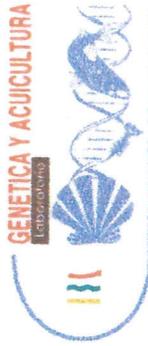


V.3 MA A

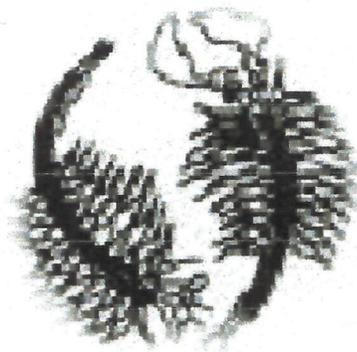
FIA-co-V-2002-1-D-019



Manual de campo para la producción masiva de quistes y biomasa de *Artemia* en salinas comerciales

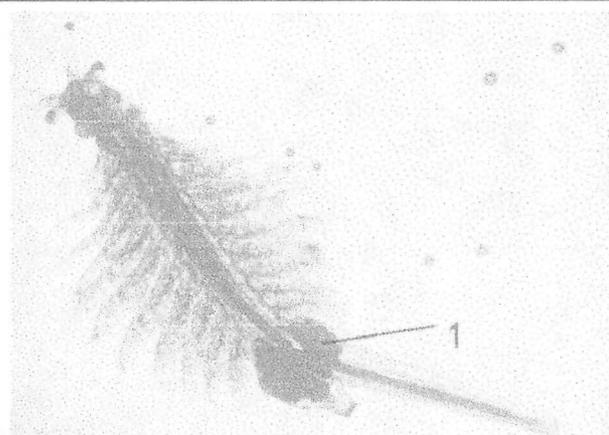


Gonzalo Gajardo Gálvez
Patricia Beristain Ruiz
Mauricio Martínez Cortés



Pichilemu, 2003

El crustáceo *Artemia* (o camarón de salmuera): un organismo primitivo de gran utilidad para diferentes procesos productivos



Hembra de *Artemia*. 1 señala el saco ovígero

¿Que son las *Artemias*?

Un crustáceo muy antiguo, primitivo (género *Artemia*), cuyo origen sería el área del Mediterráneo en Europa. Este organismo, también conocido como "camarón de salmuera", se distribuye en ambientes hipersalinos de todo el mundo, con excepción de la Antártida. Es decir en lagos o lagunas con salinidad muy superior a la del mar. Estos ambientes son poco adecuados para la mayor parte de los organismos que no están adaptados a condiciones tan especiales.

¿Dónde encontramos naturalmente a este organismo?

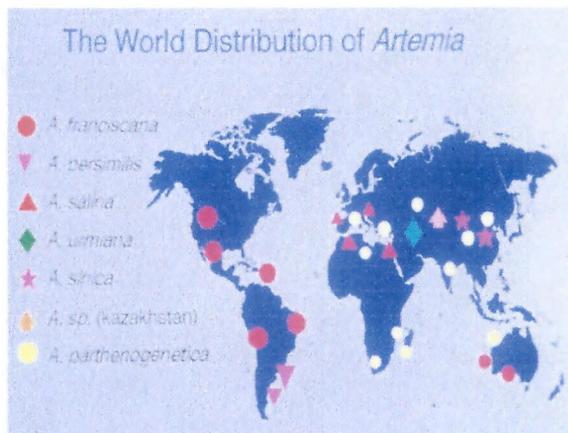
El crustáceo *Artemia* se distribuye en ambientes acuáticos de zonas cálidas, con alta tasa de evaporación producto de la intensa radiación solar y con poca lluvia, condiciones que favorecen la presencia de lagos y lagunas con alta salinidad (hipersalinas). Estas condiciones se encuentran habitualmente en zonas tropicales o sub-tropicales.



Lago hipersalino (Natural)



Salina

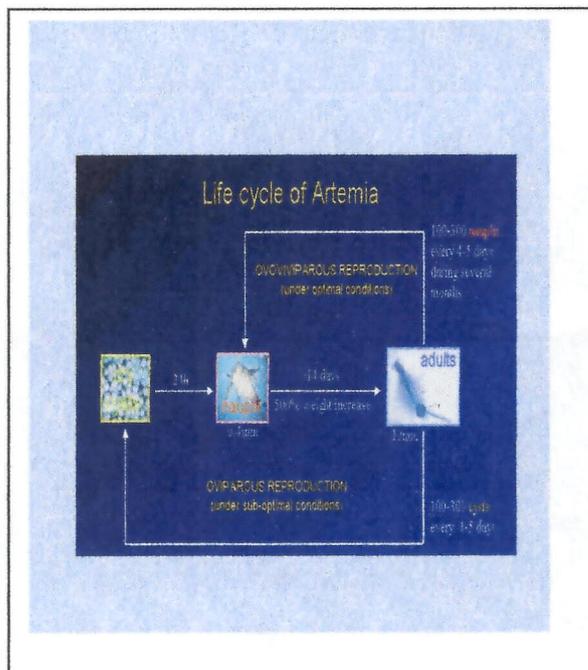


Distribución de diferentes especies de *Artemia* en el mundo. En América Norte, Centro y Sur; África, Europa, Asia y Oceanía

Hemos encontrado *Artemia* en los siguientes lugares de Chile:

Yape (Iquique)Laguna costera
 Salar de Llamara.....Lagunas interiores
 Salar de Atacama.....Lagunas interiores
 Los Vilos.....Laguna Costera
 Pichilemu.....Salinas de Cahuil
 Torres del Paine.....Laguna costera

UN ORGANISMO CON UN CICLO DE VIDA PREPARADO PARA CUALQUIER SORPRESA



El ciclo de vida (figura de la izquierda representa los componentes de este ciclo para *Artemia*) es la mejor respuesta que ha encontrado una especie para vivir en armonía con su ambiente. Es decir para sobrevivir o no desaparecer. ¿Cuáles son las eventuales sorpresas para *Artemia*?

- Cambios en salinidad
- Cambios de temperatura
- Predadores
- Tipo de laguna (permanente o estacional).
- Disponer de alimento
- Compuestos químicos del agua

Sobrevivir o morir es la consigna

Componentes del ciclo de vida en *Artemia*

The diagram illustrates the life cycle of *Artemia* in five numbered stages:

- 1**: A cluster of small, light-colored, oval-shaped embryos and eggs.
- 2**: Three larger, yellowish, spherical eggs, one of which is hatching, showing a small, pale, umbrella-like nauplius emerging.
- 3**: A newly hatched nauplius, a small, translucent, umbrella-shaped organism with long antennae.
- 4**: A nauplius after approximately 15 molts, appearing more elongated and complex in structure.
- 5**: A fully developed adult *Artemia*, a larger, more complex organism with a prominent, feathery tail fan.

1) **Embrión, huevos (cistos o quistes).** El comienzo de todo ser vivo es habitualmente el embrión. En el caso de *Artemia* el embrión parece un polvo pues está prácticamente deshidratado y cubierto por el corión o cubierta protectora. Es uno de los pocos seres vivos que puede permanecer en este estado por incluso varios años.

2) **Eclosión.** El momento cuando se produce el "nacimiento" de una larva (en este caso hablamos de un nauplio). A este estado se le denomina "paraguas" pues el embrión al salir de la cubierta (corión) se parece a un paraguas.

3) **Nauplio** recién eclosionado

4) Alrededor de 15 mudas requiere el nauplio para transformarse en un **adulto (5)**

Una hembra puede producir quistes o nauplios de manera alternativa



Las hembras pueden producir cistos o nauplios alternativamente ¿Porqué?

No se sabe bien porqué, pero normalmente en circunstancias desfavorables las hembras producen cistos y no nauplios. En condiciones favorables tienden a producir nauplios. El gran misterio es saber cuales son las condiciones desfavorables que inducen la producción de quistes.

hembras con ovisaco con nauplios (izquierda) y quistes (derecha).



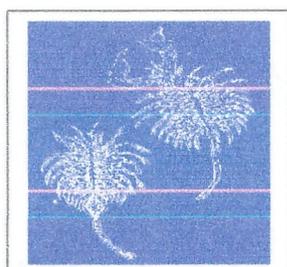
Vida a Partir del polvo



Los cistos de *Artemia* parecen un verdadero polvo del cual es posible entonces obtener vida, luego de 24 horas de hidratación. En cierto períodos los cistos son muy abundantes en lagos y lagunas hipersalinas como se observa en la foto de la izquierda. Normalmente el viento los lleva a la orilla desde donde son "cosechados", o también pueden ser cosechados mediante redes, como se observa en la foto.

Cuántas especies de *Artemia* existen

Antes de saber cuántas especies de *Artemia* existen es necesario entender en que parte del universo de seres vivos encontramos a estos crustáceos:



Phylum: Artrópodo

Clase: Crustácea

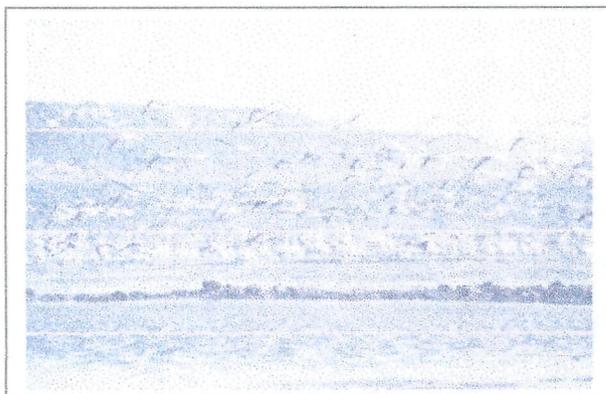
Subclase: Brachiopoda

Orden: Anostracodo

Familia Artemidae.

Los crustáceos (como el cangrejo, la langosta el langostino) se encuentran entre los animales de mayor éxito, ya que dominan los mares, en gran medida como los insectos dominan la tierra. Como todos los artrópodos, los crustáceos tienen un esqueleto externo (exoesqueleto) y su cuerpo está formado por una serie de segmentos en donde hay que destacar la cabeza, el torax y abdomen.

Dispersión



Los pájaros que habitan en lagunas hipersalinas, habitualmente flamencos, son el medio natural de dispersión de los cistos de *Artemia*. Otro medio de dispersión natural es el viento.

El hombre ha sido también causante de introducción de *Artemia* en diferentes ambientes para su utilización económica

¿Qué es una especie y cuántas especies de *Artemia* existen?

Una **especie** es:

- 1) Una unidad ecológica puesto que significa que todos sus miembros están adaptados a ciertas condiciones ambientales. En el caso de *Artemia* a ambientes hipersalinos, como ya se ha mencionado.
- 2) Una unidad genética. Esto significa que todos los individuos comparten, a pesar de sus variaciones individuales, características genéticas que le son comunes o propias. En términos simples esto significa que del cruzamiento entre *Artemias* sólo resultan *Artemias*, así como del cruzamiento entre seres humanos resultan seres humanos. Para que esta unidad genética se mantenga los individuos de una especie están aislados reproductivamente ("no se cruzan") de individuos de otras especies. Las especies están constituídas de poblaciones las que pueden variar ampliamente dentro de los límites que caracterizan a la especie.
- 3) Una unidad evolutiva. La especie es un conjunto de poblaciones muchas de las cuales pueden desaparecer pero lo que siempre perdurará en el tiempo es la especie.

