

LOS INSECTOS COMO FUENTE DE ALIMENTO: ANÁLISIS DEL CONTENIDO EN PROTEÍNA Y GRASA DE 100 ESPECIES

WEN LIZHANG ¹, J. L. VIEJO MONTESINOS ² & YI DINGHONG ¹

Con 2 figuras y 5 tablas

RESUMEN. En este trabajo se analizan los datos publicados del contenido de proteína y grasa de unas cien especies de insectos comestibles pertenecientes a 7 órdenes. Los resultados muestran que en todas las especies de insectos analizadas el contenido en proteína es mayor que el de grasa; por término medio, se encuentra el doble de proteína que de grasa aunque la cantidad de proteína puede llegar en algunos casos a ser alrededor de siete veces más. Los insectos que contienen la mayor cantidad de proteína pertenecen al orden Orthoptera (65,96 %), por el contrario son los Coleoptera los que contienen menos (44,03 %). Con relación al contenido en grasa, sucede lo contrario, ya que los más ricos en grasa son los coleópteros (31,81 %) y los que menos grasa tienen son los ortópteros (9,02 %). También se encontró una relación entre el contenido en proteína y el contenido en grasa, de manera que la suma de ambos permanece casi constante ($76\% \pm 2,14\%$) en los diferentes grupos de insectos analizados. Por tanto la cantidad total de proteína y grasa representan aproximadamente $\frac{3}{4}$ del peso seco del insecto; es decir, que en la mayoría de los insectos la mitad del peso seco es proteína, un cuarto es grasa y el resto otras sustancias. Igualmente del análisis se colige que la cantidad de grasa y de proteína muestran una correlación negativa.

ABSTRACT. This work analyses published data on the content of protein and fat of about 100 species of edible insects from seven different orders. The results showed that in all insect species analysed protein content is higher than fat. On average, insect protein content is double (50% of dry body mass) that of fat content (25% of dry body mass) although protein content may be seven times greater than fat content.

¹ Departamento de Entomología, Universidad Agrícola de Hunan, 410128 Changsha, China, E-mail: weninsect123@yahoo.com.cn

² Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid, España, E-mail: joseluis.viejo@uam.es

On average, protein and fat content showed a negative correlation in relation to each other, with the sum of protein and fat content almost constant ($76\% \pm 2.14\%$) in the different insect groups. Insects with the greatest protein content belong to Orthoptera (65.96%) while those with the lowest amount belong to Coleoptera (44.03%). Accordingly fat content was greater in coleopterans (31.81%) and lower in orthopterans (9.02%).

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los insectos han ido adquiriendo un creciente valor como recurso alimenticio para los seres humanos. Si bien son animales pequeños, los insectos están ampliamente distribuidos, constituyen el grupo zoológico más diverso y representan la mayor cantidad de biomasa animal del planeta. Los insectos presentan numerosas ventajas para ser utilizados como recurso alimenticio para el Hombre; entre las ventajas que podemos mencionar está la corta duración del ciclo biológico, por tanto la rápida cría, la enorme tasa reproductora y su elevada abundancia en diferentes hábitats (GORHAM, 1976; KOK, 1983; GENE, 1989).

Si tenemos en cuenta la cada vez mayor demanda de alimentos, es obligado considerar a los insectos como una potencial y prometedora fuente de alimento para los seres humanos (DUFOR, 1987). Insectos como grillos, cigarras, mariposas, hormigas y larvas de dípteros contienen más proteínas que los huevos de las aves, la carne de pollo, el pescado, el cerdo o la carne de vacuno, con cantidades de proteína entre el 68,9 y el 75 % del peso seco.

Con relación a los aminoácidos, los insectos ofrecen también muchas ventajas, ya que en términos generales no sólo poseen las tasas más adecuadas, es decir, tienen una mayor proporción de aminoácidos esenciales respecto a todos los aminoácidos, sino que además, según la FAO presentan una proporción más equilibrada de aminoácidos esenciales. Por ejemplo, las crisálidas de *Bombyx mori* (L., 1758) contienen más aminoácidos esenciales para los seres humanos que la soja (YE XINGQIAN & HU CUI, WANG XIANG, 1998). Además la tasa de digestibilidad de las proteínas de los insectos es muy elevada situándose alrededor del 90 % aunque varía entre el 77,9 % y el 98,9 % (RAMOS ELORDUY, 1991).

Los insectos también contienen una considerable cantidad de grasa, que oscila entre el 10 % y el 40 % alcanzando en algunas larvas de coleópteros el 50 % de su peso seco; además, en todos los casos conocidos, la grasa está constituida por más ácidos grasos insaturados que en otras especies animales (RAMOS ELORDUY *et al.*, 1992; YANG DARONG, 1996; YE XINGQIAN, 1998a, 1998b). Aunque estas cifras son similares a las

del aceite de cacahuete y al de soja, el tejido graso de los insectos tiene mayor contenido de vitaminas que el de otros animales.

Se han realizado numerosos estudios sobre el contenido de proteína y de grasa de los insectos, sin embargo, la mayor parte de los análisis se han limitado a especies concretas, y hasta el momento pocas son las evaluaciones realizadas para amplios grupos taxonómicos.

En este trabajo se recogen y analizan estadísticamente los datos ya publicados (véase Tabla 1) referidos al contenido en proteína y en grasa de aproximadamente un centenar de especies de 7 órdenes de insectos. Los resultados muestran que los insectos presentan una alta proporción de proteína, si bien los datos muestran una considerable variación entre diferentes órdenes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han compilado datos publicados de varios autores sobre el contenido en proteína y grasa de aproximadamente un centenar de especies de insectos comestibles en China y México. Los trabajos recopilados se refieren en ocasiones a diferentes estadios del ciclo biológico y a veces a la misma especie (véase Tabla 1). Los datos del contenido de proteína y grasa de las diferentes especies se agruparon en 7 órdenes y se sometieron a análisis estadísticos. Estos datos se muestran en la Tabla 1.

