo, México. Las larvas presentaron un peso promedio de un gramo y una longitud de seis centímetros, su alimentación se realizó tres veces al día con hojas de morera (*Morus spp.*) cultivadas en los campos agrícolas experimentales de la universidad. Las larvas y las pupas se mantuvieron bajo las mismas condiciones de temperatura 25 °C, 80% de humedad relativa y 10 horas de iluminación.

El análisis químico se realizó en octubre de 2013 en el Departamento de Nutrición animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, (UNAM); cada análisis se realizó por triplicado y se reportan los resultados promedio, además se calculó la desviación estándar y se realizó la distribución t de student (Spiegel 2001; Jessup 1970), para ello se

emplearon los métodos de Helrich (1990). Se obtuvieron los resultados en base húmeda y en base seca para larvas y pupas. La determinación de humedad se realizó por secado en estufa a 50°C durante 72 horas y el contenido de materia seca fue calculado por diferencia a partir de la humedad siguiendo la metodología 934,5 (Helrich 1990). La determinación de proteína por el método Kjeldahl 988,05 (Helrich 1990), el extracto etéreo se realizó por extracción en un soxhlet 920,39 (Helrich 1990), el contenido de cenizas por el método de calcinación 942,05 (Helrich 1990) utilizando una mufla marca Linbert modelo TZ45T, la determinación de fibra cruda se llevó a cabo por dos digestiones una ácida y otra alcalina 962,099 (Helrich 1990) en un analizador de fibra marca ANKOM, modelo 200/220 y el extracto libre de nitrógeno fue calculado por diferencia para ello al 100% de la materia seca se le restan los porcentajes de proteínas, grasas, sales minerales y fibra cruda. La determinación de energía bruta se realizó utilizando la metodología descrita en Standards for Bomb Calorimetry and Combustion Methods (Tejada 1992).

Para la cuantificación de minerales magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) se empleó el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA), para ello se utilizaron las cenizas obtenidas por calcinación a 600 °C durante 8 h, se realizó una digestión húmeda con HCl, posteriormente se filtró y aforó a 100 ml para su lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 2380, el cual fue calibrado de acuerdo a la longitud de onda correspondiente a cada uno de los minerales (Mg 285,2; Na 589,0; K 766,5; Fe 248,3; Cu 324,8 y Zn 213,9) utilizando energía de la lámpara específica para cada elemento. Se realizó una curva de calibración multi-elementos y a partir de ella se efectuaron las diluciones correspondientes. En la determinación de calcio (Ca) se siguió la metodología 927.02 (Helrich 1990) (método de precipitación formando oxalato de calcio) y para el fósforo (P) el procedimiento 965.17 (Helrich 1990) (método de fosfomolibovanato de amonio por UV visible).

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra la composición química proximal en base seca de las larvas y pupas del gusano de seda, en la misma se señala que la especie *B. mori*, posee más del 60% de proteína en ambos estados de desarrollo, es decir albergan

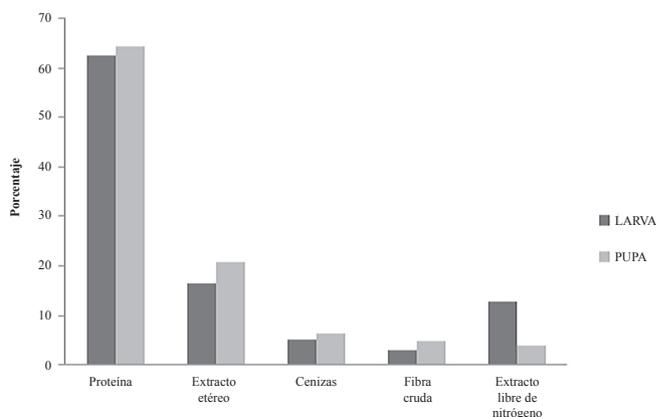


Figura 1. Análisis proximal de larvas y pupas de gusano de seda *B. mori*. (g/100g base seca).

Tabla 1. Análisis proximal de la larva y pupa de *Bombyx mori* L. en base seca y base húmeda*.