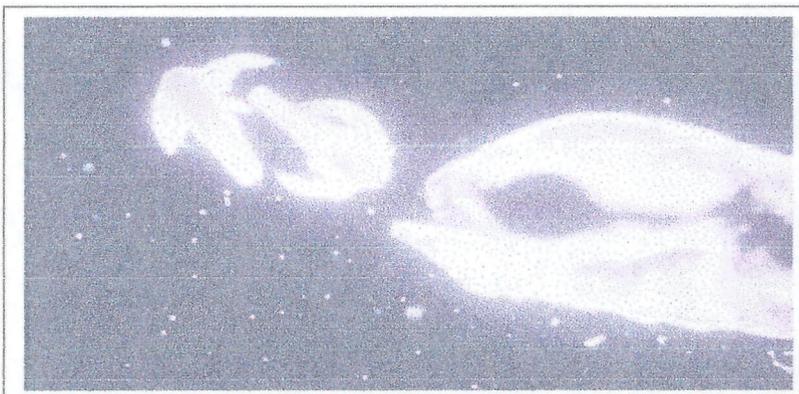
- Existen al menos 6 especies bisexuales de *Artemia* en diferentes partes del mundo. El primer elemento de diferenciación es la morfología, el tipo de agua en la cual habitan, sus características genéticas, su distribución, etc.
- Es destacable en las especies de *Artemia* la gran variabilidad entre poblaciones lo que significa que en general las *Artemias* están adaptadas a un rango muy específico de medios ambientes. De aquí que sea de gran importancia trabajar con las cepas de *Artemia* locales.

Utilidad de *Artemia*

- I. Dieta viva para el cultivo de peces y camarones
- II. Comercio de cistos
- III. producción de sal
- IV. Fuente de proteínas y de otros componentes nutritivos
- V. Componente de cremas de belleza
- VI. Pigmentos

Artemia como dieta viva

Una larva de pez se prepara
Para comer un nauplio de
Artemia.



Nauplios de *Artemia* se utilizan como alimentos para los estados larvales de peces marinos los cuales no son capaces de utilizar una dieta artificial debido a que su sistema digestivo no es funcional. La dieta viva, en este caso *Artemia*, proporciona además de los nutrientes algunas enzimas necesarias para la utilización del alimento.

Producción de sal

La viabilidad económica de la producción de sal en las salinas está ampliamente influenciada por el plancton, la densidad de microalgas marinas, las halobacterias (bacterias que toleran altas concentraciones de sal) y por último la presencia de *Artemia* en los estanques evaporadores.

La interacción y balance biológico entre algas productoras, algas bentónicas y el consumidor primario, *Artemia*, es de vital importancia en este ambiente. *Artemia* filtra las algas unicelulares y partículas en suspensión, contribuyendo a producir cristales de sal limpios de buena calidad. Por su parte las bacterias funcionan como agentes de reciclaje de nutrientes. El ciclo de producción de *Artemia* en la salina es el siguiente: estanque inicial que recibe agua de mar (50 gr. De sal por litro) permite el cultivo de peces; ii) estanque 2 (100 gr. Sal por litro) *Artemia* se reproduce por nauplios (ovoviviparamente); iii) estanque 3 (150 gr. Sal por litro) reproducción por nauplios, iv) estanque 4 (200 gr. Sal por litro): *Artemia* se reproduce oviparamente (hembras producen quistes principalmente los cuales se acumulan en los bordes del estanque, según la dirección del viento). A 250 gr. De sal por litro las *Artemias* empiezan a morir y posteriormente ocurre la precipitación de la sal.

Morfología de *Artemia*

Quistes

Los quistes son embriones que se mantienen en estado de dormancia (durmiendo) hasta que las condiciones del ambiente son óptimas para romper la cáscara. Cuando están secos se ven arrugados, mientras que cuando están húmedos son redondos.

Embrión

Una vez que el embrión rompe la cáscara comienza a transformarse (cambiando de forma). La primera forma se le llama "paraguas", luego se les llaman larva nauplii.

Nauplii

La larva nauplii es de color anaranjado y presenta sólo un ojo. Luego de pasar por 15 transformaciones se convierte en un juvenil.

Adulto de *Artemia*:

Un organismo adulto puede llegar medir hasta 2 cm. Los machos tienen un gran par de antenas las que sirven como ganchos durante el periodo de apareamiento. La hembra tiene un saco. Dentro del saco están las larvas nauplii y/o los quistes.

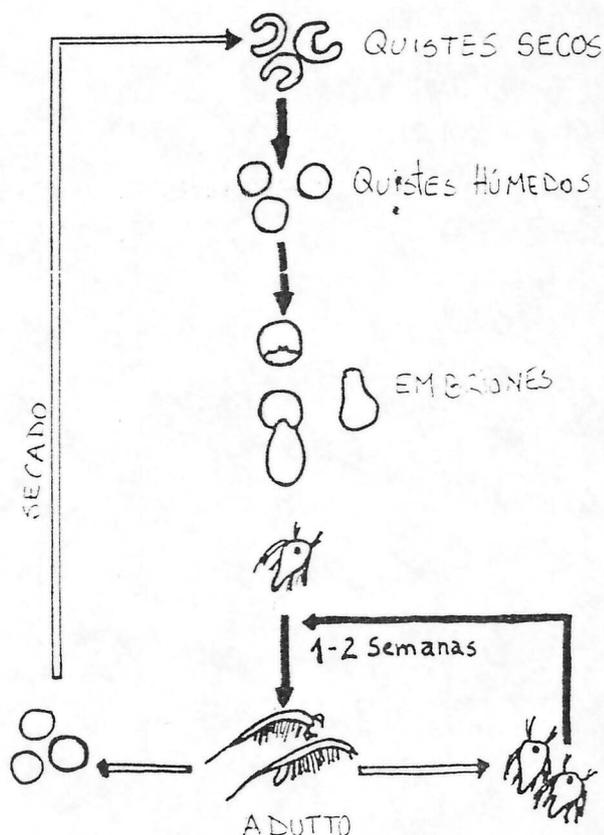


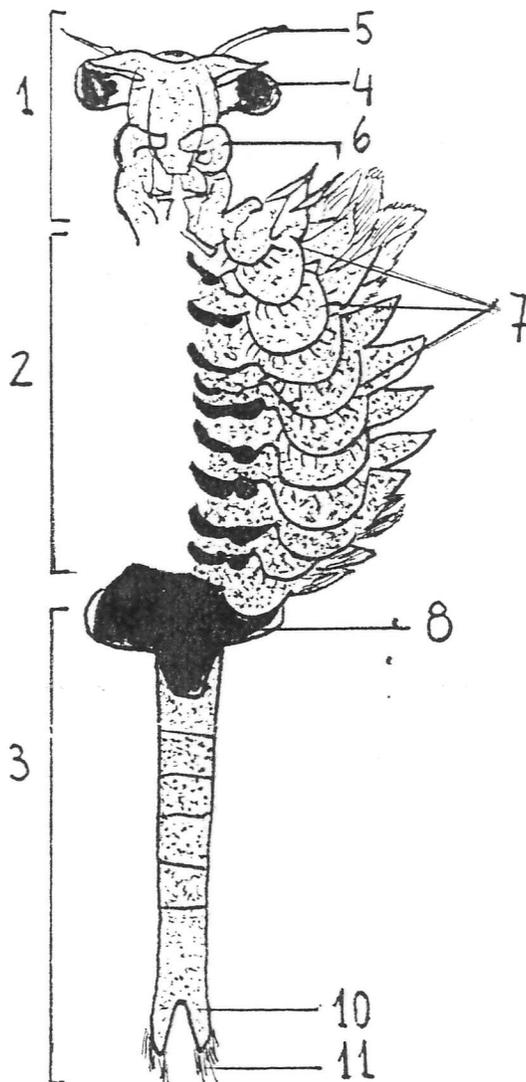
Figura : Estadios de desarrollo de *Artemia*

Reconozcamos las principales partes del cuerpo de *Arteria*.

Cabeza: En ella podemos encontrar los ojos, las antenas y las mandíbulas.

Abdomen: Los 11 pares de toracópodos le permiten movilizarse, respirar y mover el agua facilitando la captura del alimento. En las hembras el útero puede ser casi transparente (nauplii) o de color café oscuro (quistes). El macho tiene un par de penes.

Cola: El estómago ocupa gran longitud, y las setas (pelos) presentan hermosas formas. El número de setas varía de un organismo a otro.



Fuente: Amat, 1992

Figura : Adulto de *Artemia*:
 1. Cabeza; 2. Abdomen; 3. Cola;
 4. Ojos, 5. Antena; 6. Mandíbulas,
 7. Toracópodos; 8. Útero (hembra);
 9. Ganchos (macho); 10. Furca;
 11. Setas

Artemia y sus aplicaciones

Metodología para la recolección de quistes y biomasa de *Artemia*.

A. Quistes de *Artemia*

La calidad de los quistes de *Artemia* depende principalmente de la manera en que son procesados, por lo que la eliminación de material no deseado debe ser prioritaria. Además de la pureza, el contenido de agua de los quistes es un importante criterio que marca la calidad. La condición ideal es que los quistes tengan menos de un 10% de humedad. Por lo tanto, una vez que los quistes han sido limpiados deben ser cuidadosamente secados, para ser envasados posteriormente.

1. Cosecha de los quistes.

Los quistes de *Artemia* deben ser cosechados lo antes posible desde a superficie de los estanques, preferentemente durante la mañana. Para colectar los quistes se debe utilizar una red (Figura). Esta red debe ser construida de manera que impida el paso de *Artemias* adultas y otros materiales (hojas, plumas, etc), pero que asegure la captura de los quistes. Por ello debe estar construida con dos tipos de redes 500 micras y 120 micras.

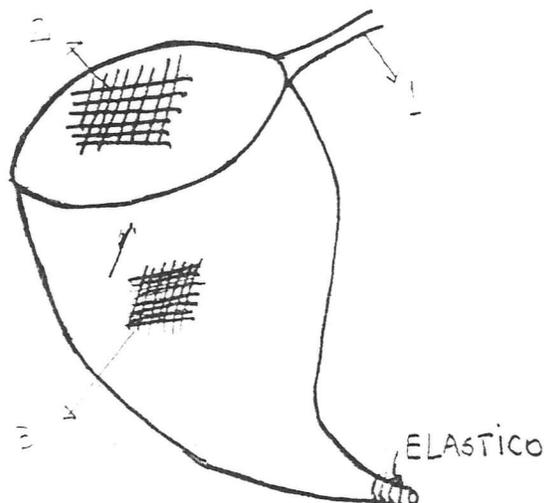


Figura : Red para colectar quistes.

1. Mango; 2. Red de 500 micras; 3. Red de 120 micras; 4. Elástico

Cuando coseche tenga en cuenta que:

- Los quistes de color blanco o muy pálidos no están protegidos contra la luz solar y su calidad es dudosa.
- Los quistes que están en el borde de los estanques se secan y son llevados por el viento.
- Los quistes que se acumulan en el borde de los estanques se secan y humedecen varias veces lo que reduce la energía lo que se refleja, por ejemplo en el porcentaje de eclosión.

Los quistes cosechados pueden ser almacenados en estanques con salmuera y agitados una vez al día. La presencia de cristales en el fondo de los estanques asegura un exitoso almacenaje. Sin embargo, los quistes no pueden ser almacenados en salmuera más de 1 mes, y debe entonces continuar con los pasos de limpieza, secado y envasado.

2. Limpieza

El proceso de limpieza considera la separación de quistes y desechos utilizando salmuera y agua dulce. Primero los quistes son mantenidos en estanques con salmuera y aireación hasta 24 horas. Este proceso permite que las partículas más pesadas se vayan al fondo. Los quistes que permanecen flotando son colectados y trasladados al estanque esta vez con agua dulce. En este proceso los quistes no deben permanecer más de 15 minutos, de otro modo los quistes se hidratarán y activando su metabolismo y futura eclosión. Esta vez los quistes se encontrarán en el fondo del estanque y los desechos flotando (Figura).