RESULTADOS

Contenido total en proteína y grasa de cien especies de insectos

Del centenar de especies analizadas el valor medio de proteínas por especie fue 51,17% (Tabla 5). La mayor cantidad de proteína se ha encontrado en las pupas del gusano de seda (*Bombyx mori*, Lepidoptera, Bombycidae), con un 78,09 %, mientras que el más bajo fue el de las larvas de *Phassus triangularis* Edwards, 1885 (Lepidoptera, Hepialidae), con un 15,17 %. Con respecto a la grasa, la mayor cantidad se ha encontrado en el aludido *Phassus triangularis* (Lepidoptera, Hepialidae), y la menor en las larvas de los dípteros, con un 2,60 %; mientras que la media por especie ha sido 25,10 % (Tabla 5). La suma de proteína y grasa alcanzó el máximo en *Chilo fuscidentalis* Hampson (Lepidoptera, Pyralidae), con un 94,91 %; y el mínimo en *Phyllophaga* sp. (Coleoptera, Scarabaeidae), con un 48,24 %; la media alcanzada por especie ha sido el 76,10% (Tabla 1). Merece la pena destacar que la especie con el valor más alto en el contenido proteico es la que menos grasa presenta (*Phassus triangularis*).

Tabla 1 - Datos publicados del contenido de proteína y grasa de un centenar de especies de insectos (g/100g de peso seco).

| Nº | Especie | Proteína | Grasa | Total | Nº | Especie | Proteína | Grasa | Total |
|---------------------------|-----------------------------------|----------|-------|-------|----------------------------|--|----------|-------|-------|
| ORTHOPTERA (media) | | | | | HYMENOPTERA (media) | | | | |
| OR1 | <i>Sphenarium histrio</i> | 65.96 | 9.02 | 74.98 | HY1 | <i>Vespa veutina auraris</i> (adulto)* | 50.88 | 24.40 | 75.52 |
| OR2 | <i>Romalea</i> sp. | 77.13 | 4.22 | 81.35 | HY2 | <i>Polybia</i> sp. | 65.34 | 12.65 | 77.99 |
| OR3 | <i>Oxya chinensis</i> * | 75.35 | 12.27 | 87.62 | HY3 | <i>Polybia</i> sp. | 62.98 | 18.56 | 81.54 |
| OR4 | <i>Romalea colorata</i> | 73.50 | 8.24 | 81.74 | HY4 | <i>Brachygastra azteca</i> | 62.94 | 12.46 | 75.40 |
| OR5 | <i>Boopedon flaviventris</i> | 72.68 | 16.33 | 89.01 | HY5 | <i>Atta cephalotes</i> | 62.74 | 21.47 | 84.21 |
| OR6 | <i>Melanoplus mexicanus</i> | 71.35 | 6.52 | 77.87 | HY6 | <i>Polybia parvulina</i> | 60.60 | 10.61 | 71.21 |
| OR7 | <i>Taeniopoda</i> sp. | 70.92 | 6.06 | 76.98 | HY7 | <i>Polybia nigratella</i> | 59.92 | 18.88 | 78.80 |
| OR8 | <i>Acrida cinerea</i> * | 68.29 | 7.47 | 75.76 | HY8 | <i>Polybia nigratella</i> | 59.56 | 18.16 | 77.72 |
| OR9 | <i>Sphenarium</i> sp. | 67.80 | 11.47 | 79.27 | HY9 | <i>Polyrhachis vicina</i> (adulto)* | 58.83 | 21.37 | 80.20 |
| OR10 | <i>Shirakiacris shirakii</i> * | 67.68 | 9.05 | 76.73 | HY10 | <i>Oecophylla smaragdina</i> (adulto)* | 57.89 | 16.62 | 74.51 |
| OR11 | <i>Oedaleus infernalis</i> * | 65.91 | 10.43 | 76.34 | HY11 | <i>Myschocyrtus basimacula</i> | 57.33 | 24.26 | 81.59 |
| OR12 | <i>Atractomorpha sinensis</i> * | 64.47 | 8.53 | 73.0 | HY12 | <i>Zadprion vallcola</i> | 55.99 | 15.07 | 71.06 |
| OR13 | <i>Acrida cinerea</i> * | 63.64 | 8.42 | 72.06 | HY13 | <i>Neodiprion guilletei</i> | 55.26 | 35.57 | 90.83 |
| OR14 | <i>Loxoblemmus</i> spp.* | 60.60 | 11.18 | 71.78 | HY14 | <i>Vespa veutina auraris</i> (pupa)* | 54.23 | 22.07 | 76.30 |
| OR15 | <i>Plectrotettia nobilis</i> | 58.31 | 7.41 | 65.72 | HY15 | <i>Brachygastra mellifica</i> | 52.84 | 29.66 | 82.50 |
| OR16 | <i>Sphenarium purpurascens</i> | 56.19 | 10.78 | 66.97 | HY16 | <i>Polybia</i> sp. | 51.48 | 19.89 | 71.37 |
| OR17 | <i>Sphenarium mexicanus</i> | 52.13 | 10.81 | 62.94 | HY17 | <i>Blastophaga pumilae</i> * | 49.35 | 20.57 | 69.92 |
| OR18 | <i>Acrida chinensis</i> * | 50.00 | 6.60 | 56.60 | HY18 | <i>Apis</i> sp. | 49.30 | 20.21 | 69.51 |
| DIPTERA (media) | | | | | HY19 | <i>Vespula squamosa</i> | 48.56 | 26.72 | 75.28 |
| DIP1 | <i>Musca domestica</i> (pupa)* | 55.86 | 15.64 | 71.49 | HY20 | <i>Vespa veutina auraris</i> (larva)* | 48.39 | 23.01 | 71.40 |
| DIP2 | <i>Musca domestica</i> (larva 1)* | 65.43 | 2.60 | 63.48 | HY21 | <i>Pogonomyrmex</i> sp. | 45.79 | 34.25 | 80.04 |
| DIP3 | <i>Ephydra hians</i> | 60.88 | 6.82 | 67.04 | HY22 | <i>Liometopum apiculatum</i> (reproductor) | 45.33 | 15.70 | 61.03 |
| DIP4 | <i>Musca domestica</i> (larva 2)* | 60.22 | 12.61 | 72.00 | HY23 | <i>Liometopum occidentale</i> | 44.97 | 34.60 | 79.57 |
| DIP5 | <i>Musca domestica</i> (adulto) | 59.39 | 27.64 | 81.81 | HY24 | <i>L. apiculatum</i> (rep.+ obrera) | 39.16 | 33.62 | 72.78 |
| DIP6 | <i>Copestylum haagii</i> | 54.17 | 18.42 | 72.12 | HY25 | <i>Atta mexicana</i> | 35.70 | 40.25 | 75.95 |
| DIP7 | <i>Copestylum anna</i> | 53.7 | 30.81 | 68.01 | HY26 | <i>Polistes instabilis</i> | 31.07 | 61.52 | 92.59 |
| HOMOPTERA (media) | | | | | HY27 | <i>Mellipona beeckeii</i> | 28.95 | 41.25 | 70.20 |
| HO1 | <i>Tibicen pruinisa</i> | 51.31 | 25.33 | 76.59 | | <i>Apis mellifera</i> | 41.68 | 18.82 | 60.50 |
| HO2 | <i>Darthula hardwicki</i> * | 73.45 | 14.60 | 88.05 | HEMIPTERA (media) | | | | |
| HO3 | <i>Hoplophorion monogramma</i> | 57.14 | 30.60 | 87.74 | HE1 | <i>Abedus ovatus</i> | 49.57 | 28.00 | 77.57 |
| HO4 | <i>Lawana imituta</i> * | 55.24 | 17.08 | 72.32 | HE2 | <i>Pachilis gigas</i> | 67.69 | 6.20 | 73.89 |
| HO5 | <i>Hoplophorion</i> sp. | 51.59 | - | - | HE3 | <i>Pachilis gigas</i> | 65.39 | 19.43 | 84.82 |
| HO6 | <i>Ericerus pela</i> (huevo)* | 48.06 | 31.45 | 79.52 | | | 62.95 | 26.31 | 89.26 |
| HO7 | <i>Umbonia reclinata</i> | 44.67 | 24.85 | 69.52 | | | | | |
| | | 29.03 | 33.37 | 62.40 | | | | | |

