

Instituto Español de Fisiología y Bioquímica  
Departamento de Bioquímica. Madrid  
(Director: Prof. A. Santos-Ruiz)

## Metabolismo del *Bombyx mori* L.

### IX. — Estudio comparativo de la semilla de *Morus alba* L. con los huevos de *Bombyx mori* L.

por M. Comenge Gerpe, A. Santos Merino y M. Dean Guelbenzu

(Recibido para publicar el 2 de septiembre de 1952)

En trabajos anteriores, uno de nosotros (M. C.) estudió con otros colaboradores varias fases del metabolismo de *Bombyx Mori* (1, 2, 3, 4, 5) así como los metabolismos de la fenilalanina (6) y de la tirosina y triptófano (7) en el mismo insecto, realizando también un estudio espectrográfico de los oligoelementos (8).

Publicadas estas notas, hemos creído interesante realizar el análisis de la semilla de morera, para conocer su composición y observar qué relación guardan sus principios inmediatos y oligoelementos con respecto a los del huevo de gusano de seda y crisálida, con el fin de encontrar alguna razón al hecho cierto, pero no explicado, del tropismo del mencionado gusano hacia la hoja de *Morus alba*.

Establecemos la comparación entre *semilla* vegetal y animal, porque ambas son el punto de partida para de manera muy similar originar los respectivos seres adultos. La semilla, ha de contener los principios inmediatos, fermentos, etc., necesarios e indispensables para la germinación, los cuales, unidos a los que el mundo exterior le proporcione han de contribuir a formar la planta desarrollada con sus hojas, flores y frutos. Paralelamente, el huevo de gusano encierra todos los principios necesarios para engendrar la larva, que alimentada exclusivamente de hoja de morera (\*) irá cubriendo su ciclo evolutivo hasta llegar a crisálida, y ésta que

(\*) Los datos sobre el análisis de hoja de morera fueron dados en (1).

se podría considerar como un huevo más desarrollado, originará sin nuevas aportaciones el insecto perfecto, y éste a su vez los huevos, previa copulación entre sexos diferentes.

### Material y Métodos

Nuestra aportación actual consiste en dar a conocer los datos sobre la composición de la semilla de morera, y a que los referentes a huevos de gusano de seda y crisálida fueron publicados en los trabajos ya citados, a excepción de algunas constantes del aceite de crisálida que se incluyen en esta nota.

La semilla utilizada en el análisis nos fué amablemente facilitada por el señor ingeniero jefe de la Estación Sericícola de Alcantarilla (Murcia) y es la misma que emplean en este Centro para las plantaciones de moreras.

*Técnicas analíticas empleadas.* — Las mismas que se describieron en las comunicaciones antes reseñadas.

### Resultados

#### a) Composición global de la semilla de morera.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Agua. . . . .	5,0 %
Cenizas . . . . .	2,9 »
Prótidos totales (3,33 × 5.68) . . .	18,9 »
Lípidos totales . . . . .	37,1 »
Glúcidos totales por inversión . . .	9,4 »
Celulosa . . . . .	26,6 »
	Total. . . . . 99,9 %

Materia seca por diferencia: 95 %

b) *Oligoelementos:* Los resultados se expresan en el cuadro siguiente:

Los elementos encontrados en 1 g. de cenizas, por método espectrográfico por emisión con excitación por arco, en escala semicuantitativa, fueron:

Elemento	Ag	Al	Bo	Ba	Ca	Co	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Ti	V
Límite de sensibilidad	$\approx 10^{-6}$	+	+	-	+	$\approx 10^{-5}$	$10^{-3}$	$> 10^{-3}$	+	$\approx 10^{-4}$	+	$> 10^{-3}$	$10^{-4}$	+	$\approx 10^{-5}$	+	$> 10^{-4}$	$> 10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-5}$
	$10^{-6}$	$10^{-4}$	(*)	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$

(\*) El carbón de los electrodos lleva Bo como impureza, pero las líneas de este elemento son más intensas en el espectrograma de las cenizas.

c) *Prótidos.* — Se ha realizado el balance nitrogenado y la dosificación de aminoácidos con los resultados que a continuación se expresan :

	<u>N %</u>	
Albúminas y aminoácidos . . . . .	$0,598 \times 5,68 =$	3,4 %
Globulinas . . . . .	$0,465 \times 5,68 =$	2,64 %
Prolaminas . . . . .	$0,199 \times 5,68 =$	1,13 %
Glutelinas . . . . .	$2,049 \times 5,68 =$	11,63 %
N. total . . . . .	3,311 %	= 18,80 % Prot. totales

Nitrógeno amínico: 0,137 gr. %.