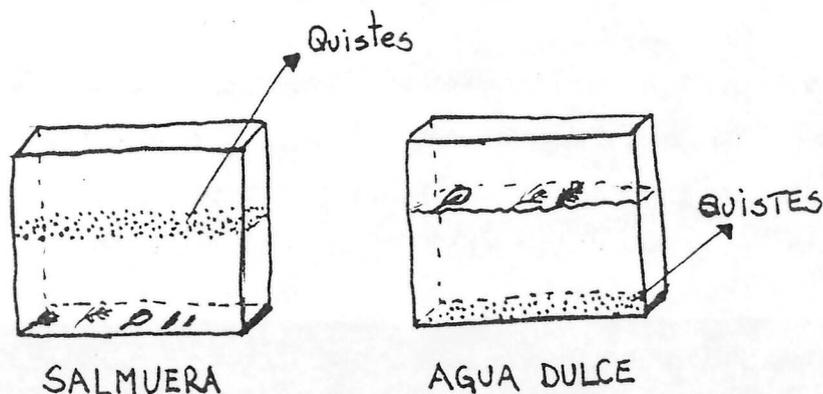


Figura : Limpieza de quistes de *Artemia*

3. Secado

Para el proceso de secado se requiere de un secador. Este secador debe ser construido con un genero fino (por ejemplo batista) que permita dispersarlos en finas láminas (3 a 5 milímetros de grosor), moverlos continuamente y posibilite un buen intercambio de aire. El secado debería realizarse en un periodo de entre 2 y 3 días, aunque esto depende de las condiciones climáticas de cada localidad. Una vez que el peso de los quistes no varía entre un día y otro, el porcentaje de humedad fluctúa entre 8 y 10% y pueden ser envasados para su futura comercial.

Recuerde:

- Los quistes nunca deben ser expuestos directamente al sol durante el proceso de secado, ya que la luz ultravioleta y las temperaturas los dañan.
- Durante la noche, cuando la humedad relativa del aire aumenta, los quistes deben ser guardados y continuar al día siguiente el proceso de secado.

4. Envasado y almacenamiento.

Una vez que los quistes son secados y envasados su calidad no será alterada durante 1 año y no es necesario mantenerlas refrigeradas. Sin embargo si el periodo de almacenaje es mayor deberían ser envasado al vacío y mantener a bajas temperaturas (como por ejemplo las vienasas).

B. Biomasa de *Artemia*

1. Cosecha

Los adultos de *Artemia* pueden ser colectados manualmente con redes. Alternativamente, las redes pueden ser instaladas en la salida de los estanques y la biomasa es cosechada cuando el agua pasa de un estanque al próximo. El tamaño de la red utilizada dependerá de la cantidad de *Artemia* presente en las instalaciones.

En la construcción de la red deberá tener en cuenta:

- Use una red con una abertura de 1 a 2 milímetros para seleccionar adultos y juveniles.

- Utilice una malla de menor abertura al final de la red para evitar que los organismos se destruyan.
- Si la red es instalada a la salida del estanque vacíelas cada una hora.

2. Proceso

Según la forma de comercializar adultos de *Artemia* se puede optar por los siguientes métodos:

A) Uso de *Artemia* como alimento de peces dentro de 12 horas post-cosecha:

- Trasladar la biomasa a estanques con aireación.
- Lavar la biomasa con abundante agua dulce.
- Trasladar la biomasa a frascos o estanques con agua de mar a una densidad máxima de 300g de biomasa por litro de agua de los estanques de cultivo.

B) *Artemia* como alimento de peces dentro de 24 horas post-cosecha (Figura)

- Traslade la biomasa a estanques con aire.
- Lave la biomasa con abundante agua dulce.
- Prepare bolsas de plástico de 9 litros de capacidad llenándolas con 3 litros de agua de los estanques de cultivo.
- Agregue los individuos a una densidad de 100 gramos por litro de agua.
- Llene el resto de la bolsa con oxígeno y cierre con un elástico.
- Trasládelos a cajas de plumavit con hielo.

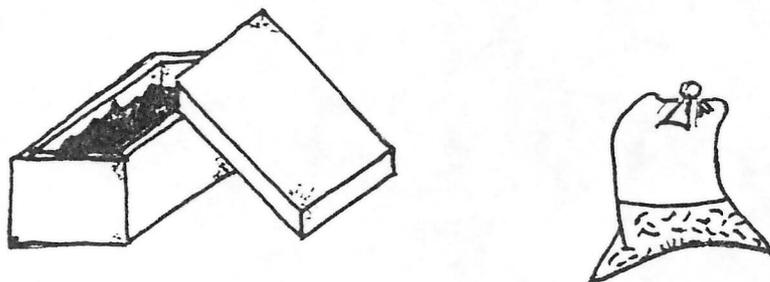


Figura : Metodología para el traslado de biomasa *Artemia*

C) *Artemia* seca para la fabricación de dietas de peces o crustáceos:

- Utilice cámaras de frío donde la temperatura baja rápidamente (no es factible en este caso)
- Se pueden secar durante los meses de verano en los cuales la temperatura ambiente es alta. Sin embargo, debido a la luz solar los organismos cambian de color (negro) perdiendo calidad. La construcción de secadores, como los utilizados para el secado de frutos y especias puede ser una buena opción.

Cosecha, procesamiento y secado de quistes de *Artemia*

A. Cosecha de quistes

Materiales

- Quistes de *Artemia* colectados en las salinas de Cáhuil.
- Malla (400 micras)
- Salmuera
- Frascos (1/2 o 1 litro)

Procedimiento

- Con un tamiz colecte los quistes presentes en la superficie del agua de los estanques sancochador o resancochador.
- Traslade los quistes colectados a los frascos con salmuera.

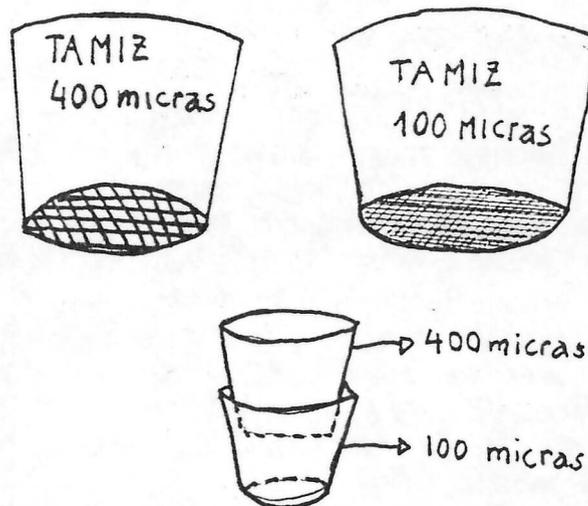


Figura : Tamices

B. Limpieza

Materiales

- Mangueras
- Tamiz (100micras)
- Tamiz (400micras)
- Bomba de aire
- Salmuera
- Agua dulce
- Batea de acrílico transparente.
- Género (saco de harina)
- Balanza
- Bolsas plásticas

Procedimiento

- Lave los quistes colectados rápidamente (menos de 5 minutos) con abundante agua dulce utilizando los tamices (Figura).

- Observe el tamiz de 400 micras, en el podrá encontrar plumas, hojas y basuras.
- Observe el tamiz de 100 micras, en el podrá observar los quistes de *Artemia*. Traslade los quistes colectados a la batea y manténgalos durante 5 a 10 minutos en salmuera y con abundante aireación. Observe que aún permanecen algunos desechos, los que se irán al fondo de la batea, mientras que los quistes de buena calidad permanecerán en la superficie.
- Traslade con una manguera (sifoneando) los quistes que encuentra en la superficie del estanque a la batea con agua dulce y abundante aireación. Manténgalos en la batea durante 15 minutos.

- Observe que esta vez los desechos se encuentran en la superficie de la batea mientras que los quistes están en fondo de ella.
- Colecte con una manguera (sifoneando) los quistes desde el fondo y trasládelos directamente a un trozo de género (bolsa de harina).
- Estruje la bolsa para eliminar el exceso de agua. En la balanza pese la bolsa con los quistes colectados y anote el valor.

A. Secado

- Deje secar los quistes recolectados sobre el secador durante algunos días (Figura). Suavemente mueva el género varias veces al día para facilitar el secado.

- Pese cada día la bolsa y anote.

Peso de la bolsa con los quistes=

Día 1=.....

Día 2=.....

Día 3=.....

Día 4=.....

Día 5=.....

- Una vez que el peso de la bolsa no varíe entre un día y otro, envase los quistes en bolsas plásticas. Anote siguientes datos en la bolsa:

Fecha de colecta:.....

Lugar de colecta:

.....

Gramos de quistes:.....

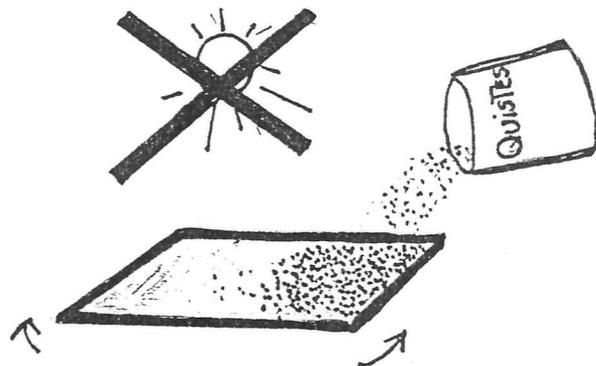
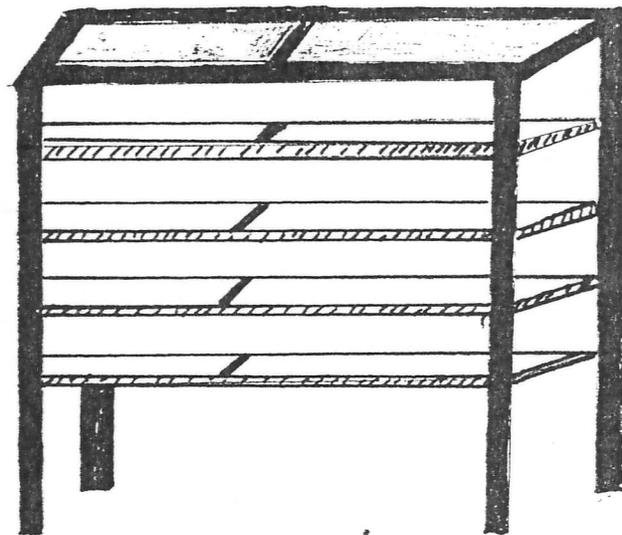


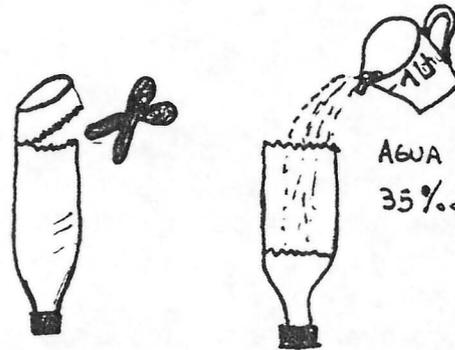
Figura : Secador de quistes de *Artemia*

Determinación de las características de eclosión de quistes de *Artemia*

A. Eclosión de quistes bajo condiciones estandarizadas.

Materiales:

- Botellas de plástico desechables con tapa.
- Refractómetro
- Una lámpara
- Mangueras de aireación
- Bomba de aire
- Capilares de vidrio
- agua de mar
- Quistes de *Artemia*



Procedimiento

- Corte la base de las botellas de manera parezca un embudo.
- Mide con un refractómetro la salinidad del agua de mar que vas a utilizar
- Llene cada botella con 1 litro (1 litro= 1000 mililitros) de agua de mar
- Conecte las mangueras a la bomba de aire. Observa que el agua al interior de las botellas está burbujeando (aire)
- Pese 2 gramos de quistes de *Artemia* y viértelos en la botella.
- Instale la lámpara cerca de las botellas para que reciban luz

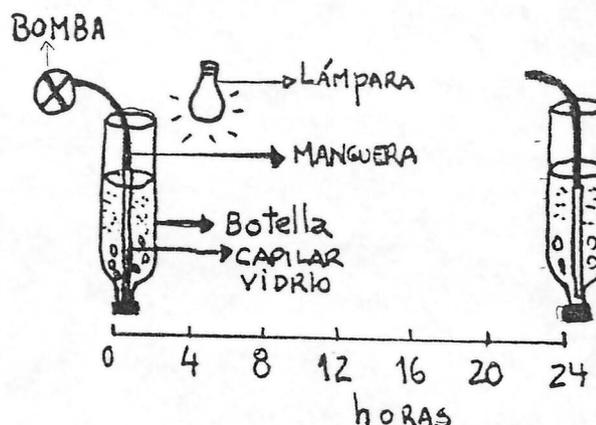


Figura : Eclosión de quistes de *Artemia* bajo condiciones estandarizadas.