Tabla 1 - (continuación).

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-------|-------|-------|------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|-------|
| HE4 | <i>Coricella mercenaria</i> | | | | LE26 | <i>Aegiale hesperiaris</i> | | | |
| HE5 | <i>Coricella texcocana</i> | 59.24 | 5.51 | 64.75 | LE27 | <i>Ostrinia furnacalis</i> (larva)* | 34.90 | 46.08 | 80.98 |
| HE6 | <i>Krizousacorixa azteca</i> | 58.02 | 8.99 | 67.01 | LE28 | <i>Comadia redtenbacheri</i> | 34.63 | 49.33 | 83.96 |
| HE7 | <i>K. femorata</i> | 58.02 | 8.99 | 67.01 | LE29 | <i>Chilo fuscidentalis</i> (larva)* | 34.49 | 60.42 | 94.91 |
| HE8 | <i>Euchistus taxcoensis</i> | 43.23 | 38.13 | 81.36 | LE30 | <i>Phassus</i> sp. | 32.74 | 60.35 | 93.09 |
| HE9 | <i>Euchistus</i> sp. | 39.48 | 43.76 | 83.24 | LE31 | <i>Phassus triangularis</i> | 15.17 | 77.17 | 92.94 |
| HE10 | <i>Acantocephala luctuosa</i> | 38.38 | 42.34 | 80.72 | COLEOPTERA (media) | | | | |
| HE11 | <i>Euchistus zopilotensis</i> | 36.98 | 44.66 | 81.64 | CO1 | <i>Proarna</i> sp. | 72.02 | 4.43 | 76.45 |
| HE12 | <i>Edessa conspersa</i> | 36.82 | 42.76 | 79.58 | CO2 | <i>Potosia aerata</i> * | 66.20 | 19.35 | 85.55 |
| HE13 | <i>Euchistus egglestoni</i> | 35.36 | 45.12 | 80.48 | CO3 | <i>Tenebrio monitor</i> (adulto)* | 63.74 | 18.21 | 81.95 |
| HE14 | <i>Edessa</i> sp. | 33.21 | 54.23 | 87.44 | CO4 | <i>Homolepta</i> sp. | 57.70 | 18.42 | 76.12 |
| LEPIDOPTERA (media) | | 48.47 | 30.57 | 77.91 | CO5 | <i>Tenebrio monitor</i> (pupa)* | 56.97 | 28.62 | 85.59 |
| LE1 | <i>Bombyx mori</i> * | 78.09 | - | - | CO6 | <i>Tenebrio molitor</i> | 53.13 | 36.65 | 89.78 |
| LE2 | <i>Bombyx mori</i> (larva de 5ª edad)* | 75.20 | 15.67 | 90.87 | CO7 | <i>Anomala corpulenta</i> * | 51.60 | 14.05 | 65.65 |
| LE3 | <i>Bombyx mori</i> (larva de 4ª edad)* | 72.90 | 11.64 | 84.54 | CO8 | <i>Tenebrio molitor</i> (larva)* | 50.98 | 33.27 | 84.25 |
| LE4 | <i>H. yunanensis</i> * | 61.52 | 10.64 | 72.16 | CO9 | <i>Holitrichia oblita</i> * | 49.30 | 29.84 | 79.14 |
| LE5 | <i>Dendrolimus punctatus</i> (pupa)* | 61.26 | 19.75 | 81.01 | CO10 | <i>Psacotha hilaris</i> * | 49.00 | 35.19 | 84.09 |
| LE6 | <i>Hepialus baimaensis</i> * | 60.06 | 16.12 | 76.18 | CO11 | <i>Tenebrio molitor</i> | 47.76 | 38.29 | 86.05 |
| LE7 | <i>Catasticta teutila</i> | 59.76 | 19.16 | 78.92 | CO12 | <i>Melolontha</i> sp. | 47.41 | 18.81 | 66.22 |
| LE8 | <i>Pieris rapae</i> (larva) * | 58.70 | 11.80 | 70.50 | CO13 | <i>Tenebrio molitor</i> * | 47.40 | 34.05 | 81.45 |
| LE9 | <i>Latheparia ampipyrioides</i> | 57.24 | 6.80 | 64.04 | CO14 | <i>Apriona germari</i> * | 42.80 | 41.46 | 84.26 |
| LE10 | <i>Herse convolvuli</i> * | 53.70 | 16.30 | 70.00 | CO15 | <i>Phyllophaga</i> sp. | 42.62 | 5.62 | 48.24 |
| LE11 | <i>Danaus plexipus</i> | 52.35 | 35.56 | 87.91 | CO16 | <i>Aromia bungii</i> * | 41.80 | 35.89 | 77.69 |
| LE12 | <i>Antheraea pernyi</i> (pupa)* | 52.14 | - | - | CO17 | <i>Trichoderes pini</i> | 41.09 | 36.72 | 77.80 |
| LE13 | <i>Arsenura armida</i> | 51.81 | 7.57 | 59.38 | CO18 | <i>Callipogon barbatum</i> | 40.58 | 34.33 | 74.91 |