Análisis	Base húmeda, % (larva)*	Base seca, % (larva)*	Desv Std	Base húmeda, % (pupa)*	Base seca, % (pupa)*	Base húmeda, % (pupa)*	Desv Std	Base seca, % (pupa)*
Materia seca	20,80	100,0		93,45	100,0			
Humedad	79,20	0,00	0,304	6,55	0,00	8,50	0,193	
Proteína cruda	13,02	62,60	0	60,10	64,31	63,30	0	69,10
Proteína verdadera		41,92	0		46,87	0,028	0,028	
Proteína digestible en pepsina 0.2%		34,19	0		51,10	0,14	0,14	
Digestibilidad de la proteína en pepsina al 0.2%		54,61			79,46			
Extracto etéreo	3,42	16,43	0,013	19,28	20,63	19,47	0,105	21,27
Cenizas	1,04	5,02	0,010	5,84	6,25	4,50	0,017	4,91
Fibra cruda	0,64	3,05	0,0006	4,57	4,89	3,10	0,107	3,38
Extracto libre de N	2,68	12,90		3,66	3,92	1,13		1,23
T.N.D.	19,42	93,35		89,70	95,98	NR		
Energía bruta		5,92 kcal/g	0,045		6,22 kcal/g		0,021	
E.D. Kcal/kg	856,26	4.115,79		3.954,80	4.231,89	NR		
E.M. Kcal/kg	702,06	3.374,59		3.242,60	3.469,79	NR		
Calcio	NA	0,52	0	NA	0,76	0,55	0	0,60
Fósforo	NA	0,30	0	NA	0,72	2,03	0	2,21

CV = Coeficiente de variación.

NA: No Analizado, NR: No Reportado, * Wijayasinghe y Rajaguru (1977).

* De acuerdo a la distribución estadística (t Student), el valor de "t" es mayor que el valor crítico y la probabilidad del estadístico es inferior a 0,05, por lo que se puede asumir que los valores de proteína cruda, extracto etéreo, sales minerales y fibra cruda presentan diferencias estadísticas importantes, por lo que la pupa tiene significativamente mayor porcentaje en estos parámetros.

un alto valor nutritivo en este macronutriente. La pupa posee el mayor contenido de proteína cruda (64,31%), mientras que la larva tiene (62,60%), la diferencia que existe entre un estado de desarrollo y otro es significativa. En la Tabla 1 para la pupa también se observa que el contenido de proteína verdadera (nitrógeno proteínico) en base seca (46,87%), es superior al de las larvas (41,92%), aunque no se realizó la identificación de aminoácidos presentes en este estudio. Wijayasinghe y Rajaguru (1977) reportan la presencia de 17 aminoácidos cuantificados en la pupa expresado en g/100 g de proteína. Además se determinó un mayor contenido de ácido glutámico y aspártico, seguido en orden de importancia por la leucina, lisina, tirosina, arginina, valina y fenilalanina, con un contenido menor a 4 g/100 g se encuentran la alanina, treonina, isoleucina, prolina, glicina e histidina y con una proporción inferior a 2 g/100 g reportaron la metionina, prolina y la cisteína. Asimismo, Redford y Dorea (1984) cuantificaron que cerca del 93% de nitrógeno que contienen los insectos es sin ligaduras, lo que facilita su degradación enzimática y por lo tanto su digestibilidad "in vivo" e "in vitro".

En relación a la proteína digestible en pepsina 0,2% para la pupa del gusano de seda se obtuvo 51,10% y para la digestibilidad de la proteína en pepsina 0,2% un 79,46% siendo estos resultados mayores en ambos casos en comparación con la larva (Tabla 1). Además, en la Tabla 1 se reporta el total de nutrientes digestibles, energía bruta, energía digestible y energía metabolizable, en todos los casos en las pupas se observan los mejores resultados, por ejemplo albergan de energía digestible 4231,89 kcal/100 g y la larva 4115,79 y de energía metabolizable las pupas tienen 3469,79 kcal/100 g y

