



ARTEMIA, EL CAMARÓN DE LA SAL

ERIO D. CURTO

Promar. Centro de Zoología Aplicada. Universidad Nacional de Córdoba. C.C. 122, 5000 Córdoba.
E-mail: erio_curto@yahoo.com.ar

1. INTRODUCCIÓN

El género *Artemia* (Crustacea, Anostraca) incluye pequeños crustáceos o “camaroncitos de la sal” (*brine shrimp*, en inglés) que viven en aguas saladas continentales, con excepción de la Antártida. Durante la década de 1980, se hicieron populares a nivel mundial porque sus huevos de resistencia (cistos o quistes) se vendían secos con el nombre de *sea monkeys*, como una curiosidad para los niños, quienes luego los veían desarrollarse al colocarlos en agua.

Las poblaciones de *Artemia* se encuentran extensamente distribuidas por todo el mundo en lagos salinos naturales o salinas de construcción artificial y se adaptan a amplias variaciones de la temperatura y de la calidad del agua.

Este género tiene importancia como recurso natural, principalmente como alimento para la cría de peces en acuicultura y en acuarios ornamentales. También es muy interesante desde el punto de vista científico, en primer lugar, por sus adaptaciones a ambientes extremadamente salinos y, en segundo término, como modelo para estudios genéticos, comparable a las especies de mosca *Drosophila* (Abatzopoulus *et al.* 2002).

2. ANTECEDENTES EN MAR CHIQUITA

La presencia de *Artemia* fue mencionada por primera vez en Mar Chiquita por Frank (1912), quien en ese año afirmó que “*en el agua de la Mar misma solo un ser vivo se ha encontrado y fue descrito y reconocido por primera y única vez para toda la América del Sur por el conservador del Museo Zoológico de la Facultad de Ciencias Exactas de Córdoba, señor Jose Sherer, como Artemia salina var. Mar Chiquita*”. La presencia de esta especie fue analizada con más detalle por Seckt (1945). En ese tiempo, la profesora Nélida Guiñazú, de la Universidad Nacional de Córdoba, desarrolló una tesis—avanzada para la época— sobre las características morfológicas de la especie (Guiñazú 1949). Durante la década de 1990, se realizaron investigaciones en todo el país (incluso en Mar Chiquita) en vista del valor comercial que adquirió *Artemia* en esa época (Cohen 1998).

En Mar Chiquita, *Artemia* puede alcanzar muy altas densidades en condiciones de hipersalinidad, tal como fue informado por Guiñazú (1949). Puede encontrarse, incluso, en condiciones de aguas altas y baja salinidad. Cohen (1998) informa que en ese año, con pocas pasadas de red entre las piedras del muelle de Miramar, pudo recolectarse más de

1 kg de biomasa de adultos y quistes (peso húmedo escurrido).

3. TAXONOMÍA, BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA

Hasta hace poco tiempo, se denominaba a todas las poblaciones de *Artemia* del mundo como *Artemia salina*. En la actualidad, se considera que existen varias especies dentro del género, que integran un complejo que incluye cepas diploides, con individuos de sexos separados, y cepas haploides partenogénicas (asexuadas). Las cepas bisexuales ocurren preferentemente en latitudes templadas (entre 25 y 40°), como es el caso de Mar Chiquita, mientras que las cepas asexuales (compuestas exclusivamente por hembras) fueron encontradas solo en Asia y Europa, preferentemente en latitudes bajas y altas (por debajo de 25° y por encima de 40° de latitud en ambos hemisferios). Aparentemente, las cepas partenogénicas tienden a predominar en condiciones más severas de temperatura, salinidad y disponibilidad de alimentos. En la actualidad, debe tenerse en cuenta, además, que el mapa de distribución original de *Artemia* ha sido muy alterado debido a su introducción deliberada en muchas salinas naturales y artificiales del mundo con fines comerciales (Gajardo *et al.* 2002).

En Sudamérica existen dos especies (ambas bisexuales): *Artemia franciscana* y *Artemia persimilis*. La primera, originaria de América del Norte, es dominante en el nuevo mundo. Se distribuye desde Canadá hasta la zona central de Chile y Argentina, incluidos el Gran Lago Salado y la bahía de San Francisco, en los Estados Unidos. Estudios citogenéticos y fenotípicos corroboraron que la población de Mar Chiquita corresponde a *Artemia franciscana*, mientras que *Artemia persimilis* tiene una distribución mucho más restringida en Argentina y Chile (Papeschi *et al.* 2000).