| LE14 | <i>Ascalapha odorata</i> | 50.38 | 21.63 | 72.01 | CO19 | <i>Metamasius spinolae</i> | 37.44 | 25.52 | 62.96 |
| LE15 | <i>Herse convolvuli</i> *(pupa) | 50.20 | 23.18 | 73.38 | CO20 | <i>Scyphophorus acupunctatus</i> | 33.10 | 40.28 | 73.38 |
| LE16 | <i>Eucheria socialis</i> | 47.23 | 18.31 | 65.54 | CO21 | <i>Chalcophara</i> sp. | 30.53 | 53.73 | 84.26 |
| LE17 | <i>Antheraea pernyi</i> (macho adulto)* | 46.8 | 39.49 | 86.29 | CO22 | <i>Aplagiognathus</i> sp. | 28.45 | 41.16 | 69.61 |
| LE18 | <i>Laniifera cyclades</i> | 45.83 | 30.34 | 76.17 | CO23 | <i>Passalus punctiger</i> | 26.42 | 44.33 | 70.75 |
| LE19 | <i>Synopsia mexicanaria</i> | 44.64 | 36.61 | 80.95 | CO24 | <i>Aplagiognathus spinosus</i> | 25.80 | 36.38 | 62.18 |
| LE20 | <i>Heliothis zea</i> | 41.98 | 29.00 | 70.98 | CO25 | <i>Oileus rimator</i> | 20.91 | 46.49 | 67.40 |
| LE21 | <i>Hylesia frigida</i> | 41.93 | 9.09 | 51.02 | CO26 | <i>Arhopalus</i> sp. | 20.10 | 56.06 | 76.16 |
| LE22 | <i>Corcyra cephalonica</i> (larva)* | 39.90 | 43.26 | 83.16 | MEDIA DEL TOTAL DE ESPECIES | | | | |
| LE23 | <i>Pectinophora gossypeilla</i> (larva) * | 39.60 | 49.48 | 89.08 | | | ±13.33 | ±15.43 | ±9.07 |
| LE24 | <i>Hylesia</i> sp. | 36.26 | 25.94 | 62.20 | Máximo | | 78.09 | 77.17 | 94.91 |
| LE25 | <i>Phassus trajesa</i> | 35.68 | 51.61 | 87.29 | Mínimo | | 15.17 | 2.60 | 48.24 |

Nota: Los datos con * proceden de China [véanse las referencias nº 2-5, 7-11, 14, 17-20, 28-32] y los demás de México [véanse las referencias nº 1, 21-27].

De las 128 especies medidas, en 103 (es decir las 4/5 partes) el contenido de proteína ha sido superior al de grasa, y sólo 25 (1/5) en las que el contenido en grasa ha sido similar o superior al de proteína.

El valor medio del contenido en proteína ha sido del 51,17 %, es decir, 2,04 veces el de grasa. La cantidad media de proteína, grasa y la suma de ambas, expresada en porcentaje, varía según la especie, así el valor más alto para la proteína fue el 62,92 % (con un 78,09 % de máximo y un 15,17 % de mínimo), para la grasa fue el 75,71 % (77,71% frente al 2,60%) y para la suma de ambas fue el 46,67% (94,91 como máximo, frente al 48,24% como mínimo).

Relación entre el contenido de proteína y el contenido de grasa de cien especies de insectos.

Existe una correlación negativa entre el contenido de proteína y el contenido de grasa en los insectos (Fig. 1). Esta relación se resume mediante la siguiente expresión:

$$Y=74,716-0,9602X\pm 13,36 \text{ (\%)} \text{ (95\% de intervalo de confianza)} \quad (1)$$

O bien

$$X=66,192-0,5899Y\pm 17,05 \text{ (\%)} \text{ (95\% de intervalo de confianza)} \quad (2)$$

En ambos casos Y representa la cantidad de proteína, expresada en tanto por ciento, X representa el porcentaje de la cantidad de grasa, siendo el coeficiente de correlación $r = 0,7526$, para 127 casos, $P = 0,01$. Por tanto podemos utilizar las ecuaciones (1) y (2) para calcular la cantidad de proteína a partir del contenido de grasa, y viceversa.