3373,59 las larvas. Además, comparativamente la pupa alberga una mayor cantidad de grasas o extracto etéreo (20,63%), que la larva 16,43%. (Tabla 1). En relación al metabolismo del hombre el extracto etéreo es importante cuando se trata de lípidos insaturados. Sheppard (2002) y Ramos-Elorduy (2000) reportan que los insectos albergan mayor cantidad de ácidos monoinsaturados y poliinsaturados. Ramos-Elorduy y Viejo-Montesinos (2007) manifiestan que los principales ácidos grasos encontrados en insectos comestibles son: caproico, esteárico, caprílico, oleico, cáprico, linoleico, láurico, linolénico, mirístico, palmítico y palmitoleico. Si se analiza la relación entre el contenido proteínico y la concentración de grasas se observa que éstas corresponden aproximadamente a un tercio del contenido proteínico, lo cual resulta muy favorable cuando se propone una dieta o ración con un alto valor nutritivo en relación al porcentaje de proteínas y lípidos poliinsaturados.

En cenizas las pupas poseen (6,25%) y las larvas (5,02%), de acuerdo a Mahan y Arlin (1995) los minerales suelen clasificarse como macrominerales: Ca, P, K, Na, Mg, Cl y S; y microminerales: Fe, Cu, I, Mn, F, Co, Zn, Mo, Se y Cr. Los minerales son esenciales para desarrollar diversas funciones en el organismo actúan como catalizadores en una gran cantidad de reacciones metabólicas, por ejemplo el calcio es un constituyente del tejido óseo, el hierro forma parte importante de la sangre, etc., por lo que su ingesta es indispensable, ya que no podemos sintetizarlos.

El contenido mineral total de la larva (5,02%) resulta muy atractivo cuando se pretende dar un aprovechamiento a la especie, en este caso puede ser utilizada como un suplemento

Tabla 2. Comparación del aporte de minerales en larvas de tres especies de insectos.

Minerales	Larva del gusano de seda <i>Bombyx mori</i>	Chinicuil <i>Comadia redtenbacheri</i> (Microgramos/g)	Escamol <i>Liometopum apiculatum</i> (Microgramos/g)
Magnesio	2.000 ppm	473,6	455,3
Sodio	150 ppm	175,1	823,6
Potasio	9.500 ppm	4.194,8	3.182,7
Hierro	31,5 ppm	0,5	0,8
Cobre	9 ppm	7,3	9,3
Zinc	2.661,5 ppm	43,2	52,7

en la fortificación de piensos para consumo animal o bien en la elaboración de nuevos productos alimenticios para la sociedad.

La determinación de calcio (Ca) y fósforo (P) realizadas para la larva y pupa, también se incluyen en la Tabla 1. En ella se observa que la pupa presenta en ambos casos un mayor contenido en comparación con la larva; para el fósforo la pupa presenta (0,72%) o sea más del doble respecto a la larva, y para el calcio (0,76%).

En la cuantificación de algunos macro y microminerales en las larvas se encontraron concentraciones muy altas de potasio (9.500 ppm), zinc (2.661,5 ppm), magnesio (2.000 ppm) y sodio (150 ppm), pero presentan bajas concentraciones de hierro (31,5 ppm) y cobre (9 ppm) (Tabla 2). Estos datos son superiores a los reportados para alimentos convencionales como es la carne de pollo en donde se tienen los siguientes valores: potasio (157,40 ppm), magnesio (13,91 ppm), sodio (12,39 ppm) y hierro (7,17 ppm), pero presentan bajas concentraciones de zinc (1,02 ppm) y cobre (0,12 ppm) concluyendo que algunos insectos como *B. mori* pueden cubrir totalmente las necesidades diarias de algunos nutrientes minerales para una persona de acuerdo a su edad, sexo, actividad que desempeña y estado fisiológico, en este estudio se coincide con lo reportado por Ramos-Elorduy *et al.* (1998), donde reporta que la mayoría de insectos analizados presentan concentraciones muy altas de potasio, aunque no mayores a las encontradas en *B. mori*. El aporte de minerales de las larvas es alto en magnesio, potasio, hierro y zinc comparado con otras especies como *Comadia redtenbacheri* Hammerschmidt, 1848 y *Liometopum apiculatum* Mayr, 1870 (Tabla

2), estos resultados pueden estar relacionados directamente con el tipo de alimentación aunque también podría influir la composición del suelo y el agua de riego.