B. Tamaño de los quistes de *Artemia*

Materiales:

- Placa de vidrio (placa Petri)
- Microscopio
- Papel milimetrado
- Objetivo graduado
- Capilares

Procedimiento

- Después que los quistes han estado 2h en las botellas con agua de mar tome con un capilar un par de gotas de agua y échelas en un placa Petri.
- Observe que ahora casi todos los quistes son redondos. Observe también sus colores y formas. Podrá ver que algunos están rotos, otros son casi blancos y que son de distinto tamaño.
- Ayudados con un microscopio y una cámara de vídeo los guías le mostrarán como medir los quistes (Figura).
- Anote las medidas que hizo.

Quiste 1:.....

Quiste 2:.....

Quiste 3:.....

Quiste 4:.....

Quiste 5:

Quiste 6:.....

Quiste 7:

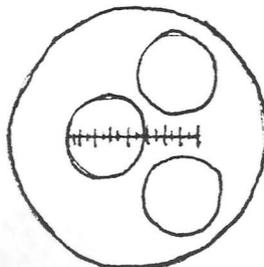
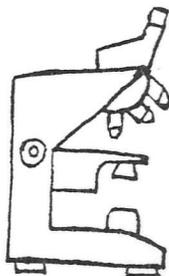


Figura : Medición de quistes.

Determinación de la eficiencia y porcentaje de eclosión de quistes de *Artemia*

Materiales

- Lugol
- Placas Petri
- Micropipeta
- Papel milimetrado
- Lupa
- Capilares
- Clorinda
- Calculadora

Procedimiento

- Luego que los quistes han estado 24 horas en las botellas con agua de mar, luz y aire, con un capilar tome una muestra del agua y deposítela en la placa Petri.
- Agregue unas gotas de lugol y observe en la lupa.
- Podrá ver distintas formas: encontrará quistes que aún no eclosionan, embriones en estado de "paraguas" y larvas nauplii de *Artemia*.
- Con una micropipeta tome una muestra (0.1 ml) de agua de las botellas y deposítela en la placa Petri.
- Cuente el número de nauplii que puede observar.

Número de larvas nauplii:

.....

- Agregue a la misma placa unas gotas de clorinda. Ahora observe nuevamente con la lupa. Verá que algunos quistes son de color naranja intenso. Estos son los embriones. Cuente el número de embriones que ve en la placa.

Número de embriones

.....

- La eficiencia de eclosión indica el número de nauplii que eclosionan por cada gramo de quistes que fue usado.

Para calcular necesitamos recordar:

- ¿ Cuántos mililitros de agua de mar hay en cada botella?
-

- ¿ Cuántos gramos de quistes se agregaron en cada botella?
-

- ¿ Cuántos mililitros de agua de muestra fueron usados?
-

- Cálculo de la Eficiencia de Eclosión (EE):

$$EE = \frac{N \times V \text{ (ml)}}{M \times C \text{ (ml)}}$$

N= Número de nauplii

V= mililitros de agua de mar

M= mililitros de agua de la muestra

C= gramos de quistes utilizados

- Cálculo del porcentaje de Eclosión (%E):

$$\%E = \frac{N \times 100}{N + E}$$

N= Número de nauplii

E= número de embriones

- Observe el ejemplo de la Figura

$$EE = \frac{42 \times 1000}{0.1 \times 2}$$

EE = 210.000 nauplii/gramo de quistes

$$\% E = \frac{42 \times 100}{42 + 9}$$

% E = 82,3 % de los quistes eclosionó

- Ahora utilice los datos obtenidos de las botellas

N =
 V =
 M =
 E =
 C =
 E =

- Calcule la eficiencia de eclosión de los quistes:

$$EE = \frac{N \times V}{M \times C}$$

EE = _____

EE = _____ nauplii/ gramo de quistes

- Calcule el porcentaje de eclosión de los quistes

$$\% E = \frac{N \times 100}{N + E}$$

$$\% E = \frac{\quad \times 100}{+}$$

% E = _____ % de los quistes que eclosionó.

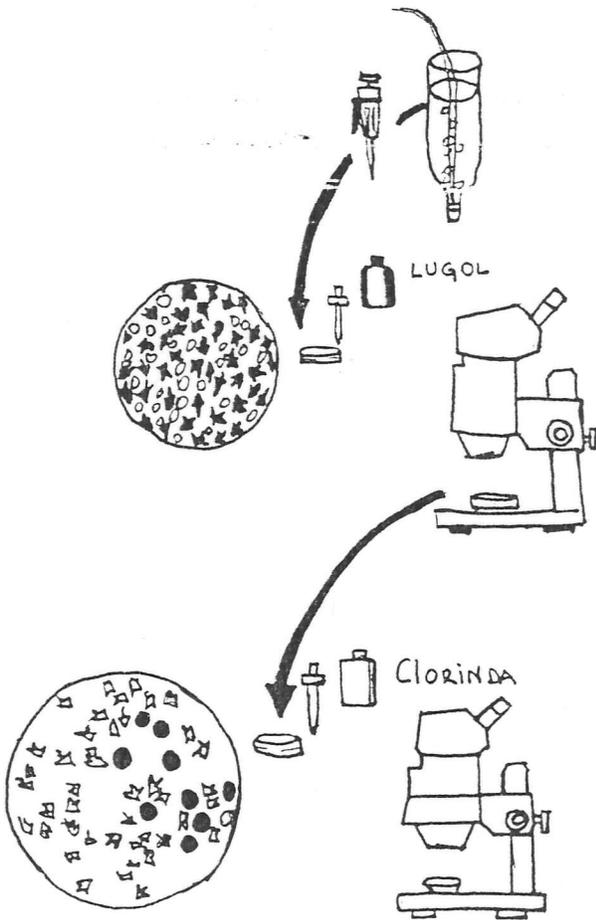


Figura : Conteo de larvas y embriones de *Artemia*.

Importancia de la *Artemia* en la explotación de salinas

1. Poblaciones naturales de *Artemia* en las salinas

Durante siglos, miles de hectáreas han sido destinadas para producir sal en distintos lugares del mundo. Las pequeñas instalaciones salineras sólo funcionan durante unos pocos meses del año, cuando el balance evaporación/precipitación es positivo. Durante los meses de invierno, las salinas son abandonadas aunque en países asiáticos las instalaciones pueden ser utilizadas temporalmente para el cultivo de peces y camarones.

Al comienzo del ciclo, los estanques son llenados con agua de mar por gravedad o utilizando bombas de agua. La distribución del agua desde un estanque a otro se hace a través de tuberías o diques, permitiendo así un mayor control del nivel de agua y de la salinidad. Durante el paso del agua desde un estanque a otro los carbonatos (contaminantes como el CaSO_4) precipitan en los primeros estanque, y los cristales de sal libres de material contaminante precipitarán finalmente en el cristalizador.

La calidad de la sal es afectada por las condiciones climáticas del lugar. Debido al efecto del sol y de alimento disponible, pequeñas algas (microalgas) se encuentran en abundancia en las instalaciones salineras. Las microalgas son beneficiosas ya que aseguran una mayor absorción de calor, aumentando la evaporación y la producción de sal. Sin embargo, si las microalgas no son eliminadas tempranamente desde los estanques, sus productos de excreción así como las microalgas muertas provocarán que la salmuera sea de color negro, reduciendo la densidad de la salmuera evitando la formación de cristales.

La presencia de *Artemia* en salinas favorece la calidad y cantidad de sal producida porque:

- *Artemia* es un organismo que se alimenta de pequeñas algas (microalgas) (Figura). De esta manera las microalgas son eliminadas en los primeros estanques evitando que se presenten en los cristalizadores.

- Los cristales obtenidos en los cristalizadores estarán libres de impurezas debido a que *Artemia* es un filtrador no selectivo, es decir puede alimentarse de diferentes partículas.
- Los desechos de *Artemia* son una importante fuente de alimento de bacterias que se encuentran en los cristalizadores. Estas bacterias le dan el color rojo al agua y aseguran una mejor absorción del calor, aumenta la temperatura del agua, resultando en una solución más densa lo que resulta en una precipitación más rápida de la sal.

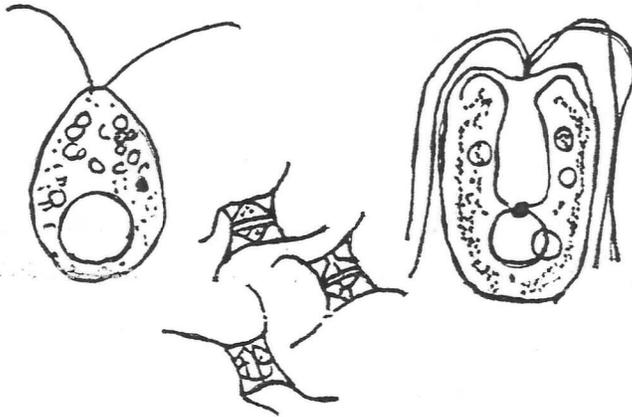


Figura : Microalgas presentes en aguas salinas.

2. Introducción de *Artemia* en salinas

Debido a la disminución en las cosechas de quistes en la principal reserva mundial (Gran Lago Salado, Estados Unidos) y al aumento del precio, se ha llevado a cabo la introducción de *Artemia* para su explotación comercial en distintas partes del. De esta manera, *Artemia* ha sido introducida en países de Asia como Vietnam, Filipinas y Tailandia y en otros de América como Brasil y Perú. La introducción de *Artemia* en estos lugares he tenido resultados económicos y sociales sorprendentes.

3. Consideraciones cuando *Artemia* es introducida en salinas.

Al introducir o inocular *Artemia* en salinas se debe considerar:

- La introducción de nuevas especies de *Artemia* debe ser considerada cuidadosamente, debido a que podrían competir o reemplazar a las poblaciones naturales.
- Se debería introducir organismos que produzcan pequeños quistes y nauplii, debido a que son las más requeridas para la acuicultura.
- Los quistes deben ser eclosionados y las nauplii deben ser sembradas a una densidad de 100 nauplii/litro. A mayor densidad de siembra, el alimento y oxígeno disponible se hace escaso, disminuyendo con ello el crecimiento de *Artemia*.
- Los organismos seleccionados para la introducción deberían tener un crecimiento y reproducción rápida.
- Se debe hacer un seguimiento semanal de los estanques. Se deben tomar muestras de agua de los estanques para ver si hay adultos, quistes o larvas nauplii.