Comparación entre la cantidad de proteína de siete órdenes de insectos

Los análisis de la varianza mostraron que existen diferencias significativas en el contenido proteico de diferentes órdenes de insectos (Tabla 2); el mayor valor medio se observó en los ortópteros (65,96%) y el menor en los coleópteros (44,03%). Con relación a las diferencias en el contenido proteico, el test de Duncan, para $P = 0,05$, mostró que los siete órdenes estudiados pueden agruparse en cuatro grupos, que difieren significativamente entre si, pero no dentro de ellos (Tabla 2). Por orden decreciente

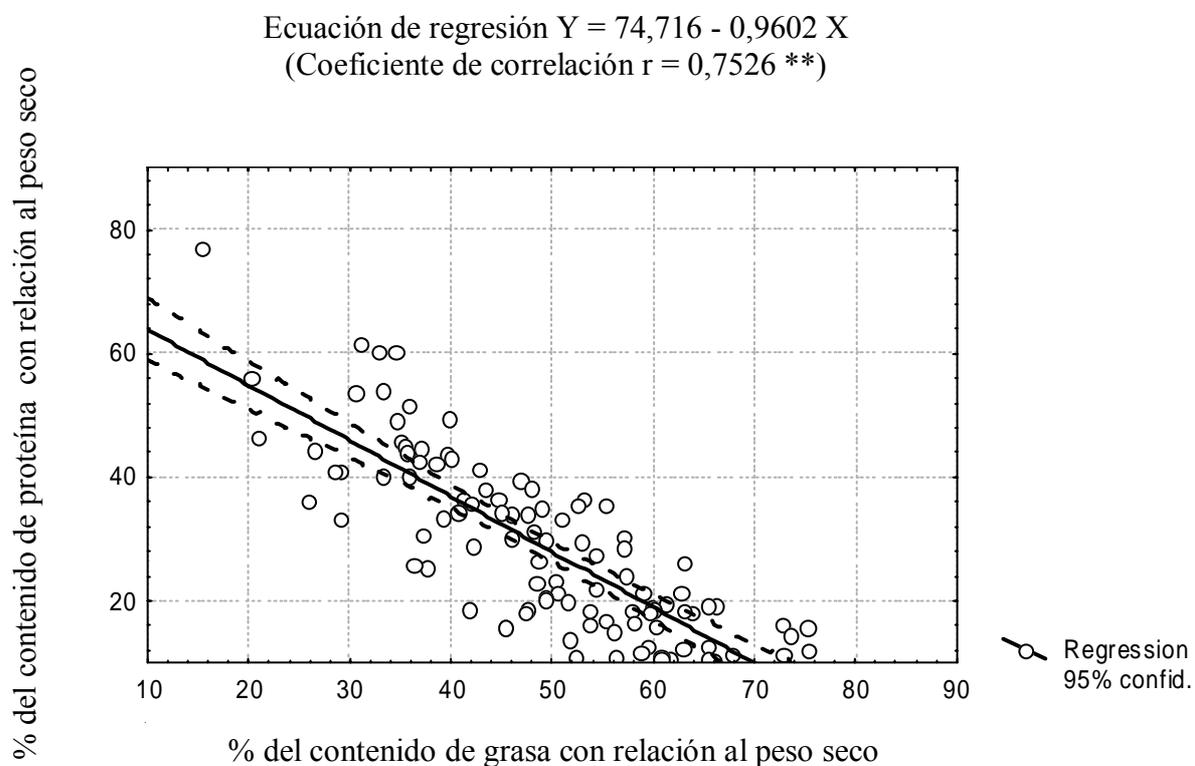


Fig. 1 - Correlación entre el contenido de grasa y de proteína (expresado en g/100 g) en cien especies de insectos comestibles

Tabla 2 - Comparación del contenido de proteína en diferentes especies de insectos a través del test SSR- Duncan de significación.

| ORDENES DE INSECTOS | Número de especies | Proteína (g/100g peso seco) | Grupos según el nivel de significación de las diferencias | |
|---------------------|--------------------|-----------------------------|---|---------------|
| | | | $\alpha=0,05$ | $\alpha=0,01$ |
| ORTHOPTERA | 18 | 65,96±7,84 | a | A |
| DIPTERA | 7 | 55,86±9,16 | b | B |
| HOMOPTERA | 7 | 51,31±13,48 | c | B |
| HYMENOPTERA | 30 | 50,88±9,50 | c | B |
| HEMIPTERA | 14 | 49,57±12,85 | c | BC |
| LEPIDOPTERA | 31 | 48,47±13,79 | c | BC |
| COLEOPTERA | 26 | 44,03±13,66 | d | C |
| MEDIA TOTAL | | 52,30±6,99 | | |

estos cuatro grupos son los siguientes: El primero está constituido por los ortópteros, segundo por los dípteros, el tercero por los homópteros, hemípteros, himenópteros y lepidópteros, y el cuarto, con la menor cantidad, lo forman los coleópteros.

Comparación entre la cantidad de grasa de siete órdenes de insectos

Los análisis de la varianza muestran que existen diferencias significativas en el contenido graso de los diferentes órdenes de insectos. La cantidad media mayor se observó en los coleópteros (31,81%), y la menor en los ortópteros (9,02%) (Tabla 3), justo al revés que lo que sucedió con el contenido proteico. De acuerdo con el test de Duncan, con un nivel de significación del 0,05, los siete órdenes pueden dividirse en cuatro grupos (Tabla 3). El contenido más alto se encontró en los coleópteros, lepidópteros y hemípteros, seguido por homópteros e himenópteros; el tercer grupo lo constituyeron los dípteros, y el cuarto y último los ortópteros. Se apreciaron diferencias significativas entre los cuatro grupos, pero no entre los diferentes órdenes de cada grupo.

