

Nematodo de vida libre *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945): Una alternativa para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos

Jorge Luna Figueroa ¹

RESUMEN

En este artículo se describe la importancia del nematodo *Panagrellus redivivus* como alimento inicial de larvas de peces y crustáceos. Se expone el por qué del uso de este microgusano como alimento vivo, y se enfatiza su alto valor nutritivo, el cual no difiere significativamente de otros utilizados en la acuicultura tales como: *Artemia* y los rotíferos. Se explican las razones del por qué el alimento vivo, utilizado como dieta inicial de larvas, es superior al alimento comercial, hecho que se manifiesta claramente en la tasa de crecimiento y sobrevivencia de los organismos nutridos con *P. redivivus*. Se mencionan los principales medios de cultivo empleados para la producción de este nemátodo, caracterizándose por la efectividad y simplicidad del cultivo. Se discuten los efectos del suministro de *P. redivivus* sobre el crecimiento y sobrevivencia de diferentes especies de peces y crustáceos, obteniendo resultados satisfactorios. Finalmente, los microgusanos son una alternativa con un alto potencial como alimento vivo, principalmente, durante la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos.

Palabras clave: Nutrición, alimento vivo, larvas, peces, crustáceos, microgusano.

Key words: Nutrition, living food, larvae, fish, crustaceans, microworm.

Recibido: 16 de junio de 2009, aceptado: 24 de agosto de 2009

¹ Laboratorio de Acuicultura, Departamento de Hidrobiología, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, jlunaf_123@yahoo.com.mx., jluna@uaem.mx

ABSTRACT

The paper describes the importance of *Panagrellus redivivus* nematode as initial food for fish larvae and crustaceans. It explains why to use this microworm as living food in aquaculture, stressing its high nutritional value, which does not differ significantly from other live foods used widely in aquaculture; such as *Artemia* and rotifers. The reasons why the effect of living food is better, as first feeding larvae, than commercial food, is clearly manifested in the growth rate and survival of larvae nourished with *P. redivivus*. The main reasons for the use of culture means are mentioned for the production of this nematode, characterized of *P. redivivus* on growth and survival of different fish and crustaceans species are discussed, obtaining satisfactory results. Finally, the microworms are an alternative with a high potential as living food, mainly during the first feeding fish larvae and crustaceans.

Importancia de la nutrición larval

La nutrición de larvas de peces y crustáceos es uno de los problemas más grandes en el cultivo de organismos acuáticos, debido a que la mayoría de las larvas dependen principalmente de alimentos vivos, tales como rotíferos *Brachionus* spp. y *Artemia* sp., al inicio de su alimentación exógena (Santiago *et al.*, 2003; Santiago *et al.*, 2004; De Lara *et al.*, 2007). Sin embargo, el alto costo de los quistes de *Artemia* y en el caso de *Brachionus* sus requerimientos estrictos para obtener altas producciones son la principal limitante para su uso en acuicultura (Santiago *et al.*, 2003; Focken *et al.*, 2006). Asimismo, organismos como el microgusano *Panagrellus redivivus*, la pulga de agua *Daphnia pulex* y *Moina wierzejski*, el gusano de

fango *Tubifex tubifex*, gusano blanco *Enchytraeus albidus*, lombriz de tierra *Eisenia foetida*, larvas de mosquito *Culex pipiens* y *C. stigmatosoma*, gusano de sangre *Chironomus tentans* y microalgas *Chlorella minutissima*, *Chlorella regularis*, entre otros, son parte de la dieta de peces en granjas de producción, con lo cual se pretende cubrir las necesidades nutritivas y disminuir la mortalidad durante el proceso de alimentación endógena a exógena (Luna Figueroa, 2002).

El nematodo *P. redivivus* es una fuente importante de nutrientes para la alimentación inicial de larvas de peces y crustáceos (Schlechtriem *et al.*, 2002; Ricci *et al.*, 2003; Schlechtriem *et al.*, 2005; Focken *et al.*, 2006; Sautter *et al.*, 2007), al mismo tiempo de que aporta la posibilidad de sustituir parcial o totalmente a los alimentos vivos más utilizados en acuicultura.