Caso de Estudio 1: Brasil

En el Estado de Rio Grande, en la localidad de Grossos existe una comunidad en la cual familias completas y durante siglos se han dedicado a la explotación de sal. Existen aproximadamente 100 salinas que son explotadas de manera artesanal por familias o pequeñas cooperativas. El tamaño de las salinas varía entre 0.5 a 5 hectáreas y producen entre 200 a 600 toneladas de sal por cosecha. La época de cosecha es de 6 meses en promedio (desde Agosto a Febrero). Después de la cosecha los salineros realizan actividades agrícolas.

Las pequeñas salinas a menudo se encuentran lejos del mar y la captación y manejo del agua se realiza de forma colectiva. La calidad de la sal es baja, con grados de pureza de entre 85 y 90% y está visiblemente contaminada.

A fines de los años 80 grandes empresas, con equipos y máquinas mecanizadas lograron reducir los gastos asociados a la producción. Los pequeños salineros

asociados en una cooperativa (Cooperativa de Desenvolvimento Salineiro de Grossos) vendían su producción juntos para lograr mejores precios. Sin embargo, en 1991 la cooperativa se disolvió y muchos de los salineros abandonaron su tradicional actividad y se dedicaron a la agricultura.

Durante los últimos años se registraron grandes sequías en la zona, lo que significó que la época de cosecha fue prolongada, por lo tanto las grandes empresas aumentaron su producción y sus ganancias. Lamentablemente debido a la sequía los tradicionales salineros (ahora dedicados a la agricultura) sufrieron pérdidas en sus cosechas, afectando fuertemente su condición económica y social.

Los pequeños salineros, con la ayuda del gobierno y universidades, comenzaron un plan piloto de para la producción de quistes y biomasa de *Artemia*. El proyecto abarcó una superficie de 4.5 hectáreas y la construcción de una pequeña planta procesadora. Su situación económica fue afectada positivamente ya que la venta de 1 kilo de quistes procesados equivale al dinero generado por la venta de 3.000 kilos de sal. De esta manera, el proyecto logró maximizar el uso de los recursos disponibles en la zona de una manera amigable con el medio ambiente, haciendo uso de las instalaciones salineras abandonadas y generando beneficios económicos y sociales a la comunidad.

Caso de Estudio 2: Vietnam

Vietnam es un país de Asia donde el arroz, pescados y crustáceos constituyen la principal dieta. Durante los años 80, se inició en este país un acelerado desarrollo de la acuicultura especialmente de camarones para la exportación, principalmente hacia Europa donde alcanzan muy buenos precios. Los camarones necesitan durante las primeras etapas de crecimiento *Artemia* como alimento. Sin embargo, *Artemia* no se encuentra naturalmente en Vietnam, por lo que las importaciones de quistes encarecían los costos de los productores. Por ello en 1982 se inició un plan de introducción (inoculación) de *Artemia* en la zona costera de este país. Luego de la primera introducción, que resultó exitosa, se inició la introducción de *Artemia* en pequeños estanques en tierra. A modo de ejemplo en enero de 1992,

2 estanques fueron sembrados con larvas nauplii de *Artemia* a una densidad de 150 larvas/litro. Luego de 6 días se abrieron las compuertas para permitir la colonización de *Artemia* en los siguientes estanques. El alimento (microalgas) fue distribuido a los estanques por medio de bombas de agua cada 2 o 3 días. Luego de 130 días de cultivo la producción alcanzó los 189 kilos de quistes húmedos/hectárea. La mayor producción fue durante los primeros 2 meses de cultivo. Las cosechas diarias fluctuaron entre 1 y 5 kilos de quistes húmedo/hectárea. Al finalizar la temporada se mantuvo una importante cantidad de quistes para iniciar al año siguiente un nuevo proceso de inoculación.

Uso de *Artemia* en la acuicultura

1. Sistemas de Cultivo utilizados en la Acuicultura

En los últimos años el cultivo de recursos acuáticos ha tenido un gran desarrollo. Las pesquerías mundiales han caído notoriamente debido a la sobrexplotación de los recursos y la destrucción de hábitat, por lo que a sido necesario buscar alternativas de producción. La acuicultura es una actividad milenaria que se dedica a la producción de moluscos, peces, algas y crustáceos para consumo humano. Para ello deben utilizar y desarrollar de técnicas de cultivo así como también de aparatos y sistemas, algunos con altos niveles de tecnología.

Los sistemas de cultivo pueden clasificarse en:

- **Sistemas Extensivos:**
 - los organismos cultivados son mantenidos en densidades bajas
 - no se otorga alimento, sino que los organismos lo obtienen naturalmente del ambiente
 - los costos de mantención y producción son bajos
 - bajos niveles de producción
- **Sistemas Semi-intensivos**
 - densidad de cultivo mayor
 - fertilización de los estanques de cultivo para la producción de alimento (microalgas)
 - aumento de los costos de producción
 - niveles intermedios de producción
- **Sistemas Intensivos**
 - densidad de cultivo alta
 - se otorga alimento
 - altos costos de producción
 - altos niveles de inversión (ingeniería y tecnología)

2. Dietas utilizadas en la acuicultura

Durante los últimos 20 años se ha llevado a cabo una serie de investigaciones para formular dietas artificiales (pellet) para peces y crustáceos. Sin embargo, sólo algunas de las dietas formuladas han sido exitosas a nivel industrial. Todas las estrategias alimenticias usadas en los cultivos comerciales incluyen al inicio del cultivo el uso de alimento vivo. Aproximadamente 20 especies de microalgas son comúnmente cultivadas y utilizadas para alimentar invertebrados marinos (artemias, rotíferos), los cuales sirven finalmente como presas para las larvas de peces y crustáceos.

Los esfuerzos para reemplazar totalmente el alimento vivo en la acuicultura se debe a que la mantención de este tipo de cultivos (microalgas, artemias) implica un costo extra en infraestructura (estanques, luz, agua, bombas) y personal calificado.

3. *Artemia* en la Acuicultura

Las nauplii de *Artemia* son la dieta viva más ampliamente utilizada en la acuicultura. En instalaciones comerciales acuícolas, grandes volúmenes de quistes de *Artemia* son eclosionadas bajo condiciones estándares para usarlas como alimento (sistemas de cultivo intensivo). Otra opción, especialmente en zonas tropicales, es mantener grandes piscinas o estanques en el exterior donde *Artemia* crecen naturalmente (sistemas de cultivo extensivo) o son fertilizados (sistemas semi-intensivo).

La popularidad de *Artemia* en la acuicultura es debido a que:

- Los quistes pueden ser almacenados y las nauplii pueden ser utilizados a las 24 horas después de acuerdo a las necesidades.
- Las larvas de *Artemia* nadan constantemente lo que las hace una presa de fácil captura por las larvas de peces que no tienen completamente desarrollada la visión y capacidad de nado.

- Debido a su pequeño tamaño las nauplii de *Artemia* son consideradas como dieta ideal para peces y crustáceos. Ello debido a que las larvas de peces y crustáceos tienen una boca muy pequeña.
- Las larvas de peces no tienen desarrollado su sistema digestivo completamente. Las nauplii de *Artemia* poseen compuestos que facilitan la digestión de larvas de peces.
- Las larvas de *Artemia* pueden ser utilizadas como vehículo (Figura). Por ejemplo, si se desea suministrar vitaminas o estimulantes del crecimiento a las larvas de peces, el tratamiento se les da a las nauplii de *Artemia* (filtrador no selectivo) las que son consumidas posteriormente por los peces.
- Las larvas de peces y crustáceos alimentados con nauplii de *Artemia* crecen más rápido y tienen sobrevivencias mayores.

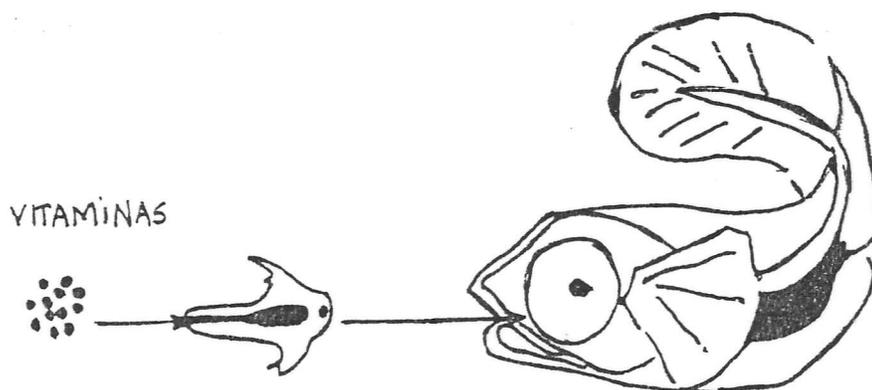


Figura : Nauplii de *Artemia* utilizadas como vehículo en el cultivo de larvas de peces.

4. Productos y mercados

El principal uso que se le otorga a *Artemia* es en la acuicultura. Actualmente más del 85% de los recursos marinos cultivados en el mundo requieren de este organismo. Su comercialización ofrece variadas opciones:

- **Quistes:** los quistes de *Artemia* son comercializados en bolsas plásticas o en latas.
- **Nauplii:** son comercializados vivos y congeladas para la acuicultura de peces y crustáceos.
- **Adultos:** son comercializados vivos en bolsas plásticas para ser utilizados como alimento por acuicultores, en tiendas de acuario o como mascotas.
- **Adultos y juveniles secos:** son comercializados para crear harinas que son utilizadas para la formulación de dietas.

En Chile se ha iniciado a nivel piloto el cultivo de peces y crustáceos de importancia comercial, entre los que se cuentan el lenguado, la merluza, el camarón de río. Estos organismos, como se ha discutido previamente, requieren en sus etapas larvales de *Artemia* como dieta viva. Actualmente las entidades de gobierno y particulares ligados a la acuicultura importan quistes enlatados desde Estados Unidos. Esto sin duda, encarece los costos de producción por lo que en el futuro cercano se hará necesario contar con quistes chilenos de *Artemia*.

Sin embargo, los usos y aplicaciones de *Artemia* no sólo están limitados a la acuicultura. Algunas otras aplicaciones de *Artemia* son:

- Filtro biológico en plantas de tratamiento de aguas servidas.
- Estudios de toxicología, ecología, biología, genética entre otros
- Fertilizante orgánico
- Su pigmento (color naranja) es utilizado en industrias de químicos finos

Diseño y operación de salinas para el cultivo de *Artemia*

Los principios básicos para la producción de *Artemia* en operaciones salineras temporales son los siguientes:

1.- Aumento de la profundidad del o los estanques que contendrán *Artemia* (con un rango de salinidad de 100 a 180 ppt) a 40 o 50 cm como mínimo, 70 a 100 cm de preferencia. Esto es muy importante ya que en este tipo de operaciones de extracción de sal la profundidad de los estanques va de 10 a 15 cm, lo que genera temperaturas fatales para *Artemia* (35° C y más). Además, promueve la producción de algas en el fondo más que las necesarias microalgas.

2.- Uso de fertilizantes agrícolas (urea, nitrato de amonio, fosfato mono o di-amonio) o abonos orgánicos (guano de aves) para aumentar la producción de plancton en los estanques.

3.- Fertilizar apropiadamente (disponibilidad de alimento) para mantener la predominancia de un modo reproductivo ovovivíparo para aumentar la población de *Artemia* (100 individuos o más por litro).