Tabla 3 - Comparación del contenido de grasa de diferentes órdenes de insectos a través del test SSR-Duncan de significación.

| Órdenes de insectos | Número de especies | Grasa (g/100g peso seco) | Grupos según el nivel de significación de las diferencias | |
|---------------------|--------------------|--------------------------|---|---------------|
| | | | $\alpha=0.05$ | $\alpha=0.01$ |
| COLEOPTERA | 26 | 31,81±13,17 | a | A |
| LEPIDOPTERA | 29 | 30,57±18,60 | ab | A |
| HEMIPTERA | 14 | 28,00±18,23 | ab | A |
| HOMOPTERA | 6 | 25,33±7,92 | b | A |
| HYMENOPTERA | 28 | 24,41±11,12 | b | A |
| DIPTERA | 7 | 15,64±10,53 | c | B |
| ORTHOPTERA | 18 | 9,02±2,86 | d | B |
| MEDIA TOTAL | | 23,54±8,32 | | |

Comparación entre el contenido de grasa y proteína en siete órdenes de insectos

El resultado del análisis de la varianza mostró que no existen diferencias significativas en el contenido medio de proteína más grasa en los diferentes órdenes de insectos (Tabla 4). La media del contenido total en proteína más grasa en los lepidópteros alcanzó el valor más alto, 77,91%, mientras que en los dípteros fue la más

baja, 71,49%; la media del contenido total de proteína más grasa de los siete órdenes fue de $75,7\% \pm 2,14\%$. Estos valores están referidos al peso seco de los cuerpos de los insectos.

Según los resultados anteriores, y siendo P y G respectivamente el contenido en proteína y en grasa, podemos establecer la siguiente fórmula:

$$P+G = (75,70 \pm 2,14) \% \quad (1)$$

Con la fórmula (1) podemos calcular fácilmente el contenido de grasa (G) o de proteína (P) de la mayor parte de los insectos.

Tabla 4 - Comparación del contenido total de proteína más grasa en los insectos comestibles a través del test SSR- Duncan de significación.

| Órdenes de insectos | Número de especies | Grasa + Proteína (g/100g peso seco) | Grupos según el nivel de significación de las diferencias | |
|---------------------|--------------------|--|---|---------------|
| | | | $\alpha=0.05$ | $\alpha=0.01$ |
| LEPIDOPTERA | 29 | 77,91±10,95 | a | A |
| HEMIPTERA | 14 | 77,57±8,49 | a | A |
| HOMOPTERA | 6 | 76,59±10,33 | a | A |
| COLEOPTERA | 26 | 75,84±9,61 | a | A |
| HYMENOPTERA | 28 | 75,52±7,78 | a | A |
| ORTHOPTERA | 18 | 74,98±8,20 | a | A |
| DIPTERA | 7 | 71,49±6,10 | a | A |
| MEDIA TOTAL | | 75,70±2,14 | a | A |

Comparación entre el contenido en proteína y en grasa en cien especies de insectos

Los promedios del contenido en proteína y en grasa en 100 especies de insectos son respectivamente $51,17\% \pm 13,33\%$ y $25,10\% \pm 15,43\%$; el primero es 2,04 veces el segundo, que difiere 25,07 puntos porcentuales (Tabla 5, Fig. 2). Una ulterior análisis (método de la prueba t) de las 100 especies de insectos (con un total de 128 muestras), bien consideradas como un único conjunto o bien agrupadas por órdenes (tomando las cien muestras como siete conjuntos), mostró igualmente que el contenido proteico era algo más de dos veces el contenido graso, en términos generales, aunque con valores máximos en ortópteros ($P/G = 7,31$) y dípteros ($P/G = 3,57$), y mínimos en lepidópteros ($P/G = 1,59$) y coleópteros ($P/G = 1,38$).

Tabla 5 - Comparación del contenido relativo de proteína y grasa en los órdenes y especies de insectos comestibles a través del test t de significación.

| Órdenes o especies de insectos | Número de especies | Proteína (P) (g/ 100g peso seco) | Grasa (G) (g/100 g peso seco) | P/G | Significación de la diferencia [Comparación entre contenidos de proteína y grasa] | | | |
|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------------------------|------|--|-------------------|-------------------|---------|
| | | | | | S _{x1-x2} [#] | t _{0.05} | t _{0.01} | t |
| Orthoptera | 18 | 65,96±7,84 | 9,02±2,86 | 7,31 | 2,02 | 2,110 | 2,898 | 28,19** |
| Diptera | 7 | 55,86±9,16 | 15,64±10,53 | 3,57 | 5,70 | 2,447 | 3,707 | 7,06** |
| Homoptera | 6 | 51,31±13,48 | 25,33±7,92 | 2,03 | 6,99 | 2,571 | 4,032 | 3,72* |
| Hymenoptera | 28 | 50,88±9,50 | 24,41±11,12 | 2,08 | 2,81 | 2,052 | 2,771 | 9,42** |
| Hemiptera | 14 | 49,57±12,85 | 28,00±18,23 | 1,77 | 6,19 | 2,160 | 3,012 | 3,48** |
| Lepidoptera | 29 | 48,47±13,79 | 30,57±18,60 | 1,59 | 4,38 | 2,048 | 2,763 | 4,09** |
| Coleoptera | 26 | 44,03±13,66 | 31,81±13,17 | 1,38 | 3,79 | 2,060 | 2,787 | 3,22** |
| Media de los órdenes | 7(órdenes) | 52,30±6,99 | 23,54±8,32 | 2,22 | 4,40 | 2,447 | 3,707 | 6,54** |
| Media de las especies | 128(grupos de datos) | 51,17±13,33 | 25,10±15,43 | 2,04 | 1,81 | 1,960 | 2,576 | 14,40** |

#.Error estándar de las dos medias

* La diferencia entre contenidos de proteína y grasa en un orden de insectos fue significativa, P < 0,05

** La diferencia entre contenidos de proteína y grasa en un orden de insectos fue muy significativa, P < 0.01

CONCLUSIONES

Una vez comparados los 128 datos bibliográficos sobre el contenido en proteína y grasa, correspondientes a un centenar de especies de insectos de siete órdenes, deducimos las siguientes características:

Homogeneidad con heterogeneidad.

