

Uso del polvillo de arroz como alternativa de alimento inerte para el desarrollo larvario de *Artemia sp.* en acuicultura

Castro Jonathan^a, Mirabá Mariuxi^b, Morán Aída^b, Guartatanga Sonnia^b, Sampedro Carlos^b, Farinango Carlos^b

^a Centro de Servicios para la Acuicultura (CSA), Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Océanicas y Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquí, Ecuador
jocastro@espol.edu.ec

^b Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Océanicas y Recursos Naturales,, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador
mmiraba@espol.edu.ec, bmoran@espol.edu.ec, sguarta@espol.edu.ec, csampedr@espol.edu.ec, cabofari@espol.edu.ec

Resumen. El ensayo realizado trató de demostrar la viabilidad del polvillo de arroz, en relación al tradicional alimento vivo (*Tetraselmis sp.* y *Chaetoceros gracilis*) y un control que incluye los tres alimentos anteriores, suministrado a *Artemia sp.*, crustáceo muy utilizado en larvicultura por sus altas propiedades proteicas. El polvillo de arroz tiene un bajo costo, en comparación con los costos de producción y mantenimiento de las algas a utilizar. Los resultados indican que, la dieta control tuvo las mayores tallas promedio de 8073.05 μ m, la mínima talla promedio fue polvillo de arroz con 5149.44 μ m, las que fueron alimentadas con *C. gracilis*, de 6948.87 μ m y las alimentadas con *Tetraselmis sp.*, 6259.2 μ m. El polvillo de arroz, por sí solo, no da buenos resultados en comparación con el alimento vivo, pero la combinación de ambos sería una alternativa factible y al mismo tiempo económica, para ser utilizada en un área muy importante en la acuicultura, como lo es la larvicultura de crustáceos y peces.

Palabras Clave: *Artemia sp.*, *Tetraselmis sp.*, *Chaetoceros gracilis*, alimento inerte, alimento vivo.

1 Introducción

La mayoría de los crustáceos son pequeños, no obstante, presentan gran variedad de formas y tamaños; otros son diminutos y forman parte del plancton marino, un grupo de seres vivos que flotan en el agua y sirven de alimento a un sin número de animales. Para este trabajo destacaremos un pequeño crustáceo, que vive en aguas salinas llamado *Artemia sp.* Luego de que ha eclosionado los nauplios, tienen una longitud aproximada de 0.4mm, y una coloración pardo anaranjado, debido a sus reservas vitelinas; estos crecen hasta que se convierten en un pequeño camarón de color gris blancuzco de aproximadamente 10mm de largo, variando su tonalidad según la procedencia [1][2].

Artemia sp. produce pigmentos respiratorios muy eficientes, para poder resistir niveles bajos de oxígeno, dominantes en salinidades altas. Su importancia en el campo de acuicultura, sobre todo en ecología orgánica, estriba en el hecho, de que es el único organismo marino de estas dimensiones con alto contenido nutricional (exceptuando los copépodos), con más del 50% de proteínas y un alto porcentaje de lípidos y ácidos grasos esenciales. El contenido de proteínas varía de 41% a 66% en nauplios de diferentes orígenes, mientras que el rango de proteínas varía de 58% a 64% en los adultos de artemia; estos factores hacen la diferencia entre los diversos tipos de artemias [3].

Generalmente artemia, tanto en su forma adulta, como en estado de nauplio, suele suministrarse como dieta a varias especies cultivadas, como bogante, langostino, cangrejo, lenguado, rodaballo, dorada, lubina, etc [4]. La disponibilidad de alimentos adecuados, partiendo desde el punto de vista nutricional, no necesariamente garantiza alcanzar mejores resultados, más bien, se deben de considerar aspectos tales, como el sistema de cultivo, la técnica de alimentación, su disponibilidad y características físicas del alimento en cuanto al tamaño de partícula y textura [5][6].

Las microalgas se han estudiado por su importancia real y potencial como materia prima; su tipo y concentraciones son de importancia primaria en el cultivo de artemia, aunque este braquiópodo es un filtrador no selectivo, el alimento más abundante en su medio natural son microalgas halotolerantes, detritus o materia orgánica particulada. La selección de microalgas como dieta basal específica para artemia, podría permitir una alta tasa de crecimiento, permitiendo una optimización espacial de instalaciones, tiempo de cultivo y biomasa obtenida por unidad de volumen [1]. Hasta el momento ninguna de las formulaciones alternativas de alimento inerte, que se han sugerido para mejorar la calidad nutricional proporcionada por alimento vivo, garantiza niveles comparables de sobrevivencia y crecimiento, como los obtenidos con microalgas vivas. Sin embargo, dietas combinadas con alimento vivo e inerte pueden ofrecer alternativas que reduzcan los costos y mejoren el crecimiento y desarrollo de *Artemia sp.* [5].

La finalidad de este estudio fue determinar el crecimiento en longitud de *Artemia sp.*, alimentada con tres tipos de alimentos: *Tetraselmis sp.*, *Chaetoceros gracilis* y polvillo de arroz, comparándolas con un control positivo que incluyó la mitad de la cantidad suministrada de cada uno de los tres alimentos antes mencionados; buscando resultados mejores o similares, a un costo de producción bajo, en el cultivo de este braquiópodo. Al mismo tiempo deseamos establecer un modelo experimental, que sirva de patrón a los investigadores que deseen continuar, o empezar ensayos dietéticos con *Artemia sp.*

2 Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el laboratorio de Crustáceos, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales; localizado en el Campus Prosperina-ESPOL, desde el día 31 de Marzo hasta el 12 de abril de 2006.

2.1 Material Biológico

Para la ejecución del ensayo se utilizó cistos de *Artemia sp.*; y cepas de microalgas, *Tetraselmis sp.* y *Chaetoceros gracilis*, que fueron donadas por el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), ubicado en San Pedro-Santa Elena.

2.2 Cultivo de Microalgas

La producción de cultivos estériles, se realizó a partir de cepas puras de microalgas (*Tetraselmis sp.* y *Chaetoceros gracilis*), inoculadas en botellas de vidrio de 1 litro, con el medio de cultivo f/2 [7], mediante el sistema “batch” (implementar de una sola vez y cosechar completamente en fase exponencial), de los cuales diariamente se cosechaban volúmenes necesarios para la alimentación de los organismos, hasta concluir el ensayo.

2.3 Cultivo de *Artemia sp.*

El agua de mar, utilizada para este propósito, fue filtrada y esterilizada (NaClO, 1.5ppm), para la eliminación de cualquier agente contaminante; la eliminación de residuos de cloro, se la realizó mediante aireación constante durante 3 días. Los cistos de *Artemia sp.*, fueron descapsulados mediante la técnica (modificada) propuesta por P. Sorgeloos [8, 9]:

- Hidratar el huevo de *Artemia sp.*, para una eliminación completa del corion, dejar reposar unos minutos.
- Pasar los cistos por una la solución descapsulante, cloro comercial (NaClO, 5%), durante unos minutos hasta que el cisto cambie a una coloración naranja.
- Lavar los cistos con agua dulce, hasta que se disipe el cloro.
- Pasar los huevos al recipiente con agua de mar y esperar la eclosión (8 a 15 horas).

2.4 Diseño de la botella de eclosión

Los mejores resultados de eclosión, se pueden conseguir en recipientes transparentes y de fondo cónico, colocando el tubo de aireación desde el fondo, para asegurar un movimiento turbulento de todos los cistos. Para la obtención de nauplios, se diseñó una “botella de eclosión”, a partir de un envase plástico de gaseosa de 3 litros, realizándose un agujero en la tapa, por donde se introdujo una manguera plástica de 5mm de diámetro. En el extremo de la manguera, exterior a la botella, se colocó una llave que regula el volumen de aire y permite la extracción de nauplios cuando se corta el suministro de aire. Además, consta de

un orificio en la parte superior, donde se colocó un codo de PVC; éste es una vía de ingreso para el agua y cistos, también permite la circulación del aire (Figura 1).



Fig. 1. Botella de eclosión de *Artemia sp.*

2.5 Pruebas con los diferentes alimentos

Se evaluaron tres tipos de alimento (dos de naturaleza viva y una inerte) y un control, cada módulo experimental formado de tres réplicas (Figura 2). Los módulos 1 y 2 se alimentaron diariamente con 70ml de *Chaetoceros gracilis* y *Tetraselmis sp.* respectivamente, así como 0.26g de polvillo de arroz para el módulo 3, y los tres alimentos juntos, para el módulo 4, como se detalla en la Tabla 1. En el módulo control se decidió colocar la mitad de cada una de las dietas para asegurarnos de que la cantidad no influya en el incremento del crecimiento, sino la mezcla de todos ellos.



Fig. 2. Módulos usados en el ensayo.

Tabla 1. Módulos con dietas.

MÓDULOS			
1	2	3	4
70ml <i>C. gracilis</i>	70ml <i>Tetraselmis sp.</i>	0.26g Polvillo de arroz	35ml, <i>C. gracilis</i> 35ml, <i>Tetraselmis sp.</i> 0.13g Polvillo de arroz

2.6 Conducción del ensayo

Luego de la eclosión, los nauplios se distribuyeron con una densidad de 200 animales por botella (0.1 nauplios/ml), para mantener condiciones de calidad de agua dentro de los intervalos óptimos para esta especie. Todos los días el 10% de la población era extraída para medición y devuelta a su respectivo módulo. Los nauplios fueron alimentados una vez al día, preferiblemente después de la medición al microscopio. Diariamente la misma cantidad de volumen suministrado de microalgas, era retirado para mantener el volumen constante en los recipientes, a excepción de los módulos con la dieta de polvillo de arroz.

El ensayo tuvo una duración de ocho días, período en el cual las artemias llegaron a la etapa de apareamiento. Se diferenció el macho de la hembra, además de observarse la formación de huevos en su saco ovígero.

2.7 Parámetros considerados

El único parámetro utilizado para la posterior comparación de cada una de las dietas, fue la longitud de los animales, comprendida desde el margen anterior de la cabeza hasta la base de la furca caudal [10], la muestra se observó al microscopio (MOTIC BA200) en 4x, y medidos con el software MOTIC Images Plus 2.0, calibrado previamente con una placa Neubauer o hemocitómetro. Una vez que las Artemias adquirieron un tamaño donde no se pudo usar el microscopio, se utilizó un estereoscopio (Nikon MSZ10) con aumento 1.25x (Figura 3).

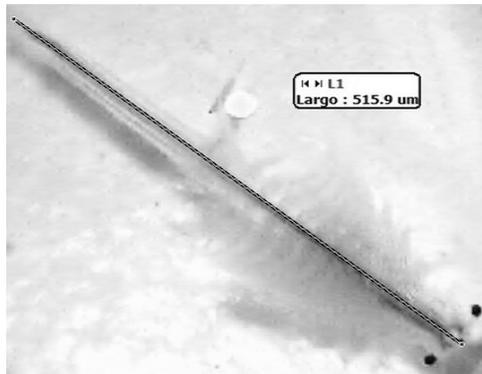


Fig. 3. Medición del tamaño de *Artemia sp.*

3 Resultados

El módulo 4 (control positivo) reveló un crecimiento promedio de 8073.05 μ m; la mínima longitud, concierne al módulo 3 (polvillo de arroz), 5149.44 μ m, mostrando diferencias significativas ($p < 0.001$) en relación a todos los módulos. El módulo 1, alimentada con *C. gracilis*, alcanzó una talla de 6948.87 μ m y el módulo 2, nutrida con *Tetraselmis sp.* reveló una talla de 6259.2 μ m (Figura 4).

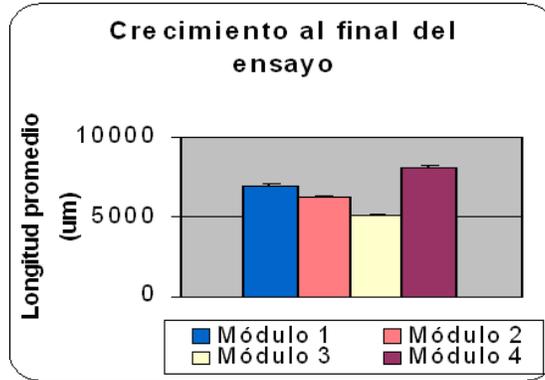


Fig. 4. Promedios y errores estándar al final del ensayo.

En la figura 5, podemos observar el desarrollo larvario en los cuatro módulos. En los dos primeros días el crecimiento de *Artemia sp.* fue similar en las cuatro dietas suministradas, es decir, no había diferencia en el tamaño. Desde el sexto día, hasta el final del ensayo se observa una curva ascendente, donde predomina el control, seguido por las microalgas, en especial *C. gracilis* y finalmente, polvillo de arroz (Tabla 2).

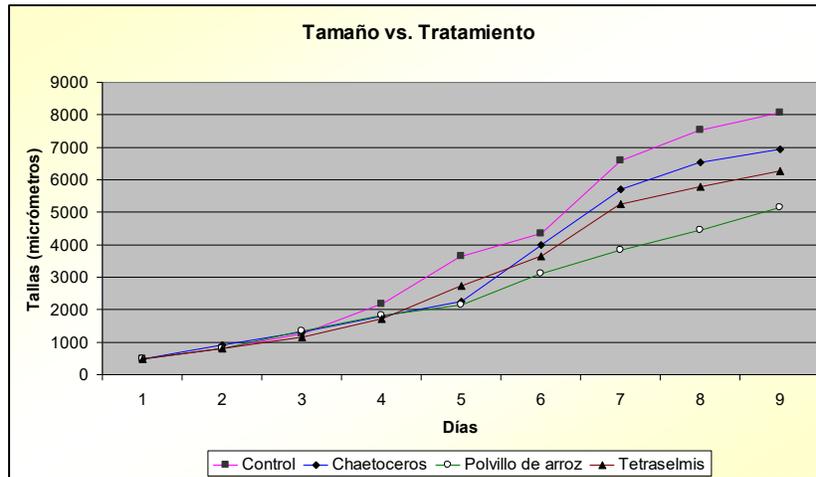


Fig. 5. Desarrollo larvario por módulo.

Tabla 2. Tallas promedio de *Artemia* sp.

Días	Módulo 1 y 2		Módulo 3 y 4	
	<i>C. gracilis</i>	<i>Tetraselmis sp.</i>	Polvillo de arroz	Control
0	486,705	486,705	486,705	486,705
1	905,537	805,350	807,070	814,870
2	1299,757	1142,088	1347,163	1251,492
3	1791,352	1711,247	1817,537	2180,312
4	2245,274	2740,123	2150,745	3653,198
5	3977,850	3642,118	3099,863	4349,765
6	5702,340	5251,247	3828,863	6588,202
7	6527,797	5778,528	4448,012	7518,782
8	6948,868	6259,720	5149,443	8073,050

4 Discusión

El mejor resultado de talla, obtenido al final de nuestra prueba, fue el módulo 1 (alimentada con *Chaetoceros gracilis*); este resultado concuerda con otros autores [5][11] en la que concluyen que *Chaetoceros sp.*, como dieta única o combinada, es adecuada para el crecimiento de *Artemia sp.*; sin embargo, este resultado no coincide con resultados de otro grupo de autores [12][13] en los cuales, la dieta de *Tetraselmis sp.* produce un mejor crecimiento en *Artemia sp.*

En cuanto al polvillo de arroz como dieta única de nuestro ensayo, no reveló resultados óptimos, debido a su alto contenido de fibra y bajo nivel proteico [14][16], en relación a una dieta combinada, como fue el caso de nuestro control positivo. Esto coincide con trabajos realizados con dieta mixta (alimento vivo e inerte), ya que además de disminuir significativamente los costos, simplifica marcadamente los procesos de obtención de biomasa [5][15][16].

5 Conclusiones

La microalga *Chaetoceros gracilis* por ser una célula de tamaño pequeño (4–6µm) puede ser filtrada con mayor facilidad por artemia; además, estas algas son consideradas como una de las mejores dietas, gracias a su alto contenido de ácidos-grasos poli-insaturados, que constituyen un buen alimento para utilizarse en el cultivo de *Artemia sp.*

En el caso de *Tetraselmis sp.*, que registró un crecimiento menor en relación a *C. gracilis*, no podemos indicar que este particular se vea relacionado con el tamaño de sus

células (10-15µm), pues al inicio del cultivo, esta dieta brindó buenos crecimientos durante los primeros 4 días; sin embargo, el incremento en la talla de los siguientes días no fue tan competitivo como al inicio.

6 Recomendaciones

Debido a lo obtenido en esta prueba, nosotros recomendamos la utilización del polvillo de arroz en una dieta mixta, por cuanto proporcionó las mayores tallas en longitud de *Artemia sp.*

Para un mayor control en los ensayos con alimento inerte es necesario hacer un recambio de agua, por la turbidez que genera el alimento debido al alto contenido en fibra.

Para realizar futuros bioensayos, en la ESPOL, es necesario tener a disposición un generador de energía eléctrica, para contrarrestar los posibles apagones y evitar así, que por la falta de aireación, aumente el margen de error de los ensayos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al M.Sc. Jerry Landívar, por proporcionar su asesoramiento en el área de estadística, en la realización de este trabajo. Los autores agradecen también al Dr. Marcelo Muñoz, por su aporte incondicional en el presente proyecto. Además, al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), por la donación de las cepas de algas usadas en la experimentación.

Referencias

1. Lavens P. and Sorgeloos P. (eds), 1996. Manual on the production and use of live food for aquaculture. FAO fisheries technical paper.
2. Makoto Omori, Tsutanu Ikeda. Methods in Marine Zooplankton Ecology, KRIEGER PUBLISHING COMPANY MALABAR, Florida 1992, Edición Original 1984.
3. Castro, B.T., Castro J., Gallardo, C. y Malpica, A., "Propiedades de *Artemia* spp. Para la nutrición en la acuicultura", Oceanología, No 3(1), 1995, pp. 31-38.
4. Coll Morales Julio, "ACUICULTURA MARINA ANIMAL", 3ra. Edición, Ediciones Mundi-Prensa Castelló 28001 Madrid 1991 pp. 361- 362.
5. Arriaga Haro Victor M., Re Araujo Ana Denisse, Uso de microalgas vivas e inertes como alimento para *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae), Rev. Bio. Trop. No 45(2), 1997, pp. 803-811.

6. Tacon Albert G.J., Torrenera Blanco Laura, La producción de alimento vivo y su importancia en acuicultura una diagnosis, Programa Cooperativo Gubernamental Proyecto GCP/RLA/075/ITA FAO – ITALIA.
7. Guillard R. and Ryther J.H. “Studies of marine planktonic diatoms. I. Cyclotellana (Husted) and Detonula confervacea (Cleve)”. *Canad. J. Microbiol.* 1962. 8: 229-239.
8. Lavens Patrick, Lè Philippe, Sorgeloos Patrick, Tackaert Win, Versichele Danny, “MANUAL PARA EL CULTIVO Y USO DE ARTEMIA EN ACUICULTURA”, Centro de Referencia de Artemia Rozier 44 B-9000 Gent Bélgica.
9. PROTOCOLO PARA DESCAPSULA-CIÓN DE Artemia sp. Disponible en http://www.ualg.pt/fcma/apedgo/bmp_taq/extdoc/descap.htm
10. Amat F. Differentiation in Artemia strains from Spain. In Persoone G., Sorgeloos P., Roels O., and Jaspers E. (Eds). *The Brine Shrimp Artemia*. Vol. 1. Morphology, Genetics, Radiobiology, Toxicology. Universe Press. Wetteren, Belgium. 1980. pp 19-39.
11. Pinzón, I., “Estimación de los requerimientos alimenticios para el crecimiento de Branquiópodo Artemia franciscana (Kellogg, 1906) alimentado con la diatomea Chaetoceros muelleri (Lemmerman) Orientada a la producción masiva”, M.Sc. Tesis, Universidad de Colima, 2000.
12. Godínez Daniel E., Gallo María del Carmen, Gelabert Rolando, Díaz Arnulfo H., Gamboa Julián, Landa Víctor, y Godínez Erick M., “Crecimiento larvario de Artemia franciscana (Kellogg, 1906) alimentada con dos especies de microalgas vivas”, *Zootecnia Tropical* No 22(3), 2004, pp. 265-275.
13. Garcia-Ulloa G.M. “Uso de harinas derivadas de subproductos agrícolas para la producción de Biomasa del branquiópodo Artemia franciscana (Kellogg, 1906)”, Ph.D. Tesis, Universidad de Colima, México, 1998.
14. Castro Cabrera T.R. de Lara Andrade y J. Castro Mejía, “El crustáceo Artemia Franciscana alimentado con Spirulina spp. Fresca como dieta de especies acuáticas comerciales”, *Hidrobiológica* No 4(1-2), 1994, pp. 15-20.
15. Tizol C. R., “Aspectos generales sobre la biología de la Artemia sp. y su uso para bioensayos”, Centro de Investigaciones Pesqueras de la Habana, Cuba, Departamento de Maricultivo, Mimeo, 1994.
16. Cisneros Burga R. E., “Producción semi-Intensiva de biomasa de Artemia Franciscana Kellogg 1906 (cepa Virrilá, Perú) utilizando diferentes dietas”. M.Sc. Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2002. Disponible en http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/tesis/Basic/Cisneros_B_R/indice.htm