En relación a la fibra cruda las pupas poseen (4,89%) y las larvas (3,05%), las cuales son cantidades mínimas en comparación con los demás componentes, estas proporciones influyen de una manera decisiva en la digestibilidad de este insecto ya que además de su poca o nula digestibilidad, su presencia en grandes cantidades disminuye la asimilación de los otros componentes, incluso se ha identificado que la fibra cruda protege de alguna manera los otros macronutrientes contra la digestión, por lo tanto estos porcentajes proporcionan un índice fidedigno teórico de su alta digestibilidad, la cual ha sido previamente reportada en otros insectos como las larvas de las mariposas *Eucheira socialis* Westwood, 1834, (Pieridae) y *Laniifera cyclades* Druce, 1895 (Pyrallidae) (Flores 1977; Ramos-Elorduy *et al.* 1981).

El porcentaje más alto observado en extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) se presentó para la larva con 12,90% y en las pupas 3,92%.

El aporte calórico que proporcionan diversos insectos es significativo (Tabla 1), Ramos-Elorduy y Pino (1990), señalan que el 100% de los insectos estudiados son más energéticos que el pollo, el 95% más que el trigo y el centeno, 87% más que el maíz, el 84% más que las hortalizas, 70% más que el pescado, la lenteja y el frijol, 63% más que la carne de res y el 50% más que la soya entre otros alimentos convencionales. Estos datos son corroborados con este estudio, el gusano de seda posee 5,92 kcal/g de energía bruta para larva y la pupa 6,22 kcal/g, de energía digestible 4.115,79 kcal/100 g para

Tabla 3. Comparación del valor nutritivo de algunos insectos comestibles con *Bombyx mori*, *Tenebrio molitor* y *Musca domestica* en g/100g base seca.

Especies análisis	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas (Minerales)	Fibra cruda	Extracto libre de N
<i>Bombyx mori</i> , L	62,60	16,43	5,02	3,05	12,90
<i>Bombyx mori</i> , P	64,31	20,63	6,25	4,89	3,92
<i>Tenebrio molitor</i> , L	45,76	38,29	2,77	6,91	4,24
<i>Tenebrio molitor</i> , P	53,13	36,65	3,19	5,10	1,90
<i>Musca domestica</i> , L	54,17	27,64	5,22	4,65	8,22
<i>Liometopum apiculatum</i> , M. (Escamoles) *, **, ***	49,07	34,28	3,31	1,73	18,20
<i>Comadia redtenbacheri</i> H., L (Chinicuales) *, **, ***	32,98	54,22	2,16	4,27	5,60

Fuente: * Pino *et al.* (2006). ** Ramos-Elorduy *et al.* (2002; 2007). *** Ramos-Rostro *et al.* (2012).
NR: no reportado, L = larvas, H = huevos, P = pupas.

la larva y 4.231,89 para la pupa, y de energía metabolizable tienen 3.469,79 kcal/100 g, las pupas y 3.373,59 las larvas, igualmente en ambos casos la pupa alberga cantidades mayores de energía en comparación con las larvas.

Además, en dicha tabla se observa que los resultados de la composición proximal para la pupa son similares a los porcentajes reportados por Wijayasinghe y Rajaguru (1977) extracto etéreo (19,47), proteína cruda (66,30), fibra cruda (3,10), cenizas (4,5) y humedad (8,5).

También se observa que la pupa presenta mayor valor nutricional, dado que tienen un mayor contenido en proteínas, lípidos de cadenas insaturadas y minerales (Ca y P) aunque un menor contenido en carbohidratos, pero en nuestra dieta alimentos como el maíz son ricos en carbohidratos y desde el punto de vista nutricional la importancia de las proteínas es indiscutible. Cabe destacar que el gusano de seda no ha sido ampliamente estudiado como una especie comestible, sin embargo Ramos-Elorduy y Bourges (1977) lo reportan como alimento humano, de la sociedad en Indochina, China, Japón y Madagascar y en la cocina coreana se consume hervido, frito o como ingrediente de salsas, en la actualidad existen algunos insectos comestibles, que han sido investigados en cuanto a su valor nutritivo, en diferentes estados de la República Mexicana (Ramos-Elorduy *et al.* 2002, 2007 y 2012).