Nitrógeno amínico expresado en alanina: 0,87 gr. %.

d) *Lípidos.* — Obtenidos por extracción etérea de la semilla seca y pulverizada, están constituidos por un aceite amarillo, claro, de sabor ligeramente dulce, no desagradable, y olor especial. Las constantes fisicoquímicas son :

Densidad a 20° . . . . .	0,9252
I. Refracción a 20° . . . . .	1,4730
I. Saponificación . . . . .	190,5
I. Yodo . . . . .	140,2
% Residuo insaponificable . . . . .	1,8

e) *Glúcidos.* — El balance glúcido proporciona las cifras siguientes :

Osas . . . . .	0,00
Holósidos . . . . .	0,00
Glúcidos totales por inversión . . . . .	9,40 %
Celulosa . . . . .	26,70 %

### Discusión

Comparativa de la composición global :

	<u>Semilla de morera</u>	<u>Huevos de gusano</u>	<u>Crisálida</u>
Agua . . . . .	4,9 %	61,87 %	82,97 %
Cenizas . . . . .	2,9 %	1,354 %	0,89 %
Prótidos totales . . . . .	18,9 %	28,337 %	12,50 %
Lípidos totales . . . . .	37,1 %	8,438 %	3,37 %
Glúcidos totales por inversión. . . . .	9,4 %	—	0,27 %
Celulosa . . . . .	26,7 %	—	—
Total. . . . .	99,9 %	99,99 %	100,00 %
Materia seca calculada por diferencia . . . . .	94,9 %	38,13 %	17,03 %

*Agua y materia seca.* — La gran concentración en materia seca de la semilla de morera y en consecuencia su exigua proporción de agua es lógica, si consideramos que es un germen que ha de vivir bastante tiempo en estado latente, y por consiguiente la falta de humedad será garantía de su conservación hasta que colocada en el terreno adquiera la suficiente para, metabolizando sus principios inmediatos, germine, y esté en condiciones de asimilar las sustancias nutritivas que le brinda el suelo.

Por el contrario, en la crisálida, la fuerte proporción de humedad es necesaria porque el pase a la fase siguiente es inmediato y el metabolismo muy intenso. Sin embargo, queda sin explicar la fuerte retención de agua en el huevo de gusano de seda durante un año; tal vez los prótidos la retienen en gran cantidad.

*Cenizas.* — Al igual que ocurre con casi todos los principios inmediatos, la proporción de sustancias minerales es mayor en semilla de morera, pero, si referimos las cifras a materia seca, obtenemos los números siguientes:

Semilla de morera . . . . .	3,05 %
Huevo de gusano . . . . .	3,5 %
Crisálida . . . . .	5,2 %

siendo comparables las que se refieren a semilla y huevo y mayores las de crisálida.

*Prótidos.* — No existiendo reserva glucídica en el huevo y siendo muy escasa en la crisálida, y la lipídica igualmente escasa en ambas fases, resulta lógica una mayor concentración de prótidos en la semilla animal que en la vegetal. Sin embargo, si tenemos en cuenta que en la semilla vegetal la cubierta es celulósica, y en cambio la del huevo de gusano está formada por escleroproteidos, es más lógico establecer la comparación de prótidos entre los de semilla de morera y huevo sin cubiertas (eclosión), obteniendo las cifras siguientes:

Prótidos de semillas de morera . . . . .	21,9 %
Prótidos de huevo sin cubiertas (eclosión). . . . .	18,9 %

que ya son comparables desde el punto de vista biológico.

*Lípidos y glúcidos.* — Es evidente la imposibilidad de acumular mucha grasa en tejidos tan abundantes en agua como los de huevo de gusano y crisálida; pero, al carecer de glúcidos (huevo) o tenerlos en ínfima proporción (crisálida) hay que admitir que la reserva energética en ambas fases se realiza a expensas de lípidos exclusivamente. No así la semilla de morera, que a pesar de tener gran cantidad de grasa, contiene también alrededor de un 10 % de

glúcidos utilizables bajo la forma de polihósidos condensados del tipo del almidón principalmente.

Los lípidos de semilla de morera y de crisálida son bastante semejantes, como podemos deducir de la comparación de los datos analíticos sobre unos y otros.

	<u>Aceite de semilla de morera</u>	<u>Aceite de crisálidas</u>
Densidad a 20° . . . . .	0,9252	0,9261
I. de refracción a 20° . . . . .	1,4730	1,4765
I. de saponificación. . . . .	190,5	195
I. Yodo . . . . .	140,2	115,6
% residuo insaponificable.	1,8	2,3

Como indica el índice de saponificación, la longitud de la cadena de sus ácidos grasos ha de ser muy parecida, y ambos aceites son de carácter desaturado, pudiendo clasificar al de semilla de morera entre los secantes y al de crisálidas como semisecante.

*Oligoelementos.* — La comparativa de los oligoelementos de semilla de morera, huevo de *Bombix mori* L. y crisálida del mismo insecto se establece en el cuadro siguiente :

Proporción en que se encuentran los elementos en 1 g. de cenizas

	Ag	Al	Bo	Ba	Ca	Co	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Si	Ti	V	
Semilla de morera	$\leq 10^{-6}$	+	+	—	+	$\leq 10^{-5}$	$10^{-3}$	$> 10^{-3}$	+	$\leq 10^{-4}$	+	$> 10^{-3}$	$10^{-4}$	+	$\leq 10^{-5}$	+	$> 10^{-4}$	$> 10^{-4}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-5}$
Huevo de gusano	$\pm$	+	—	$\pm$	+	—	$> 10^{-4}$	$\left\{ \begin{array}{l} 10^{-2} \\ 10^{-3} \end{array} \right.$	+	$> 10^{-4}$	+	$10^{-3}$	$> 10^{-5}$	+	$10^{-4}$	+	$> 10^{-4}$	$\left\{ \begin{array}{l} 10^{-2} \\ 10^{-3} \end{array} \right.$	$\pm$	—	
Crisálida	$\pm$	+	—	$\pm$	+	—	$> 10^{-4}$	$\left\{ \begin{array}{l} 10^{-2} \\ 10^{-3} \end{array} \right.$	+	$> 10^{-4}$	+	$10^{-3}$	$10^{-5}$	+	$< 10^{-4}$	+	$10^{-4}$	$\left\{ \begin{array}{l} 10^{-2} \\ 10^{-3} \end{array} \right.$	$\pm$	—	
Límite de sensibilidad	$10^{-6}$	$10^{-4}$	(*)	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$	

(\*) El carbón de los electrodos lleva Bo como impureza, pero las líneas de este elemento son más intensas en el espectrograma de las cenizas.

Como vemos por el presente cuadro, la plata es un elemento de los considerados como infectantes o raros que debe ser indispensable para el metabolismo, tanto de la morera como del gusano de seda, puesto que se retiene en semilla, en huevo y en crisálida, y como se demostró en un trabajo anterior (8) que las hojas de especies de la misma familia que la morera u otras afines, cuya prueba biológica con el gusano de seda resultó negativa, no contenían plata, o su presencia se acusaba en cantidades inferiores a las reseñadas para la hoja de morera, parece lógico sostener que sea dicho metal un oligoelemento indispensable para el metabolismo de la morera y del *Bombix mori* que la parasita.

El acúmulo de Cu que se observa en semilla, nos hace pensar, aún teniendo en cuenta que dicho elemento es necesario para la formación del pigmento respiratorio, que los oligoelementos contenidos en morera, no se acumulan ciegamente por la larva parásita, sino que se hace una debida selección cuando ello es necesario. Cosa análoga se puede afirmar respecto a Co, ya que en huevo y crisálida se encuentra en proporciones inferiores al límite de sensibilidad y, en cambio, en semilla, existen en cantidades  $\gt$  a dicho límite.

Una parecida selección debe hacer la larva con Li, Si, Ti y V, elementos presentes en semilla y ausentes o en menor proporción que en aquélla en huevo y crisálida.

Por lo que al Bo se refiere, su existencia en semilla es indudable, ya que aunque los electrodos utilizados por nosotros contienen este elemento, sus rayos espectrales aparecen mucho más pronunciados en el espectrograma de las cenizas; esto no ocurre con huevo y crisálida y es lógico puesto que el Bo se sabe es elemento indispensable de plantas pero no de animales.

En otros importantes elementos se observa que para el Mn debe existir también una selección puesto que la proporción en huevo y crisálida es menor que en semilla; en cambio el Fe se presenta en la misma cantidad en los tres.

Al estudiar los oligoelementos en las diferentes fases del gusano de seda (8) llegábamos a la conclusión de que en todas ellas la cantidad de Fe es mayor que de Mn y la de éste a su vez, mayor que de Cu. En semilla de morera, la cantidad de Fe es igual a la de Mn y ambas mayores que las de Cu, lo cual es una nueva prueba de la selección de oligoelementos por la larva.

### Resumen

La comparación de los datos analíticos sobre los principios inmediatos que integran la semilla de morera, el huevo de gusano de seda y la crisálida, da por resultado observar alguna semejanza en el aspecto cualitativo y señaladas diferencias en el cuantitativo.

Al estudiar los oligoelementos se aprecia que la larva realiza una verdadera selección de los mismos, desprendiéndose de Cu, Bo, Li, Si, Ti, V y Mn, total o parcialmente, puesto que dichos elementos están presentes en semilla y ausentes o en menor proporción en huevo y crisálida.

La presencia de Ag se confirma en semilla lo mismo que en huevo y crisálida. Este hecho, unido a lo observado en otro trabajo (8) en el que señalábamos que de diversas hojas empleadas para alimentar el gusano de seda la única que servía para dicho objeto era la de morera, y que ella era la única que contenía plata, nos afirma en la creencia de que este elemento es indispensable para el metabolismo de la morera y del *Bombyx mori* que la parasita, siendo quizá su presencia en la mencionada hoja la causa del tropismo del gusano de seda.

### Summary

A qualitative analogy but with notable quantitative differences may be deducted from the comparison of the analytical dates respecting the composition of mulberry seed, egg and chrysalis of the *Bombyx mori*.

From the study of the oligoelements may deducted that same are selected by the larva, Cu, Bo, Li, Si, Ti, V and Mn being totally or partially refected, as said elements are present in the seed and absent or diminished in egg and chrysalis.

Ag is present in seed as well as in egg and chrysalis. This fact and the observation realized in another work (8) that the only adequate food for the silkworm is the mulberry leaf, the only one containing Ag, may confirm that this element is indispensable for the metabolism of the mulberry tree and the *Bombyx mori*. The Ag contained in the mulberry leaf is perhaps the reason of the tropism of the silkworm.

### Bibliografía

- (1) COMENGE, M., Y OJEDA, E.: Sobre el metabolismo del Bombyx Mori L. Antecedentes y composición global. *R. esp. Fisiol.*, **3**, 145, 164, 1947.
- (2) COMENGE, M., Y OJEDA, E.: *R. esp. Fisiol.*, **3**, 351, 370, 1947.
- (3) COMENGE, M., Y OJEDA, E.: *R. esp. Fisiol.*, **4**, 109, 116, 1948.
- (4) COMENGE, M., Y OJEDA, E.: *R. esp. Fisiol.*, **4**, 117, 120, 1948.
- (5) COMENGE, M., LORENZO, A., Y OJEDA, E.: *R. esp. Fisiol.*, **6**, 157, 168, 1950.
- (6) STAMM, M.<sup>a</sup> DOLORES, COMENGE, M., Y SANTOS RUIZ, A.: *R. esp. Fisiología*, **6**, 181, 186, 1950.
- (7) STAMM, M.<sup>a</sup> DOLORES, COMENGE, M., Y SANTOS RUIZ, A.: *R. esp. Fisiología*, **6**, 187, 193, 1950.
- (8) COMENGE, M., Y DEAN GUEL BENZU, M.: *R. esp. Fisiol.*, **7**, 143, 153, 1951.