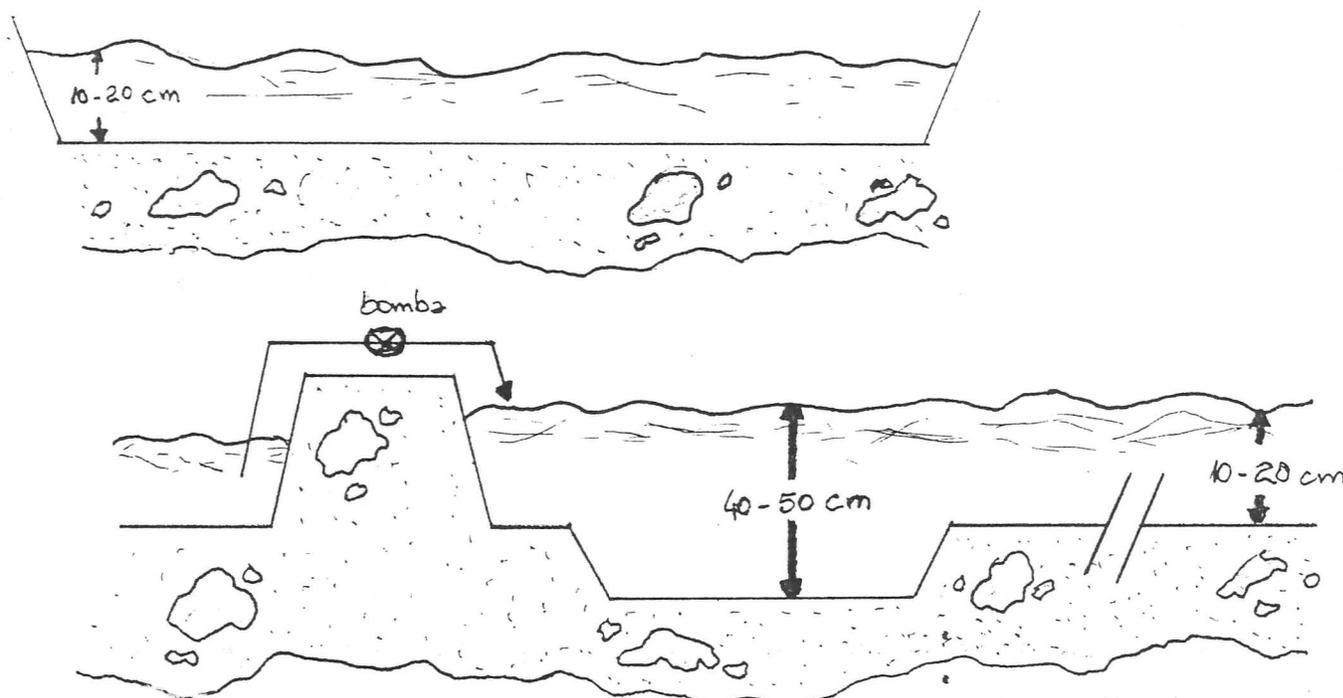
4.- Comenzar a cosechar biomasa (sobre la base de la productividad), que sumado a una fertilización apropiada permitirá un reclutamiento continuo.

5.- La exposición de *Artemia* a niveles más altos de salinidad y/o aumento en la fertilización conseguirá provocar mayores niveles de estrés y con ello estimular la producción de quistes.

I. Profundización de estanques

Si bien, la profundización de los estanques podría hacerse considerando todo el fondo de estos, no es del todo recomendable en operaciones temporales ni en

lugares donde no existen temperaturas muy altas. Por lo tanto se recomienda la profundización sólo de una parte del o los estanques (figura ...).

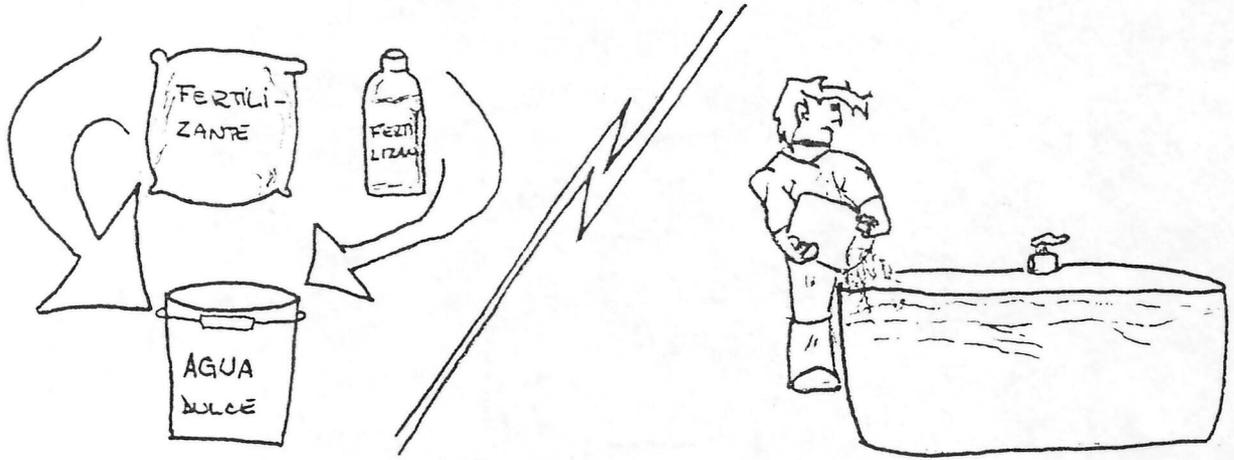


II. Fertilización de estanques

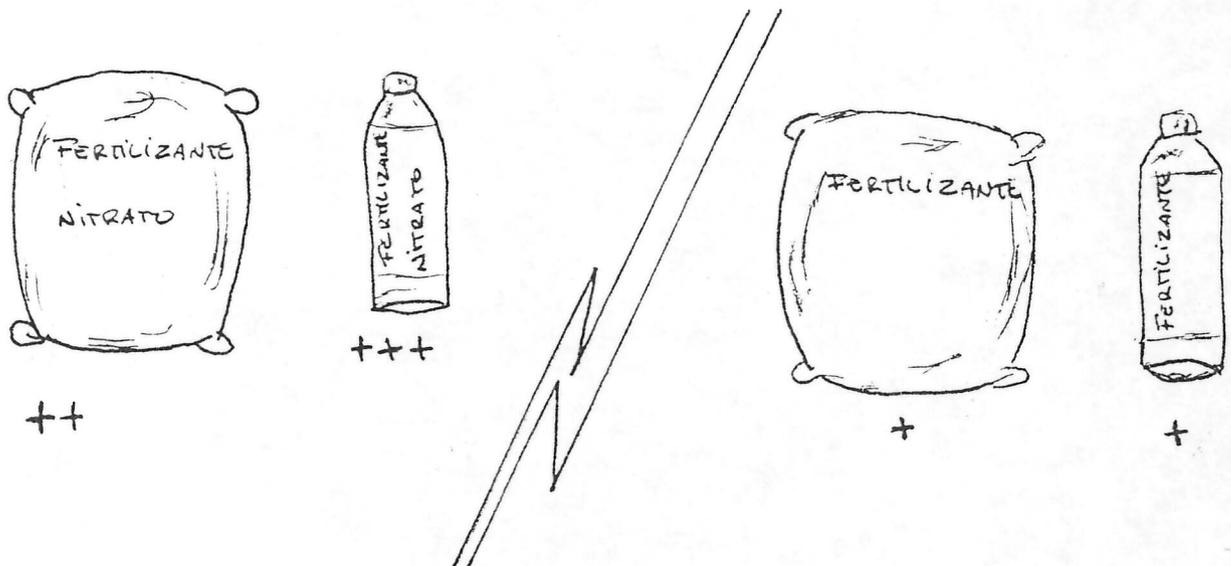
2.1 Nitrógeno. La necesidad de fertilizar con nitrógeno varía ampliamente y debería determinarse experimentalmente para cada sitio. Aunque, en términos generales, la adición entre 1 mg por litro (en aguas muy productivas) a 10 mg por litro (en aguas poco productivas) podría inducir una proliferación algal.

Para llevar a cabo la fertilización se establecen las siguientes recomendaciones:

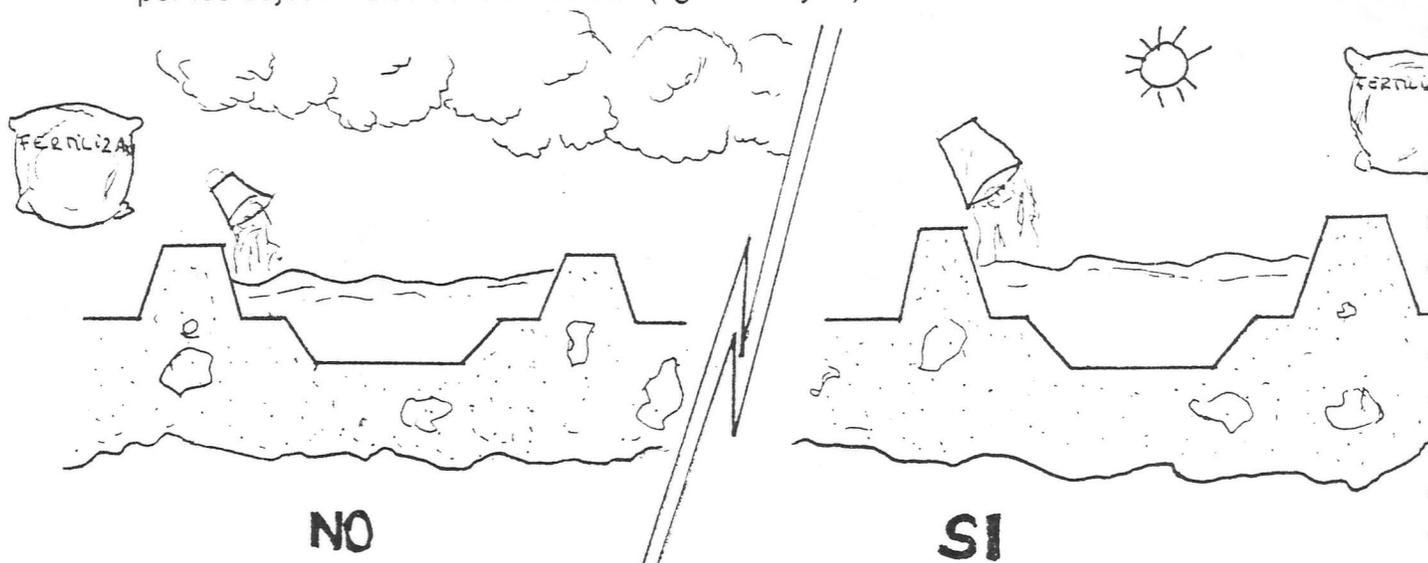
- (a) Disolver el fertilizante en agua dulce, aún cuando éste sea líquido. Luego la mezcla debe ser esparcida sobre la totalidad del estanque (figuras ... y ...).