En la Tabla 3 se reporta un análisis comparativo de algunas especies de insectos y el gusano de seda, el contenido de proteína cruda en los escamoles (*L. apiculatum*) es de 49,07%, para el gusano de maguey rojo o chinicuiles (*C. redtembacheri*) 32,98%, la mosca doméstica (*Musca domestica*) 54,17% y el gusano amarillo de las harinas (*Tenebrio molitor*) alcanza 53,13% en la pupa y 45,76% en el estado larval, pero el gusano de seda *B. mori* posee el valor más alto en proteína cruda con 64,31% en el estado de pupa y 62,60% en el estado larval. Esta alta proporción nos sugiere que podría ser aprovechada en la industria de los alimentos.

Para el caso del extracto etéreo la larva de *B. mori* tiene el contenido más bajo (16,43%), mientras que la larva de *T. molitor* posee más del doble (38,29%) y la *M. domestica* presenta 27,64%. en el estado larval, el gusano rojo 54,22% y los escamoles 34,28%. De acuerdo a estos resultados las larvas y las pupas del gusano de seda representa una alternativa de consumo, ya que aportarían un alto contenido energético en la ración, además de poseer un alto contenido de proteína digestible.

Como se señaló anteriormente, el aporte calórico que proporcionan diversos insectos es significativo, Ramos-Elorduy y Pino (1990), sin embargo en el caso de *B. mori* no es tan alto como el reportado para los chinicuiles (*C. redtembacheri*), donde el promedio es de 7.266,86 y para los escamoles (*L. apiculatum* M.) fue de 6.058,43 kcal/1.000 g, en este aspecto es importante mencionar que el aporte calórico está relacionado directamente con el porcentaje de grasas, de acuerdo a lo reportado en este macronutriente, los chinicuiles presentan el valor más alto, mientras que el gusano de seda en el estado de larva presentó el valor más bajo (Tabla 3).

En otro estudio realizado en Chiapas (México) por Ramos-Elorduy y Pino (2001) se reporta para los chapulines (*Sphenarium histrio*) 76,50% de proteína. Al analizar el porcentaje de proteína cruda encontrado en *B. mori*: 64,31% (pupa) y 62,60% (larva) se observa que es ligeramente inferior a otras especies de insectos comestibles como los chapulines (Orthoptera), pero mayor a los valores reportados para

escamoles (Hymenoptera) y chinicuiles (Lepidoptera), las cuales son especies altamente buscadas, comercializadas y consumidas en México.

Otras especies de insectos comestibles como el gusano amarillo de las harinas (*T. molitor*), la mosca común (*M. domestica*) y la mosca negra soldado (*H. illucens*) han sido ampliamente estudiadas como sustitutos en las raciones de algunos animales domésticos, debido a su alto valor nutritivo, además de su fácil formulación e incorporación a los ingredientes de la misma, al proporcionar macronutrientes importantes como la proteína cruda y los lípidos de cadenas insaturadas (Sheppard 2002).

Finalmente estas características hacen que el gusano de seda *B. mori* en sus etapas de desarrollo de larvas y pupas puedan ser considerado como un alimento rico en proteínas digestibles y con un buen contenido calórico representando una alternativa alimentaria para la sociedad y para los animales, al aportar un alto contenido energético en la dieta y/o en la ración (Ramos-Elorduy y Pino 1990).

