

INDICE:

CAPITULO 1. CULTIVO DE ROTIFEROS 1	3
1. MORFOLOGIA Y ANATOMIA EXTERNA	3
2. ANATOMIA INTERNA	3
2.1. Sistema digestivo	4
2.2. Sistema excretor	4
2.3. Sistema nervioso	4
2.4. Sistema reproductor	4
3. REPRODUCCION	4
4. CRECIMIENTO	6
CAPITULO 2. CULTIVO DE ROTIFEROS 2	8
1. CARACTERISTICAS DEL CULTIVO	8
1.1. Medio de cultivo	8
1.2. Tanques	8
1.3. Iluminación y temperatura	8
1.4. Aireación	8
1.5. Densidad	8
2. SIEMBRA Y MANTENIMIENTO	9
3. COSECHA Y CAMBIOS DE TANQUE	9
4. ALIMENTACION Y ENRIQUECEDORES	12
5. CRITERIOS SANITARIOS	12
CAPITULO 3. CULTIVO DE ARTEMIA 1	13
1. MORFOLOGIA Y ANATOMIA EXTERNA	13
2. ANATOMIA INTERNA	14
2.1. Sistema circulatorio	14
2.2. Sistema respiratorio	14
2.3. Sistema digestivo	14
2.4. Sistema nervioso	14
2.5. Sistema de excreción de sales y regulación osmótica	14
2.6. Sistema reproductor	14
3. REPRODUCCION	15
4. DESARROLLO	15
CAPITULO 4. CULTIVO DE ARTEMIA 2	18
1. DESCAPSULACION	18
1.1. Hidratación	18
1.2. Descapsulación	18
1.3. Lavado y desactivación de residuos	18
2. ECLOSION DE LOS CISTES Y PRODUCCION DE NAUPLIUS	19
3. PRODUCCION DE ADULTOS	22
CAPITULO 5. CULTIVO DE ARTEMIA 3	24
1. UTILIZACION DE ARTEMIA. VALOR NUTRITIVO Y ENRIQUECIMIENTO	24
1.1. Nauplius	24
1.2. Nauplius y metanauplius enriquecidos	24
1.3. Artemia adulta congelada	25
CAPITULO 6. CULTIVO DE COPEPODOS	26
1. CULTIVO DE ACARTIA	26
2. CULTIVO DE TISBE	27
3. CULTIVO DE TIGRIOPUS	27
4. CULTIVO EXTENSIVO Y RECOLECCION	27
TERMINOS DEL TEXTO RECOGIDOS EN EL GLOSARIO	30

Los rotíferos constituyen un pseudofilum próximo al filum Nemátoda. Se caracterizan por poseer una **corona ciliada** que les sirve para la locomoción, y cuyo movimiento les da el aspecto de una rueda giratoria, de donde les viene el nombre de rotíferos. Existen unas 1500 especies distintas de rotíferos, la mayoría de ellas de agua dulce. En general, son flotantes, pero también los hay reptantes, nadadores y sésiles.

En este texto, se estudiará la especie *Brachionus plicatilis*, por ser la más utilizada en acuicultura. Esta especie pertenece a la Clase Monogonta, y es originaria de agua dulce, aunque ha sido adaptada al agua de mar. Su tamaño oscila entre las 300-350 μ de talla máxima, aunque se ha descrito una cepa enana en las salinas de Cádiz, con un tamaño inferior, entre 100 y 250 μ .

El uso de esta especie en Acuicultura se basa en tres razones fundamentales:

- Posee un tamaño muy adecuado para la alimentación larvaria de peces y crustáceos.
- Se adapta bien al cultivo en cautividad, alcanzando elevadas densidades.
- Presenta una buena calidad nutritiva si se alimenta adecuadamente.

1 MORFOLOGIA Y ANATOMIA EXTERNA

Su cuerpo es alargado, relativamente cilíndrico y está dividido en tres partes: región anterior, tronco y pie terminal.

La REGION ANTERIOR corresponde a la cabeza y presenta la corona ciliada, con función locomotora, como órgano más característico.

El TRONCO no suele presentar apéndices, y en su interior se encuentran los órganos internos.

El PIE está bien desarrollado en los rotíferos sésiles, utilizándolo para adherirse al sustrato, bien por terminar en un disco, bien por disponer de dos glándulas denominadas **glándulas pedales** que secretan un líquido viscoso. En los rotíferos de vida pelágica, el pie puede estar reducido o no existir.

2 ANATOMIA INTERNA

Dado que carece de sistemas circulatorio y respiratorio, teniendo lugar la respiración por intercambio directo, describiremos los sistemas digestivo, excretor, nervioso y reproductor.

Hay que tener en cuenta que en el rotífero existe un marcado dimorfismo sexual. El macho es más pequeño que la hembra, entre la mitad y la décima parte. Su sistema digestivo es muy reducido, no presentando ano ni cloaca. Tampoco tienen

Contenido

1. Morfología y anatomía externa

2. Anatomía interna

- 2.1. Sistema digestivo
- 2.2. Sistema excretor
- 2.3. Sistema nervioso
- 2.4. Sistema reproductor

3. Reproducción

4. Crecimiento

aparato excretor, y la estructura de la corona ciliada es muy simple. En general, los machos se parecen a las formas de desarrollo temprano de las hembras.

2.1. SISTEMA DIGESTIVO

El tubo digestivo es completo. Comienza en la boca, que está situada en medio de la corona ciliada. La boca se continúa con la faringe, donde se encuentra el mástax, que es una estructura de naturaleza muscular, formada por siete piezas recubiertas de un material mucopolisacárido, característica de los rotíferos, que sirve para la masticación del alimento. Su función es la de triturar las partículas que son arrastradas hacia la faringe por los movimientos de la corona ciliada.

La faringe se continúa con el esófago, que es tubular y está recubierto de una cutícula. Al esófago sigue el estómago, con glándulas gástricas, el intestino, la cloaca y el ano. La absorción del alimento se produce en el estómago.

2.2. SISTEMA EXCRETOR

Consta de dos protonefridios que se continúan con dos tubos protonefridiales, la vejiga y la cloaca. Los rotíferos presentan también la capacidad de hacer osmorregulación.

2.3. SISTEMA NERVIOSO

Consta de una masa ganglionar anterior de la que salen nervios a la zona apical. También presenta un par de cordones nerviosos ventrolaterales y un ganglio vesicular caudal del que salen nervios al pie. El sistema sensorial consta de cerdas sensoriales en diversas partes de la corona ciliada, dos fosetas ciliadas (quimiorreceptoras) y ocelos compuestos por un número variable de células pigmentarias fotorreceptoras.

2.4. SISTEMA REPRODUCTOR

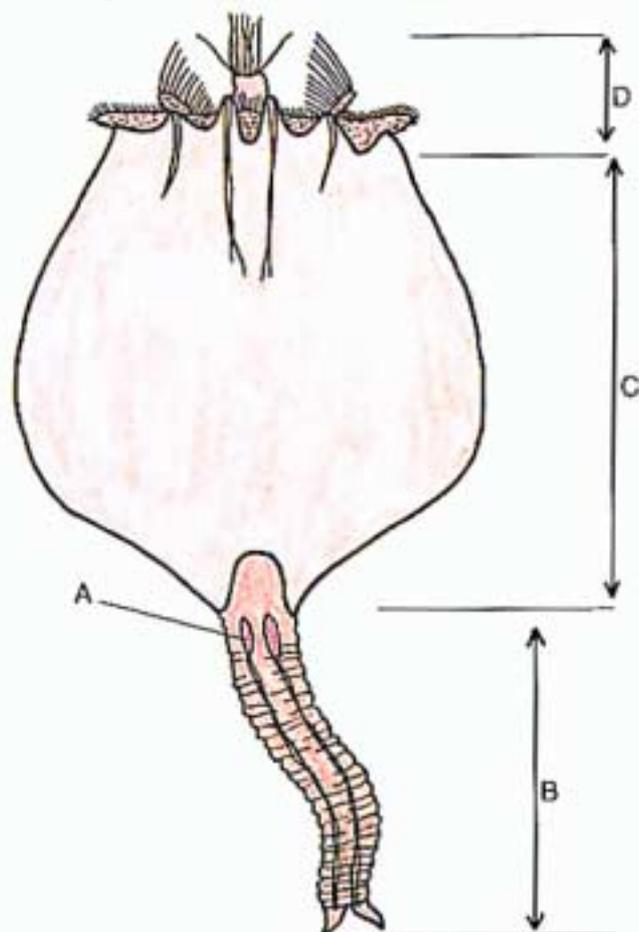
En las hembras, el aparato reproductor está formado por un ovario, un oviducto y una cloaca. En el ovario presentan un vitelario o productor de vitelo.

En los machos está formado por un testículo, un conducto espermático y un poro genital o gonoporo. En relación con el conducto espermático, presentan glándulas prostáticas, que algunas veces sufren una modificación en su parte extrema para formar un órgano copulatorio.

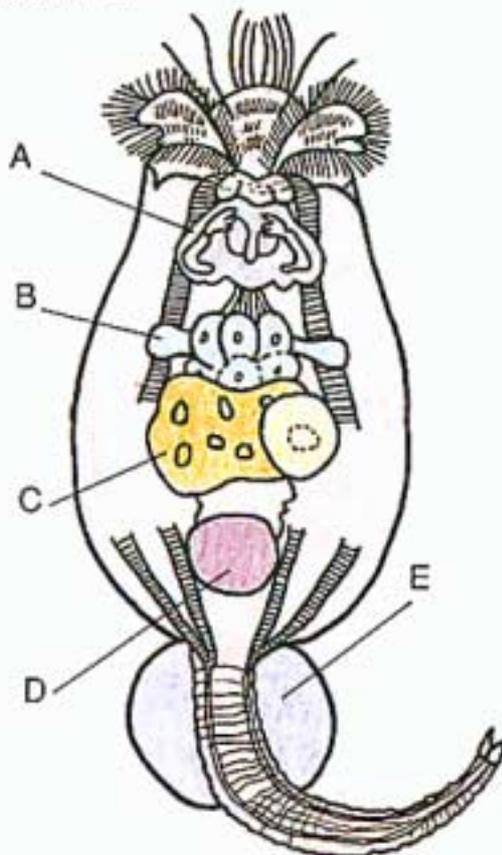
3 REPRODUCCION

El ciclo reproductor del rotífero consta de dos fases:

- Fase SEXUAL (Fase mítica).
- Fase PARTENOGENETICA (Fase amítica).



Esquema de anatomía externa de un rotífero.
A. Glándulas pedales. B. Pie. C. Tronco. D. Corona ciliada, Cabeza.



Anatomía interna de un rotífero.
A. Mástax. B. Estómago. C. Vitelario. D. Vejiga. E. Huevo.

Sistemática de Rotíferos

CLASE	CARACTERISTICAS
SEISONACEOS	Rotíferos marinos de forma alargada. Corona reducida y dimorfismo sexual atenuado. 1 género (gen. <i>Seison</i>) con 2 especies.
BDELOIDEOS	Rotíferos nadadores o reptantes. En general presentan corona con discos. Partenogenéticos. Machos desconocidos. Especie más conocida: <i>Philodina</i>
MONOGONTOS	Rotíferos nadadores o sésiles. Machos de tamaño reducido. Huevos de 3 tipos: míticos, amíticos y de resistencia. Especie más conocida: <i>Brachionus plicatilis</i>

Corte transversal de un Rotífero

Considerando un corte transversal del cuerpo, de fuera hacia dentro, distinguiríamos la pared corporal y el pseudoceloma.

La PARED CORPORAL, a su vez, consta de:

- Cutícula de mucopolisacáridos, que es secretada por la epidermis.
- Epidermis, de poco grosor.
- Músculos corporales, anulares y retractores.

El PSEUDOCELOMA, se encuentra por debajo de la pared corporal, rodeando a los órganos internos. Está compuesto de:

- Líquido perivisceral, denominado de esta modo porque se encuentra rodeando las vísceras.

Reticulo sincitial o red sincitial de células ameboides.

