

Microelementos en nauplios de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) de seis poblaciones mexicanas y su relación con peces y crustáceos

Microelements in nauplii of *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) from six mexican populations and their relationship with fishes and crustaceans

¹Thalía Castro B., ¹Jorge Castro M.,
¹Juan Castro y ²Benjamín Miramontes

¹Departamento El Hombre y su Ambiente. ²Departamento Producción Agrícola y Animal. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Colonia Villa Quietud, c.p. 04960. Distrito Federal, México.

Castro B., T., J. Castro M., J. Castro y B. Miramontes. 2003. Microelementos en nauplios de *Artemia franciscana* (Kellog, 1906) de seis poblaciones mexicanas y su relación con peces y crustáceos. *Hidrobiológica* 13(3): xx-xx.

RESUMEN

En este trabajo se presentan las concentraciones de hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn) en la etapa naupliar de *Artemia franciscana* de seis poblaciones mexicanas: las Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí (SLP); Texcoco, Estado de México; "Tres Hermanos", Yavaros, Sonora; "La Esperanza", Ohuira, Sinaloa; "Las Coloradas", Oaxaca y Juchitán, Oaxaca. La determinación de estos elementos se hizo a partir de nauplios eclosionados de quistes previamente descapsulados, los cuales se secaron y pulverizaron para posteriormente ser sometidos a una digestión ácida. Para la lectura de los datos, se utilizó un espectro de absorción atómica. Los nauplios de SLP fueron los que presentaron mayor concentración de los cuatro elementos. El Fe fue el elemento más abundante en los nauplios de las seis poblaciones (506.91–1469.19 mg/L). El zinc se encontró en segundo lugar en cuanto a cantidad (75.30–155.47 mg/L). El cobre detectado en todos los nauplios alcanzó niveles altos (24.23–101.76 mg/L), en relación con los requerimientos en peces como el bagre o los camarones peneidos. El manganeso se presentó en menor cantidad (15.88–28.76 mg/L), en las seis poblaciones y de acuerdo con la demanda que tienen los peces en general (20 a 50 mg/kg en la dieta), solamente los nauplios de Ohuira, y de SLP, podrían cubrir los requisitos. La información es escasa sobre las necesidades de minerales que tienen las larvas de peces y camarones, que se alimentan de nauplios de *Artemia*; por lo que se considera necesario realizar más estudios sobre este tema y así poder desarrollar dietas adecuadas para estos organismos.

Palabras clave: *Artemia*, nauplios, minerales, alimentación.

ABSTRACT

This study describes the concentrations of iron (Fe), copper Cu, zinc (Zn), and manganese Mn for the nauplius stage of *Artemia franciscana* from six populations: Salinas de Hidalgo in the State of San Luis Potosi; Texcoco in the State of Mexico; "Tres Hermanos", from Yavaros, State of Sonora; "La Esperanza" in Ohuira, State of Sinaloa; and "Las Coloradas" and Juchitán, State of Oaxaca. The determination of these elements was made from nauplii obtained from decapsulated and hatched cysts. The resulting nauplii were dried, pulverized and submitted to acid digestion. The determination was made by using an atomic absorption spectrum. The nauplii from San Luis Potosi showed the highest concentration of the four elements. Fe was the most abundant element

in the nauplii of all six populations (506.91-1,469.16 mg/L). Zinc was in second place in quantity (75.30-155.47 mg/L). Copper was detected in all nauplii at high levels of concentration (24.23-101.76 mg/L) with respect to desirable amounts for catfish and peneid shrimp. Manganese was present in smaller amounts (15.88-28.76 mg/L) in all six populations and met the diet requirements of fish in general (20 to 50 mg/kg in the diet), only nauplii from Ohuira, and from the State of San Luis Potosí were able to cover their needs. Information on requirements for fish and shrimp larvae that feed on *Artemia* nauplii is scarce, therefore it is necessary to carry out more studies on this topic to support the development of suitable diets for cultivated these species.