Conclusiones

En México no existen reportes para *B. mori* de su aprovechamiento como especie comestible, ya que es valorada principalmente para la producción de fibras textiles, sin embargo de acuerdo a los resultados reportados en esta investigación puede ser explotada para la alimentación humana como un suplemento proteínico. Este insecto es nutritivo tanto en estado de larva como de pupa ya que presenta un alto contenido proteínico y energético, el cual puede convertirse en un ingrediente con un alto valor agregado en la industria de los alimentos. La pupa presenta un mejor valor nutricional, dado que posee un mayor contenido en proteína cruda, proteína verdadera, ácidos grasos de cadena insaturada, proteína digestible en pepsina, alta digestibilidad de la proteína en pepsina, así como de minerales (Ca y P) y energía y tiene un menor contenido de carbohidratos. Finalmente los resultados obtenidos en este estudio tanto de las larvas como de pupas del gusano de seda permiten considerarlas como un ingrediente rico en proteínas que puede ser explotado como un suplemento proteínico o bien como una fuente de lípidos y sales minerales para la nutrición de la sociedad o de diversos animales de interés pecuario e incluso para enriquecer y preparar otros alimentos convencionales.

Agradecimientos

Se agradece a los revisores del presente artículo, cuyas observaciones permitieron mejorarlo.

Literatura citada

- CIFUENTES, C. A.; KEE-WOOK, S. 1998. Manual técnico de sericultura: cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Convenio SENA-CDTS. Colombia. 438 p.
- CIFUENTES, C. A.; SOHN K., W. 1998. Manual técnico de sericultura: biología, morfología y fisiología del gusano de seda. Pereira, Co. Risaralda. pp. 141-176.
- FLORES, M. J. 1977. Bromatología Animal, Ed. Limusa. México 2ª Reimpresión 683 p.
- HELDRICH, K. 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 15 Edition. Edited by Kenneth Herlich. Volumen I, 737p., Volumen II, 1298 p.