En los diferentes órdenes y especies estudiados existen diferencias significativas en el contenido de proteína y grasa, pero en los diferentes órdenes, los valores totales (T) de proteína (P) y grasa (G) tomados en conjunto no muestran diferencias significativas, y permanecen casi constantes (C); así $T = P + G$, y en términos de probabilidad $C = 0,76 \pm 0,30$.

Estabilidad con variación.

En las diferentes especies de insectos se observa una correlación negativa entre el contenido en proteína y en grasa, es decir, si la proteína alcanza valores máximos, la grasa toma valores mínimos, y viceversa. La fórmula de la correlación es:

$Y=74,716-0,9602 X$ (Y- contenido en proteína, en %, X- contenido en grasa, en %, coeficiente de correlación $r_{(127)}=0,7526^*$)

Si se consideran los órdenes de insectos como muestras individuales, igualmente se puede apreciar la estabilidad de la suma de proteína y grasa, y las variaciones entre los diferentes grupos en grasa o en proteína.

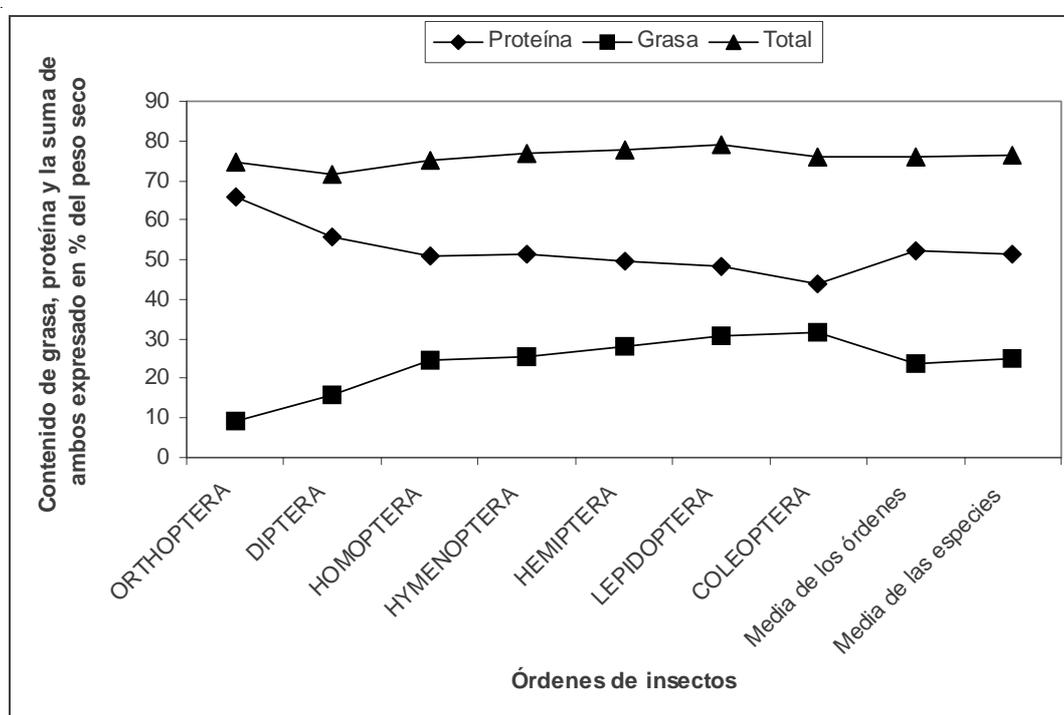


Fig. 2 - Comparación entre el contenido de grasa, proteína y la suma de ambos en diferentes órdenes de insectos

Algunas características de las relaciones constantes.

Proporción 4:1. En las 128 muestras analizadas hay 103 (el 80,05 %, es decir aproximadamente 4/5) en las que el contenido de proteína es mayor que el de grasa, y 25 (el 19,5%, aproximadamente 1/5) en las que el contenido de grasa es mayor o igual que el de proteína.

Proporción 3:1. En cada uno de los órdenes medidos, la cantidad total de proteína y grasa juntas supone el 76,0% del peso seco total, es decir, el resto del peso (el 24%, como un cuarto) corresponde a otros materiales.

Proporción 2:1. Sobre el peso seco total, la proteína supone el 51% (2/3), y la grasa el 25% (un tercio, aproximadamente).

Indudablemente la muestra de cien especies de insectos (con 128 medidas) utilizada en este trabajo es escasa en relación con el millón de especies conocidas y los varios millones por conocer que se estima hay en el planeta, pero es suficientemente significativa con relación a las especies de insectos que se emplean como alimento humano en diferentes partes del mundo. Sirva pues este trabajo para estimular el conocimiento de los insectos como alimento humano.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO, M. & P. ESCAMILLA:

1982. *Estudio de los insectos utilizados como alimento humano en el Estado de Oaxaca.* Tesis Prof., Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar, México. 183 p.

CHEN SHAOJUN:

1997. The Analysis and Evaluation of Main Nutrient Components for *Herse convolvuli*. *Acta Nutrimenta Sinica*, **19** (1): 114-118 (en chino).

CHEN TONG & WANG KE:

1997. A Research on the Nutritional Value of *Tenebrio molitor* and Other Five Edible Insects. *Acta Univ. Agric.*, **25**(4):78-82 (en chino).

CHEN YOULING, WU WENSHAN, FANG YULIN & JIANG JIANPING:

1999. A study on nutritive composition of *Blastophaga pumilae* Hili. *Journal of Biology*, **16** (4): 13-14 (en chino).