Por otra parte, utilizar zooplancton de ambientes naturales, presenta algunos problemas de cantidad y calidad irregular e incrementa el riesgo de introducir parásitos dentro de los criaderos. Consecuentemente, el alimento artificial puede reemplazar al vivo. Sin embargo, el desarrollo de las larvas de peces se retarda, el crecimiento disminuye y la eficiencia de la transformación de energía y materia se reduce (Kamler, 1992). En contraparte, la alta mortalidad de las larvas de peces, a partir de su primera alimentación exógena, se reduce considerablemente utilizando alimento vivo (Schlechtriem *et al.*, 2004a) y acelera la diferenciación de estructuras morfológicas y de órganos internos, habilitándolos para pasar de manera segura este periodo vulnerable de sus vidas.

En la acuariofilia, el nematodo *P. redivivus* es muy importante como alimento vivo inicial, por reunir la calidad nutricional suficiente para estas especies (Santiago *et al.*, 2004). Sin embargo, en la acuicultura no ha sido usado de manera intensiva, debido a problemas que involucran su producción masiva, aunque recientemente han sido desarrollados procesos de producción experimental a mediana y gran escala. Esto es importante porque uno de los principales problemas en la acuicultura es la crianza de larvas de peces y crustáceos, etapa en la cual la tasa de mortalidad es muy alta (Lavens y Sorgeloos, 1996), debido a que la mayoría de las especies cultivadas dependen del alimento vivo durante su etapa larval (Sorgeloos *et al.*, 2001; Luna Figueroa, 2002; Schlechtriem *et al.*, 2004b). Por ello, considerando

que el periodo más crítico en el cultivo de peces es el inicio de la alimentación exógena, después de la absorción del saco vitelino, es que adquiere mayor importancia la utilización de alimento vivo para incrementar las tasas de crecimiento, reproductivas y de sobrevivencia (García-Ortega, 2000; Guillaume *et al.*, 2001). En estas etapas, el alimento vivo debería estar disponible, de fácil reproducción y económico (Watanabe y Kiron, 1994), para no limitar el éxito en la crianza larval, lo cual restringe la producción total en las granjas de cultivo (Guillaume *et al.*, 2001).

¿Qué es el microgusano *Panagrellus redivivus*?

Panagrellus redivivus es un nematodo de vida libre que preda sobre una variedad de microorganismos, por ejemplo, *Saccharomyces cerevisiae* (Ricci *et al.*, 2003). Son gusanos no segmentados, de color blanco a transparente; de tamaño muy pequeño, menores de 1.5 mm, aproximadamente 15 veces más largos que su ancho, cerca de 50 µm de diámetro y presentan movimiento continuo. Incrementa su tamaño tres veces durante el primer día y de cinco a seis veces durante los siguientes tres días. El extremo de la cola es puntiagudo y el de la boca redondeado. A causa de su forma y tamaño, pueden ser parte de la dieta de peces muy pequeños (Rottmann, 2002; Schlechtriem *et al.*, 2002). Los machos tienen la cola curvada, son más pequeños, más esbeltos y menos numerosos que las hembras. Se reproducen sexualmente y presentan altas tasas reproductivas (Santiago *et al.*, 2003). Son ovovivíparos, liberan de 10 a 40 crías en un periodo de 24 a 36 h durante los 20 a 25 días que dura su ciclo de vida. Por lo tanto, se considera que cada hembra produce aproximadamente 300 crías durante su etapa reproductiva. Las crías alcanzan la madurez sexual a los tres días de vida. Otra ventaja consiste en su resistencia a permanecer vivos al menos unas 12 h en agua dulce.

¿Por qué el alimento vivo es superior al artificial como dieta inicial de larvas de peces y crustáceos?