En un cultivo, la fase que nos interesa mantener es la fase amítica o partenogenética. En ella no existen machos, y las hembras son diploides (con $2n$ cromosomas en sus células). Sus gametos sufren mitosis y no meiosis, dando lugar a huevos diploides. Estos huevos son de desarrollo rápido, originando un nuevo individuo en pocas horas. Esta fase partenogenética es la que normalmente existe en un cultivo cuando las condiciones son favorables, formándose nuevos individuos con gran rapidez.

Cuando las condiciones de cultivo no son favorables, se induce la fase de reproducción sexual o fase mítica, que no es la más adecuada para un cultivo, ya que es más lenta que la partenogenética (los huevos tardan más tiempo en eclosionar y por tanto se producen menor cantidad de rotíferos). Por otro lado, los machos tienen menor valor nutritivo que las hembras puesto que son más pequeños.

Existen diversos factores, tanto exógenos como endógenos, que inducen el paso de la fase partenogenética a la fase sexual. Entre los primeros, cabe señalar la densidad del cultivo, variaciones de salinidad, temperatura, etc, y entre los segundos, la edad del cultivo, etc.

Fase sexual en el ciclo reproductor de los Rotíferos

En la fase sexual o mítica de los rotíferos, existen machos haploides (con n cromosomas en sus células), que son fácilmente distinguibles de las hembras por ser de menor tamaño.

El proceso es como sigue.

En la reproducción sexual existe meiosis, originándose huevos haploides. Algunos de estos huevos se desarrollan como machos haploides que, a su vez, producen espermatozoides. Estos espermatozoides pueden fecundar a los huevos haploides de las hembras, originándose un huevo fecundado ($2n$), denominado huevo en reposo. Este huevo se caracteriza por ser de desarrollo lento y pasa por un período de latencia más o menos largo denominado Diapausa. El huevo permanece en este estado hasta que las condiciones del medio de cultivo cambian, momento en el que se acelera su desarrollo y eclosiona. Estos huevos en reposo están empezando a comercializarse, al igual que ocurre con los cistes de *Artemia*, pudiendo utilizarse para iniciar un nuevo cultivo de rotífero.

4 CRECIMIENTO

Brachionus plicatilis, presenta un crecimiento similar a una curva exponencial, pudiéndose desglosar en diversas fases:

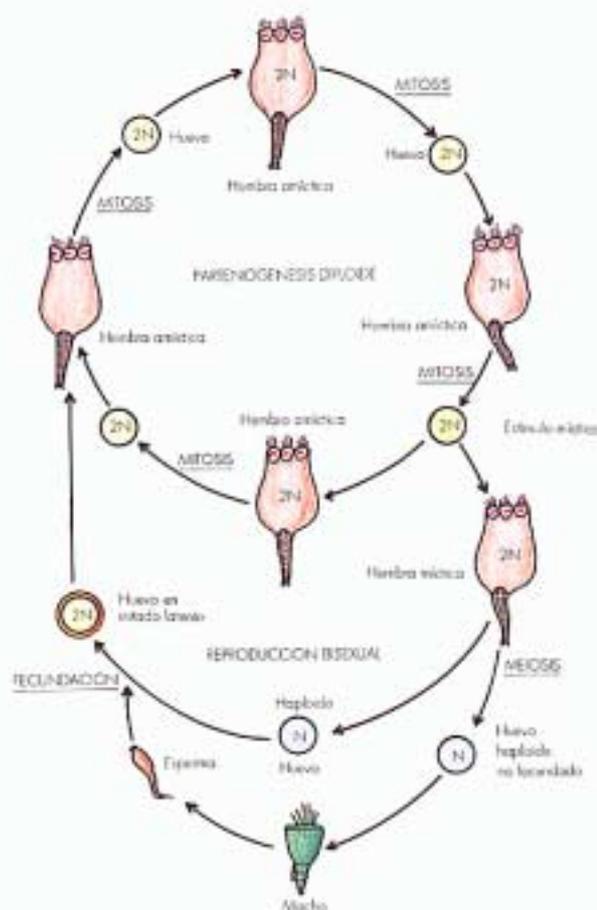
A. Fase de LATENCIA, que sigue inmediatamente a la siembra del cultivo, se caracteriza por el no crecimiento de la población.

B. Fase de ACELERACION, en la cual la población comienza a crecer.

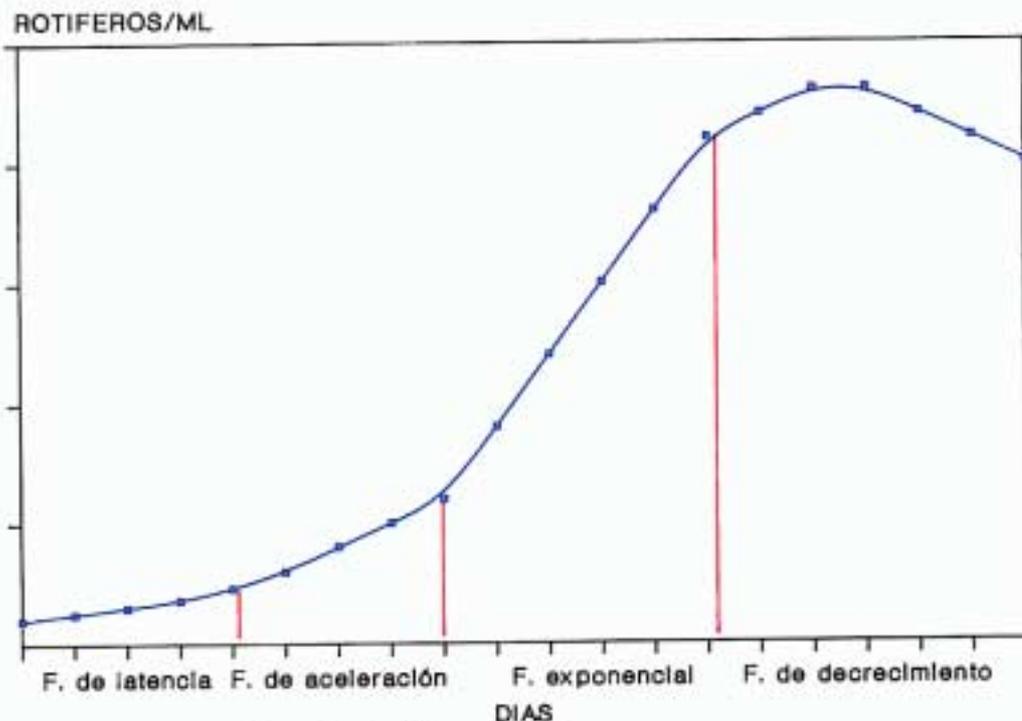
C. Fase de CRECIMIENTO EXPONENCIAL, en la cual el crecimiento de la población es muy rápido, pudiéndose alcanzar elevadas densidades de cultivo al final de la misma.

D. Fase de DECRECIMIENTO Y CAIDA EXPONENCIAL, en la que la población deja de crecer debido al agotamiento de los nutrientes y a la acumulación de metabolitos nocivos en el medio de cultivo. La fase de decrecimiento es muy corta, y va seguida de un fuerte descenso exponencial de la población.

En el cultivo de rotífero, lo que interesa es mantener el mayor tiempo posible la fase de crecimiento exponencial, ya que en esta fase la tasa de reproducción es muy alta y se pueden alcanzar densidades elevadas. Para mantener esta fase, hay que añadir alimento e ir renovando poco a poco el medio de cultivo, de tal modo que la concentración de metabolitos nocivos, tales como el amoníaco, nitritos, etc, no sea excesiva.



Ciclo vital del rotífero *Brachionus plicatilis* (Según Hickmans)



Curva de crecimiento del rotífero *Brachionus plicatilis*

Actividades

Autoevaluación

1 Señala tres razones que, a tu juicio, justifiquen el empleo de zooplankton vivo como alimento en los criaderos de peces y crustáceos, pese a la mayor complejidad de su producción y necesidad de cuidados.

2 Cita al menos cuatro características que consideres imprescindibles para la acertada elección como alimento en criaderos de una especie zooplantónica.

3 Relaciona entre sí, los siguientes términos referidos a Rotíferos:

1	Región anterior	a	Cutícula		
2	Tronco	b	Líquido perivisceral		
3	Pic	c	Corona ciliada		
4	Pared corporal	d	Glándulas pedales		
5	Pseudoceloma	e	Visceras		
6	Faringe	f	Mástax		

Aplicaciones

1 La especie humana, al igual que los rotíferos, presenta dimorfismo sexual, si bien no tan acusado. Señala las diferencias que existen entre ambos dimorfismos, en los siguientes aspectos:

- Tamaños relativos del macho y la hembra
- Relación aparato excretor-reproductor en machos y hembras

2 Explica las diferencias entre los huevos míticos y los améticos de los rotíferos.

3 ¿Qué razones hacen que la fase amética (partenogénica) sea más interesante, desde el punto de vista del cultivador, que la fase mítica (sexual)?

4 Compara la curva de crecimiento de *Brachionus plicatilis* con la curva de crecimiento de los peces. Señala las principales diferencias y similitudes.

Conoce tu entorno

1 En los Rotíferos, al igual que en otras muchas especies animales, hay un marcado dimorfismo sexual. Señala dos especies, de cada uno de los grupos citados, que ofrezcan este mismo fenómeno y sean frecuentes en tu entorno:

GRUPO	ESPECIE 1	ESPECIE 2
Mamíferos		
Aves		
Peces		
Crustáceos		
Insectos		

2 La partenogénesis está relativamente extendida en el mundo animal, particularmente entre los insectos. ¿Qué especies animales comunes en tu entorno, presentan esta modalidad reproductiva?

2

Cultivo de Rotíferos 2

1 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

1.1. MEDIO DE CULTIVO

El cultivo de rotífero se realiza en agua de mar filtrada a 0,45 ó 1 μ a la que se le añade un 10% de fitoplancton. Las especies de fitoplancton más utilizadas son *Chlorella sp*, *Tetraselmis suecica* e *Isochrysis galbana*. A pesar de que el cultivo se realiza generalmente en agua de mar, el rotífero se adapta bien a salinidades inferiores, del orden de un 20 - 25‰, y hay cultivadores que prefieren mantenerlo a esta salinidad.

1.2. TANQUES

El cultivo industrial de rotífero se realiza en tanques de cemento o fibra de vidrio, con un volumen comprendido entre los 5.000 y los 10.000 litros.

Los tanques son redondos o cuadrados con las esquinas redondeadas (para evitar que existan zonas mal aireadas) y con el fondo cóncavo o con inclinación hacia el centro.

Están provistos de una purga o salida central con el fin de limpiar diariamente los restos de levadura y rotíferos muertos, evitando así que se descompongan dentro del tanque. También presentan una o varias salidas laterales para la extracción del rotífero, y están dotados de una entrada de agua de mar y otra de fitoplancton.

Pueden utilizarse tanques más pequeños, de 1.000 a 3.000 litros, similares a los anteriores pero con una relación altura/superficie mayor, lo que facilita una mejor distribución del aire en el cultivo.

1.3. ILUMINACION Y TEMPERATURA

La iluminación debe ser constante y no muy intensa, siendo suficiente colocar uno o dos fluorescentes encima del tanque.

La temperatura debe oscilar entre los 19 - 21 °C; a este fin, se dotará a los tanques de resistencias con termostato, o bien se dispondrá el cultivo de rotífero en una cámara isoterma.

1.4. AIREACION

Los tanques de cultivo deben estar dotados de varios puntos de aireación, al menos 4 ó 5 en los tanques grandes, consistentes en tubos o mangueras de plástico de 4-6 mm de diámetro interior. La aireación no debe ser muy intensa, pero ha de cumplir con el fin de mantener el rotífero, la levadura y el fitoplancton en suspensión.

1.5. DENSIDAD

La concentración inicial en los tanques de cultivo ha de oscilar entre 100 - 150 rotíferos por mililitro y el porcentaje de hembras con huevo superior al 20%.