- JESSUP, R. S. 1970. Precise measurements of heat combustion with a bomb calorimeter. U.S. Bureau of Standard Monograph No. 7 U.S. Government Printing Office, Washington. D.C. 9 p.
- MAHAN, L. K.; ARLIN, T. M. 1995. Nutrición y dietoterapia, Ed. Interamericana-McGraw Hill, 8ª Ed. México D.F, p. 110.
- METCALF, C. L.; FLINT, W. P. 1976. Insectos destructivos e insectos útiles sus costumbres y su control, Ed. CECSA, 8ª Impresión, México D.F. 1208 p.
- PINO, M. J. M.; RAMOS-ELORDUY, J.; MEDEIROS, C. N. E. 2006. Los insectos comestibles comercializados en los mercados de Cuautitlán de Romero Rubio, Estado de México, México. *Sitientibus Série. Ciências. Biológicas 6 (Etnobiología):* 58-64.
- PINO, M. J. M.; RAMOS-ELORDUY, J.; RODRÍGUEZ, O. A.; ÁNGELES, C. S. C.; GARCÍA, P. A. 2014. Valor nutritivo de la morera *Morus alba* L. (Moraceae) alimento del gusano de seda (*Bombyx mori* L.) (Lepidoptera: Bombycidae) y su importancia en la sericicultura, *Entomología Mexicana* 13. Tomo 2: 1022-1027.
- RAMOS-ELORDUY, J. 2000. La etnoentomología actual en México en la alimentación humana, en la medicina tradicional y en el reciclaje y alimentación animal. pp. 3-46. En: *Memorias XXXV Congreso. Nacional. de Entomología, Acapulco Gro. México.*
- RAMOS-ELORDUY, J. 2008. El consumo de insectos, importancia alimenticia, medicinal, social y económica. VII Encuentro de Participación de la Mujer en la Ciencia. Centro de Investigaciones en Óptica, León, Guanajuato. 21 de mayo.
- RAMOS-ELORDUY, J.; BOURGES, R. H. 1977. Valor nutritivo de ciertos insectos comestibles de México y lista de algunos insectos comestibles del mundo, *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México Serie Zoología* 48 (1): 165-186.
- RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, M. J. M. 1990. Contenido calórico de algunos insectos comestibles en México. *Revista Sociedad Química de México* 34 (2): 56-68.
- RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, M. J. M. 2001. El consumo de insectos entre los lacandones de la comunidad Bethel y su valor nutritivo. *Etnobiología* 1: 24-43.
- RAMOS-ELORDUY, J.; VIEJO-MONTESINOS, B. J. L. 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 Biología* 102 (1-4): 61-84.
- RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, M. J. M.; GONZÁLEZ, M. O. 1981. Digestibilidad in vitro de algunos insectos comestibles de México. *Folia Entomológica Mexicana* 49: 141-154.
- RAMOS-ELORDUY, J.; MUÑOZ, J. L.; PINO, M. J. M. 1998. Determinación de minerales en algunos insectos comestibles de México. *Revista Sociedad. Química de México* 42: 18-33.
- RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, M. J. M.; MORALES DE LEÓN, J. 2002. Análisis químico proximal, vitaminas y nutrimentos inorgánicos de insectos consumidos en el estado de Hidalgo, México. *Folia Entomológica Mexicana* 41: 15-29.
- RAMOS-ELORDUY, J.; MEDEIROS, C. N. E.; PINO, M. J. M.; CUEVAS, C. M. S.; GARCÍA-FIGUEROA, M. J.; ZETINA, D. H. 2007. Conocimiento de la entomofauna útil en el poblado de La Purísima Palmar de Bravo, Estado de Puebla, México. *Biotemas* 20: 121-134.
- RAMOS, R. B.; QUINTERO, S. B.; RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, M. J. M.; ÁNGELES, C. S. C.; GARCÍA, P. A.; BARRERA, G. D. 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. *Interiencia* 37 (12): 914-920.
- REDFORD, K. H.; DOREA, J. G. 1984. The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. *Journal of Zoology* 203: 385-395.
- RODRÍGUEZ, O. A.; VARGAS, M. J.; VENTURA, M. A.; MARTÍNEZ, M. A.; RODRÍGUEZ, M. J.; EHSAN, M.; LARA, V. F. M. 2012. Manual de Sericultura en Hidalgo, principios Básicos. Primera edición. Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. México. 102 p.
- ROY, A. K.; SINGH, M. K.; SINGH, B. D.; MISHRA, P. K.; JAYASWA, L. J.; ANDRAI, S. 2000. Comparative effect of mulberry varieties on rearing performance of silkworm, *Bombyx mori* L. *Journal Advanced Zoology* 21 (1): 39-42.
- SHEPPARD, C. 2002. Black soldier fly and others for value added manure management. Athens, GA. University of Georgia. Department of Entomology and Animal Science. Disponible en: <http://www.virtualcentre.org/en/enl/vol1n2/blackfly.htm> [Fecha de revisión: 17 septiembre 2014].
- SPIEGEL, M.R. 2001. Schaum's outline of statistics. McGraw-Hill Company pp. 45-248.
- TAKAHASHI, R.; KRONKA, S. N.; HIROSE, A.T. 2000. Desenvolvimento da glândula sericígena do bichoda-seda (*Bombyx mori* L.) sob a influência de diferentes tipos de adubaçao na amoreira. *Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa* 47 (2): 121-125.
- TEJADA, DE H. I. 1992. Control de calidad y análisis de alimento para animales. Sistema de Educación Continua en Producción Animal, A.C. Secretaría de Educación Pública. México. 393 pp.
- VAN HUIS, A.; ITTERBEECK, J. V.; HARMKE, K.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. 2013. Edible insects future prospects for food and feed security, Ed. Wageningen UR and FAO, Roma Forestry Paper 171. 187 p.
- WIJAYASINGHE, M. S.; RAJAGURU, A. S. B. 1977. Use of silkworm (*Bombyx mori* L.) Pupae as a protein supplement in poultry rations. *Journal of the National Science Council of Sri Lanka* 5 (2): 95-104.

Recibido: 2-jun-2015 • Aceptado: 18-dic-2015

Citación sugerida:

RODRÍGUEZ-ORTEGA, A.; PINO-MORENO, J. M.; ÁNGELES-CAMPOS, S. C.; GARCÍA-PÉREZ, Á.; BARRÓN-YÁNEZ, R. M.; CALLEJAS-HERNÁNDEZ, J. 2016. Valor nutritivo de larvas y pupas de gusano de seda (*Bombyx mori*) (Lepidoptera: Bombycidae). *Revista Colombiana de Entomología* 42 (1): 69-74. Enero-Junio 2016. ISSN 0120-0488.