Un factor de gran importancia en la acuicultura es la nutrición (Schlechtriem *et al.*, 2004a). Frecuentemente, los alimentos comerciales no contienen los nutrientes que las especies requieren para un desarrollo óptimo, principalmente en su primera etapa de vida, que es la crítica en todas las especies, por presentar la mayor mortalidad (Castro *et al.*, 2003). En este sentido, el alimento vivo

no sólo es estimado por ser un nutrimento fisiológicamente valioso, sino por ser un factor conductual importante en la dieta de peces. Asimismo, constituyen una "cápsula" nutritiva que contiene los elementos básicos de una dieta balanceada, con la ventaja de que conservan su valor hasta ser consumidos por los organismos acuáticos. Por lo que, en términos generales, se considera que el alimento vivo es mejor que el artificial como dieta de larvas de peces y crustáceos. Las principales hipótesis de esta teoría surgen por el hecho de inducir estímulos visuales y químicos, a que las enzimas presentes en los organismos vivos contribuyen a la digestión del alimento y a que existen diferencias en la digestibilidad entre los alimentos vivos y los artificiales, las cuales son atribuidas a diferencias en la digestibilidad de la proteína (García-Ortega, 2000).

Calidad nutritiva del microgusano *P. redivivus*

La composición nutritiva de *P. redivivus* está influenciada por el medio de cultivo utilizado para su producción, la cual puede ser mejorada por adición de aceite de pescado para incrementar el contenido de ácidos grasos altamente insaturados (Rouse *et al.*, 1992; Kumlu *et al.*, 1998;

Schlechtriem *et al.*, 2004 a y b). Esto explicaría las diferencias en el contenido de proteínas y lípidos reportados para *P. redivivus* (Tabla 1). En términos generales, los microgusanos son 76% agua y 24% materia seca; 40% de la materia seca es proteína y 20% es grasa, el 40% restante corresponde a extracto libre de nitrógeno y a otros micronutrientes (Rottmann, 2002).

El perfil nutricional de *P. redivivus* es alto y comparable con el de *Artemia* (Kumlu *et al.*, 1998; Schlechtriem *et al.*, 2002; Santiago *et al.*, 2003). La composición de aminoácidos también es similar a la de *Artemia*, aunque *P. redivivus* carece de ácido eicosapentaenoico (EPA), y ni los microgusanos ni *Artemia* contienen altos niveles de ácido docosahexaenoico (DHA), los cuales son esenciales para las larvas de peneidos (Kumlu *et al.*, 1998). El contenido de ácidos grasos de *P. redivivus* ha sido mejorado utilizando un medio de cultivo que contenga harina de trigo con aceite de pescado (Rouse *et al.*, 1992). Además, la suplementación de EPA y DHA, junto con antioxantinas, permite a los microgusanos ser usados como dieta única para el cultivo de larvas de *P. indicus* (Kumlu *et al.*, 1998). Prácticamente es posible diseñar la composición química de los microgusa-

Tabla 1. Valor nutritivo del microgusano *Panagrellus redivivus* procedente de diferentes fuentes bibliográficas. Datos expresados en porcentaje. * Miligramos. Datos no reportados (-----).

Proteína, %	Lípidos, %	Carbohidratos, %	Ácidos grasos, %	Fuente bibliográfica
52.0	13.0	15.4	-----	Kahan y Appel, 1975
48.3	17.3	31.3	-----	Biedenbach <i>et al.</i> , 1989
* 543 ± 34 a 757 ± 18 mg g ⁻¹	166 ± 26 a 209 ± 30 mg g ⁻¹	-----	La serie ω-3 de los ácidos grasos altamente insaturados puede no ser suficiente para promover el crecimiento y sobrevivencia de <i>P. indicus</i> .	Kumlu <i>et al.</i> , 1998
40.0	20.0	-----	-----	Rottmann, 2002
38.8	23.7	28.9	El total de ácidos grasos n-6 fue mucho más alto que el total n-3.	Santiago <i>et al.</i> , 2003
38.7	24.1	28.6	-----	Santiago <i>et al.</i> , 2004
38.6	39.8	18.2	-----	Schlechtriem <i>et al.</i> , 2005
62.0	24.0	17.0	-----	Figueroa <i>et al.</i> , 2006
60.6	24.7 a 26.9	-----	El medio de cultivo con avena y trigo puede tener muy bajos niveles de ácidos DHA (22:6n-3) y EPA (20:5n-3).	Sautter <i>et al.</i> , 2007

nos mediante la adición de nutrientes específicos al medio de cultivo, mismos que son necesarios para cubrir los requerimientos fisiológicos de las larvas de peces o de crustáceos para estimular el crecimiento y la sobrevivencia (Schlechtriem *et al.*, 2004b).

En larvas de peneidos, *P. redivivus* ofrece ventajas prácticas sobre *Artemia*, ejemplo de ello es que no consumen algas, pueden sobrevivir más de 72 h en agua salada y no crecer demasiado grandes como para no poder ser consumidos (Biedenbach *et al.*, 1989). Sin embargo, una desventaja es que la fracción de ácidos grasos altamente insaturados, particularmente la serie ω 3, podría no ser suficiente para promover un buen crecimiento y sobrevivencia en *Penaeus indicus* (Kumlu *et al.*, 1998). Por lo que el enriquecimiento de lípidos con aceite de pescado incrementa significativamente la serie ω 3 de los ácidos grasos, los cuales pueden ser manipulados utilizando diferentes medios de cultivo (Kumlu *et al.*, 1998).

Efecto de *P. redivivus* como alimento vivo de larvas de peces y crustáceos

A pesar de que varios estudios recomiendan la utilización de *P. redivivus* como primer alimento exógeno en la larvicultura de peces (Kumlu *et al.*, 1998; Rottmann, 2002; Ricci *et al.*, 2003; Santiago *et al.*, 2003; Schlechtriem *et al.*, 2004a; Schlechtriem *et al.*, 2004b; Focken *et al.*, 2006; Sautter *et al.*, 2007), esta especie no ha sido empleada intensivamente debido a problemas con su producción. No obstante, los peces alimentados con microgusano crecen mejor que los sustentados con dietas secas, pero más lentamente que los nutridos con otros alimentos vivos como *Artemia* o rotíferos (Santiago *et al.*, 2003; Sautter *et al.*, 2007). Al respecto, Focken *et al.* (2006) mencionan que un nauplio de *Artemia* provee proteína al pez equivalente a aproximadamente 23 microgusanos. Sin embargo, esto no es una limitante debido a la posibilidad de enriquecer a *P. redivivus* con aminoácidos y ácidos grasos esenciales (Rouse *et al.*, 1992; Schlechtriem *et al.*, 2004b).

Respecto a la sobrevivencia, Schlechtriem *et al.* (2004a) obtuvieron altas tasas (84.3 a 90.1%) en larvas de *Cyprinus carpio* alimentadas con *P. redivivus* y casi el doble de su masa corporal. Por otra parte, en larvas de *P. indicus* nutridas con *P. redivivus* enriquecidos con lípidos, la sobrevivencia fue 69-77% y con nematodos no enriquecidos

54% (Kumlu *et al.*, 1998). Esto indica que los elevados niveles de ácidos grasos altamente insaturados de los nematodos se reflejan en altas tasas de sobrevivencia de los organismos alimentados. En larvas de carpa cabezona, *Aristichthys nobilis*, alimentadas con *P. redivivus* la sobrevivencia fue de 61.8 a 81.3% y en larvas de bagre asiático *Clarias macrocephalus* de 35.3 a 37.7% (Santiago *et al.*, 2003; Santiago *et al.*, 2004). Consecuentemente, es necesario considerar que la aplicación de *P. redivivus* en la dieta de larvas se restringe precisamente a esa etapa de desarrollo, por lo que es indispensable tener en cuenta que, cubierto ese proceso de alimentación se requerirá otro alimento vivo o de diferente tipo para cubrir las necesidades nutricionales de los especímenes en cultivo.

Potencial como alimento vivo de *P. redivivus*

El potencial de *Panagrellus* sp. como alimento ha sido demostrado ampliamente en peces de ornato (Kahan y Appel, 1975; Hofsten *et al.*, 1983), en algunas especies de carpas (Hofsten *et al.*, 1983; Rottmann *et al.*, 1991; Santiago *et al.*, 2003), en bagres (Laron *et al.*, 2001) y en camarones (Biedenbach *et al.*, 1989; Kumlu y Fletcher, 1997; Kumlu *et al.*, 1998). Sin embargo, las larvas alimentadas con *P. redivivus* muestran un desarrollo moderado comparado con las nutridas con *Artemia* como primer alimento exógeno (Schlechtriem *et al.*, 2005). Esto se podría explicar debido a que las larvas de peces presentan un tracto digestivo poco desarrollado morfológica y fisiológicamente (Dabrowski, 1984; Govoni *et al.*, 1986) provocando una capacidad reducida para digerir a los microgusanos que tienen una cutícula compuesta de diferentes capas. Por otra parte, la alta aceptación de *P. redivivus* por larvas de diferentes especies de peces y crustáceos, así como la temprana digestión y positiva retención de nutrientes, confirman el potencial como primer alimento larval (Schlechtriem *et al.*, 2005). No obstante, se requiere de una investigación más amplia para evaluar la asimilación de las larvas alimentadas con microgusanos. Aunque aceptables para estudios de asimilación, los microgusanos, en algunos casos, suelen contener nutrientes en proporciones y cantidades sub-óptimas para cubrir los requerimientos de las larvas de peces (Schlechtriem *et al.*, 2005) sin embargo, esto podría ser fácilmente solucionado al enriquecer el medio de cultivo.

Medios de cultivo de *P. redivivus*

La carencia de tecnología para la producción masiva de nematodos ha sido el principal factor limitante para su aplicación comercial (Fisher y Fletcher, 1995). El desarrollo de una tecnología de cultivo para *P. redivivus* es un gran paso para obtener un alimento barato y permanentemente disponible para cubrir los requerimientos nutritivos iniciales de larvas de peces y crustáceos y, por lo tanto, para el desarrollo de una acuicultura sustentable (Biedenbach *et al.*, 1989; Schlechtriem *et al.*, 2002).

Actualmente, el cultivo de *P. redivivus* en bolsas de plástico es una tecnología aceptable para la producción masiva de este nematodo. Generalmente son producidos en medios de cultivo baratos y su valor nutricional es modificado llenando su canal alimentario con ácidos grasos altamente insaturados (HUFAs) (Rouse *et al.*, 1992) y con carotenoides (Kumlu, 1995). Los medios de cultivo probados han inducido consistentemente altas tasas de producción, mismas que han alcanzado alrededor de 400 millones de nematodos kg⁻¹ medio de cultivo (Schlechtriem *et al.*, 2004a). Los principales medios de cultivo de *P. redivivus* se basan en hojuelas de avena húmedas, enriquecidas con alga *Spirulina* y/o aceite de girasol; harina de trigo húmeda, con levadura de pan y/o aceite de pescado y/o maíz; yogurt natural (Tabla 2).

Una técnica sencilla para el cultivo de *P. redivivus* empleada en el Laboratorio de Acuicultura del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos consiste en utilizar hojuelas de avena (100 g) previamente humedecidas (100 ml H₂O), colocadas en el fondo de un recipiente de plástico (20 x 15 x 5 cm). La tapa del recipiente debe contar con pequeños orificios que permitan el intercambio de gases. La temperatura ambiente oscila entre 26 y 28 °C con humedad constante. Una vez es-

tablecido el medio de cultivo debe adicionarse una pequeña cantidad de microgusanos (2 g). Transcurridos de cuatro a cinco días se observan manchas blancas en las paredes del recipiente, al mirarlas a contra luz se aprecia el movimiento del microgusano. Se recolectan pasando un pincel o una pequeña espátula por las paredes del recipiente y se colocan en un vaso con agua o suministrados directamente a las larvas peces. Al cabo de tres o cuatro semanas los cultivos empiezan a desprender un olor desagradable similar al vinagre, en este momento, habrá que renovar el cultivo antes de que el número de gusanos disminuya. Es recomendable tener un cultivo alternativo preparado con una semana de diferencia para evitar que los cultivos decaigan simultáneamente.

Perspectivas de *P. redivivus*

P. redivivus constituye una alternativa nutricional y económica viable como alimento inicial de larvas de peces y crustáceos y un posible sustituto parcial de los nauplios de *Artemia* y de rotíferos. Entre sus principales características se encuentran: La alta disponibilidad, alto valor nutritivo, tallas variables y movilidad. Constatada la aceptación como alimento en la etapa larval de peces y crustáceos, cotejada mediante la acelerada tasa de crecimiento y alta tasa de sobrevivencia de los organismos alimentados con *P. redivivus*. No obstante, Schlechtriem *et al.* (2005) afirman que, aunque digeribles para peces adultos, la posible resistencia de los nematodos a la digestión larval, provocada por la cutícula que cubre su cuerpo, constituida principalmente de colágeno (Castro *et al.*, 2001; De Lara *et al.*, 2003), limitaría su uso como alimento vivo inicial. Por lo que, a pesar de sus cualidades, los microgusanos aún no han sido probados en muchas especies, consecuentemente, es requerida mayor investigación científica que involucre a *P. redivivus* como dieta inicial de organismos acuáticos con alto potencial económico.

Tabla 2. Características del medio de cultivo del microgusano *P. redivivus* como alimento inicial para larvas de peces y crustáceos utilizados por diferentes autores.

Medio de cultivo Ingredientes	Materiales	Siembra	Observaciones	Fuente bibliográfica
50 g de harina de trigo, 50-60 ml H ₂ O. 5 g de levadura de pan en 65 ml H ₂ O, añadir al medio 5ml cada siete días. 15 g de yema de huevo de pollo con 60 ml de aceite de hígado de bacalao y 10 ml vertidos al medio cada siete días.	Contenedores plásticos con un área de 100 cm ²	30,000 nemátodos	Incremento del contenido de ácidos grasos de <i>P. redivivus</i> , con tres medios de cultivo. Mantenedos a 20-24 °C. Alimento para larvas de peces y crustáceos.	Rouse <i>et al.</i> , 1992
Medio de cultivo monoxénico. Medios de cultivo basados en avena, trigo, arroz, soya.	Diferentes contenedores; bolsas y cajas de plástico de diferente medida	Medio de cultivo estéril inoculado con <i>P. redivivus</i> y microorganismos (No se especifica cantidad).	Es posible modificar la composición química de acuerdo a los requerimientos nutricionales de las larvas de peces. 400 millones de nematodos por kg de medio de cultivo.	Schlechtriem <i>et al.</i> , 2002
Cereales en grano; avena, trigo, maíz, levadura y agua, hervidos de cinco a siete minutos.	Contenedores de plástico 20 x 30 cm, con la tapa perforada para permitir intercambio de gases	Colocar suficiente microgusano en la superficie del medio de cultivo (10 g).	Mantener en un cuarto bien iluminado a 20-30 °C. Estos recipientes proveerán de 1 a 1½ cuchara sopera diarias durante tres semanas. Alimento inicial para larvas de peces.	Rottmann, 2002
<i>P. redivivus</i> fue asociado monoxenicamente con <i>S. cerevisiae</i> .	Bolsas de plástico de 50 x 30 cm con 1500 g medio/bolsa y bolsas de 75 x 67 cm con 4500 g medio/ bolsa.	3500 nematodos/g. 350 nematodos/g medio.	El cultivo en bolsas parece ser una tecnología aceptable para la producción masiva de <i>P. redivivus</i> . Alimento para larvas crustáceos y peces.	Ricci <i>et al.</i> , 2003
Medio de cultivo monoxénico con <i>S. cerevisiae</i> y enriquecido con aceite de girasol (<i>Helianthus annuus</i>) o aceite de pescado.	Bolsas de plástico 50 x 30 cm.	<i>P. redivivus</i> cultivo masivo. No se indica cantidad de microgusanos sembrados.	Utilizados para alimentar larvas de <i>C. carpio</i> .	Schlechtriem <i>et al.</i> , 2004
Harina de avena (130 g), agua (260 ml). Levadura de pan <i>S. cerevisiae</i> (0.136 g en 15 ml de agua estéril).	Cajas Petri, 90 mm de diámetro.	200 nematodos <i>P. redivivus</i> .	Cultivo en condiciones de laboratorio. Cosecha a los siete-ocho días de inicio. Alimento para larvas de <i>A. nobilis</i> y <i>C. macrocephalus</i> .	Santiago <i>et al.</i> , 2004
Una mezcla de harina de trigo y maíz (50/50%) y otro 100% de avena. Las harinas se mezclaron con 0.8% de solución de sal marina y esponjas desmenuzadas de polyether polyurethano (75 g).	Bolsas de plástico 50 x 30 cm.	55 x 10 ⁵ organismos de <i>P. redivivus</i> .	El cultivo fue incubado durante 12 días en un cuarto climáticamente controlado a 22°C. Alimento inicial para larvas de <i>L. vannamei</i> .	Focken <i>et al.</i> , 2006
Hojuelas de avena 100 g y agua. Humedecer y distribuir uniformemente en el recipiente.	Recipientes plásticos de 14 x 10 x 3 cm. con cubierta perforada.	0.5 g peso húmedo de nematodos.	Cuarto bien iluminado. Temperatura ambiente entre 24 y 25°C. Revisar humedad del medio de cultivo cada tercer día. Alimento para larvas de peces y crustáceos.	Figuroa <i>et al.</i> , 2006
Hojuelas de avena comercial (200 g), <i>Spirulina</i> sp. en polvo (5 g) y agua purificada (300 ml).	Recipientes plásticos de 15 x 15 x 5 cm.	5 g de <i>P. redivivus</i> .	Duración del cultivo nueve semanas. Temperatura ambiente entre 19 y 22°C. pH entre 2.6 y 3.2. Alimento inicial para larvas de peces.	De Lara <i>et al.</i> , 2007