El hecho de que *Artemia franciscana* esté presente tanto en el Gran Lago Salado como en Mar Chiquita sugiere que la especie podría haber sido transpor-

tada desde aquel lago de América del Norte hasta esta laguna por los chorlos migratorios que vuelan regularmente entre ambos sitios (ver capítulo 15). Otra posibilidad es que haya sido traída desde las lagunas altoandinas del norte de Argentina y Bolivia, transportada por los flamencos que invernán en Mar Chiquita. La capacidad de las aves migratorias de dispersar *Artemia* se encuentra bien documentada, como se menciona más adelante.

3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Los adultos de *Artemia* miden hasta 10 mm de longitud en las poblaciones bisexuales y hasta 20 mm en las poblaciones partenogénicas. El adulto tiene patas planas en forma de hoja y una larga “cola” formada por los últimos ocho segmentos del cuerpo. Carece de cubierta calcárea y su cuerpo es transparente. La cabeza tiene un par de ojos compuestos ubicados en el extremo de las protuberancias oculares. El cuerpo está dividido en 11 segmentos torácicos con apéndices denominados toracópodos, siete segmentos abdominales y dos o tres segmentos caudales con filamentos. Los segmentos torácicos le sirven para nadar, desplazándose con el vientre hacia arriba.

El macho (Fig. 1 a) posee un par de piezas prensiles muy características (segundo par de antenas) en la región cefálica, que le permiten ser reconocido fácilmente. La hembra de *Artemia* no tiene apéndices distintivos en la región cefálica pero, en cambio, posee el saco de puesta o útero ubicado inmediatamente detrás del undécimo par de toracópodos (Fig. 1 b).

3.2. ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN

Diferentes cepas geográficas se adaptaron a condiciones muy variadas, como temperaturas del agua entre 6 y 35 °C, y aguas ricas en cloruros, sulfatos y carbonatos, de hasta 250 g/L, es decir, siete veces más que el contenido del agua de mar. *Artemia* responde al déficit de oxígeno concentrándose en la superficie del agua, donde puede mantenerse por

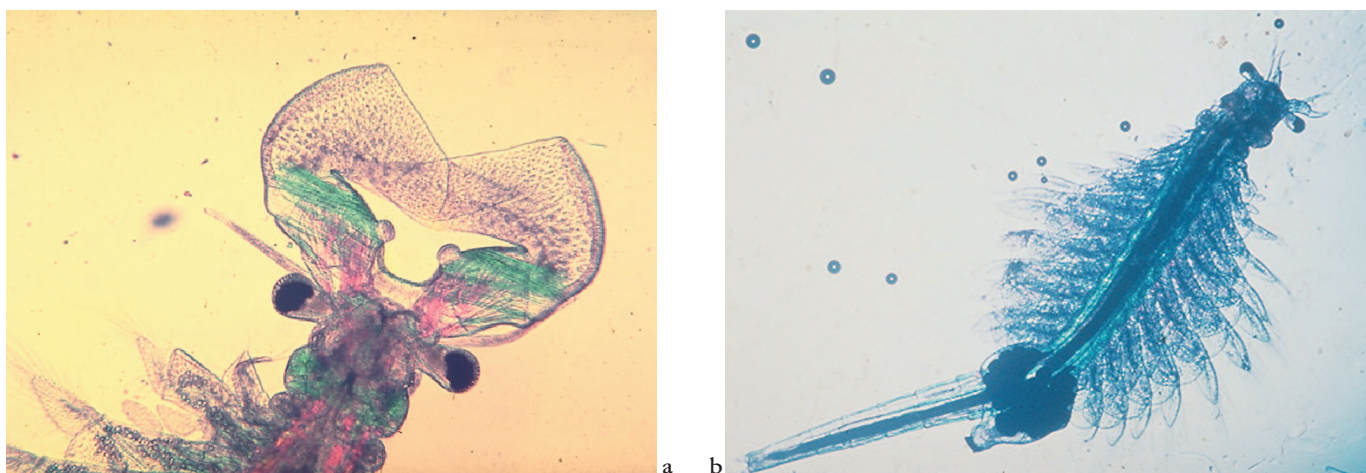


Figura 1. Ejemplares adultos de Artemia: a) detalle de la cabeza de un macho; b) hembra con saco ovígero.

medio de la “respiración superficial”, moviendo los toracópodos en la interfase aire-agua (Sorgeloos *et al.* 1986).

La distribución mundial natural de Artemia es función de la capacidad de dispersión de los quistes. Tanto el viento como los flamencos (Löffler 1964) y otras aves acuáticas (Triantaphyllidis *et al.* 1998) son considerados los vectores naturales más importantes de la dispersión de este camaroncito. No obstante, en los últimos tiempos el hombre ha sido el responsable de algunas introducciones de Artemia en ambientes de Sudamérica y en Australia, tanto para producir mejoras en la industria salinera como para usarla en acuicultura (Sorgeloos 1979).