Contenido

1. Características del cultivo

- 1.1. Medio de cultivo
- 1.2. Tanques
- 1.3. Iluminación y temperatura
- 1.4. Aireación
- 1.5. Densidad

2. Siembra y mantenimiento

3. Cosecha y cambios de tanque

4. Alimentación y enriquecedores

5. Criterios sanitarios

2 SIEMBRA Y MANTENIMIENTO

Para iniciar el cultivo, se parte bien de cepas de rotífero que previamente se mantenían en cámara isoterma o bien de cepas compradas en centros especializados.

El procedimiento consiste en ir colocando el rotífero en tanques progresivamente más grandes, bajo las condiciones que antes se mencionaron, hasta llegar a los volúmenes industriales.

El sistema más comúnmente usado es sembrar el rotífero en el nuevo tanque a la concentración inicial indicada (100 - 150 rot./ml) y esperar unos días hasta que duplique o triplique su número, momento en el que se procede a extraerlo y pasarlo a un tanque mayor. La siembra en el nuevo tanque ha de efectuarse con mucho cuidado, observando de mantener las mismas características de temperatura, aireación e iluminación que tenía en el tanque anterior. El agua de mar del tanque de cultivo se filtra a 0,45 ó 1 μ , y se añade el 10% de fitoplancton.

En los tanques de rotíferos han de realizarse diariamente una serie de tareas: muestreo, alimentación y limpieza.

Para el muestreo se procede a la toma de una muestra de distintos puntos del tanque a fin de determinar los parámetros físico-químicos del mismo y el conteo del rotífero. Estos datos se apuntan en una hoja de seguimiento del tanque, en la que también se anotan observaciones generales sobre el estado del rotífero.

Respecto de la alimentación, en general el rotífero se alimenta a razón de 0,75 - 1 gr de levadura por cada millón de rotíferos y día, si bien, en capítulo posterior de este mismo texto se estudiará la alimentación con más detalle.

Diariamente se procede a purgar el tanque, abriendo la válvula central, para extraer del fondo los restos de levadura, rotíferos muertos, etc.

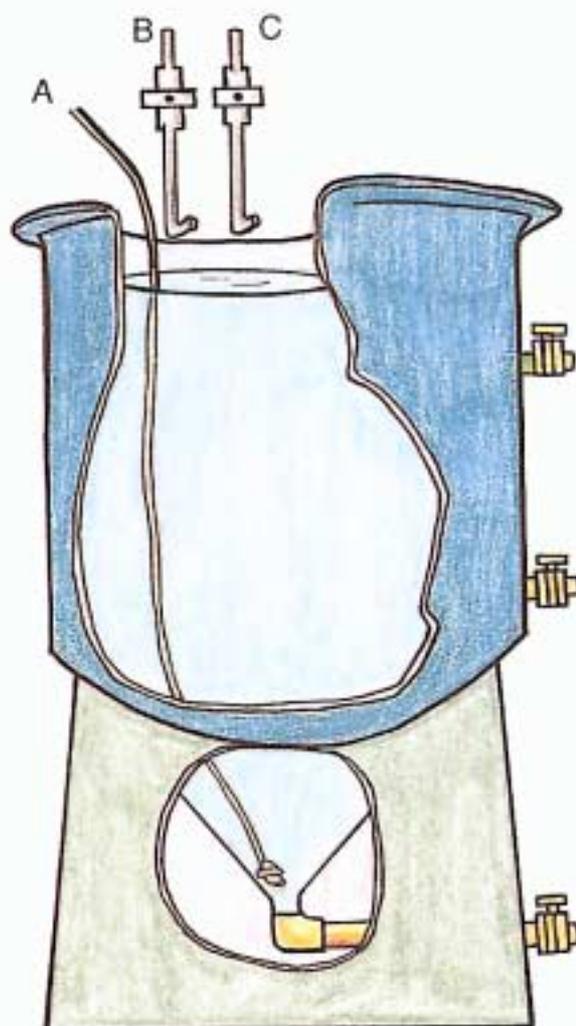
3 COSECHA Y CAMBIOS DE TANQUE

Una vez que el rotífero está ya sembrado en los tanques de cultivo industrial, se debe esperar unos días para que llegue a la fase exponencial de crecimiento. En este momento se empieza a cosechar diariamente, a fin de extraer la producción. La concentración de rotíferos en el tanque de cultivo debe haber subido hasta 175 - 250 rotíferos/ml y el porcentaje de hembras con huevo mantenerse superior al 20%. La cosecha diaria oscila entre un 15 y un 20%.

Para realizar la extracción, se toma un salobre con un diámetro de malla de 62 μ y se apoya sobre un barreño que tenga un orificio en su parte superior para la salida del agua. Con la ayuda de un sifón o manguera de goma trans-

Contaje de rotíferos en un tanque de cultivo

Para realizar el conteo, se toma 1 ml del vaso de muestra, previamente homogeneizado, y se deposita en una placa de metacrilato. Con la ayuda de la lupa binocular se determina el número de rotíferos y el número de hembras con huevo, calculando a continuación el número total de rotíferos del tanque y el porcentaje de hembras con huevo.



Esquema de un tanque para cultivo de rotífero
A. Aire. B. Agua Salada. C. Fitoplancton.

MES:..... AÑO:.....

DIA	T	S‰	pH	NO ⁻ ₂	NH ₃	rot/ml	% Huevo	V ^o	Rotífero Total	Alimento Levad. Fito	Cosecha	OBSERVACIONES
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
DIA	T	S‰	pH	NO ⁻ ₂	NH ₃	rot/ml	% Huevo	V ^o	Rotífero Total	Levad. Fito Alimento	Cosecha	OBSERVACIONES

Precauciones en el cultivo de rotíferos

El cultivo de rotíferos es bastante delicado, por lo que se hace necesario tomar una serie de precauciones para que se mantenga lo más estable posible. Entre ellas, se pueden citar:

- Procurar no mover los puntos de aireación ni la intensidad de los mismos, ya que se removerían los sedimentos del fondo.
- Introducir el agua con cuidado, evitando que caiga bruscamente y remueva el fondo.
- Mantener constantes la temperatura e iluminación, evitando variaciones bruscas de las mismas.
- Al cosechar el rotífero, evitar que se golpee con las paredes del salabre o que quede en seco.
- Lavar bien el rotífero con agua limpia en los salabres. Para ello, es importante no cargar los salabres con demasiado rotífero.
- No retirar la aireación durante las cosechas o el cambio, ya que el rotífero tendería a subir a la superficie.

Condiciones del cultivo

- El rotífero se cultiva en agua de mar a 19 - 21 °C.
- Los tanques están dotados de iluminación débil y aireación no muy intensa.
- La densidad inicial oscila entre 100 - 150 rotíferos/ml.
- Las tareas diarias son: determinación de parámetros físico-químicos, conteo, alimentación y limpieza.
- La alimentación es con levadura a razón de 0,75 - 1 gr por cada millón de rotíferos y día. También se le suele añadir un poco de fitoplancton.
- La cosecha es la extracción de la producción de rotíferos de un tanque.
- La cantidad de rotífero que se cosecha oscila entre 15 - 20%. Tras la cosecha se rellena el tanque con agua y fitoplancton.
- Un tanque con rotífero se cambia cuando se deteriora el medio. Entonces el rotífero pierde movilidad, no come y el porcentaje de hembras con huevo desciende del 20%.
- El rotífero se enriquece antes de ser adicionado a los tanques de larvas.

parente, se saca el volumen deseado del tanque, pasándolo a través del salabre de tal modo que el rotífero quede retenido en el mismo.

Esta operación debe realizarse lentamente y con mucho cuidado, evitando que el rotífero se quede en seco o que se aplaste contra la malla. Antes de utilizar este rotífero, conviene lavarlo bien con agua de mar filtrada.

Una vez extraída la cosecha del tanque de cultivo, hay que rellenarlo hasta su volumen inicial con agua y fitoplancton. Se debe observar que el agua añadida está a la misma temperatura que el agua presente en el tanque, e introducirla muy lentamente para no remover el fondo. La proporción de agua:fitoplancton a añadir es de 4:1.

Cuando por cualquier motivo existe un deterioro del medio de cultivo (elevada concentración de amoníaco, disminución del oxígeno, al remover el fondo, etc) o una variación brusca de los parámetros ambientales, el cultivo se vuelve inestable. Esto se traduce en una disminución del movimiento del rotífero, transparencia del mismo por falta de alimentación, disminución de la tasa de reproducción (baja el porcentaje de hembras con huevo) e, incluso, una disminución de la densidad de la población. En este momento, se hace aconsejable una renovación total del medio de cultivo, cambiando el rotífero a un nuevo tanque.

La técnica para ese cambio es la misma que se utiliza para la cosecha del rotífero: se prepara previamente el nuevo tanque en las condiciones de agua, temperatura, iluminación y aireación que se describieron en las características del cultivo y, a continuación, se siembra el rotífero a la densidad indicada.



Salabre cosechando rotíferos.

4 ALIMENTACION Y ENRIQUECEDORES

Brachionus plicatilis, es un rotífero filtrador que se alimenta de fitoplancton y, por tanto, puede cultivarse con algas verdes unicelulares como alimento. El rotífero, con su corona ciliada, produce corrientes en el cultivo y dirige hacia su interior las células de fitoplancton. Estas son trituradas por el mástax y pasan al estómago, que toma color verde oscuro en los rotíferos bien alimentados.

Cuando el cultivo de rotífero se hace en volúmenes grandes, se hace inviable una alimentación exclusiva de fitoplancton. Entonces se usa como alimento **levadura de panificación** (*Saccharomyces cerevisiae*), añadiéndola a razón de 0,75 - 1 g por millón de individuos y día, y repartiéndola en, al menos, cuatro tomas. La levadura se disuelve en agua dulce y se homogeniza mediante el uso de un agitador magnético o una batidora.

La alimentación con levadura simplifica mucho el cultivo, pero tiene el inconveniente de que los rotíferos alimentados con levadura de panificación tienen un escaso valor nutritivo. Esta es la razón por la cual se recurre a las **técnicas de enriquecimiento** antes de suministrar los rotíferos a los tanques de larvas, aumentando así su calidad nutricional. Las larvas de peces marinos necesitan, entre otros principios inmediatos, ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, que son muy escasos en el rotífero alimentado con levadura. Así pues, lo que se debe hacer es incluir estos ácidos grasos en la dieta del rotífero para, de este modo, incorporarlos a las larvas de peces.

Los enriquecedores tradicionalmente utilizados han sido distintas especies de fitoplancton (*Chlorella*, *Tetraselmis*, *Isochrysis*, etc) que constituían la dieta exclusiva de los rotíferos 24 horas antes de su adición a la larvas. Con el paso del tiempo, y al irse descubriendo cuales eran las necesidades reales de las larvas de peces, se han ido desarrollando formulaciones más adecuadas para la alimentación del rotífero. Esta es la razón por la que se utilizan enriquecedores comerciales,

que en un principio eran una mezcla de distintas especies de fitoplancton liofilizadas. Actualmente son emulsiones lipídicas o micropartículas que contienen los ácidos grasos poliinsaturados, incorporando también algunas de estas formulaciones otros principios inmediatos, como minerales, vitaminas, etc.

La técnica de enriquecimiento consiste en alimentar el rotífero con estos productos durante 12 - 24 horas antes de su uso en la alimentación larvaria. El tiempo transcurrido entre la alimentación enriquecida del rotífero y su ingestión por las larvas de peces o crustáceos, debe ser lo menor posible, ya que a mayor tiempo transcurrido, menor será la calidad nutritiva del rotífero.

Parámetros tales como la densidad del rotífero en los tanques de enriquecimiento y dosis de enriquecedor, varían en función del producto utilizado, y son normalmente indicados por las distintas casas comerciales.

5 CRITERIOS SANITARIOS

En el cultivo han de observarse varios criterios sanitarios:

- Lavar bien el rotífero al cosecharlo o cambiarlo de tanque.
- Desinfectar los tanques y utensilios después de su uso.
- Purgar diariamente los tanques de cultivo y no remover el fondo.
- Cuidar el estado de la alimentación, tanto del fitoplancton como de la levadura.
- Controlar el desarrollo de las poblaciones bacterianas en el rotífero. Si aumentan demasiado, se puede disminuir con el uso de antibióticos, como p. ej., oxitetraciclina, furazolidona, etc. Algunos criaderos desinfectan siempre el rotífero antes de añadirlo a las larvas, añadiendo el antibiótico al tanque de enriquecimiento, pero no es una técnica muy extendida.

Actividades

Autoevaluación

1 Detalla la secuencia de labores necesarias para la limpieza de un tanque de cultivo de rotíferos en que se desea iniciar un nuevo cultivo.

2 En el texto se afirma que "el agua marina del tanque de cultivo se filtra a 0,45 ó 1 µ". ¿Qué razones hay para ello?

Aplicaciones

1 Con ayuda de la bibliografía adecuada, señala la técnica o método que emplearías para determinar en un tanque de cultivo de rotíferos los siguientes parámetros:

- Concentración de amoníaco
- Concentración de oxígeno disuelto
- Control de la iluminación

3

Cultivo de Artemia 1

La Artemia es un crustáceo Branquípodo y Anostráceo. Se caracteriza por estar dotado de apéndices torácicos en forma de hoja que son cada uno de ellos portadores de una branquia, y por la ausencia de caparazón rígido.

Está ampliamente distribuida por todo el mundo, normalmente en las zonas templadas, tropicales y subtropicales. Vive en salinas costeras y en lagos de agua salada, aunque también se la puede encontrar en lagunas interiores con una composición salina muy distinta a la del agua del mar. De hecho, la Artemia puede vivir en condiciones ecológicas muy diversas y adversas, soportando temperaturas que oscilan entre los 5 y los 35 °C, salinidades de hasta un 300 por mil y concentraciones de oxígeno disuelto inferiores a 1 parte por millón (1 ppm).

Existen diferentes cepas de Artemia, según el lugar de procedencia. Las distintas cepas presentan diferente color y tamaño, variando también sus condiciones ecológicas. Tradicionalmente se ha considerado a la Artemia como una sola especie con numerosas razas o cepas, pero actualmente muchos especialistas tienden a considerar algunas de las cepas como diferentes especies de Artemia, debido a su aislamiento reproductivo. Así, p. ej., se habla de *Artemia franciscana*, procedente de la Bahía de San Francisco, *Artemia monica*, procedente del lago Mono Lake en California, etc.

1 MORFOLOGÍA Y ANATOMÍA EXTERNA

La Artemia presenta un cuerpo alargado, delgado y claramente segmentado, de longitud y aspecto muy variable según la raza. Su tamaño habitual oscila entre los 10-12 mm, aunque a veces puede llegar hasta los 18 mm y su color suele ser rojizo, con una gran variedad de tonos entre el pardo rojizo y el rojo intenso.

En su cuerpo se distinguen tres partes: Cabeza, Tórax y Abdomen.

La CABEZA está formada por cinco segmentos fusionados. En la parte más frontal se observa el ojo **naupliar**, formado por tres ocelos de color oscuro. A ambos lados están los pedúnculos oculares en los que se sitúan los ojos compuestos.

Cerca de la base de estos pedúnculos salen dorsalmente las antenas secundarias (**anténulas**), y más ventralmente las antenas primarias. Estas antenas primarias son diferentes en machos y hembras. En los machos están hipertrofiadas y tienen forma de tenaza a fin de sujetar a la hembra durante la cópula. En la hembra presentan forma de hoja con dos botones sensoriales.

Las piezas bucales, formadas por dos mandíbulas y un par de maxilas, se encuentran en los tres últimos segmentos. Cubriendo a las mandíbulas está el labro o labio superior, y entre éste y las piezas bucales se encuentra la boca.

El TORAX está formado por once segmentos bien diferenciados. Cada uno de ellos presenta dos apéndices foliáceos denominados **toracópodos**, en los que se pueden distinguir dos tipos de formaciones:

- **Exopoditos**, dispuestos en el exterior y con doble función: actuar como branquias y como órganos excretores de cloruro sódico al medio.

Contenido

1. Morfología y anatomía externa

2. Anatomía interna

- 2.1. Sistema circulatorio
- 2.2. Sistema respiratorio
- 2.3. Sistema digestivo
- 2.4. Sistema nervioso
- 2.5. Sistema de excreción de sales y regulación osmótica
- 2.6. Sistema reproductor

3. Reproducción

4. Desarrollo

• **Endopoditos**, dispuestos en el interior y con función natatoria. El endopodito que está más cercano a la unión con el tórax tiene una función alimenticia, filtrando las partículas que existen en el medio, y se denomina **telopodito**.

El ABDOMEN está formado por ocho segmentos desprovistos de apéndices. Los dos más cercanos al tórax son los segmentos genitales.

2 ANATOMIA INTERNA

2.1. SISTEMA CIRCULATORIO

La Artemia presenta un sistema circulatorio abierto, formado por un largo corazón en forma de tubo y varios senos repartidos por todo el cuerpo entre los que circula la **hemolinfa**.

2.2. SISTEMA RESPIRATORIO

A pesar de que parece que todo el cuerpo de la Artemia es permeable al oxígeno y al agua, la principal función respiratoria radica en los exopoditos, que tienen la cutícula más fina y en su interior presentan cavidades por las que circula la hemolinfa, actuando a modo de branquias.

Un aspecto a resaltar es la capacidad que presenta la Artemia de vivir en aguas con un reducido contenido en oxígeno. Esto se debe a que la Artemia tiene la capacidad de formar distintos tipos de hemoglobina (pigmento que es el encargado de combinarse con el oxígeno y transportarlo) con mayor o menor afinidad por el oxígeno, sintetizando más o menos cantidad de uno u otro en función de la concentración en oxígeno del medio.

2.3. SISTEMA DIGESTIVO

Artemia es un crustáceo filtrador que captura muy diversas partículas del agua por medio de los telopoditos. Su alimentación no es selectiva, basándose fundamentalmente en bacterias, algas unicelulares, pequeños protozoos y detritus finos que se encuentran en las salinas.

El mecanismo de la alimentación es como sigue: las partículas retenidas en los telopoditos, son dirigidas mediante corrientes de agua hacia la boca. El labro produce una secreción viscosa que las aglomera, pasando por las mandíbulas y maxilas antes de llegar al esófago. A continuación el alimento pasa a dos divertículos globulares, que hacen la función de estómago, y de allí al intestino para, finalmente, una vez realizada la absorción, expulsar las heces por el ano.

Los **nauplius** recién nacidos no tienen formado el aparato digestivo y se alimentan de las reservas vitelínicas que tienen acumuladas en un órgano denominado **órgano nuceal**.

2.4. SISTEMA NERVIOSO

Es muy rudimentario. Está formado por un cerebro que se une a una cadena de ganglios que recorre todo el cuerpo, existiendo dos ganglios por segmento. También presenta un ganglio anterior al cerebro, que recibe los nervios provenientes de los ojos y diversas zonas sensoriales.

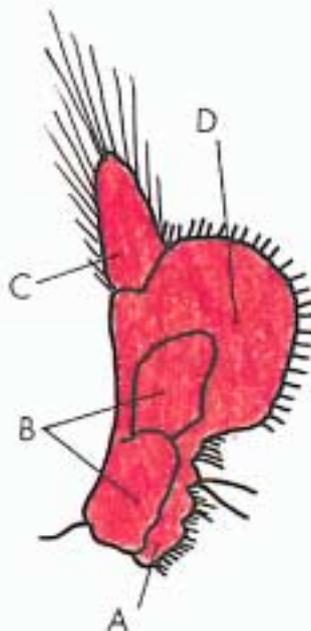
2.5. SISTEMA DE EXCRECIÓN DE SALES Y REGULACIÓN OSMÓTICA

Se localiza en los exopoditos, que actúan excretando sales. En las larvas nauplius, que no tienen formados todavía los exopoditos, esta función radica en un órgano denominado **órgano del cuello** o **glándula de la sal**. Dado que la Artemia soporta salinidades muy elevadas el mecanismo de regulación osmótica adquiere una gran importancia, por lo que, además de los exopoditos, intervienen en esta regulación las células de la pared intestinal, que intercambian agua con el medio.

2.6. SISTEMA REPRODUCTOR

Se localiza en el abdomen. Las hembras poseen dos ovarios que se sitúan a ambos lados del tubo digestivo y que se continúan en dos oviductos que desembocan en un útero o **saco ovígero** único que se abre al exterior por el poro genital.

Los machos poseen dos testículos alargados que se continúan con dos vesículas seminales y se comunican al exterior mediante el vaso deferente. El pene es retráctil.



Esquema de un toracópodo de Artemia.

A. Telopodito. B. Exopodito. C. Endopodito.
D. Endopodito

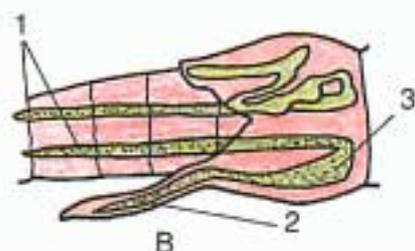
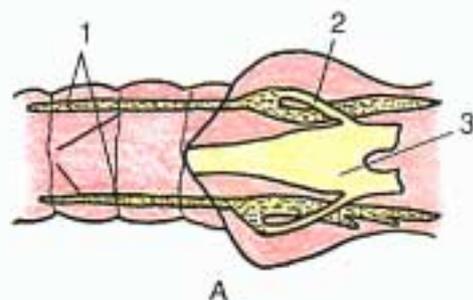
Nauplius de Artemia

El **nauplius** mide unas 400 ó 450 μ y es de color rojizo debido a la presencia de carotenos y a las reservas vitelinas. Tiene tres pares de apéndices: antenas, con una función locomotora, anténulas sensoriales y mandíbulas. Presenta un ojo naupliar débilmente pigmentado y carece de apéndices torácicos. El tubo digestivo no está totalmente formado, por lo que se alimenta de sus reservas vitelinas. Al final de este estado larvario comienza la alimentación exotrófica, del exterior.

Metanauplius de Artemia

El **Metanauplius** mide unas 650 ó 700 μ , y el tubo digestivo ya está totalmente formado. El cuerpo se ha alargado en la zona correspondiente al abdomen y el tórax comienza a segmentarse, apareciendo los muñones de los tres primeros apéndices. El ojo naupliar está más pigmentado.

Este metanauplius sigue creciendo y pasa por otros estados larvarios, alcanza de 0,9 a 1 mm y presenta los tres segmentos torácicos más desarrollados.



Esquemas del sistema reproductor de *Artemia*
(Según Cassel, 1937)

A. Hembra

1. Ovarios

2. Oviducto

3. Útero

B. Macho

1. Testículos

2. Vaso deferente

3. Vesícula seminal

3 REPRODUCCION

Al igual que sucede con el rotífero, la *Artemia* puede presentar reproducción sexual y partenogenética pero, a diferencia de éste, los dos tipos de reproducción no se dan en la misma cepa. Así, existen cepas con reproducción sexual en las que hay machos y hembras y cepas con reproducción partenogenética en las que sólo existen hembras.

Sea cual sea el tipo de reproducción, los huevos comienzan a desarrollarse siempre en el interior de la madre, y pueden seguir dos procesos distintos de desarrollo:

- **Ovovivíparo**, en el cual el huevo se desarrolla íntegramente en el interior del útero de la madre. La *Artemia* nace, por lo tanto, directamente en forma de larvas nauplius que son liberadas por la madre.

- **Ovíparo**, en el cual el huevo se desarrolla en el interior de la madre hasta el estado de gástrula. En este momento, el huevo detiene su desarrollo y se cubre de una gruesa cáscara denominada **corion**, siendo expulsado al exterior en forma de **huevo cístico** o **ciste**.

El hecho de que los huevos se desarrollen ovípara u ovovivíparamente tiene bastante que ver con las condiciones del medio. En general, y aunque existen excepciones, se puede decir que cuando las condiciones de oxígeno, salinidad, temperatura, alimentación, etc. son adecuadas, el desarrollo es ovovivíparo, mientras que cuando esas condiciones no son las adecuadas, el desarrollo es ovíparo y se forman huevos císticos.

Los cistes son de un color pardo rojizo, con un tamaño de 200 - 300 μ , según las cepas. Su forma es esférica cuando están hidratados, pero una vez desecados tienen forma semiesférica. En un corte transversal del ciste, se puede observar de dentro a fuera:

- Embrión
- Membrana embrionaria, con un espesor de 0,4 μ
- Corion, con un espesor de 4 - 10 μ , básicamente formado por lipoproteínas, quitina y hematina, lo que le da una gran protección al ciste.

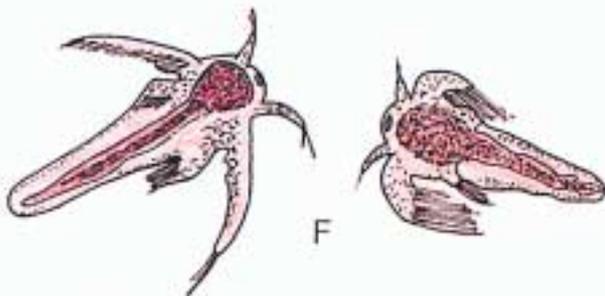
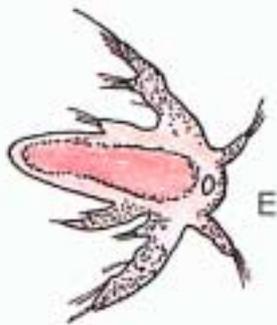
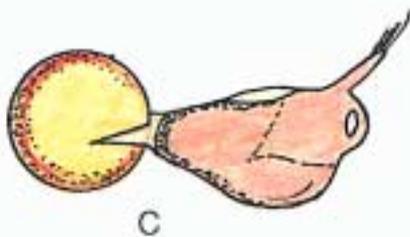
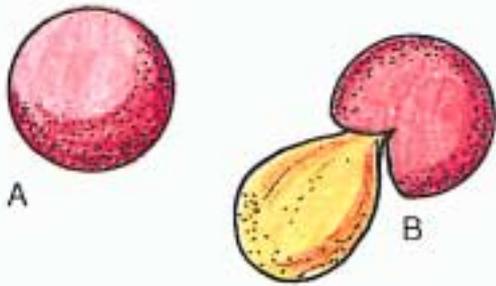
Estos cistes de *Artemia* pueden almacenarse en condiciones de anaerobiosis y desecación durante mucho tiempo, y es en estas condiciones en las que se procede a su envasado para su conservación y venta.

4 DESARROLLO

En el caso del proceso ovovivíparo este desarrollo es continuo, pero en el caso del proceso ovíparo, el desarrollo se detiene, como ya se ha dicho, en la fase de gástrula; entonces, los embriones permanecen en un estado de latencia denominado **diapausa**.

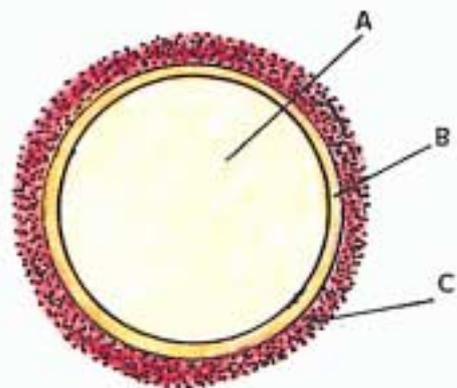
Cuando se introducen en agua, los cistes se hidratan activándose el metabolismo del embrión. Unas horas más tarde se empieza a romper el corion y aparece el embrión rodeado de la membrana embrionaria (**Prenauplius en estado E-1**). A continuación, el corion se rompe totalmente, quedando el embrión rodeado por su membrana (**Prenauplius en estado E-2**). Finalmente, se rompe la membrana embrionaria, quedando libre el nauplius.

La *Artemia* pasa por una serie de estados larvarios intermedios (aproximadamente quince) desde la fase nauplius hasta llegar, al cabo de dos o tres semanas, a adulto. Los estados larvarios más interesantes, desde el punto de vista de la acuicultura, son los primeros, es decir, nauplius y metanauplius.



Desarrollo de Artemia.

A. Huevo sin eclosionar. **B.** Nauplius saliendo del corion. **C.** Nauplius saliendo de la membrana. **D.** Nauplius recién eclosionado. **E.** Nauplius eclosionando después de una hora. **F.** Metanauplius de 1 día.



Corte transversal de un ciste de Artemia.

A. Embrión. **B.** Membrana 0,4 μ . **C.** Corion 4-10 μ .

Autoevaluación

- 1** Señala la función de los siguientes órganos de *Artemia*:

ORGANO	FUNCION
Antenas primarias en machos	
Antenas primarias en hembras	
Exopoditos	
Endopoditos	
Telopoditos	

- 2** Con ayuda de un glosario de términos científicos señala el significado de los siguientes:

- Ovovivíparo
- Ovíparo
- Ciste
- Caroteno
- Anaerobiosis

Aplicaciones

- 1** En el texto se afirma que “en general, y aunque existan excepciones, se puede afirmar que cuando las condiciones son adecuadas, el desarrollo de *Artemia* es ovovivíparo, mientras que cuando las condiciones no son las adecuadas, el desarrollo es ovíparo”. ¿Cuál es, a tu juicio, la razón de este comportamiento?

- 2** La *Artemia salina* puede vivir en condiciones ecológicas muy diversas:

- A. ¿Como se denominan los animales que, al igual que la *Artemia*, pueden vivir en ambientes salinos de muy distinta salinidad?
- B. ¿ Como se denominan los animales que, al igual que la *Artemia*, pueden vivir en ambientes de muy distinta temperatura?

Conoce tu entorno

- 1** Compara la anatomía externa de la *Artemia salina* con la de otro crustáceo, p. ej., una gamba, cigala. Señala, al menos, cinco elementos comunes.

- 2** Compara el desarrollo larvario de *Artemia* con el de otros crustáceos bien conocidos de tu entorno, p. ej., centolla, nécora

- 3** Define los siguientes animales según la clave ecológica:

	ARTEMIA	ROTIFERO	MEJILLON	VIEIRA
Estenotermo/ Homeotermo				
Estenohalino/ Homohalino				
Filtrador/ No filtrador				
Planctónico/ Bentónico				
Unisexual/ Hermafrodita				
Dimorfismo sexual Isomorfismo				

1 DESCAPSULACIÓN

Es un proceso que, como su nombre indica, consiste en eliminar la cápsula exterior o **corion** del ciste de la *Artemia*, sin afectar la futura viabilidad del embrión. El embrión está envuelto por una membrana embrionaria, y ésta a su vez por el corion, que es la parte que se disuelve mediante el uso de hipoclorito en la descapsulación.

El proceso de descapsulación presenta tres etapas: **Hidratación**, **Descapsulación** propiamente dicha y **Lavado y desactivación de los residuos**.

1.1. HIDRATACION

Es una etapa previa a la descapsulación y consiste en hidratar el ciste de *Artemia* para que sea totalmente esférico y el agente descapsulador pueda actuar perfectamente sobre todo el corion.

La hidratación se consigue introduciendo los cistes durante 1 - 2 horas en agua dulce o salada hasta un máximo de 35 por mil de salinidad. Para una completa hidratación de todos los cistes es recomendable usar recipientes troncocónicos y colocar aireación en el fondo.

Inmediatamente de terminada la hidratación se realiza el siguiente paso: la descapsulación propiamente dicha. Es importante señalar que entre la hidratación y la descapsulación, sólo pueden dejar pasar unas pocas horas, siempre que se mantengan los cistes hidratados en el frigorífico.

1.2. DESCAPSULACION

En primer lugar se ha de preparar la solución descapsuladora, que suele constar de: Hipoclorito sódico, hidróxido sódico y agua.

Una vez preparada la solución descapsuladora, se introducen en ella los cistes hidratados, colocándole aire.

El proceso dura entre 7 y 15 minutos (según las cepas), y se caracteriza porque hay un aumento de la temperatura y los cistes cambian de color marrón a color naranja, al perder el corion.

Hay que controlar el aumento de la temperatura, ya que temperaturas superiores a 40 °C pueden ser letales para el embrión. Cuando las cantidades de cistes a descapsular son elevadas, a partir de 500 g, hay que tener un cuidado extremo con este factor, por lo que es conveniente refrigerar la solución descapsuladora para no llegar a aquel límite de tolerancia ya citado de 40 °C.

1.3. LAVADO Y DESACTIVACION DE RESIDUOS

Una vez terminada la reacción descapsulante, se extraen los cistes de la solución. El final de la reacción se nota por los siguientes fenómenos:

Contenido

1. Descapsulación

- 1.1. Hidratación
- 1.2. Descapsulación
- 1.3. Lavado y desactivación de residuos

2. Eclósión de los cistes y producción de nauplius

3. Producción de adultos

Ventajas y problemas de la descapsulación de los cistes de *Artemia salina*

Entre las ventajas destacan:

- Se produce la desinfección total del ciste,
- Evita los procesos de separación de cistes no eclosionados y nauplius,
 - El ciste descapsulado que no eclosiona, también puede utilizarse para la alimentación de larvas, fundamentalmente para larvas de crustáceos.
 - Mejora los rendimientos de la eclosión, ya que el ciste no tiene que usar parte de su energía de reserva en la ruptura del corion.

Como inconvenientes se pueden citar dos:

- Pérdida de flotabilidad del ciste descapsulado,
- Representa un trabajo añadido al cultivo de *Artemia* que hace patente al tener que descapsular grandes cantidades de cistes. Esto conlleva la utilización de sistemas más sofisticados que impidan que la temperatura de la solución descapsuladora aumente en exceso y que permitan extraer los nauplius rápidamente de la solución descapsuladora una vez descapsulados.

Influencia de la salinidad en la eclosión de cistes

La salinidad usualmente empleada es un poco inferior a la del agua de mar, ya que se ha comprobado que da mejores resultados. Normalmente se trabaja con una salinidad de 28 a 30 ‰. Como el agua del mar tiene una salinidad aproximada de 35 a 38 ‰, hay que disminuirla, lo que se consigue fácilmente añadiéndole agua dulce.

Influencia de la temperatura en la eclosión de cistes

En general, al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad de desarrollo del embrión, con lo que se acelera la eclosión. La temperatura óptima para la incubación de los cistes oscila entre 28 y 30 °C, ya que temperaturas más elevadas pueden ocasionar problemas y llegar a detener el metabolismo de los embriones, lo que inevitablemente sucede al alcanzar los 40 °C de temperatura.

- Deja de aumentar la temperatura.
- No existen más cambios en el color de los cistes.
- A la lupa se observa que el corion está completamente disuelto.

En este momento, se sacan los cistes y se filtran a través de una malla de 125 μ , lavando con agua hasta que desaparezca el olor a cloro. Para eliminar los posibles restos de hipoclorito que queden todavía en los cistes, se pueden sumergir en un baño de ácido clorhídrico 0,1 N durante 20-30 segundos, y se lavan con agua.

Para separar los cistes bien descapsulados de aquellos que no lo han sido, basta con introducirlos en un barreño con agua. Los cistes bien descapsulados pierden su flotabilidad y se concentran en el fondo del barreño.

Una vez descapsulados los cistes pueden ser utilizados inmediatamente, procediendo a su incubación, almacenarse en un frigorífico durante algunos días, hasta un máximo de una semana, o desecarse y almacenarse durante semanas, incluso meses, en un congelador.

Hay que tener en cuenta que los cistes descapsulados tienen que permanecer protegidos de la luz solar directa, ya que la radiación ultravioleta afecta a su capacidad de eclosión.

2 ECLOSIÓN DE LOS CISTES Y PRODUCCIÓN DE NAUPLIUS

Para que eclosionen los cistes de *Artemia*, es necesario que se den las condiciones adecuadas que permitan el desarrollo del embrión y la posterior ruptura del corion, dejando la larva libre.

Los parámetros que influyen más directamente en la eclosión son:

- Salinidad
- Temperatura
- pH
- Oxígeno
- Luz

Así, para conseguir la eclosión de los cistes, se procede a colocarlos en agua dentro de los **incubadores** o **eclosionadores**, en las condiciones ideales para cada uno de los parámetros citados.

Un **incubador** típico de *Artemia* es de forma cilíndrica, lo que facilita una mejor homogenización del agua por medio de la aireación.

Ya se ha estudiado que los cistes, una vez hidratados, tienden a irse al fondo, por lo que si no están suficientemente agitados se acumulan en el mismo y no nacen al producirse, en estos puntos, déficit de oxígeno que pueden

llegar a matarlos. Por otro lado, el acúmulo de cistes hace del fondo una zona mal iluminada, lo que es absolutamente negativo para una eficaz eclosión. Así pues, una aireación fuerte, ayudada por la forma del incubador, hace que el agua se esté oxigenando continuamente y que todos los cistes se mantengan en suspensión.

Un tubo fluorescente encima del incubador, proporciona la luz necesaria para la incubación de los cistes. Una o varias resistencias colocadas en el agua, ayudan a mantener la temperatura deseada. Es aconsejable que cada incubador tenga un termostato, para evitar que la temperatura del incubador aumente demasiado.

El volumen de estos incubadores puede ser muy variable, aunque en los criaderos de acuicultura se tiende a usar incubadores con volúmenes grandes, entre 500 y 3.000 litros, para intentar disminuir el trabajo.

Para preparar el incubador, se procede del siguiente modo:

1. Se llena el incubador de agua en la proporción adecuada de agua dulce y agua salada, a fin de conseguir la salinidad adecuada.
2. Se calienta el agua, mediante resistencias, hasta los 28 - 30 °C.
3. Una vez alcanzada la temperatura deseada, se le pone aireación, se enciende la luz y vierten los cistes, dejando las resistencias con su termostato encendido para que mantengan la temperatura constante.
4. La cantidad de cistes que se adicionan al incubador puede llegar hasta los 5 gramos de cistes por litro de agua, pero en los volúmenes grandes, y para evitar problemas de oxígeno, es recomendable no pasar de 2 gramos de cistes por litro de agua.

En estas condiciones, el ciste eclosiona en 24 - 48 horas. Este tiempo de eclosión varía según las cepas. Así, por ejemplo, la cepa de San Francisco comienza a eclosionar alrededor de las 16 horas, estando prácticamente eclosionada a las 24 horas, mientras que la cepa del Lago Salado de Utah, tarda de 30 a 36 horas en eclosionar toda.

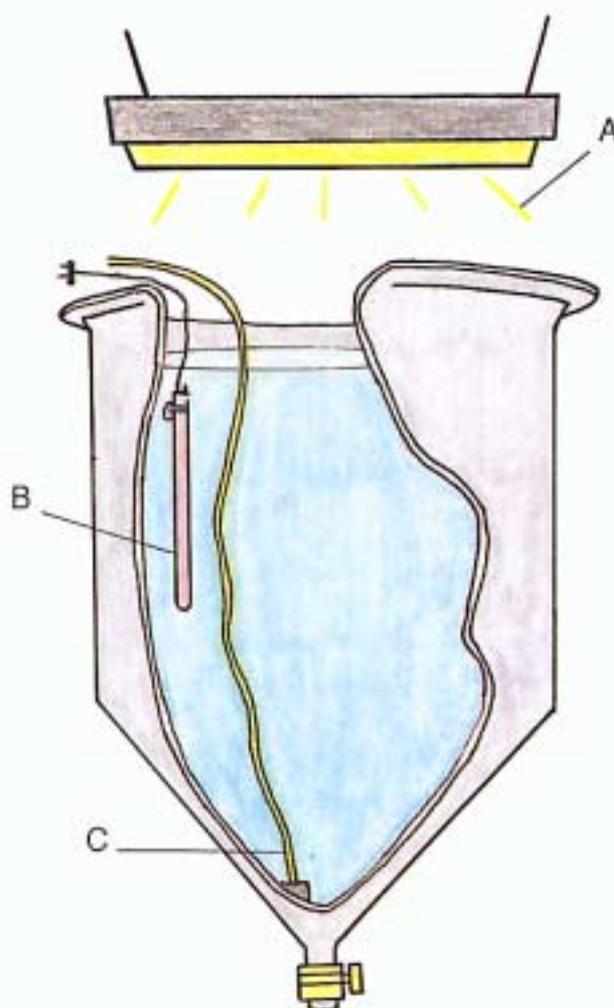
Una vez que la *Artemia* ha eclosionado, se procede a extraerla de los incubadores, si bien solamente han de extraerse los nauplius eclosionados. Esto se debe a que la adición a los tanques de cultivo larvario de cistes sin eclosionar o de restos de cáscara puede ocasionar problemas de infección. Además, las larvas de peces no son capaces de digerir el corion, y si los cistes sin eclosionar o los restos de corion son ingeridos por las larvas, pueden llegar a obstruirles el intestino y causarles la muerte.

Existen dos hechos que ayudan a extraer de los incubadores solamente los nauplius. Por un lado, que los

nauplius recién nacidos presentan fototropismo positivo, es decir, acuden a la luz. Por otro lado, en la mayoría de las cepas, los restos del corion y los cistes que no se hidratan bien, flotan.

Así, para la extracción es importante que los incubadores sean opacos a la luz, para lo que se pintan de gris o negro, y se les coloca un punto de luz en su parte inferior. En la parte superior se coloca una tapadera de tal modo que no entre la luz y se les quita el aire. De este modo, casi todos los nauplius se concentran en la parte inferior del incubador y se puede proceder a sacarlos por una válvula allí colocada a tal efecto. Este proceso ha de realizarse muy despacio y con sumo cuidado de no remover el incubador. También se puede aumentar la flotabilidad de las cáscaras vacías aumentando la densidad del agua, añadiendo sal al agua.

El modo de extraer la *Artemia*, es similar al utilizado para extraer el rotífero: pasar el contenido del incubador por un cedazo de malla calibrada, de tal modo que el agua pase a través de él y los nauplius queden retenidos en el mismo. Normalmente se utiliza una malla con un diámetro



Incubador de Artemia.

A. Luz. **B.** Resistencia. **C.** Aire.

Influencia del pH en la eclosión de cistes

Un pH ligeramente básico, entre 8,0 y 8,2, como el que existe en el agua del mar, es el más adecuado para la eclosión de los cistes.

Influencia del oxígeno en la eclosión de cistes

Se recomiendan niveles de oxígeno próximos a la saturación. Normalmente, para conseguir que el oxígeno se mantenga en niveles aceptables, basta con airear intensamente el sistema, con lo que además se consigue que los cistes se mantengan en suspensión. El metabolismo se interrumpe cuando el oxígeno disuelto en el agua desciende por debajo de 1 ppm (1 mg de O_2/l).

Influencia de la luz en la eclosión de cistes

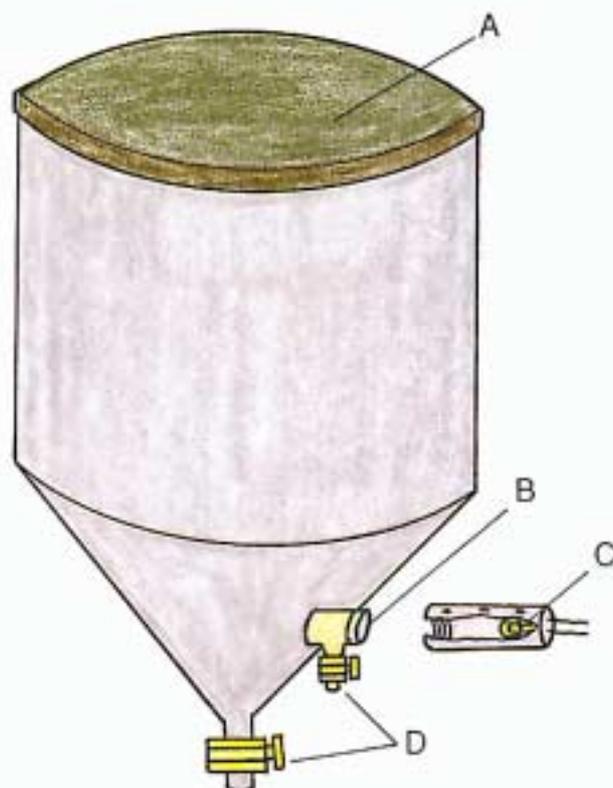
Durante las primeras fases de hidratación del ciste, es necesario mantener el sistema fuertemente iluminado. Normalmente, lo que hace es mantener una iluminación constante durante todo el proceso de incubación, aunque una vez hidratado el ciste puede prescindirse de la luz si el recipiente que se utiliza para la incubación es transparente.

comprendido entre 125 y 150 μ , para estar seguros de que todos los nauplius de Artemia, cualquiera que sea el tamaño de la cepa, queden retenidos por la malla.

Los rendimientos de la eclosión se dan en **número de nauplius por gramo de cistes incubados**.

Estos resultados varían mucho de una cepa a otra, pero en general, oscilan entre 150.000 y 250.000 nauplius/g de cistes. En la cepa de San Francisco suelen alcanzar los 250.000, mientras que en la cepa de Utah raramente llegan a los 200.000.

Además de depender del tipo de cepa (lógicamente, ya que al ser diferente el tamaño de los ciste también los rendimientos son distintos, porque es diferente el número de cistes que hay en un gramo), estos rendimientos varían según otras circunstancias, como, por ejemplo, el tratamiento que se dé a los cistes para su desecación y envasado, de las condiciones en las que se efectuó la incubación, etc.



Tanque de incubación.

A. Tapadera. B. Cristal. C. Luz. D. Válvulas.

3 PRODUCCION DE ADULTOS

Debido al rápido crecimiento de *Artemia*, que pasa en unos 15 - 20 días desde 0,4 mm que mide el nauplio a los 10 - 12 mm que mide el adulto, se ha planteado la posibilidad de explotar el cultivo de adultos para su uso en acuicultura.

A nivel extensivo, se han conseguido en salinas producciones de unos 10 gr de *Artemia* por metro cúbico de agua y día, abonando las salinas para favorecer un bloom de fitoplancton en especies que resisten elevadas salinidades como, por ejemplo, *Dunaliella sp.*

En cultivo intensivo, los sistemas más utilizados se refieren a un cultivo semicontinuo basado en inoculaciones de tanques con nauplius, y cosecha al cabo de unas dos o tres semanas de los individuos adultos y semiadultos. Estos

sistemas se realizan en tanques tipo **race-way** con una circulación constante del agua por medio de bombas **air-lift**, y pueden ser en flujo cerrado o abierto, teniendo en cuenta que los sistemas de flujo abierto obtienen producciones mayores pero son más caros.

La alimentación puede ser variada: salvados, harinas de cereales, levadura, fitoplancton, etc. Las biomásas obtenidas pueden ser de varios kilogramos por metro cúbico de agua.

En general, estas producciones de adultos de *Artemia* no son muy utilizadas en acuicultura, ya que son bastante caras y no se ha pasado de la fase de investigación, no utilizándose en los criaderos.

Criterios sanitarios y desinfección en el cultivo de *Artemia*

Es de sobra conocida la importancia de la desinfección en el cultivo larvario. Cuando se trabaja con zooplancton, esta importancia se hace todavía más patente, ya que existe el riesgo de introducir en el cultivo larvario, junto a las presas vivas, bacterias u otros organismos patógenos.

Los cistes de *Artemia* suelen ser portadores de bacterias. Estas bacterias se pueden multiplicar rápidamente durante la incubación de los cistes y en el enriquecimiento de los nauplius y metanauplius, ya que la elevada temperatura del cultivo acelera el crecimiento de dichas bacterias.

En general, hay dos criterios sanitarios que se deben aplicar rigurosamente:

- Lavar muy bien, con agua abundante, los nauplius de *Artemia* y los metanauplius enriquecidos. De este modo, se consigue eliminar gran cantidad de las bacterias adheridas al cuerpo de la *Artemia* y a pequeñas partículas en suspensión en el agua.

- Separar lo mejor posible los nauplius y los restos de cáscaras de los cistes, ya que es en estas cáscaras vacías donde la concentración de bacterias es mayor.

Estos dos procedimientos, si se realizan minuciosamente, eliminan una gran parte de la población bacteriana, pero nunca completamente. Por ello, cuando se

necesita una desinfección mayor, se puede recurrir a uno de los siguientes métodos:

- **Descapsulación**, que elimina totalmente las bacterias adheridas a los cistes y al exterior de la membrana embrionaria de la *Artemia*. Es el mejor método de desinfección de los cistes, aunque a nivel industrial supone un gran trabajo añadido.

- **Lavado con lejía de los cistes**, que se basa en colocar los cistes en una solución de agua y lejía a una concentración de 150 ppm (150 de Cloro por litro de solución). Los cistes se mantienen en esta solución durante 30 minutos con aireación fuerte, y a una densidad de 50 gr de cistes por litro de agua. Pasada la media hora se sacan, se lavan bien y se procede a su incubación. Este método también consigue una desinfección total del ciste.

- **Lavado con agua dulce**. Consiste en mantener los nauplius o metanauplius en agua dulce antes de utilizarlos en la alimentación de las larvas. Este método, aún sin conseguir una desinfección total, es bastante efectivo, disminuyendo significativamente la carga bacteriana.

- **Tratamiento con antibióticos**. Este tratamiento, también previo a la alimentación de las larvas (es decir, tras el enriquecimiento), puede realizarse con distintos antibióticos como **furazolidona**, **oxitetraciclina**, etc. No suele utilizarse muy a menudo debido a su elevado coste y a que puede ocasionar resistencias en las bacterias. Su efectividad depende del antibiótico elegido y del tipo de bacterias, aunque puede ser muy elevada.

CALCULOS PARA OBTENER UNA SOLUCION DESCAPSULADORA PARA 50 GRAMOS DE CISTES DE ARTEMIA SALINA CON UNA LEJIA DE INDICE DE REFRACCION DE 1,36

Aplicando la fórmula $C = 3.000 \times I - 4.003$, obtendremos la concentración de la lejía en gramos de hipoclorito por litro de lejía:

$$C = 3.000 \times 1,36 - 4.003 = 77 \text{ g de hipoclorito/litro lejía}$$

Sabiendo que hay que añadir:

- 14 ml de solución descapsuladora por gramo de cistes
- 0,5 g de hipoclorito por gramo de cistes
- 0,15 g de NaOH por gramo de cistes

El cálculo será:

$$14 \times 50 = 700 \text{ ml de solución descapsuladora}$$

$$0,5 \times 50 = 25 \text{ g de hipoclorito}$$

$$0,15 \times 50 = 7,5 \text{ g de NaOH}$$

Si

a 1 litro de lejía *corresponden* 77 g de hipoclorito

a X litros de lejía *corresponderán* 25 g de hipoclorito

De donde:

$$X = 0,325 \text{ litros de lejía}$$

En consecuencia, la solución descapsuladora estará compuesta de:

325 ml de lejía

7,5 g de NaOH

375 ml de agua, que es lo que falta hasta los 700 ml

PREPARACION DE LA SOLUCION DESCAPSULADORA DE ARTEMIA

Hipoclorito sódico o lejía. Es el agente descapsulador más frecuente y se ha observado que la dosis óptima es la de 0,5 g de hipoclorito por cada gramo de cistes de Artemia a descapsular.

Para calcular esta dosis es preciso averiguar con anterioridad la actividad de la lejía o, lo que es lo mismo, la concentración de gramos de hipoclorito por litro de lejía. Esto es fácil si se dispone de un refractómetro, ya que:

$$C = 3000 \times I - 4003$$

siendo **I** el índice de refracción y **C** la concentración de la lejía medida en gramos de hipoclorito por litro de lejía.

Una vez averiguada la actividad se calculan los mililitros de lejía correspondientes para obtener los gramos de hipoclorito necesarios.

Hidróxido sódico. La reacción de descapsulación tiende a disminuir el pH, por lo que se le añade hidróxido sódico (NaOH). Se ha observado que el pH óptimo ha de oscilar alrededor de 10. Para conseguirlo, basta con añadir 0,15 g de NaOH por cada gramo de cistes.

Agua. Se añade agua dulce o salada con un máximo del 35‰ de salinidad, hasta completar una producción de 14 ml de solución descapsuladora por gramo de cistes.

1 UTILIZACION DE ARTEMIA. VALOR NUTRITIVO Y ENRIQUECIMIENTO

En general, son tres las formas de utilización de Artemia más comunes en la acuicultura de peces marinos:

- Como nauplius recién eclosionados
- Como nauplius y metanauplius enriquecidos
- Como Artemia adulta congelada

1.1. NAUPLIUS

Se utiliza en las fases más tempranas del cultivo larvario de peces, normalmente los días siguientes a la alimentación con rotífero. En estos momentos, las larvas de peces pueden no ser capaces todavía de alimentarse de presas mayores debido al pequeño tamaño de su boca, y entonces se utilizan los nauplius recién eclosionados para alimentar directamente a las larvas.

Hay que tener en cuenta que en las condiciones de temperatura de la incubación de la Artemia su desarrollo es muy rápido, por lo que hay que extraerla rápidamente del incubador. Así se evita que puedan seguir creciendo y sean demasiado grandes para las larvas de los peces.

Si se quiere dejar unas horas entre el momento de la cosecha del nauplius y el momento de su adición a los tanques de larvas, hay que mantenerlos en frío, bien en la cámara frigorífica, bien enfriando el agua con hielo. De este modo, manteniéndolos a 4 - 5 °C, se evitará que sigan desarrollándose. En estas condiciones de baja temperatura, y sin más que ponerles aireación, los nauplius pueden aguantar entre 12 y 24 horas a concentraciones muy elevadas, de hasta varios miles de nauplius por mililitro.

El uso de nauplius de Artemia presente pues como ventaja su pequeño tamaño, pero su mayor inconveniente radica en su calidad nutritiva. A pesar de su elevado contenido energético y de su contenido total en lípidos (alrededor del 20%), se sabe que nauplius procedentes de diferentes cepas, producen resultados muy distintos en cuanto a crecimiento y supervivencia en las larvas de peces. La explicación de este hecho está en la distinta cantidad de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga que tienen los nauplius. Estos ácidos grasos son esenciales para las larvas, y muy pocas cepas de Artemia tienen la cantidad adecuada de ellos. Debido a este motivo, es por lo que actualmente se tiende a enriquecer la Artemia. Así, la forma más utilizada son los nauplius y metanauplius enriquecidos, y cuando se utilizan los nauplius recién eclosionados, se deben elegir cepas con un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados, p. ej., la cepa de San Francisco.

1.2. NAUPLIUS Y METANAUPLIUS ENRIQUECIDOS

Para enriquecer la Artemia, lo primero que hay que hacer es extraer los nauplius del incubador donde eclosionaron. Una vez extraídos, se colocan en un nuevo tanque donde se enriquecerán. Se suelen utilizar tanques troncocónicos, similares a los de incubación, pero sin la luz por debajo.

Contenido

1. Utilización de Artemia. Valor nutritivo y enriquecimiento

- 1.1. Nauplius
- 1.2. Nauplius y metanauplius enriquecidos
- 1.3. Artemia adulta congelada

Los tanques suelen ser un poco más grandes, de 1.000 a 3.000 litros, la temperatura oscila entre 25 y 28 °C, y se utiliza agua de mar sin reducir la salinidad. La densidad de trabajo es aproximadamente de 200 nauplius/ml. Al cabo de unas pocas horas, todos los nauplius terminan de formar el aparato digestivo, abren la boca y son capaces de alimentarse.

Normalmente, se mantienen los nauplius de *Artemia* en estos tanques sin alimentar hasta que empiezan a abrir la boca, y entonces se procede a enriquecerlos. El enriquecimiento puede efectuarse con emulsiones lipídicas ricas en ácidos grasos poliinsaturados, ó con microcápsulas. Cada casa comercial indica un modo de utilización en cuanto a cantidad de enriquecedor, tiempo de enriquecimiento y densidad de *Artemia*.

El enriquecedor se administra cuando los nauplius comienzan a abrir la boca. Al extraer la *Artemia* doce horas después, los nauplius se han alimentado y han aumentado significativamente su contenido en ácidos grasos poliinsaturados. A veces, y según las indicaciones de las casas comerciales, esta adición de enriquecedor puede efectuarse en dos tomas.

Durante el enriquecimiento, el metabolismo de la *Artemia* tiende a consumir el contenido de oxígeno disuelto en el agua. Además, la capa de grasa que se forma en la superficie del tanque impide que, a pesar de estar aireando el cultivo, haya un buen intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. Es por ello que interesa mantener una aireación lo más intensa posible, recurriendo a piedras difusoras o sistemas de tipo air-lift. Hay que controlar rigurosamente el contenido de oxígeno disuelto en el agua, ya que si disminuye en exceso, además de impedir la asimilación del enriquecedor por parte de la *Artemia*, puede ocasionarle la muerte.

Casi todos los trabajos realizados hasta este momento, se basan en el enriquecimiento con ácidos grasos. No obstante se debe señalar que algunos enriquecedores están incorporando ya otros nutrientes como vitaminas, sales minerales e incluso aminoácidos libres, también esenciales para las larvas.

Al cabo de 24 horas, la *Artemia* tiene ya un tamaño de 600 - 700 μ , y a las 48 horas, los metanauplius ya miden 0,9 - 1 mm. Así, si se quieren utilizar estos metanauplius que tienen un mayor tamaño, hay que mantenerlos enriqueciendo durante más tiempo. El mayor inconveniente estriba en que el cultivo y enriquecimiento de metanauplius de dos días es más dificultoso que el simple enriquecimiento de nauplius. El metanauplius consume más cantidad de oxígeno que el nauplius, y por tanto hay que cultivarlo a menor densidad (lo que conlleva la utilización de tanques de mayor tamaño) o irles renovando el agua. La utilización de estos metanauplius de dos días permite que las larvas de los peces puedan alimentarse con una menor cantidad de *Artemia*, lo cual ocasiona un ahorro económico en la alimentación larvaria y un ahorro energético para la larva, ya que necesitará capturar un menor número de presas.

1.3. ARTEMIA ADULTA CONGELADA

El cultivo de *Artemia* adulta no está muy extendido en las piscifactorías ya que, como se explicó anteriormente, es muy costoso y las biomásas obtenidas no lo hacen rentable. Así, se tiende a utilizar la *Artemia* adulta sólo si existen lagunas o salinas cercanas donde recogerla.

En este caso, es bastante común el utilizar la *Artemia* adulta congelada. La *Artemia* recogida se lava muy bien con agua dulce y se congela, guardándose para utilizar en el destete, que es el paso de la alimentación viva a alimentación inerte en el cultivo larvario de peces.

La *Artemia* congelada suele emplearse en el periodo de aclimatación entre ambos tipos de alimentación, ya que es muy bien aceptada por las larvas de peces: primero se les suministra *Artemia* viva y congelada hasta conseguir que se acostumbren al alimento inerte. Posteriormente, se pasa a dar una dieta consistente en *Artemia* congelada y pienso, reduciéndoles progresivamente la ración de *Artemia* congelada hasta dejarlos con pienso solamente.

Desde hace algunos años, varias casas se están dedicando a comercializar la *Artemia* congelada o liofilizada, lo que lleva a que cada vez sea mayor el número de acuicultores que la emplean.

6

Cultivo de Copepodos

Los copépodos son pequeños crustáceos, muy abundantes en los mares y que constituyen una parte fundamental en la dieta de muchos peces y mamíferos marinos. Se caracterizan por carecer de ojos compuestos y presentar un único ojo naupliar. Su cuerpo es cilíndrico y el apéndice caudal birrámeo. El tronco consta de diez segmentos, algunos de los cuales pueden estar fusionados; los segmentos correspondientes al tórax presentan apéndices, pero los correspondientes al abdomen no.

Los copépodos son muy apropiados para la alimentación larvaria de peces marinos debido a su elevado contenido en ácidos grasos poliinsaturados, pero su cultivo es bastante difícil, realizándose en muy pocos criaderos. En general, existen tres grandes grupos de copépodos susceptibles de cultivo:

- copépodos calanoides
- copépodos harpacticoides
- copépodos ciclopoideos

Los copépodos **calanoides** se caracterizan porque las primeras antenas son largas, midiendo más de la mitad del cuerpo y las segundas antenas son birrámeas. La mayoría de ellos son planctónicos, y sus cultivos son bastante inestables, no alcanzándose densidades elevadas. Uno de los géneros más cultivados es **Acartia**.

En los copépodos **harpacticoides** las primeras antenas son muy cortas, pero las segundas son, al igual que en los copépodos calanoides, birrámeas. La mayoría son bentónicos o viven en la superficie, siendo poco abundantes en la columna de agua. Sus cultivos son más estables, alcanzando una mayor densidad. Los géneros más cultivados son **Tisbe** y **Tigriopus**.

Las primeras antenas de los copépodos **ciclopoideos** son de una longitud intermedia, pero las segundas son unirrámeas. Existen especies planctónicas y bentónicas. Se han introducido muy recientemente en la acuicultura, cultivándose solamente una o dos especies. Todavía no se han alcanzado densidades de cultivo elevadas.

1 CULTIVO DE ACARTIA

El copépodo calanoide más cultivado es la especie *Acartia tonsa*, cuya técnica de cultivo es bastante compleja.

El cultivo se basa en mantener copépodos adultos a una densidad de 50 - 100 individuos por litro de agua de mar en unos tanques de producción. El copépodo deposita los huevos sin eclosionar en el medio, y éstos tienden a irse al fondo. Diariamente se recolectan estos huevos y se introducen en incubadores hasta que eclosionan, al cabo de 24 ó 48 horas.

Los nauplius recién eclosionados se utilizan para la alimentación larvaria de los peces, pero una parte de ellos son llevados a unos tanques de crecimiento en los que se mantienen hasta llegar a adultos con el fin de ir renovando el stock de los tanques de producción.

La alimentación del copépodo se realiza con algas microscópicas, sobre todo *Rhodomonas* e *Isochrysis*, con temperaturas que oscilan entre los 16 ó 18 °C.

Contenido

1. Cultivo de *Acartia*
2. Cultivo de *Tisbe*
3. Cultivo de *Tigriopus*
4. Cultivo extensivo y recolección

2 CULTIVO DE TISBE

La especie más cultivada es *Tisbe holothuriae*, que es bastante apropiada para el cultivo ya que soporta elevadas densidades, tolera un amplio rango de condiciones ambientales, presenta un elevado potencial reproductivo y puede aceptar distintas fuentes de alimentación, como, p. ej., levadura, diversos vegetales, algas unicelulares como *Skeletonema costatum*, carne de mejillón triturada, etc.

El cultivo se efectúa a 20 ó 22 °C, ya sea en flujo abierto o cerrado. En volúmenes pequeños pueden alcanzarse densidades superiores a los 100 copépodos/ml, aunque en los volúmenes mayores las densidades obtenidas son bastante inferiores. Esto se debe a que requieren una relación superficie/volumen bastante elevada.

Tisbe holothuriae presenta un tamaño muy apropiado para la alimentación larvaria, ya que:

- Los nauplius tienen una anchura que oscila entre las 50 y las 100 μ .
- Los copepoditos oscilan entre 100 y 180 μ .
- Los adultos tienen una anchura superior a las 180 μ .

Esta circunstancia ofrece la posibilidad de ir utilizando sus distintos estadios de desarrollo según va creciendo la larva de peces a la que se va a servir de alimento.

3 CULTIVO DE TIGRIOPUS

Tigriopus japonicus es posiblemente el copépodo más cultivado a nivel industrial, fundamentalmente en

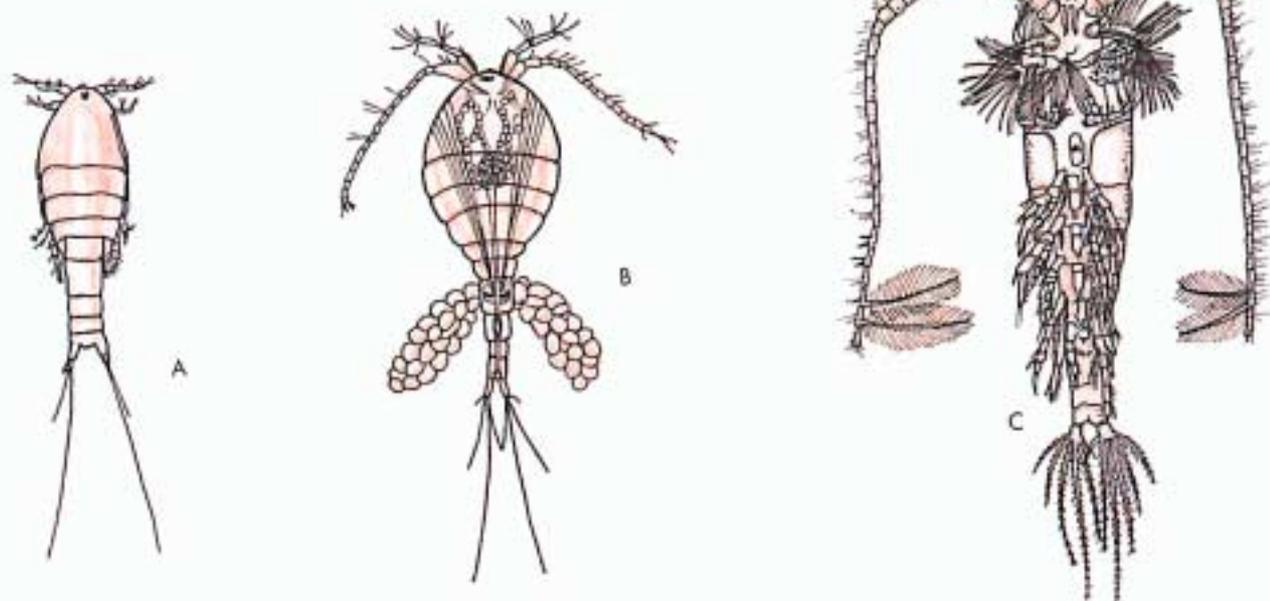
Japón. Su cultivo suele realizarse en combinación con el rotífero, en tanques exteriores muy grandes de hasta 200 metros cúbicos.

La alimentación se realiza con algas unicelulares del género *Chlorella* y levadura. En estas condiciones, el cultivo se puede mantener hasta 2 ó 3 meses con concentraciones de 160 rotíferos por mililitro y unos 200 copépodos por litro.

4 CULTIVO EXTENSIVO Y RECOLECCION

En algunos países como Noruega, el cultivo de copépodos suele realizarse bajo el régimen de cultivo extensivo. Para ello se utilizan grandes estanques que se llenan con el agua del mar y en los que se introduce un bloom fitoplanctónico mediante el abonado del agua. Posteriormente a éste, se produce el bloom de zooplancton. Suelen utilizarse compuestos selectivos que matan a los posibles depredadores, sin afectar al fitoplancton y al zooplancton.

En algunas ocasiones, lo que se hace es recolectar zooplancton directamente del mar mediante bombas de trasego. El agua de mar se pasa por un sistema de mallas de tal modo que el zooplancton recolectado quede retenido en ellas. Este zooplancton capturado consiste sobre todo en copépodos y suele utilizarse directamente para la alimentación larvaria de los peces cultivados, aunque también puede estabularse en tanques durante unos días, hasta el momento de su utilización.



A. Capépodo Harpacticóide, *Tigriopus brevicornis*. B. Capépodo Ciclopóide, *Macrocyclus albidus*. C. Capépodo Calanoíde, *Calanus* sp.

Cultivo de copéodos

- El cultivo de copéodos es bastante dificultoso.
- Los copéodos harpacticoides se adaptan mejor al cultivo.
- Los copéodos más cultivados son Tisbe y Tigriopus.
- El cultivo extensivo es más fácil.
- El cultivo extensivo se basa en provocar un bloom de fitoplácton.
- Los copóodos pueden recolectarse directamente del mar.

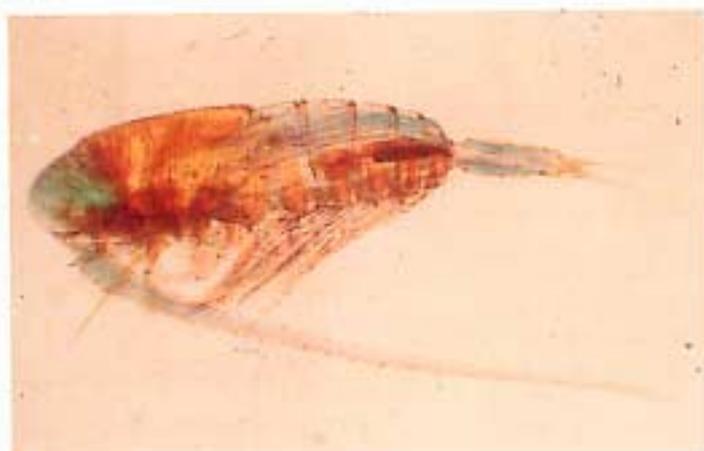
Ecología de los copéodos

Desde un punto de vista ecológico, los copéodos tienen una extraordinaria importancia en el medio marino e, incluso, en las aguas dulces. Muy a menudo son el primer escalón de consumidores primarios en la cadena trófica de grandes áreas del océano. Por dicha razón, pueden llegar a ser el grupo de animales más abundante y ostentar la mayor proporción de biomasa animal total de una zona determinada. Su número es, prácticamente, incalculable.

Hay especies de copéodos, como el conocido Calanus, que son la dieta principal de gran número de peces de interés comercial como p. ej., la sardina, el arenque, el bacalao e, incluso de las ballenas.

Características de los copéodos

- Crustáceos de pequeño tamaño.
- Sin caparazón.
- Conservan el ojo nauplio aún de adultos.
- Un solo par de maxilípedos, unirrámeos.
- 4 pares de apéndices torácicos, birrámeos.
- 5º par de patas reducido.
- Muy numerosos y ampliamente distribuidos en los medios acuáticos, tanto marinos como dulceacuáticos.
- Entre ellos abundan especies libres, simbióticas y parásitas.



Copéodo.

Actividades

Autoevaluación

1 Cubre el siguiente cuadro señalando la característica más frecuente que corresponde a cada uno de los grupos de copépodos:

	CALANOIDE	HARPACTICOIDE	CICLOPOIDE
Planctónico/ Bentónico			
Primeras antenas: Largas/cortas			
Segundas antenas: Unirramias/Birramias			

2 Señala tres razones que fundamenten el hecho de que los copépodos harpacticoides *Tisbe* y *Tigriopus* sean los más empleados en acuicultura.

3 Señala tres ventajas y tres inconvenientes de:

- A. Cultivo extensivo, al modo noruego
- B. Recolección directa del agua de mar
- C. Cultivo intensivo

Aplicaciones

1 Si tuvieras que montar un criadero de peces, p. ej., rodaballo, en Galicia ¿Qué zooplancton elegirías ? :

Artemia, Rotíferos, Copépodos

2 ¿Crees posible, la recolección directa del mar de copépodos en cantidad suficiente para sostener un criadero de peces de mediano tamaño? ¿Por qué?

3 ¿Qué relación existe entre:

- A. Cultivo zooplanctónico y destete de peces cultivados
- B. Bloom fitoplanctónico y Bloom zooplanctónico
- C. Cultivo en flujo abierto y densidad de cultivo