Key words: *Artemia*, nauplii, minerals, nourishment.

INTRODUCCIÓN

Los organismos acuáticos, lo mismo que los terrestres, requieren de micronutrientes para efectuar su respiración, digestión, formar tejido óseo, el exoesqueleto, realizar la osmoregulación ó participar como componentes de enzimas; y aunque se reconoce la importancia de estos elementos químicos, poco se ha hecho para conocer las cantidades requeridas por *Artemia franciscana* (Kellogg, 1906). Quizá no se ha puesto la atención necesaria porque se conoce que el agua y el alimento natural que se encuentra en ésta, contienen casi todos los minerales. Sin embargo, cuando se trata de cultivar organismos en sistemas intensivos las condiciones cambian y por lo tanto es necesario cuidar la alimentación suministrada para que cubra los requerimientos nutritivos que la especie en cultivo demanda. Varios autores han señalado la necesidad de tomar en cuenta los minerales en la elaboración de las dietas para peces y crustáceos (Conklin *et al.*, 1975; Huner & Colvin, 1977; Sedwick, 1980; Tacon, 1988; Civera, 1993); pero son pocas las investigaciones que se han hecho al respecto.

Entre los animales más utilizados como alimento en la acuicultura se encuentra *Artemia*, principalmente en su etapa naupliar que se suministra a las larvas de peces y crustáceos, (Watanabe *et al.*, 1993).

El presente trabajo tiene como objetivo el determinar el contenido de hierro, cobre, zinc y manganeso en nauplios de *Artemia franciscana* provenientes de seis poblaciones mexicanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los quistes de *Artemia* utilizados fueron colectados en los lugares que se mencionan en la Tabla 1.

Para la obtención de nauplios, los quistes se sometieron a hidratación y descapsulación (Castro *et al.*, 2001). De cada población se utilizaron 10 g de quistes y se colocaron en recipientes de vidrio de cuatro litros de agua potable, a temperatura de 25°C ± 2°C y aireación constante durante una hora. Después, se pasaron por una malla de 53 µm y se lavaron para quitar las impurezas.

Los quistes hidratados, se pasaron a una solución de hipoclorito de sodio al 60% y agua a 40 g/L de salinidad en una relación 1:1 y se mantuvieron en movimiento circulatorio constante por 10 minutos; los huevos, ya sin el corion, se vaciaron en un tamiz de 53 µm y se lavaron con agua dulce, se colocaron en recipientes de vidrio de cuatro litros con agua a una salinidad de 40 g/L, a una temperatura de 20°C ± 2°C y con aireación constante durante 24 horas. Los nauplios nacidos se cosecharon, se lavaron con agua potable, se colocaron en vidrios de reloj y se introdujeron en una estufa a 60°C durante 48 horas hasta que se secaron perfectamente; después, se pulverizaron con un mortero, se guardaron en frascos de polietileno a 4°C hasta su posterior uso. La muestra de cada población fue de 10 g de biomasa seca. El material pulverizado se sometió a una digestión ácida siguiendo la técnica de Curry y Kontt, (1969).

De cada digestión (100 mL), se tomaron 30 mL y se colocaron en un vaso de precipitado de 50 mL para determinar las concentraciones de zinc, hierro, cobre y manganeso, se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica (marca Varian SpectrAA-250 Plus), el cual se calibró con un "blanco" (solución de ácido nítrico y ácido perclórico) y tres estándares (de acuerdo al manual del aparato).

El contenido de cada elemento se calculó multiplicando la lectura por la dilución correspondiente.

Para verificar la técnica empleada, se hicieron tres repeticiones de cada muestra. Los resultados de las tres repeticiones

Tabla 1. Ubicación de los hábitats en donde se colectaron los quistes de *Artemia*.

Lugar	Ubicación	Fecha de colecta
Las Salinas de Hidalgo, S.L.P.	22°39' N y 101°43' W	Mayo 1994
Texcoco, Ecatepec, Estado de México	19°32' N y 99°00' W	Noviembre 1990
Tres Hermanos, Yavaros, Sonora	26°40' N y 109°35' W	Marzo 1992
La Esperanza, Ohuira, Sinaloa	25°36' N y 109°02' W	Enero 2001
Las Coloradas, Oaxaca	15°33' N y 95°33' W	Septiembre 1994
Juchitán, Oaxaca	16° 26' N y 95°01' W	Agosto, 2000

nes mostraron homogeneidad, por lo que no fue necesario realizar un análisis estadístico a los datos, sino solamente se obtuvo la media de las repeticiones. Debido a esta homogeneidad de los datos, se consideró que el método empleado fue adecuado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos se puede decir que las seis poblaciones estudiadas de *Artemia* presentan los cuatro elementos considerados en este estudio (Fe, Cu, Zn y Mn) (Tabla 2).

Sin embargo, el hierro fue el más abundante en cada una de las poblaciones, elemento que es importante en los crustáceos como formador de la hemoglobina y que interviene en la captación y transportación de oxígeno a las células. Para *Artemia*, esta concentración es importante, ya que es un organismo que habita en lugares de alta salinidad y por lo tanto baja concentración de oxígeno y necesita tener disponible este elemento para la síntesis de hemoglobina (Gilchrist, 1954; Chen & Liu, 1987; Civera, 1993). Por otra parte, la hemoglobina en los crustáceos que forman quistes, se transforma en hematina y se deposita en el corion, incrementando su grosor y de esta manera el corion se vuelve un protector del embrión de las altas salinidades y de la intensa radiación solar (Vinatea, 1999). Ichicawa (1961) y Pin-Chung y Jiann-Chu (1987), señalan que los crustáceos en general tienen la habilidad de acumular el hierro hasta 4,000 veces más de lo que se concentra en el agua. Por otra parte, Chen y Liu (1987), reportan que en condiciones naturales, los nauplios de *Artemia* tienen concentraciones de hierro de $358 \pm 17 \mu\text{g/g}$. Si comparamos las concentraciones de hierro de las poblaciones aquí estudiadas, se observa que fueron superiores a las reportadas por Chen y Liu (1987), por lo que hay que tener en cuenta este dato cuando se suministren nauplios de estas poblaciones, ya que para el camarón *Litopenaeus aztecus* se señalan $338 \mu\text{g/g}$ de hierro (Horowitz & Presley, 1977).

De las seis poblaciones estudiadas, la de SLP contiene mayor concentración de los cuatro elementos (Tabla 2). Esto

se relaciona con el medio ya que el estado de San Luis Potosí es rico en minerales por su origen geológico (Ayllon & Chávez, 1992). El agua que es extraída para llenar los vasos evaporadores de sal de esta salina, proviene del subsuelo y por lo tanto es rica en minerales (Ewald, 1985). *Artemia* por ser un organismo filtrador, incorpora y almacena en sus tejidos estos minerales que se ven reflejados en las células embrionarias de los quistes y nauplios.

El zinc es el segundo elemento, en cuanto a cantidad, en todas las poblaciones y es importante destacar que este mineral participa como componente esencial de enzimas (arginasa y peptidasa) y por lo tanto interviene en el metabolismo de las proteínas, lípidos y carbohidratos y en la síntesis de ácidos nucleicos. Los nauplios recién eclosionados, no tienen la boca abierta, ni su intestino está formado completamente y deben alimentarse de sus reservas energéticas, acelerándose su sistema enzimático. Por otra parte, el zinc se manifiesta claramente en esta etapa naupliar, debido a que no es afectado por el calcio y el fósforo, que posteriormente intervienen en la formación del exoesqueleto (Akiyama *et al.*, 1993).

El cobre en las poblaciones estudiadas, tiene niveles altos debido a que, como ya se mencionó, *Artemia* tolera altas salinidades y junto con el hierro, actúa en la formación de la hemoglobina.

Es importante señalar que el empleo de nauplios de estas poblaciones en la alimentación de camarones y peces, debe hacerse sin exceder los intervalos de tolerancia. Se conoce que el bagre requiere de $5 \mu\text{g/kg}$ de cobre en su dieta para tener un crecimiento normal y que si se excede de $32 \mu\text{g/kg}$, el crecimiento se reduce y se presenta anemia (Reinhold, 1989). Para camarones peneidos juveniles se sabe que concentraciones de $4.5 \mu\text{g/kg}$ de cobre en la dieta causa mortalidad después de 45 días (Chen & Lin, 2001).

En relación con el manganeso, éste fue el elemento con menor concentración en las seis poblaciones, lo cual probablemente se deba a que los nauplios no tienen desarrollado su exoesqueleto que es donde se concentra este elemento (Rainbow, 1988). La información que se tiene sobre los requisitos de manganeso de algunos peces varía grandemente, por ejemplo, Reinhold (1989), señala que la trucha arco iris requiere de $12-13 \mu\text{g/kg}$ de manganeso para un buen crecimiento, mientras que para el bagre de canal se necesitan $2.4 \mu\text{g/kg}$ (Wilson, 1991). Choi y Shell citados en Balfour (1993), indican que la demanda de este mineral en peces en general fluctúa de 20 a $50 \mu\text{g/kg}$ en la dieta. De acuerdo a este último dato, solamente los nauplios de la población de "La Esperanza", Ohuira, Sinaloa y SLP podrían cubrir estos requisitos.

Para poder comparar los resultados aquí presentados con las necesidades que muestran larvas de peces y camaro-

Tabla 2. Concentración mineral obtenida en mg/kg de nauplios.

Población	Fe (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Texcoco	506.91	51.76	19.63	142.43
Las Coloradas	704.50	24.23	15.88	77.38
Juchitán	788.58	44.36	18.13	91.26
La Esperanza	680.08	24.70	23.68	75.30
Salinas de Hidalgo	1469.16	101.76	28.76	155.47
Tres Hermanos	921.83	31.06	17.93	101.42

nes que se alimentan con nauplios de *Artemia*, es necesario tener mayor información, como lo señala García (1998). Por otra parte, se encuentra información que sí menciona los elementos y cantidades necesarias en los peces pero no señalan la etapa de desarrollo de los mismos. En cuanto a los camarones peneidos se tomó en cuenta la etapa juvenil y no la larvaria porque no hubo información precisa. Referente a *Artemia* se puede decir que no hay información que pudiera señalar las cantidades adecuadas de estos minerales para un buen crecimiento y probablemente para una inducción a un tipo de reproducción, en este crustáceo.

Consideramos que es necesario realizar investigaciones sobre la demanda de estos microelementos en crustáceos y peces en etapas larvarias, para poder desarrollar dietas adecuadas para las especies que se cultivan en el agua y realizar investigaciones con *Artemia* para determinar la concentración de estos minerales que permitan una buena producción de este crustáceo.

REFERENCIAS

- AKIYAMA, M. D., G. D. WARREN & L. L. ADDISON. 1993. Nutrición de camarones peneidos. In: CRUZ, L. E., D. RICQUE & R. MENDOZA (Eds). *Memorias del primer simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura*. ASA. Facultad de Ciencias Biológicas UNANL. Monterrey, N.L., pp. 43-47.
- AYLLON, T. T. & F. J. CHÁVEZ. 1992. *México: sus recursos naturales y su población*. 2ª ed. Ed. Limusa. México. 288 p.
- BALFOUR, H. 1993. *Nutrición de peces comerciales en estanques*. Ed. Limusa. México. 406 p.
- CASTRO, M. G., A. S., MALPICA, R. A. DE LARA, J. M. CASTRO & T. B. CASTRO. 2001. *Técnicas de cultivo de especies planctónicas e invertebrados útiles para la acuicultura*. Serie Académicos. CBS. No.37. UAM-Xochimilco. p. 65.
- CHEN, C. J. & H. C. LIN. 2001. Toxicity of copper sulfate for survival, growth, molting and feeding of juveniles of the tiger shrimp *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 192 (1): 55-65.
- CHEN, J. C. & P. C. LIU. 1987. Accumulation of heavy metals in the nauplii of *Artemia salina*. *Journal World Aquaculture Society* 18 (2): 84-93.
- CIVERA, R. 1993. Requerimientos minerales de crustáceos. In: CRUZ, L. E., D. RICQUE & R. MENDOZA (Eds). *Memorias del primer simposium internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura*. ASA Facultad de Ciencias Biológicas, UNANL. Monterrey, N.L., pp. 107-121
- CONKLIN, D. E., K. DEVERS & R. A. SHLESTER. 1975. Initial development of artificial diets for the lobster (*Homarus americanus*). *Proceedings of the World Mariculture Society* 6: 237-248.
- CURRY, A. S. R. & A. R. KONTT. 1969. *Analist flame atomic absorption spectometry*. Analytical methods Varian. 146 p.
- EWALD, U. 1985. *The Mexican Salt Industry. A Study in Change*. Ed. Gustav Fischer Verlag Stuttgart. New York. pp 58-155.
- GARCÍA, T. 1998. Nutrición de Larvas de Camarón. In: *IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola*. Manuscrito de conferencias y resúmenes de carteles. Parte 2. La Paz, B.C.S., México.
- GILCHRIST, B. M. 1954. Haemoglobin in *Artemia*. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 143: 136-146.
- HOROWITZ, A. & B. J. PRESLEY. 1977. Trace metal concentrations and partitioning in zooplankton, neuston, and benthos from the south Texas outer Continental shelf. *Archives of environmental contamination and toxicology* 5: 241-255.
- HUNER, J. V. & L. B. COLVIN. 1977. A short term study on the effects of diet with varied calcium: phosphorus ratios on the growth of juvenile shrimp, *Penaeus californiensis* (PENAEIDAE:CRUSTACEA): A short communication. *Proceedings of the World Mariculture Society* 8: 775-778.
- ICHIKAWA, R. 1961. On the concentration factors of some important radionuclides in marine food organisms. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 27:66-74.
- PING-CHUNG, L. & C. JIANN-CHU. 1987. Accumulation of heavy metals in the nauplii of *Artemia salina*. *Journal of the World Aquaculture Society* 18 (2): 84-93.
- RAINBOW, S. P. 1988. The significance of trace metal concentrations in decapods. In: FINCHAM, A. A. & RAINBOW, P. S. (Eds.). *Aspects of Decapod Crustacean Biology*. University of Oxford, pp. 291-313.
- REINHOLD, N. V. 1989. *Nutrition and Feeding of Fish*. Auburn University, New York 260 p
- SEDGWICK, R. W. 1980. The requirements of *Penaeus merguensis* for vitamin and mineral supplement in diets based on freeze-dried *Mytilus edulis* meal. *Aquaculture* 19: 127-137.
- TACON, A. G. J. 1988. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training manual. 3. Feeding methods. FAO. 208 pp.
- VINATEA, A. L. 1999. *Manual de producción de Artemia (quistes y biomasa) en módulos de cultivo*. Proyecto II-A/2 Localización, caracterización y evaluación del potencial extractivo de Artemia en Ibero-América con destino a la Acuicultura. UAM-Xochimilco. México. 75 p.
- WATANABE, T., C. KITAJIMA & S. FUJITA. 1993. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagations of fish: a review. *Aquaculture* 34: 115-143.
- WILSON, P. R. 1991. *Handbook of Nutrient Requirements of Finfish*. Mississippi State University. CRC Press Boca Raton, Florida, 137 p.

Recibido: 30 de enero de 2003.

Aceptado: 31 de julio de 2003.