Artemia tiene ciertas características que le permiten adaptarse en forma extraordinaria a la vida en aguas hipersalinas, entre ellas: a) uno de los sistemas fisiológicos más eficientes del reino animal, que le confiere resistencia a altísimas concentraciones de sal; b) capacidad de adaptarse a los bajos niveles de oxígeno disuelto que existen en los ambientes hipersalinos —puede sintetizar pigmentos respiratorios, incluida la hemoglobina— y c) la producción de formas

de resistencia (cistos o quistes) que pueden sobrevivir a largos períodos de absoluta sequía (Triantaphyllidis *et al.* 1998).

Aunque Artemia tiene capacidad de vivir en concentraciones salinas como las del mar (35 g/L o menores), carece de mecanismos de defensa eficaces contra los predadores, lo que convierte a esta especie en una presa fácil para otras especies carnívoras (peces, crustáceos o insectos). Por ello, es más común en aguas hipersalinas, donde sus predadores no consiguen prosperar. Como consecuencia, Artemia es abundante solamente a niveles de salinidad superiores a 70 g/L y hasta unos 200 ó 250 g/L (Sorgeloos *et al.* 1986). Por encima de esos valores, o bien la concentración de sales se va haciendo tóxica, o bien el alimento pasa a ser un recurso limitante, debido a que Artemia tiene un mayor consumo energético, como resultado de un aumento de la actividad osmoregulatoria. La salinidad próxima a la saturación en cloruro de sodio causa la muerte de Artemia por estrés fisiológico y por la toxicidad del agua.

En la mayoría de las poblaciones de Artemia las densidades son muy bajas, como resultado de la reduci-

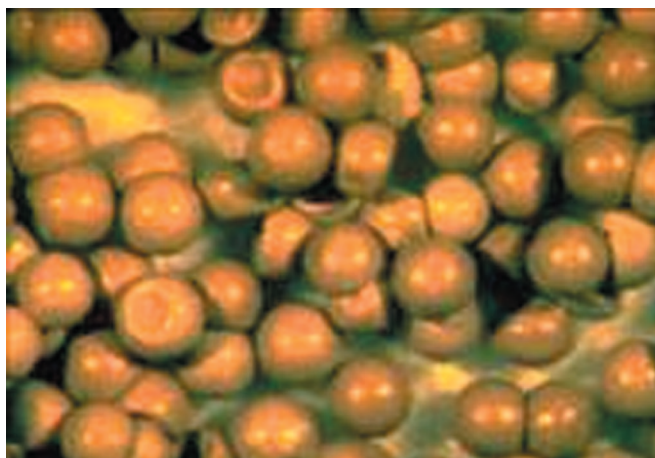


Figura 2. Imagen ampliada de cistos de Artemia (diámetro: 0,2 mm).



Figura 3. Nauplio de Artemia.

da disponibilidad del alimento, debido al escaso contenido de nutrientes de las aguas. Sin embargo, en hábitats naturales pueden aparecer poblaciones de alta densidad —tal como se observó en el pasado en Mar Chiquita—, especialmente cerca de núcleos urbanos, estuarios o áreas de manglares, donde el aporte de nutrientes es elevado (Sorgeloos *et al.* 1986).

3.3. ALIMENTACIÓN

Las especies de Artemia son filtradoras no selectivas (Reeve 1963) que se alimentan tanto de materia orgánica particulada (por ej., detritos biológicos) como de organismos vivos de tamaño apropiado (microalgas y bacterias). Los adultos se alimentan principalmente del fitoplancton, pero también pueden “pastorear” algas cianofíceas o diatomeas bénticas en el “tapete” o epibentos del sedimento, sobre todo en áreas poco profundas. Cuando Artemia es muy abundante, puede llegar a reducir radicalmente las poblaciones de fitoplancton, lo que torna el agua más transparente (ver capítulo 8).

3.4. REPRODUCCIÓN

La reproducción de Artemia es muy variada. Como se mencionó anteriormente, hay cepas que tienen re-

producción sexual y otras que son partenogenéticas; además, se producen dos tipos diferentes de huevos. En las especies con reproducción sexual, el macho deposita el esperma a través de un par de penes, en el ovisaco de la hembra, donde los huevos son fertilizados. En el caso de las hembras partenogenéticas, no hay fertilización: los huevos se acumulan en el útero unos pocos días, para luego ser liberados al medio.