CHEN YUHUI, OU XIAOHONG & ZHANG HONGYU :

1997. An Analysis of Nutrient Compositions of *Vespa veutina* Auraris And Evaluation of Their Utilization. *Journal of Southwest Forestry College*, **17**(1):39-42 (en chino).

DUFOUR, D. L.:

1987. Insects as food: a case study from the northwest Amazon. *American Anthropologist*, **89** (2): 383.

FENG YING & CHEN XIAOMING:

2000. The Nutritional Elements Analysis of Bamboo Insect *Chilo fuscidentalis* Hampson and Review on Its Development and Utilization Value. *Forest Research*, **13** (2): 188-191 (en chino).

FENG YING, CHEN XIAOMING, WANG SHAOYUN, YE SHOUBE & CHEN YONG:

2000. The Common Edible Insects of Hemiptera and Their Nutritive Value. *Forest Research*, **13**(6): 608-612 (en chino).

FENG YING, CHEN XIAOMING, YE SHOUBE, WANG SHUOYUN, CHEN YONG & WANG ZILI:

1999. Records of Four Species Edible insects in Homopterous and Their Nutritious Elements Analysis. *Forest Research*, **12**(5): 515-518 (en chino).

FENG YING, CHEN XIAOMING, YE SHOUBE, WANG SHAOYUN, CHEN YONG & WANG ZILI:

1999. Records of Four Species Edible Insects in Homoptera and Their Nutritious Elements Analysis. *Forest Research* 12(5):515-518 (en chino).

FENG YING, CHEN XIAOMING:

1999. Review on Nutritive Value of Edible Insects. *Forest Research*, **12**(6):662-668 (en chino).

GENE, R. D.:

1989. The human use of insects as food and as animal feed. *Bulletin of the Entomological Society of America* **3**: 22.

GORHAM, J. R.:

1976. Insect as food. *Bull Soc Vector Ecologist*, **3**: 11.

HE JIANZHONG, CUI YONGZHONG, HUANG YING, LU NANG, NIU JIANHUA:

1997. Investigations on the Nutritional Value of the Pupa of *Dendrolimus punctatus wenshanensis*. *Forest Research*, **10** (6): 587-590 (en chino).

JORGE LL. B.:

1996. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Instituto de Biología, UNAM, México. 660 p.

KOK, R.:

1983. The production of insects as human food. *Journal Canadian Institute of Food Technology*, **161**:5.

LIN YUZHEN & ZHAN XINMEI:

2000. Analysis of Protein and Fatty Acids in *Locusta migratoria manilensis* and *Acrida cinera*. *Resource Development and Market*, **16**(3):145-148 (en chino).

LIN YU-ZHEN, XU SHIGUO & ZHAN XINMEI:

2000. Analysis of Mineral Components of Four Orthoptera Insects. *Acta Nutrimenta Sinica*, **22**(3): 276-277 (en chino).

LIN YU-ZHEN, YAN DONGCHUN & ZHAN XINMEI:

2000. The Nutritive Evaluation, Development and Utilization of the Grylloidea Insect Resource in Jinan Area. *Resource Development and Market*, **16**(4):218-219 (en chino).

LIN YUZHEN, XU SHIGUO & ZHAN XINMEI:

2000. Nutrition components of *Acrida cinerea* and the evaluation of its utilization. *Entomological Knowledge*, **37**(4): 218-220 (en chino).

RAMOS ELORDUY, J.:

1991. *Los insectos como fuente de proteínas en el futuro*. Ed. Limusa. México, 1a.144p. 2ª. Reimp. 148 p.

RAMOS ELORDUY, J., FLORES, R. A. C., SANDOVAL, E., PINO, M. J. M & BOURGES, R. H.:

1992. Composición Química de Insectos Comestibles de la Delegación Milpa Alta, D. F., *Tecnología Alimentar (Méx.)* **27** (4-6): 23-33.

RAMOS ELORDUY, J. & PINO, M. J. M.:

1980. Valor nutritivo de algunos insectos comestibles de México y su variación después de un tratamiento con 2 miméticos de hormona juvenil. *Folia Entomologica Mexicana*, 43:53

RAMOS ELORDUY, J. & PINO, M. J. M.:

1989. *Los Insectos Comestibles en el México Antiguo*. Ed. A. G. T. Editor, S.A. México, D. F. 1a.108 p.

RAMOS ELORDUY, J. & PINO, M. J. M.:

1990. Contenido calórico de algunos insectos comestibles de México. *Revista de la Sociedad Química Mexicana*, **34** (2):56-68 marzo-abril.

WEN LIZHANG:

1997. Records of Species of Edible Insects of Mexico. *Entomological Knowledge*, **34** (5):307-309 (en chino).

WEN LIZHANG:

1998. Nutritious Elements Analysis of Edible Insects of Mexico. *Entomological Knowledge*, **35** (1):58-61 (en chino).

XIONG ZHENGYING, XI BIXIA & ZHANG KUNRU:

1999. Analysis and Evaluation of Nutritional Components of Four Species of Grasshoppers. *Acta Nutrimenta Sinica*, **21** (4): 474-477 (en chino).

YANG DARONG, SHU CHANG & LI CHAODA:

1996. Analysis of Nutrition Components in Five Species of Insects. *Acta Nutrimenta Sinica*, **18** (2): 231-234 (en chino).

YANG ZHAOFEN, LIN YAOXIN, CHEN YINSHAN, WU XIAONAN:

1999. Nutritional components of the larvae of *Tenebrio molitor*. *Entomological Knowledge*, **36** (2): 97-101 (en chino).

YE XINGQIAN & HU CUI, WANG XIANG:

1998. Analysis of Nutritional Component of Six Species of Insects of Lepidopteron. *Acta Nutrimenta Sinica*, **20** (2): 224-228 (en chino).

YE XINGQIAN, HU CUI & WANG XIANG:

1998. Chemical evaluation of the nutritive value of 7 species of coleopteran larva. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, **24** (1): 101-106 (en chino).