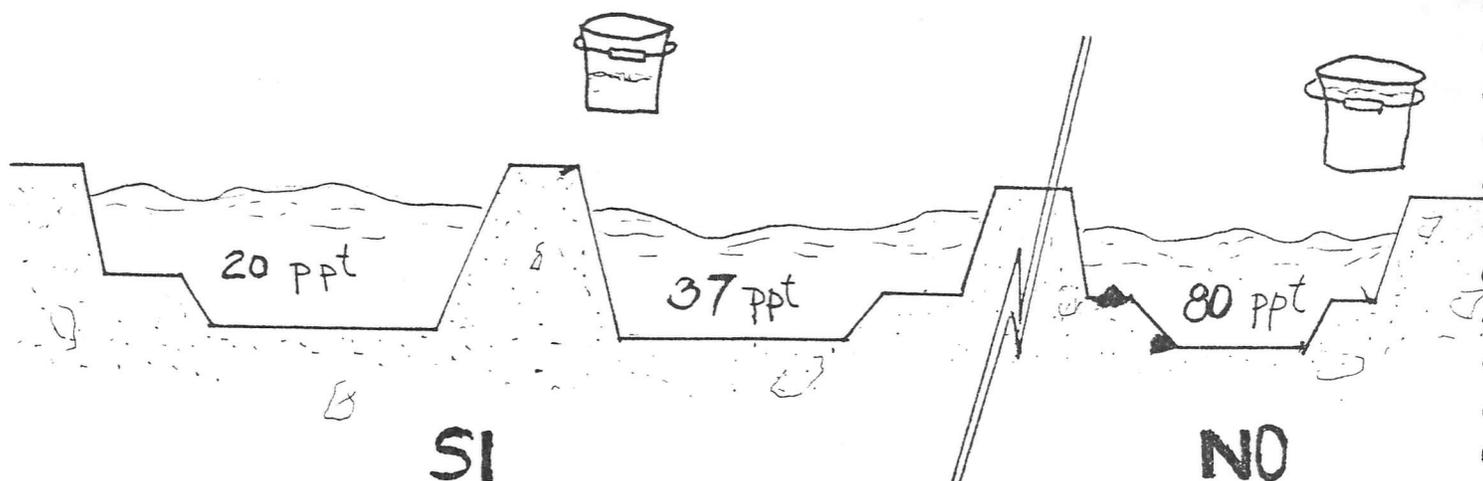
- (b) Los fertilizantes líquidos que contienen nitrato son más efectivos que otros fertilizantes nitrogenados (figura ... y...).



(c) No fertilizar en un día nublado, el crecimiento de las algas podría ser limitado por los bajos niveles de luminosidad (figuras ... y ...).

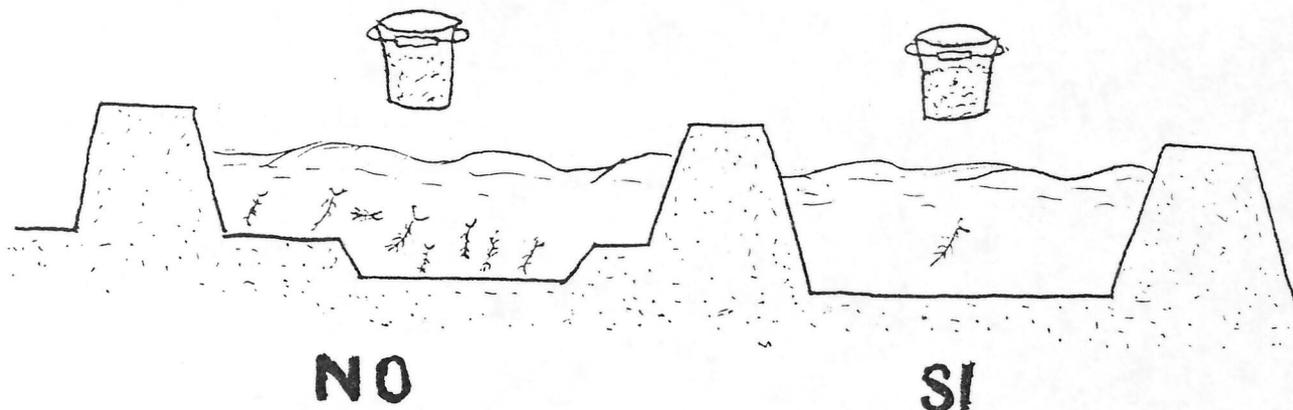


(d) Es mejor fertilizar los estanques con baja salinidad. La fertilización de estanques de alta salinidad es más difícil y los resultados podrían observarse recién luego de un mes (figuras ... y ...).



(e) La condición fertilización de los estanques debiera ser mantenida tan constante como sea posible para asegurar las condiciones óptimas de crecimiento para las algas deseadas.

- (f) El uso de fertilizantes agrícolas no es recomendado en los estanques de cultivo de *Artemia* (figuras ... y ...).



- 2.2. **Fósforo.** En casos donde el uso de fósforo como fertilizante es necesario, se recomienda el uso de gránulos de pequeño tamaño que se disuelven fácilmente. Al igual que con el nitrógeno, su disolución previa podría mejorar su disponibilidad.

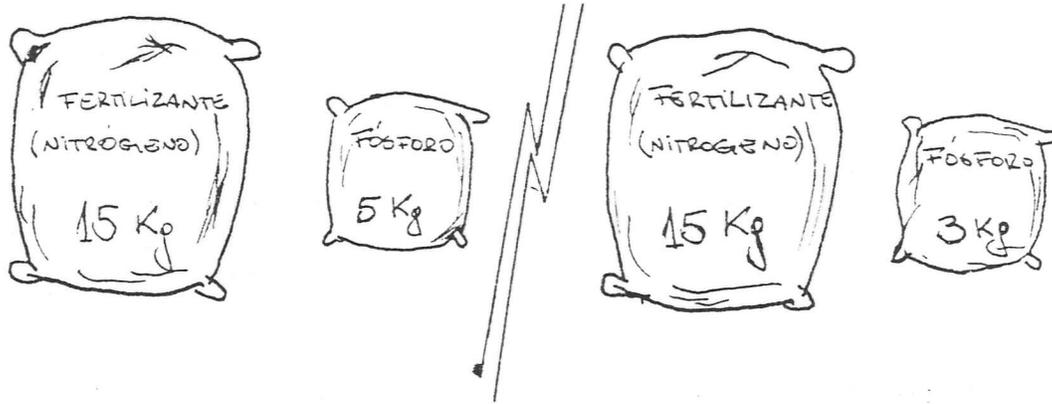
Tabla 1. Fertilizantes fosfóricos

Superfosfato	16 a 20% componente activo Alta solubilidad
Fosfato di-calcio	35 a 48% componente activo baja solubilidad
Superfosfato triple	42 a 48% componente activo Buena solubilidad
Polifosfato de sodio	46% componente activo Líquido
Ácido fosfórico	54% componente activo líquido

Fuente: FAO, 1996

- (a) La principal recomendación para su uso, es que sea usado en pequeñas cantidades tan frecuentemente como sea posible. En general, se considera una práctica normal dos veces por semana.

- (b) Como regla general el fósforo se adiciona en cantidades 3 a 5 veces menos que el nitrógeno (figura ...).



2.3. Fertilizantes orgánicos. Los más frecuentemente usados son el guano de pollos, patos y otras aves. Si bien puede utilizarse la vosta de cerdos, vacas y cabras, éstas podrían estimular el crecimiento de algas en el fondo de los estanques.

- (a) Los niveles recomendados de desechos orgánicos son de 500 a 1.250 kg por hectárea al comienzo de la estación productiva con dosis de 100 a 200 kg por hectárea cada 2 a 3 días.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos.

Ventajas

Los fertilizantes orgánicos contienen además de nitrógeno y fósforo otros minerales que podrían ser benéficos para el crecimiento del pláncton.

Los fertilizantes orgánicos contienen proteínas, grasas y fibra. Las partículas de fertilizante adheridas a bacteria pueden ser utilizadas directamente por *Artemia* debido a que es un animal filtrador no selectivo.

Debido a que los fertilizantes orgánicos (guano de pollo) flota, la pérdida de fósforo es reducida.

Usando fertilizantes orgánicos se reciclan productos de desecho, el uso de otros tipos de fertilizante podría aumentar los costos.

Desventajas

La composición de los fertilizantes orgánicos es variable. Tienen un alto contenido de fósforo, lo que puede generar problemas con la aparición de algas de fondo y otras microalgas no deseadas.

Los fertilizantes orgánicos a pesar de ser utilizados, su incorporación es lenta, incrementando los riesgos de pérdida.

Los fertilizantes orgánicos estimulan el crecimiento de bacterias, las que usan grandes cantidades de oxígeno. El uso en exceso de estos fertilizantes pueden disminuir la cantidad de oxígeno y causar la muerte de *Artemia*.

El uso de fertilizantes orgánicos puede incrementar el riesgo de infecciones. Este riesgo puede minimizarse haciendo compost del guano antes de ser usado.

Una de las principales desventajas de los fertilizantes orgánicos es su volumen, lo cual eleva los costos por conceptos de mano de obra y transporte.

Fuente: FAO, 1996

Cálculo para determinar la cantidad de fertilizante necesario para incrementar el nivel de nitrógeno 1 mg por cada litro de agua (1 ppm).

Ejemplo:

Volumen del estanque = 1.000 m³.

Como ppm = g por m³ en total se deben adicionar al estanque 1.000 gramos de fertilizante.

1 gramo → 1.000 litros
x gramos → 1.000.000 litros

(1 gramo * 1 millón litros) / 1.000 litros
= 1.000 gramos

Si el fertilizante utilizado fuera urea (46% de N)

1 gramos urea → 0,46 gramos de N
x gramos urea → 1.000 gramos de N

(1 g urea * 1.000 g N) / 0,46 g N
= 2.174 g de urea (2,2 Kg de urea)

Considere que:

(a) Si las algas no aparecen después de 2 días, agregue nuevamente una dosis de 1 mg por litro hasta obtener una turbiedad de 30 a 40 cm.

(b) Una vez que la población de algas se haya establecido, fertilice al menos una vez por semana.

(c) Si durante la semana la turbidez cae hasta menos de 50 cm, disminuya el tiempo entre fertilizaciones.

(d) Si la turbidez aumenta a 15 cm o más, se debe incrementar el tiempo entre las fertilizaciones o bien, utilizar menos fertilizante.

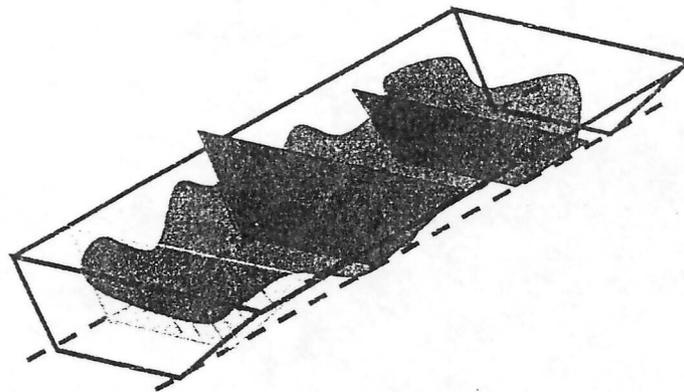
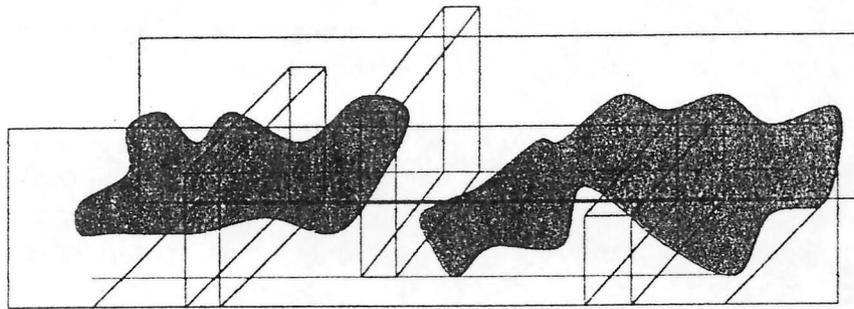
(e) Idealmente la turbidez debiera mantenerse entre 20 y 40 cm en los estanques de cultivo de *Artemia*.