REFERENCIAS

- BIEDENBACH, J. M., *et al.*, Use of the nematodes *Panagrellus redivivus* as an *Artemia* replacement in a larval penaeid diet. *Journal of the World Aquaculture Society*, 20 (2): 61-71, 1989.
- CASTRO, M.G., *et al.*, *Técnicas de cultivo de especies planctónicas e invertebrados útiles para la acuicultura*. Serie Académicos CBS: Universidad Autónoma Metropolitana, 65 pp. 2001.
- CASTRO, B. T., *et al.*, Alimento vivo en la acuicultura. *Contactos*, 48: 27-33, 2003.
- DABROWSKI, K. The feeding of fish larvae: present "state of the art" and perspectives. *Reproduction Nutrition Development*, 24: 807-833, 1984.
- DE LARA, R., MALPICA, S. A. y CASTRO, M. J. Microgusanos (*Panagrellus redivivus*), en: CASTRO, B.T. *Alimento vivo para organismos acuáticos*. AGT Editor, 129 pp. 2003.
- DE LARA, R., *et al.*, Cultivo del nemátodo *Panagrellus redivivus* (Goodey, 1945) en un medio de avena enriquecida con *Spirulina* sp. *Biología Marina y Oceanografía*, 42 (1): 29-36, 2007.
- FIGUEROA, T. J., SORIANO, S. M. y LUNA FIGUEROA, J. El microgusano *Panagrellus redivivus* en la dieta de larvas de peces. *Hypatia*, 19 (5): 10 -11, 2006.
- FISHER, C. M. I. and FLETCHER, D. J. Novel feeds for use in aquaculture. Patent. International Application number. AO1K67/033, A23K1/18, 1995.
- FOCKEN, U., *et al.*, *Panagrellus redivivus* mass produced on solid media as live food for *Litopenaeus vannamei* larvae. *Aquaculture Research*, 37: 1429-1436, 2006.
- GARCÍA-ORTEGA, A. Valor nutricional de los quistes de *Artemia* y su uso como fuente de proteína en dietas artificiales para larvas de peces, en: CRUZ-SUÁREZ, L.E., *et al.*, *Avances en Nutrición Acuicola*, Mérida Yucatán, México, 2000.
- GOVONI, J. J., BOEHLERT, G. W. and WATANABE, Y. The physiology of digestion in fish larvae. *Environmental Biology of Fish*, 16: 59-77, 1986.
- GUILLAUME, J., *et al.*, *Nutrition and feeding of fish and crustaceans*. Springer Praxis: Chichester, Great Britain, 408 pp. 2001.
- HOFSTEN, A.V., *et al.*, Digestion of free-living nematodes fed to fish. *J. Fish. Biol.*, 23: 419-428, 1983.
- KAHAN, D. and APPEL, Z. The value of *Panagrellus* sp. (Nematoda) as food for fish. *The European Symposium on Marine Biology* (Ostend, Belgium, September 17-23, 1975). 1: 243-253, 1975.
- KAMLER, E. *Early Life History of Fish*. Chapman and Hall: London, UK, 267 pp. 1992.
- KUMLU, M. *Physiology of decapod crustacean larvae with special reference to diet*. Ph. D. thesis. Univ. Wales: Bangor, UK, 1995.
- KUMLU, M. and FLETCHER, D. J. The nematode *Panagrellus redivivus* as an alternative live feed for larval *Penaeus indicus*. *Israel J. Aquacult.*, 49: 12-18, 1997.
- KUMLU, M., FLETCHER, D. J. and FISHER, C. M. Larval pigmentation, survival and growth of *Penaeus indicus* fed the nematode *Panagrellus redivivus* enriched with astaxanthin and various lipids. *Aquaculture Nutrition*, 4: 193-200, 1998.
- LARON, M., *et al.*, Evaluation of the different live food organisms on growth and survival of river catfish, *Mystus nemurus* (C. & V.) larvae. In: *Larvi 2001 – Fish and Shellfish Larviculture Symposium*. C.I. HENDRY, *et al.*, (Eds). Eur. Aquacult. Soc. Spec: Ostende, Belgium, 30: 299-302, 2001.
- LAVENS, P. and SORGELOOS, P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. *Fisheries Technical Paper* (361). FAO: Rome, Italy, 1996.
- LUNA FIGUEROA, J. Alimento vivo: Importancia y valor nutritivo. *Ciencia y Desarrollo*, 166: 70-77, 2002.
- RICCI, M., *et al.*, Development of a low-cost technology for mass production of the free-living nematode *Panagrellus redivivus* as an alternative live food for first feeding fish larvae. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 60: 556-559, 2003.
- ROTTMANN, R. W., SHIREMAN, J. V. and LINCOLN, E. P. Comparison of three live foods and two dry diets for intensive culture of grass carp and bighead carp larvae. *Aquaculture*, 96: 269-280, 1991.
- ROTTMANN, R. W. Microworm culture for aquarium fish producers. University of Florida. 1-3, 2002.
- ROUSE, D. B., WEBSTER, C. D. and RADWIN, I. A. Enhancement of the fatty acid composition of the nematode *Panagrellus redivivus* using three different media. *J. World Aquacult. Soc.*, 23 (1): 89-95, 1992.
- SANTIAGO, C. B., *et al.*, Response of bighead carp *Aristichthys nobilis* and Asian catfish *Clarias macrocephalus* larvae to free-living nematode *Panagrellus redivivus* as alternative feed. *J. Appl. Ichthyol.*, 19: 239-243, 2003.

- SANTIAGO, C. B., RICCI, M. and REYES-LAMPA, A. Effect of nematode *Panagrellus redivivus* density on growth, survival, feed consumption and carcass composition of bighead carp *Aristichthys nobilis* (Richardson) larvae. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 22-27, 2004.
- SAUTTER, J., et al., *Panagrellus redivivus* (Linné) as a live food organism in the early rearing of the catfish *Synodontis petricola* (Matthes). *Aquaculture Research*, 38: 653-659, 2007.
- SCHLECHTRIEM, C., et al., A new technology for the mass production of the free-living nematode *Panagrellus redivivus*, an alternative live food for first feeding fish larvae: a contribution to the improvement of sustainable seed supply for aquaculture. *International Symposium Sustaining Food Security and Managing Natural Resources in Southeast Asia. Challenges for the 21st Century*. January 8-11, 2002 at Chiang Mai, Thailand, 2002.
- SCHLECHTRIEM, C., et al., Mass produced nematodes *Panagrellus redivivus* as live food for rearing carp larvae: preliminary results. *Aquaculture Research*, 35: 547-551, 2004a.
- SCHLECHTRIEM, C. et al., The suitability of the free-living nematode *Panagrellus redivivus* as live food for first-feeding fish larvae. *J. Appl. Ichthyol.*, 20: 161-168, 2004b.
- SCHLECHTRIEM, C., FOCKEN, U. and BECKER, K. Digestion and assimilation of the free-living nematode *Panagrellus redivivus* fed to first feeding coregonid larvae: evidence from histological and isotopic studies. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36 (1): 24-31, 2005.
- SORGELOOS, P., DHERT, P. and CANDREVA, P. Use of the brine shrimp *Artemia* spp. in marine fish larviculture. *Aquaculture*, 200: 147-149, 2001.
- WATANABE, T. and KIRON, V. Review – prospects in larval nutrition. *Aquaculture*, 124: 223-251, 1994.