Según las condiciones ambientales, se producen dos tipos de huevos. En condiciones óptimas de disponibilidad de alimento, salinidad y oxígeno, y dependiendo de la especie, los huevos eclosionan en el útero y son liberados en forma de nauplios, también conocidos como “huevos de verano” (reproducción ovovivípara). Frente a condiciones adversas (salinidad elevada o bajos niveles de oxígeno), se producen formas de huevos resistentes, conocidas como cistos o quistes, también llamados “huevos de invierno” (Fig. 2). En ellos, el desarrollo se interrumpe (anabiosis) y son cubiertos por un corion o membrana resistente de color marrón, segregado por las glándulas de la cáscara situadas en el útero del adulto. Así cubiertos, los quistes permanecen en un estado de diapausa, en el que toda actividad metabólica queda latente y reversible; este estado solo se interrumpe después de que

los quistes pasan por un período de sequía y vuelven a ser hidratados en condiciones adecuadas de temperatura e iluminación. En ese momento los quistes se reactivan, dando lugar a nauplios. La producción de “huevos de invierno” es una adaptación muy eficiente para sobrevivir al desecamiento total de los cuerpos de agua salinos; son muy pequeños, entre 200 y 300 micrómetros de diámetro (en una cabeza de alfiler caben alrededor de 50), flotan en el agua y se acumulan en la costa por acción del viento y del oleaje. A veces se producen oviposiciones tan masivas que llegan a formar en el agua largas líneas espumosas de color marrón rojizo, tal como observó Seckt (1945) en Mar Chiquita.

El desarrollo larval es rápido. El nauplio (Fig. 3) llega a adulto entre 8 y 20 días después de la eclosión, a través de cinco estadios postlarvales y de alrededor de 15 mudas. Una hembra de *Artemia* puede vivir hasta 3 ó 4 meses y producir 300 nauplios o quistes cada 4 días (Fig. 4).

Los estudios realizados en el Gran Lago Salado indican que *Artemia franciscana* tiene condiciones de desarrollo a valores de salinidad de entre 30 y 120 g/L, y a temperaturas de entre 18 y 34 °C. En ese lago de los Estados Unidos, la situación óptima para la reproducción se da a una temperatura de 24 °C y una salinidad de 120 g/L; estos valores varían según la especie y la ubicación geográfica. La reproducción ovovivípara ocurre principalmente a bajas salinidades, mientras que los cistos se producen en general con salinidades por encima de 150 g/L (Triantaphyllidis *et al.* 1998).

4. UTILIZACIÓN

Este diminuto camarón ha alcanzado un valor económico significativo en años recientes. El principal interés por *Artemia* radica en que sus nauplios constituyen no sólo el mejor sino, en muchos casos, el único tipo de alimento vivo válido para los primeros estados larvales de la mayoría de las especies de pe-

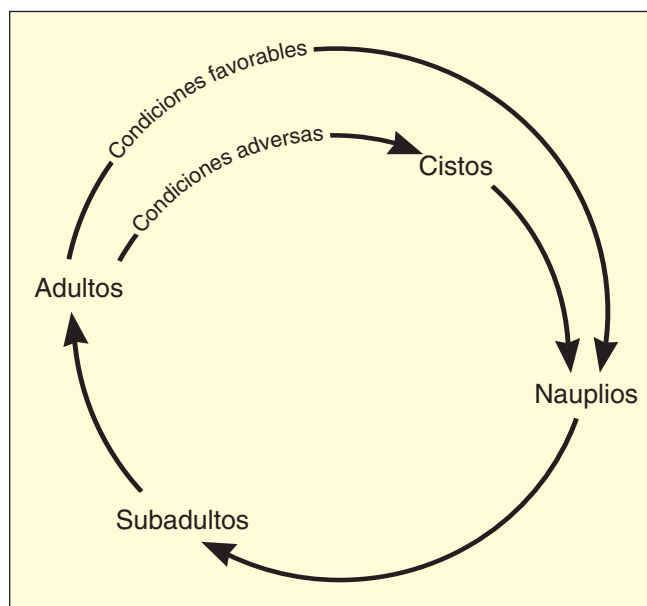


Figura 4. Ciclo vital de *Artemia*.

ces y crustáceos cultivados (Dhont & Sorgeloos 2002).

Desde hace décadas, cuando se descubrieron las grandes bondades de este pequeño crustáceo, se lo utiliza en piscicultura como un alimento excelente para el desarrollo óptimo de alevinos. El grueso de su demanda lo constituyen no sólo los aficionados a los acuarios, sino también los grandes centros de acuicultura del mundo. *Artemia* contiene importantes cantidades de proteínas altamente digeribles, vitaminas y beta caroteno, compuesto que realza e intensifica los colores de los peces (Sorgeloos *et al.* 1986).

Los cistos constituyen el recurso exportable más importante, ya que una vez procesados, pueden almacenarse en un frasco como un polvo seco; además, son fáciles de transportar y de conservar hasta su utilización (Sorgeloos *et al.* 1986). En la actualidad, los centros de acopio más importantes son la Bahía de San Francisco y el Gran Lago Salado de los



Figura 5. Barco “arreando quistes” en el Lago Salado (Utah, Estados Unidos).



Figura 6. Almacenamiento de quistes en bolsas de salmuera (Gran Lago Salado, Utah, Estados Unidos).

Estados Unidos (Kuehn 2002). Además, países como Uzbekistán, Rusia, China y Australia, entre otros, desarrollaron proyectos y centros de cultivos con el fin de competir en el mercado internacional (Sorgeloos *et al.* 1986).

4.1. EXPLOTACIÓN COMERCIAL DE ARTEMIA

Si consideramos que en Mar Chiquita la abundancia de *Artemia* es muy alta en períodos de aguas bajas y de alta salinidad (por encima de 60 g/L), es extraño que no se desarrollara la explotación comercial de este crustáceo. No obstante, es interesante conocer de qué manera se aprovecha a nivel mundial, a pesar de que en las condiciones actuales de aguas altas y baja salinidad sea muy difícil encontrar esta especie en la laguna.

Existen tres formas básicas de producción de *Artemia* para su explotación comercial: directamente en lagos salados (como en el Gran Lago Salado), en lagunas artificiales dedicadas a la obtención de sal en las cercanías del mar o en piletones o tanques especialmente diseñados (Dhont & Sorgeloos 2002).

4.1.1. EXPLOTACIÓN EN LAGOS SALADOS

Las poblaciones naturales de *Artemia* pueden encontrarse en lagos salados de aguas ricas en cloruros, sulfatos o carbonatos y, especialmente, en salinas costeras, construidas o manejadas por el hombre. En esas situaciones, el uso comercial consiste en cosechar biomasa adulta o quistes (Sorgeloos *et al.* 1986).

La biomasa adulta puede cosecharse en estanques poco profundos, con redes cónicas, montadas en la parte frontal de una pequeña plataforma o lancha de motor. En estanques pequeños la cosecha puede realizarse manualmente con una red sumergida; en esta última modalidad los mejores resultados se logran por la noche, acercando una fuente de luz a la superficie del agua para aprovechar el fototropismo positivo de estos animales. Por último, existe una manera automática de cosechar, que consiste en instalar grandes redes en las entradas de los tanques para aprovechar el flujo gravitatorio de la salmuera de un estanque a otro. Los quistes, en tanto, se recogen directamente de las orillas de los cuerpos de agua, donde se concentran por acción del viento y de las olas, o bien se “pescan”, utilizando redes arrastradas

por barcos especialmente equipados para concentrarlos y recogerlos (Fig. 5). Para asegurar una calidad de eclosión máxima, deben recogerse los quistes tan pronto como sea posible tras su deposición, para evitar su alteración debido a la influencia de factores ambientales (radiación ultravioleta, ciclos repetidos de hidratación/deshidratación, etc.) o para impedir su dispersión a causa del viento.

Los quistes recogidos se almacenan en recipientes cerrados, llenos de salmuera saturada para reducir aproximadamente al 20% su contenido de agua y, al mismo tiempo, eliminar los desechos e impurezas de mayor tamaño (Fig. 6). A partir de ese momento, deben procesarse en un lapso de hasta 1 mes, mediante las etapas de: tamizado, separación por densidad en salmuera, lavado con agua dulce, separación por densidad en agua dulce y secado. Esta última etapa es muy importante para reducir lo antes posible el contenido hídrico de los quistes hasta llevarlo por debajo del nivel crítico del 10%, a fin de detener la actividad metabólica (Sorgeloos *et al.* 1986).

En condiciones favorables, la producción de quistes es masiva, tal como se comprueba en el Gran Lago Salado, donde se explota *Artemia* desde los años 1950 (Sorgeloos *et al.* 1986). Allí, utilizando sofisticadas técnicas, entre 1995 y 1996 se alcanzó un pico de producción de 6.600 toneladas, pero luego se produjo una brusca caída debido, probablemente, a la influencia de obras realizadas por el hombre, a la dilución de la salinidad del lago por excesivas lluvias y a la sobreexplotación (Stephens & Birdsey 2002). Este descenso en la productividad incentivó la búsqueda de nuevas fuentes de *Artemia* en el mundo (Lavens & Sorgeloos 2000), incluso en la Argentina donde, si bien está presente, se interponen importantes limitaciones en términos de la infraestructura requerida, la distancia a los mercados y la competencia entre países, entre otros factores (Sorgeloos *et al.* 1986). La calidad de los quistes está directamente relacionada con el porcentaje de eclosión que presenten. Así, el producto que tiene

un 95% de eclosión, se considera de primera calidad y puede alcanzar en el mercado un precio de 150 dólares por kg. En los acuarios de la ciudad de Córdoba, la presentación más pequeña es en frascos de 12 g, a un precio aproximado de 2,5 dólares.

4.1.2. SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN DE ARTEMIA

Como se mencionó anteriormente, *Artemia* aparece en los medios naturales cuando la salinidad es elevada, debido fundamentalmente a que es vulnerable a la acción de los predadores que están presentes en aguas de baja salinidad. No obstante, a niveles de salinidad similares a los del mar (35 g/L), este crustáceo alcanza un mejor desarrollo fisiológico, en términos de tasa de crecimiento y de eficiencia en la conversión de alimento. En consecuencia, los sistemas intensivos de producción se montan a estas concentraciones, siempre teniendo en cuenta que a esas salinidades también pueden prosperar algunos predadores, por lo que el cultivo debe ser aislado adecuadamente. Los sistemas intensivos se dividen en sistemas estancos y de circuito abierto, con sus correspondientes ventajas y desventajas (Sorgeloos *et al.* 1986).

Los sistemas estancos permiten realizar cultivos de densidades muy elevadas y logran independencia de las condiciones climáticas locales o de la disponibilidad *in situ* de agua de mar natural. La principal desventaja es que este tipo de producción es mucho más costosa que la producción extensiva, dado el elevado consumo de energía y de alimentos. Consisten básicamente en tanques sin renovación de agua, en los que es necesario un eficiente sistema de aireación, filtrado y calentamiento (Sorgeloos *et al.* 1986).

A diferencia de los anteriores, en los sistemas de circuito abierto existe una renovación permanente del agua y, por ende, de los metabolitos disueltos. Esto permite un importante incremento de la densidad de siembra y una mejora en las condiciones del cultivo, con mayores tasas de crecimiento y de supervi-



Figura 7. Envase comercial de quistes de Artemia.

vencia que en los cultivos estancos, además de una mayor automatización y un mejor control de los procesos de cultivo. La limitante que presentan los sistemas de circuito abierto es su ubicación, que necesariamente debe ser cercana al mar —debido a que utilizan enormes cantidades de agua de mar suficientemente caliente— o en un sitio donde la salmuera esté disponible a un precio razonable. Un equipamiento esencial para este sistema es el filtro intercambiable y autolavable, que retiene a los animales en el medio de cultivo mientras permite el paso del agua y de las heces (Sorgeloos *et al.* 1986).

La técnica de cultivo de Artemia en circuito abierto, además de servir para la producción de biomasa adulta, puede ser adaptada para la producción controlada de quistes o de nauplios, según la demanda. Este control del tipo de reproducción no solo crea una independencia del mercado internacional de los quistes, con sus fluctuaciones de precios y de cantidades disponibles, sino que también brinda un mejor control de la calidad de este alimento vivo. Además, dicha adaptación permite la integración adecuada de Artemia a una planta de acuicultura, ya que los nauplios pueden utilizarse directamente como alimento de los peces o ser sembrados en tanques de cultivo para que se desarrollen hasta juveniles o adultos, que serán utilizados en el pre-engorde y la maduración de los predadores.

Para inducir la oviparidad (quistes) u ovoviviparidad (nauplios), es necesario controlar algunas con-

diciones abióticas, ya que básicamente la producción de quistes es inducida por deficiencias cíclicas de oxígeno, en combinación con un enriquecimiento en hierro del medio de cultivo, elemento indispensable en la formación del corion; por el contrario, la estabilidad del medio favorece la ovoviviparidad (Sorgeloos *et al.* 1986).

Los quistes —que se encuentran en estado de diapausa, es decir, con la actividad metabólica interrumpida pero reversible—, se reactivan y se abren luego de hidratarse, transformándose en nauplios. Para que ello ocurra, es necesario que previamente se desactive el estado de latencia, lo que se logra mediante deshidratación, congelación, tratamiento con agua oxigenada o ciclos de hidratación/deshidratación. Una vez cumplido este requisito, los quistes secos, altamente higroscópicos, se incuban en agua de mar. Transcurridas de 15 a 20 horas desde la hidratación, la cáscara estalla (*breaking*), con lo que se hace visible el prenauplio; poco tiempo después, se rompe la membrana de eclosión (*hatching*) y se libera la larva nadadora, denominada nauplio. Además de la hidratación completa, se requiere adecuada iluminación, ya que a intensidades de luz demasiado bajas, la eclosión se retrasa o simplemente no se produce. Cuanto mayor es la salinidad en el medio, más se alarga el período de eclosión y de ruptura, lo que deja al nauplio con menos reservas energéticas (Sorgeloos *et al.* 1986).

Artemia se comercializa en forma de quistes secos, almacenados en recipientes herméticos para asegurar que su contenido hídrico permanezca por debajo del nivel crítico del 10%, ya que al ser tan higroscópicos pueden hidratarse y alcanzar el estado de ruptura por la simple exposición al aire (Fig. 7).

4.2. UTILIZACIÓN DE NAUPLIOS COMO ALIMENTO PARA PECES

El máximo provecho de los nauplios se obtiene al cosechar y alimentar inmediatamente las larvas de peces con biomasa fresca, ya que como su estado ini-

cial se desarrolla enteramente a base de sus reservas energéticas, estas se van consumiendo a medida que transcurre el tiempo, lo que los hace menos nutritivos. Los nauplios recién cosechados se lavan sobre un tamiz para prevenir la contaminación de los tanques de cultivo con metabolitos de eclosión y bacterias, procurando la separación de los nauplios de su cáscara, ya que éstas causan, a menudo, efectos perniciosos por obstrucción del tubo digestivo de los peces y generación de infecciones. Esto puede evitarse mediante la decapsulación de los quistes, que consiste en eliminar el corion, sin afectar la viabilidad del embrión, por medio de una corta exposición de los quistes hidratados a una solución de hipoclorito (Sorgeloos *et al.* 1986).

Desde el punto de vista nutricional, Artemia tiene una digestibilidad elevada y parece cubrir la mayoría de los requerimientos en macro y micronutrientes de las larvas de peces, así como de los crustáceos. Sin embargo, hay grandes diferencias en la calidad alimentaria (sobre todo en lo que respecta a ácidos grasos), según las diferentes cepas y las condiciones de alimentación en la que Artemia se cría. Recientemente, se han desarrollado varias técnicas para el mejoramiento del valor nutritivo de Artemia, por medio de la bioencapsulación de componentes esenciales en los nauplios. Esta técnica se basa en la capacidad de los nauplios de ingerir partículas, capturadas gracias a la actividad de filtración no selectiva del segundo par de antenas, con lo que se enriquecen con ácidos grasos esenciales, vitaminas, aminoácidos, agentes terapéuticos, agentes profilácticos, hormonas, etc., y sirven como vehículo para la administración de esos productos a las larvas de los predadores (Sorgeloos *et al.* 1986).

A diferencia de las amplias posibilidades de uso de los nauplios como alimento, la utilización de Artemia pre-engordada y adulta es muy limitada, debido a sus elevados costos y a la mayor disponibilidad de quistes almacenables. Aunque los ejemplares adultos de Artemia pueden usarse congelados, los mejores resultados se obtienen con individuos vivos (Sorgeloos *et al.* 1986).

4.3. OTROS USOS

Además de la aplicación tradicional de Artemia en la acuicultura, existen otros usos menos conocidos, entre los que podemos mencionar la alimentación de animales terrestres, la mejora en la producción salinera y la utilización en experimentos científicos.

Un uso potencial de la biomasa adulta de Artemia es como fuente complementaria de proteína para animales terrestres, incluso, para el hombre, especialmente por vía parenteral, ya que sus proteínas tienen una estructura ultrafina. El consumo humano de este producto puede parecer lejano en el futuro; sin embargo, Artemia secada al sol fue consumida durante siglos por tribus indias y africanas, y aun en nuestros días los llamados “panes de Artemia” componen el menú de la tribu Dawada, en Libia. La posibilidad de usar este crustáceo como fuente de alimento para el hombre es de particular interés en países en desarrollo, donde las proteínas animales son escasas y abundan los posibles lugares para el cultivo de esta especie.

Otra aplicación muy difundida en el mundo está vinculada a la producción de sal. La cantidad y calidad de la sal producida en una salina en funcionamiento depende de la actividad hidrobiológica de la salina. La técnica para producir cloruro de sodio (NaCl) consiste en bombear el agua de mar desde un estanque de evaporación hasta otro; allí van precipitando las distintas sales hasta llegar en forma de salmuera saturada en NaCl a los estanques cristalizadores, donde el cloruro sódico puro precipita. En esos estanques, los afloramientos de algas son beneficiosos porque aumentan el calor por absorción de radiación solar, que produce una evaporación más rápida y el consecuente aumento de la producción de sal. En ellos, es esencial un número suficiente de Artemia, no sólo para controlar los afloramientos de algas ya mencionados, sino también para proporcionar las condiciones esenciales para el desarrollo de *Halobacterium* (bacterias halofíticas rojas, ver capítulo 7) en los estanques cristalizadores (Davis 1980), que también contribuyen al aumento de temperatura.

Finalmente, la cría de *Artemia* puede constituir un tema ideal para que los alumnos de escuelas primarias y secundarias lleven a cabo experimentos simples. Debido a la facilidad con que estos crustáceos pueden incubarse en dispositivos de fabricación casera, los experimentos pueden servir para que los es-

tudiantes planteen hipótesis acerca de la supervivencia de *Artemia* en medios con diferente salinidad o para que comprendan la influencia de las variables físicas sobre una forma de vida y de qué manera un organismo se adapta a las condiciones del medio en que evolucionó.

BIBLIOGRAFÍA

- ABATZOPOULOS T.J., BERARDMORE J.A., CLEGG J.S. & SORGELOOS P. (2002). *Artemia*: basic and applied biology. *Kluwer Academic Publishers*, London.
- COHEN R.G. (1998). Prospección y Evaluación del Recurso Natural *Artemia* (Crustacea Branchiopoda) en Forma de Quistes en la República Argentina, y su Utilidad en Proyectos de Acuicultura para Latinoamérica. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad de Buenos Aires; Instituto de Acuicultura de Torre de la Sal, CSIC, Castellón, España*. Buenos Aires.
- DAVIS J.S. (1980). Experiences with *Artemia* at solar saltworks. En: *The brine shrimp Artemia* (eds. Persoone G., Sorgeloos P., Roels O. & Jaspers E.), pp. 51-55. *Universa Press*, Wetteren, Belgium.
- DHONT J. & SORGELOOS P. (2002). Applications of *Artemia*. En: *Artemia: Basic and Applied Biology* (eds. J. A., Beardmore J.A., Clegg J.S. & Sorgeloos P.), pp. 225-250. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht.
- FRANK H. (1912). Contribución al Conocimiento de la Mar Chiquita. *Boletín del Departamento General de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba*, 6:87-101.
- GAJARDO G., ABATZOPOULOS T.J., KAPPAS I. & BEARDMORE J.A. (2002). Evolution and Speciation. En: *Artemia: basic and applied biology* (eds. Abatzopoulos T., Beardmore J.A., Clegg J.S. & Sorgeloos P.), pp. 225-250. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht.
- GUIÑAZÚ N. (1949). *Artemia salina* en Mar Chiquita. Tesis Doctoral. *Universidad Nacional de Córdoba*, Córdoba.
- KUEHN D. (2002). The brine shrimp industry in Utah. En: *Great Salt Lake. An overview of change* (ed. Wallace Gwynn J.), pp. 259-264. *Utah Geological Service*, Salt Lake City.
- LAVENS P. & SORGELOOS P. (2000). The history, present status and prospects of the availability of *Artemia* cysts for aquaculture. *Aquaculture*, 181:397-403.
- LOFFLER H. (1964). Vogelzug und Crustaceanverbreitung. *Zoologischer Anzeiger (suppl.)*, 27:311-316.
- PAPESCHI A.G., COHEN R.G., PASTORINO X.I. & AMAT F. (2000). Cytogenetic proof that the brine shrimp *Artemia franciscana* (Crustacea, Branchiopoda) is found in Argentina. *Hereditas*, 133:159-166.
- REEVE M.R. (1963). The filter-feeding of *Artemia*. II. In suspension of various particles. *Journal of Experimental Biology*, 40:207-214.
- SECKT H. (1945). Estudios hidrobiológicos hechos en la Mar Chiquita. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina)*, 37:279-309.
- SORGELOOS P. (1979). The brine shrimp, *Artemia salina*: A bottleneck in Mariculture. En: *FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto 1976* (eds. Pillay T.V.R. & Dill W.A.), pp. 321-324. *Fishing News Books Ltd.*, Farnham, England.
- SORGELOOS P., LAVENS P., LE P., TACKAERT W. & VERSICHELE D. (1986). Manual para el cultivo y uso de *Artemia* en acuicultura. *FAO*, Roma.
- STEPHENS D. & BIRDSEY P.W. (2002). Population dynamics of the brine shrimp, *Artemia franciscana*, in Great Salt Lake and regulation of commercial shrimp harvest. En: *Great Salt Lake. An overview of change* (ed. Wallace Gwynn J.). *Utah Geological Survey*, Salt Lake.
- TRIANAPHYLIDIS G.V., ABATZOPOULOS T.J. & SORGELOOS P. (1998). Review of the biogeography of the genus *Artemia* (Crustacea, Anostraca). *Journal of Biogeography*, 25:213-226.