(f) Una turbidez de menos de 20 cm podría causar una disminución de oxígeno durante la noche, especialmente en lugares donde las temperaturas son altas

(g) Otros factores que podrían afectar la producción de algas son: temperatura, salinidad y luz. Si las condiciones climáticas no son buenas, la fertilización extra no aumentará la producción de algas.

Filtrado, control de nivel e intercambio de agua entre estanques

Una vez que hemos dimensionado nuestras instalaciones debemos evitar el ingreso de animales que se alimentan de *Artemia*. Para ello es necesario implementar barreras o filtros. El primero de tales filtros debe construirse en el ingreso al estanque acumulador pensando disminuir el riesgo de que pueda taparse. Se recomienda el uso de monjes dado que estas estructuras permiten controlar los niveles e incorporarles un marco con una red que actuara como filtro (figura ...).



Captación y distribución de agua

Para establecer las características que deberá tener la toma de agua hay que conocer la cantidad de agua que demanda nuestro sistema productivo. Vale decir, debemos conocer el volumen y caudal.

a) Volumen (V) de estanques

$V = \text{Largo} * \text{Ancho} * \text{Profundidad}$

- Determine el volumen de sus estanques.

Materiales: Huincha de 50 m y un palo graduado y calculadora.

Procedimiento: Mida largo, ancho y profundidad de un estanque. Multiplique los valores obtenidos.

Largo:

Ancho:

Profundidad

V=

b) El caudal es la cantidad de agua que circula en un período de tiempo,

como por ejemplo: litros por minuto (LPM); m^3 por segundo (m^3/seg); litros por hora (l/h), etc.

- Mida el caudal de sus instalaciones.

Materiales: huincha, reloj o cronómetro y un corcho o un pedazo de palo seco.

Procedimiento: Mida y marque un tramo en el canal de abastecimiento, mida el ancho. Luego mida la profundidad en tres puntos del tramo marcado (partida, medio y fin). Arroje En la marca inicial ponga el corcho en el agua y anote el tiempo que este demora en llegar a la segunda marca.

Tiempo 1:

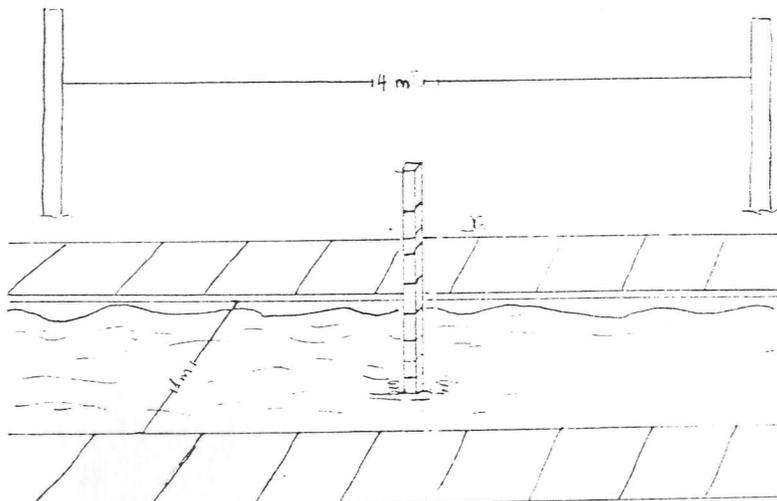
Tiempo 2:

Tiempo 3:

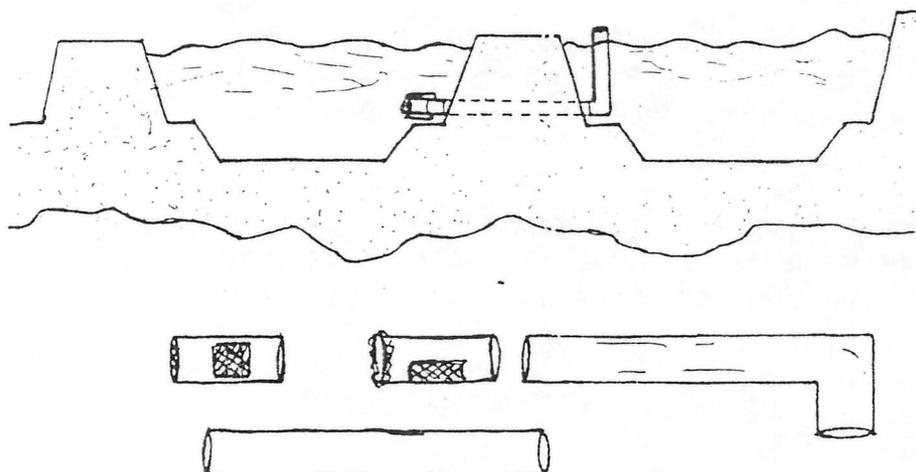
Tiempo 4:

Tiempo 5:

Suma los tiempos y divídalos por 5



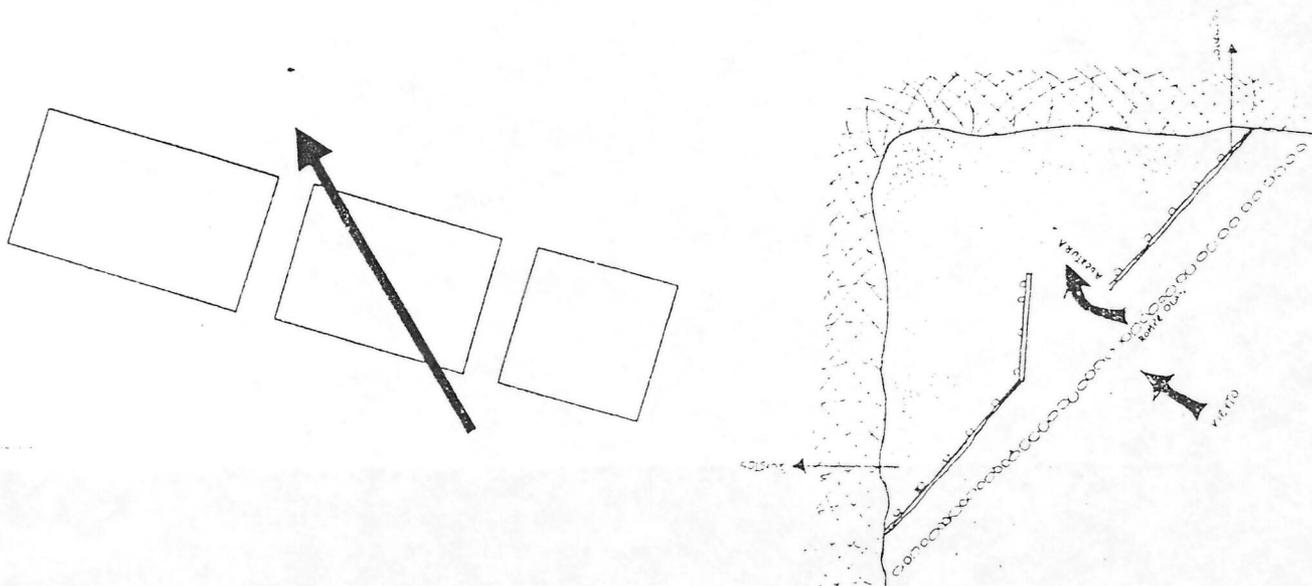
El sistema de conducción de agua entre los estanques de una misma calle pueden construirse con tubería de PVC dada la facilidad para trabajar que presenta este material. Estos sistemas serían de tipo telescópico y tendrían incorporado el filtro. Este evitará por una parte el paso de desechos y por otra que los estanques se queden sin *Artemia* (figura ...).



Aspectos generales

Es importante en la transformación de instalaciones salineras para la producción de *Artemia* considerar algunas características del sitio para facilitar las operaciones de las nuevas actividades.

1.- Dirección del viento. Este aspecto es importante para la construcción de los colectores de quistes en el lugar más apropiado. Se debe recordar que esto flotan y son arrastrados por el viento (figura ... y ...).



2.- Salinidad del agua. Se debe hacer un control diario de este aspecto, tanto en el agua que ingresa al sistema como en la que permanece en los estanques. Esto, con el fin de poder mantener en los estanques las condiciones ideales para la mantención de *Artemia* y la producción de quistes.

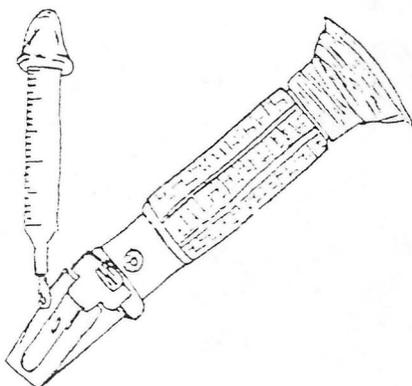
3.- Turbidez del agua. Es una forma indirecta para evaluar la cantidad de algas presentes en los estanques. Por medio de su medición se puede controlar tanto la periodicidad como la dosificación de los fertilizantes.

4.- Temperatura del agua. Es recomendable tener un registro diario de la temperatura. A pesar de que *Artemia* tolera rangos de temperatura (desde 6 a 35° C). Se recomiendan temperaturas entre 15 y 35° C.

Uso de instrumentos

- **Refractómetro.** Es utilizado para medir salinidad.

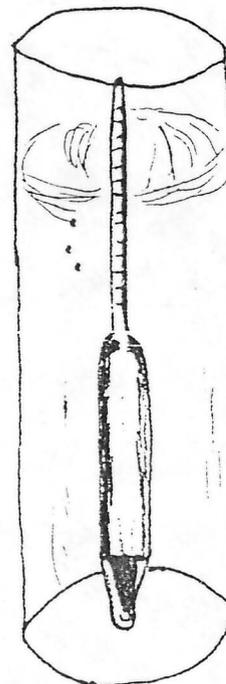
Procedimiento: Tome una muestra de agua desde el lugar que quiera medir. Con un gotario tome una gota de agua, levante la cubierta transparente que tiene el instrumento en su parte más delgada. Deposite una gota sobre la placa de vidrio. Ubíquese en un lugar con abundante luz y observe por el ocular.



Salinidad 1:
 Salinidad 2:
 Salinidad 3:
 Salinidad 4:
 Salinidad 5:

- **Densímetro.** Este instrumento se puede utilizar para medir salinidad de manera indirecta.

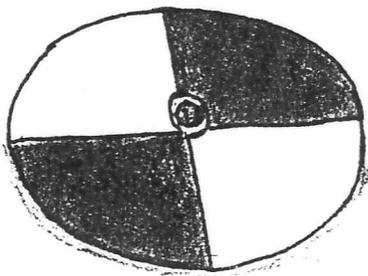
Procedimiento: Tome una muestra de agua (2 litros aproximadamente). Vierta el agua en una botella (sin gollote). Introduzca el densímetro y registre el valor que indica el nivel del agua. Anote los valores obtenidos.



Densidad 1:
 Densidad 2:
 Densidad 3:
 Densidad 4:
 Densidad 5:

- **Disco Secchi:** Es un disco de acrílico que mide 20 cm de diámetro atado al extremo de una cuerda marcada (centímetros, metros, etc.). Se utiliza para medir turbidez en el agua.

Procedimiento: Introduzca el disco sechi en el estanque que desee controlar. Registre el valor obtenido.



- **Termómetro.** Con éste se obtiene un registro de la temperatura del agua.

Procedimiento: Verifique que esté en cero. De no ser así, agítelo hasta que el indicador baje. Introdúzcalo en el estanque que desea controlar y registre el resultado. Repita el procedimiento cada vez que efectúe una nueva medición.

Temperatura 1:
 Temperatura 2:
 Temperatura 3:
 Temperatura 4:
 Temperatura 5:

Profundidad 1:
 Profundidad 2:
 Profundidad 3:
 Profundidad 4:
 Profundidad 5: