

INDICE:

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPITULO I. UBICACION | 4 |
| 1. FACTORES AMBIENTALES | 4 |
| 1.1. Factores físico-químicos | 4 |
| 1.1.1. Temperatura | 4 |
| 1.1.2. Salinidad | 4 |
| 1.1.3. pH | 4 |
| 1.1.4. Oxígeno | 4 |
| 1.1.5. Presión total de gases | 5 |
| 1.1.6. Sustancias disueltas | 5 |
| 1.1.7. Partículas en suspensión | 5 |
| 1.2. Factores hidrológicos | 5 |
| 1.2.1. Movimientos del agua | 5 |
| 1.2.2. Arribazón de algas | 5 |
| 1.2.3. Posibles fuentes de contaminación | 5 |
| 1.3. Factores meteorológicos y del suelo | 5 |
| 2. FACTORES ECONOMICOS | 5 |
| CAPITULO 2. PLAN DE INSTALACIONES (1): TOMA DE AGUA | 7 |
| 1. CAPTACION DE AGUA | 7 |
| 1.1. Captación directa del mar | 7 |
| 1.1.1. Tubería de aspiración | 7 |
| 1.1.2. Canal abierto o tubería enterrada | 8 |
| 1.2. Captación a través de pozos | 8 |
| 2. ESTACION DE BOMBEO | 9 |
| 2.1. En aspiración o con presión positiva | 9 |
| 2.2. En carga o con presión negativa | 9 |
| 2.3. Las bombas | 9 |
| CAPITULO 3. PLAN DE INSTALACIONES (2): TRATAMIENTO DEL AGUA 1 | 11 |
| 1. TRATAMIENTO PREVIO Y DECANTACION | 11 |
| 1.1. En captación por aspiración | 11 |
| 1.2. En captación por canales o tuberías enterradas | 11 |
| 1.3. Decantación | 11 |
| 2. FETRACION | 13 |
| 2.1. Filtración mecánica | 13 |
| 2.2. Filtración biológica | 13 |
| 2.2.1. Filtración microbiana | 14 |
| 2.3. Filtración química | 14 |
| 3. ESTERILIZACION | 14 |
| CAPITULO 4. PLAN DE INSTALACIONES (3): TRATAMIENTO DEL AGUA 2 | 15 |
| 1. CALENTAMIENTO | 15 |
| 1.1. Métodos directos de calentamiento | 15 |
| 1.2. Métodos indirectos de calentamiento | 15 |
| 1.2.1. Intercambiadores de calor | 15 |
| 2. ENFRIAMIENTO | 15 |
| CAPITULO 5. PLAN DE INSTALACIONES (4): CONDUCCIONES | 17 |
| 1. TIPOS DE CONDUCCIONES | 17 |
| 1.1. Conducciones cerradas | 17 |
| 1.2. Conducciones abiertas | 17 |
| 2. DISTRIBUCION DEL AGUA | 17 |
| CAPITULO 6. PLAN DE INSTALACIONES (5): RECIRCULACION DEL AGUA | 19 |
| 1. REQUISITOS PARA LA RECIRCULACION DEL AGUA | 19 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| CAPITULO 7. PLAN DE INSTALACIONES (6): RED DE AIRE | 20 |
| 1. TIPOS DE AIREADORES | 20 |
| 1.1. Aireadores por gravedad | 20 |
| 1.1.1. Aireadores de columna empaquetada | 20 |
| 1.1.2. Aireadores de rejilla o de cascada | 21 |
| 1.2. Aireadores de superficie | 21 |
| 1.3. Aireadores sumergidos | 21 |
| 2. SOPLANTES | 22 |
| 3. SOBRESATURACION DE GASES Y DESGASIFICACION | 22 |
| 4. INYECCION DE OXIGENO | 22 |
| CAPITULO 8. ESTRUCTURA DE LAS INSTALACIONES | 24 |
| 1. CRIADERO (HATCHERY) | 24 |
| 1.1. Generalidades | 24 |
| 1.2. Tanques de mantenimiento de reproductores | 25 |
| 1.3. Sala de reproductores | 25 |
| 1.4. Sala de fitoplancton | 25 |
| 1.5. Sala de rotífero | 26 |
| 1.6. Sala de Artemia | 26 |
| 1.7. Sala de incubación | 27 |
| 1.8. Sala de cultivo larvario | 27 |
| 1.9. Sala de destete-nursery | 27 |
| 2. GRANJA DE ENGORDE | 28 |
| 2.1. Tanques y estanques | 28 |
| 2.1.1. Tanques circulares | 29 |
| 2.1.2. Tanques rectangulares | 29 |
| 2.2. Preengorde y engorde | 29 |
| CAPITULO 9. EL CONTROL DE LA GRANJA | 31 |
| 1. MEDIDAS DE SEGURIDAD | 31 |
| 1.1. Grupo electrógeno | 31 |
| 1.2. Bombas y soplantes | 31 |
| 1.3. Sistemas de inyección de oxígeno | 31 |
| 2. AUTOMATISMOS | 31 |
| 2.1. Comederos automáticos | 32 |
| 2.2. Medidores de oxígeno | 32 |
| 2.3. Medidores de caudal | 32 |
| 2.4. Medidores de presión | 32 |
| 2.5. Medidores de temperatura | 32 |
| 2.6. Indicadores de nivel | 32 |
| 3. LIMPIEZA | 32 |
| TERMINOS DEL TEXTO RECOGIDOS EN EL GLOSARIO | 35 |

La elección de la zona en la que se ubicará la piscifactoría es uno de los principales condicionantes en el éxito del cultivo. Los factores que han de tomarse en cuenta para el emplazamiento, se pueden dividir en factores ambientales y factores económicos.

1 FACTORES AMBIENTALES

1.1. FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Entre los factores físico-químicos, que afectan a la calidad del agua y que, por tanto, son decisivos a la hora de elegir el emplazamiento de un criadero, destacan: temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto, presión total de gases, sustancias disueltas y las partículas en suspensión.

1.1.1. Temperatura

Es el factor que más influye en la producción. Los peces son animales de sangre fría (poiquilotermos), y por tanto, tienen la misma temperatura que el agua que les rodea. Cada especie presenta un rango de temperaturas en el cual puede vivir, y una temperatura óptima para su cultivo. Por tanto, se deben conocer las oscilaciones térmicas de la zona, y ver si son aceptables para la especie que se quiere cultivar.

1.1.2. Salinidad

Es otro factor a considerar ya que, sobre todo en zonas costeras próximas a la desembocadura de los ríos, pueden existir oscilaciones importantes de la salinidad. Estas oscilaciones, son generalmente estacionales, y han de ser objeto de estudio para determinar si la especie a cultivar es capaz de tolerarlas.

1.1.3. pH

El pH del agua del mar oscila entre 8,0 y 8,2. Su variación, a no ser por la presencia de polucionantes o cursos de agua dulce, es mínima debido a la capacidad tampón del agua del mar. Se debe intentar que se mantenga estable entre los valores normales.

1.1.4. Oxígeno

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua del mar, depende de la salinidad y la temperatura. Al aumentar la salinidad y la temperatura, disminuye la solubilidad del oxígeno y por tanto la cantidad de oxígeno disuelto. En condiciones normales debe mantenerse próximo a la saturación, en valores del 90-100%. Se deben evitar tanto las zonas sobresaturadas (zonas en las que existe un exceso de fotosíntesis o un excesivo calentamiento solar) como las zonas en las que la concentración de oxígeno sea bastante menor que su porcentaje de saturación (zonas polucionadas). En general, el crecimiento de los peces disminuye si el oxígeno disuelto desciende por debajo de los 5-6 mg/litro, y puede ocasionarles la muerte si desciende de 2-3 mg/litro.

Contenido

1. Factores ambientales

- 1.1. Factores físico-químicos
 - 1.1.1. Temperatura
 - 1.1.2. Salinidad
 - 1.1.3. pH
 - 1.1.4. Oxígeno
 - 1.1.5. Presión total de gases
 - 1.1.6. Sustancias disueltas
 - 1.1.7. Partículas en suspensión
- 1.2. Factores hidrológicos
 - 1.2.1. Movimientos del agua
 - 1.2.2. Arribazón de algas
 - 1.2.3. Posibles fuentes de contaminación y veridos
- 1.3. Factores meteorológicos y del suelo

2. Factores económicos

1.1.5. Presión total de gases

Es la suma de las distintas presiones parciales de los gases y no debe exceder del 102-103% de saturación, ya que puede provocar graves mortalidades, sobre todo en las larvas.

1.1.6. Sustancias disueltas

Es importante conocer las cantidades y proporciones de nitrógeno, fósforo y elementos traza esenciales, ya que van a determinar la producción primaria de la zona.

1.1.7. Partículas en suspensión

Es importante que la cantidad de partículas en suspensión no sea elevada, debiéndose ubicar la piscifactoría en zonas de aguas claras.

Se deben observar también otros parámetros como CO_2 , SH_2 , cloro residual, nitritos, amoníaco, metales pesados, etc. que no deben exceder de los límites aconsejables para el cultivo de peces.

1.2. FACTORES HIDROLOGICOS

Se refieren, sobre todo, a la incidencia de la dinámica marina costera, las arribazones de algas y posibles fuentes de contaminación y vertidos.

1.2.1. Movimientos de agua

Las olas, mareas, afloramientos, turbulencias, etc afectan directamente a la composición química y a las características físicas del agua.

Es conveniente hacer un estudio detallado de las mareas, ya que van a influir directamente en el diseño de la toma de agua. Asimismo, hay que intentar que la instalación esté ubicada en un lugar abrigado de los vientos dominantes (y por tanto del oleaje y las tormentas), ya que una mala orientación de la captación de agua, puede hacer que esté sufriendo continuamente la acción del mar y llegue a romperse.

1.2.2. Arribazón de algas

Se debe intentar que la toma de agua de la instalación esté alejada de zonas donde se den arribazones de algas. Estos arribazones son muy frecuentes a final del verano y en otoño y pueden ocluir totalmente la toma impidiendo que el agua llegue hasta la instalación.

1.2.3. Posibles fuentes de contaminación

Hay que tener en cuenta la presencia de puertos, zonas urbanas, industrias, etc. con el objeto de prever las

posibles contaminaciones y su posible incidencia en la piscifactoría. Estas contaminaciones pueden ser tanto químicas como biológicas, y se originan de vertidos industriales, descomposición de materia orgánica, etc. La contaminación influye directamente en la tasa de crecimiento y supervivencia, pudiendo incluso originar la total pérdida de la producción.

1.3. FACTORES METEREOLÓGICOS Y DEL SUELO

Entre los primeros se deben considerar los vientos (direcciones dominantes y variaciones estacionales), luz (intensidad y fotoperíodo), precipitaciones (intensidad y variaciones estacionales), humedad relativa, temperatura ambiental, etc. Estos factores influyen directamente en la productividad primaria y en las características físicas e hidrológicas del agua.

Entre los factores del suelo destacan la granulometría, topografía, etc que afectan fundamentalmente a la localización de la toma de agua.

2 FACTORES ECONOMICOS

Entre ellos se pueden considerar:

- Coste de la tierra, diferenciado si el terreno es de dominio público, en cuyo caso se deberán solicitar las correspondientes autorizaciones, o si es de propiedad privada, en cuyo caso habrá que gestionar la compra o arrendamiento del terreno.
- Existencia de subvenciones.
- Salario de mano de obra, que influye directamente en los costes de producción, ya que se requiere tanto mano de obra especializada como mano de obra no especializada.
- Coste de las materias primas (combustible y alimento).
- Costes de los equipos y mantenimiento de los mismos.
- Coste de la instalación de toma de agua y gasto derivados de la misma. Entre estos el más importante es el gasto de bombeo que depende, entre otros factores, de la altura de la instalación con respecto al nivel de agua.
- Coste de los edificios e instalaciones.
- Accesibilidad al sitio de ubicación.
- Redes de distribución del producto comercial.
- Etc.

Actividades

Autoevaluación

1 Cuando se trata de elegir el emplazamiento de un criadero de peces, define cuáles de los parámetros citados variarán en su magnitud **MUCHO**, **POCO**, **NADA**, según la especie a cultivar:

| | MUCHO | POCO | NADA |
|---------------------------------|-------|------|------|
| P.T. Gases | | | |
| pH del agua | | | |
| Arribazones de algas | | | |
| Presencia vertidos industriales | | | |
| Temperatura del agua | | | |
| Salinidad del agua | | | |
| Oxígeno disuelto | | | |
| Partículas en suspensión | | | |

2 Dentro de cada uno de estos capítulos, enumera los parámetros que consideras esenciales para la correcta ubicación de un criadero de peces:

- Características físicas del agua
- Características químicas del agua
- Características topográficas del suelo
- Características del entorno

3 Con ayuda de la bibliografía correspondiente define los siguientes conceptos:

- pH
- Solubilidad
- Sobresaturación
- Producción primaria
- Afloramiento
- Granulometría

Aplicaciones

1 Consultando a los organismos correspondientes de la Administración gallega, sitúa en un mapa de Galicia los principales criaderos de peces existentes en la comunidad.

2 Con ayuda de la bibliografía adecuada traza un mapa de las isotermas en la superficie oceánica de las costas gallegas durante las cuatro estaciones del año.

3 En un mapa comarcal de los alrededores de tu centro de estudio señala, razonándolo, tres lugares que consideres adecuados para la instalación de un criadero de peces.

Conoce tu entorno

1 La magnitud del pH en el medio tiene una influencia decisiva no solo en las especies animales, como los peces; también en los vegetales. Con ayuda de la bibliografía correspondiente estudia el pH ideal de un suelo agrícola, así como el carácter (ácido, básico o neutro) del suelo en los montes de tu comunidad.

2 Estudia la relación entre el pH de un suelo y su comunidad bacteriana. A partir de los datos obtenidos ¿Podrías establecer alguna conclusión, respecto del agua marina?

3 ¿Son frecuentes las arribazones de algas en las costas de tu entorno? En caso afirmativo, ¿tienen algún aprovechamiento?

2

Plan de instalaciones (1): toma de agua

Las distintas instalaciones que se requieren para una piscifactoría, se pueden dividir en tres grandes grupos:

- Instalaciones para la toma de agua: captación de agua y estación de bombeo
- Instalaciones para el tratamiento de agua: tratamiento previo y decantación, filtración, esterilización, calentamiento y enfriamiento, conducciones y recirculación de agua.
- Red de aireación y oxigenación: aireadores, soplantes, inyección de oxígeno y desgasificadores.

Todas estas instalaciones no están presentes en todas las piscifactorías. Así, las granjas de engorde no requieren filtración, esterilización, calentamiento ni enfriamiento. Además, las instalaciones para la recirculación de agua y las de inyección de oxígeno solo existen en algunas granjas marinas.

1 CAPTACION DE AGUA

La captación del agua puede realizarse directamente del mar o a través de pozos.

1.1. CAPTACION DIRECTA DEL MAR

Es el sistema más usado. Consiste en captar directamente el agua del mar mediante un sistema de tuberías o canales, y existen distintas modalidades según el tipo de costa, oleaje, tipo de bombas y dinero disponible para realizar la instalación.

Se puede diferenciar entre la captación mediante tubería de aspiración, y la captación mediante canales o tuberías enterradas.

1.1.1. Tubería de aspiración

La captación se realiza directamente del mar por medio de una tubería de aspiración. Esta captación es la más barata y la más utilizada, pero en zonas muy batidas ha de estar muy bien anclada al fondo y ser muy resistente, ya que el mar puede romperla. Además presenta el inconveniente de que la limpieza de la tubería es difícil. Es importante que la boca de aspiración esté separada del fondo, sobre todo si éste presenta una granulometría muy fina, para evitar en lo posible la captación de partículas sólidas en suspensión. También es conveniente que esté unos metros por debajo de la superficie para evitar captar aceites o grasas si las hubiera.

Contenido

1. Captación de agua

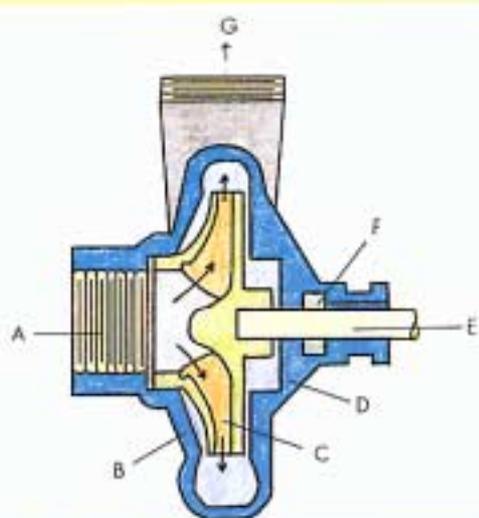
- 1.1. Captación directa del mar
 - 1.1.1. Tubería de aspiración
 - 1.1.2. Canal abierto o tubería enterrada
- 1.2. Captación a través de pozos

2. Estación de bombeo

- 2.1. En aspiración o con presión positiva
- 2.2. En carga o con presión negativa
- 2.3. Las bombas

Bombas Centrífugas

Impulsan el agua por medio de un rodete que gira a gran velocidad. Un motor eléctrico mueve la flecha rotativa de la bomba, provocando que el rodete impulsor gire. Esta rotación crea una fuerza centrífuga que hace que el agua se aleje del rodete, y si el cuerpo de la bomba está lleno y entrando agua, ésta se aleja con dirección a la salida. El relleno de la caja y la empaquetadura tienen como misión impedir que el agua se escape por alrededor de la flecha. Las bombas centrífugas son las mayoritariamente usadas en piscicultura.



Bomba Centrífuga.

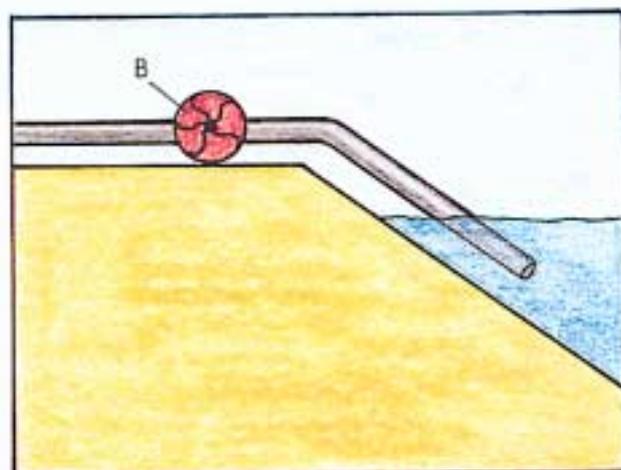
A. Aspiración. B. Cuerpo carcasa. C. Rodete. D. Caja. E. Flecha rotativa. F. Empaquetadura. G. Impulsión.

1.1.2. Canal abierto o tubería enterrada

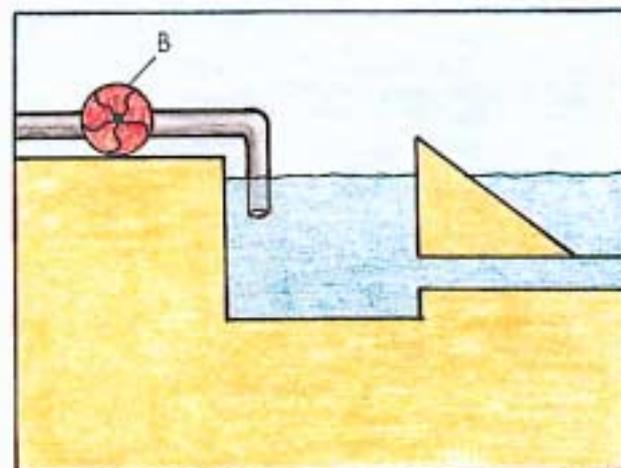
La captación se realiza a través de un sistema bien de canales abiertos, bien de tuberías enterradas, a través de las cuales el agua fluye por gravedad. Estos canales o tuberías van a parar a un depósito o cámara donde el agua llega mucho más remansada (los canales deben estar contruidos de tal forma que amortigüen el oleaje), y donde se bombea al resto de la instalación.

1.2. CAPTACION A TRAVES DE POZOS

Se basa en la construcción de pozos de agua salada. Se realiza en zonas arenosas de playas situadas en la costa o cerca de ella. Tiene la ventaja de que el agua llega filtrada a través de la arena, y la temperatura suele mantenerse constante, teniendo menos fluctuaciones que el agua de mar. Como inconvenientes se puede citar que no pueden realizarse en todos los sitios, que su caudal suele ser limitado, y que en muchos casos el agua que llega es deficiente en oxígeno.



Captación directa del mar mediante tubería de aspiración. B. Bomba.



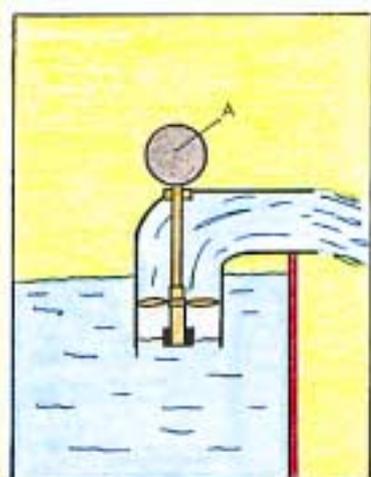
Captación mediante tubería enterrada y depósito con bomba de aspiración. B. Bomba.

Bombas Rotativas

Constan de una caja y uno o varios miembros rotativos que empujan el agua desde el lado de baja presión hacia el lado de alta presión.

Las más comunes son las de hélice; están compuestas de una hélice colocada dentro de un tubo y un motor, y elevan mecánicamente el agua mediante el giro de la hélice.

Las bombas rotativas son menos utilizadas que las bombas centrífugas, usándose preferentemente cuando se requiere bombear elevados caudales con alturas manométricas de aspiración pequeñas.



Bomba rotativa.
A. Motor.

2 ESTACION DE BOMBEO

Con respecto al nivel del mar, las bombas pueden estar situadas de dos modos:

2.1. EN ASPIRACION O CON PRESION POSITIVA

La bomba está situada por encima del nivel de agua en la captación. El agua no llega por gravedad hasta la bomba, y se necesita "cebarla", o lo que es lo mismo, hacer el vacío a la tubería para que se llene de agua. Este cebado no siempre es fácil, y depende en gran medida de la longitud y diámetro de la tubería de aspiración. Cada vez que por cualquier motivo se descargue esta tubería, hay que proceder a cebar de nuevo la bomba. Para paliar este problema se pueden colocar válvulas de retención que impiden el retroceso del agua en dicha tubería. Estas válvulas suelen consistir en una clapeta que se levanta al pasar el agua, y se cierra por su propio peso cuando no se bombea agua.

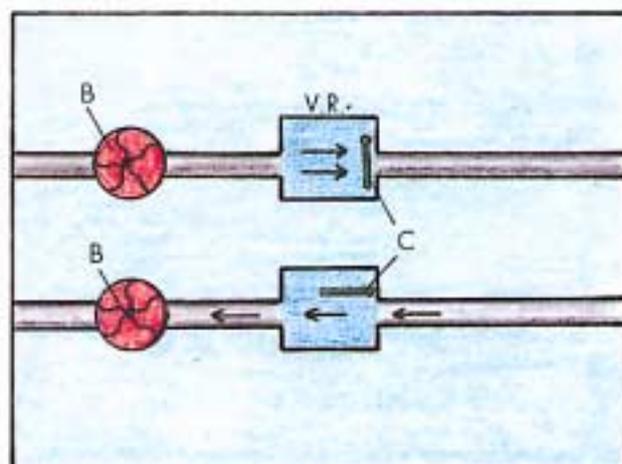
2.2. EN CARGA O PRESION NEGATIVA

La bomba está situada por debajo del nivel de agua en la captación. El agua llega por gravedad hasta la bomba y no necesita de ningún tipo de cebado, con lo que se evitan los problemas derivados del mismo. Las más usuales son aquellas en las que todo el cuerpo de la bomba está cubierto por el agua: las denominadas bombas sumergidas.

2.3. LAS BOMBAS

Los elementos más importantes de la estación de bombeo son las bombas.

Las bombas son máquinas capaces de proporcionar energía a los fluidos, haciendo posible que estos fluidos (el agua en este caso) se desplacen contra un gradiente de



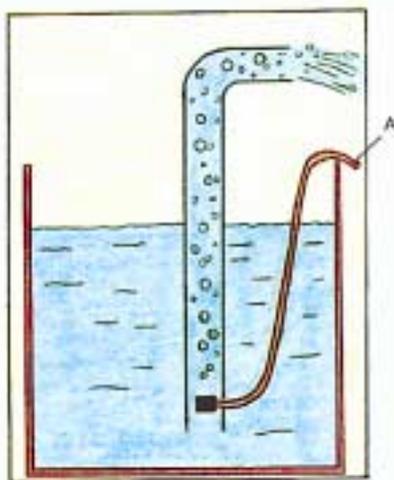
Válvulas de retención (V.R.) B. Bombas. C. Clapeta

- Cuando la bomba está parada, la clapeta se cierra por su propio peso y el agua no puede retroceder.
- Cuando la bomba está aspirando, el paso del agua hace que la clapeta se mantenga levantada.

Bombas Elevadoras de aire o Bombas Air-lift

Constan de un tubo abierto por los dos extremos, parte del cual está sumergido en el agua. En este tubo se inyecta aire, y este aire empuja el agua que hay dentro del tubo hacia el extremo superior abierto, sacando por éste una mezcla de aire y agua.

El funcionamiento de estas bombas depende del caudal de aire insuflado, del tamaño de la burbuja de aire y del porcentaje de la bomba que está sumergida. No se utilizan en la estación de bombeo, pero pueden utilizarse dentro de la instalación para forzar el movimiento de agua dentro de algunos tanques y airearlos.



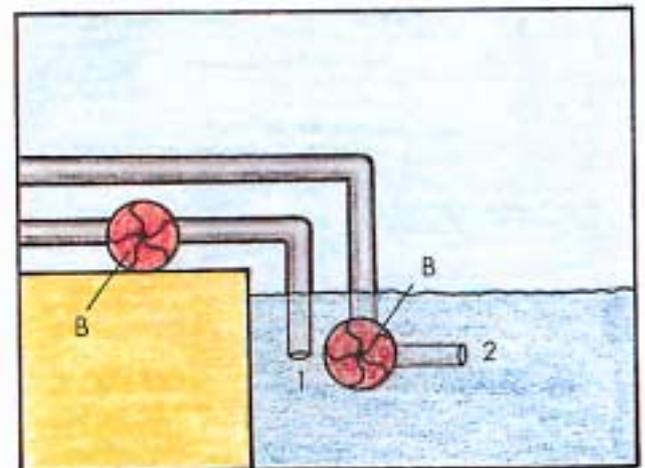
Bomba Air-lift. A. Entrada de aire

energía (o lo que es lo mismo, se desplacen en contra de la gravedad). Existen diversos tipos de bombas, y cada uno de ellos están diseñados para unas aplicaciones concretas. La elección del tipo de bomba adecuado en cada caso concreto es muy importante, ya que una mala elección puede incrementar considerablemente los costos de bombeo y los riesgos de fallos y ruptura de la bomba.

Los tres tipos de bombas más utilizadas en acuicultura son las bombas:

- centrífugas
- rotativas
- elevadoras de aire

El agua de mar es muy corrosiva, y por tanto, hay que ser muy cuidadosos con la elección del material para las bombas. Se elegirán bombas de plástico y elementos inertes al agua del mar o, en su defecto, de acero inoxidable. En la medida de lo posible, se deben evitar las bombas de hierro (ya que se oxidan muy rápidamente) y las de bronce (que pueden resultar tóxicas para los peces). Estas precauciones deben extremarse en los criaderos, y se deben hacer extensibles al resto del material utilizado en la granja (tubería, intercambiadores, etc).



1. Bomba en aspiración **2.** Bomba en carga **B.** Bomba

3

Plan de Instalaciones (2): Tratamiento del Agua 1

1 TRATAMIENTO PREVIO Y DECANTACION

El tratamiento previo del agua consiste en la eliminación de algas y objetos grandes como plásticos, maderas, etc, que pueden llegar flotando o semisumergidos hasta la zona de captación.

1.1. EN CAPTACION POR ASPIRACION

Si la captación se realiza mediante tubería de aspiración, lo más usual es colocar en la boca de la tubería una rejilla metálica o de plástico, o bien una placa perforada con muchos agujeros, para evitar que entren en ella objetos grandes. El tamaño y diámetro de la rejilla depende en gran medida de los arribazones de algas que existan en la zona, ya que si son abundantes, pueden llegar a taponar completamente esta rejilla e impedir que el agua llegue hasta la estación de bombeo. Así, según el lugar y la época del año (estos arribazones son especialmente frecuentes a finales del verano y otoño), se colocará una u otra rejilla, y se procederá a limpiarla con mayor o menor asiduidad.

1.2. EN CAPTACION POR CANALES O TUBERIAS ENTERRADAS

Si la captación se realiza mediante canales o tuberías enterradas, se suele dejar que el agua llegue sin ningún tratamiento previo hasta la entrada al depósito o cámara donde se instala la estación de bombeo. En este punto (o bien en el interior del depósito si el agua llega mediante tuberías enterradas) se puede colocar un sistema de redes o rejillas que actúe reteniendo continuamente las algas y demás objetos flotantes. Este sistema es más caro pero la limpieza es más sencilla, siendo difícil que se llegue a taponar.

1.3. DECANTACION

La decantación es la eliminación de los sólidos en suspensión por sedimentación. Normalmente, en una granja de peces marinos, el agua pasa después de la estación de bombeo a un tanque de gran tamaño que actúa al mismo tiempo como depósito de decantación y como depósito regulador de caudal. El agua entra a este depósito por arriba, y se deja que permanezca un cierto tiempo en él para que las

Contenido

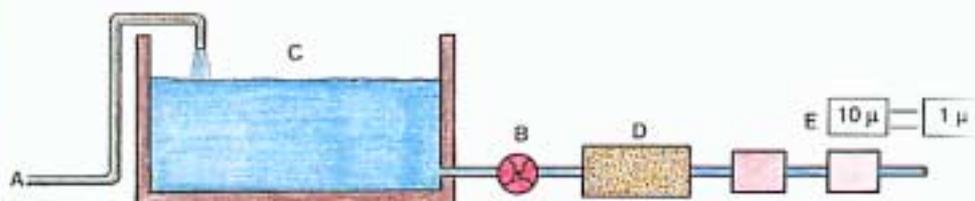
1. Tratamiento previo y decantación

- 1.1. En captación por aspiración
- 1.2. En captación por canales o tuberías enterradas
- 1.3. Decantación

2. Filtración

- 2.1. Filtración mecánica
- 2.2. Filtración biológica
 - 2.2.1. Filtración microbiana
- 2.3. Filtración química

3. Esterilización



Esquemas de los distintos pasos de filtración mecánica típicos de un criadero.

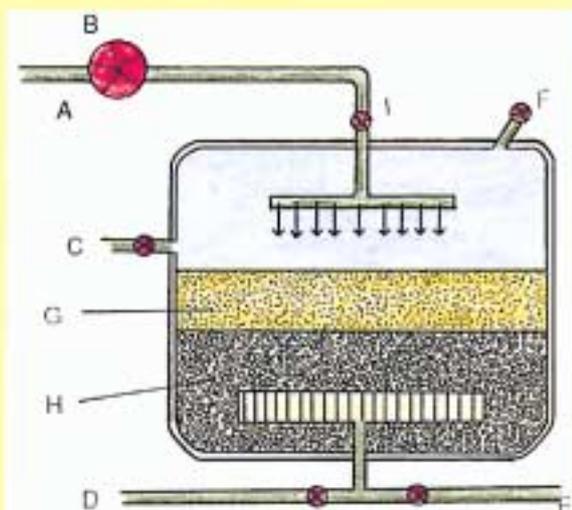
A. Estación de bombeo. B. Bomba. C. Tanque de decantación. D. Filtro de arena. E. Filtros de Cartucho

Filtros de arena

Un filtro de arena típico es un depósito de poliestere o acero recubierto de epoxi, en cuyo interior se dispone la arena. Puede contener una misma capa de arena en todo el filtro o varias capas distintas (usualmente una capa de arena y una o dos capas de grava de distinto tamaño). El grado de filtración depende del diámetro de los granos de arena de la capa más fina, que normalmente es de unas 40-50 micras (aunque el tipo de arena elegido puede llegar hasta las 20 micras). Las partículas mayores de este tamaño, se quedan retenidas en los espacios existentes entre los granos de arena.

La velocidad normal de filtrado oscila entre los 10-20 metros cúbicos por hora y por metro cuadrado de lecho filtrante, aunque algunos filtros de gran presión pueden alcanzar los 50 metros cúbicos por hora y metro cuadrado.

Cuando el filtro ha retenido muchas partículas, su capacidad de filtración (caudal de filtración) desciende, y se hace preciso lavarlo. Para ello se le introduce agua en dirección opuesta (RETROLAVADO) de tal modo que arrastre hacia el exterior todas las partículas retenidas. En la parte superior del filtro se dispone una válvula para purgar o extraer el aire.



Esquema de filtro de arena.

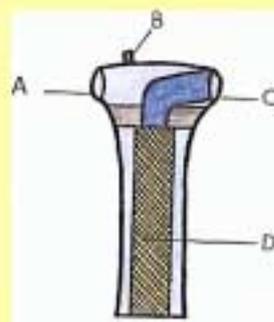
A. Entrada de agua sin filtrar. **B.** Bomba. **C.** Salida de Retrolavado. **D.** Salida de agua filtrada. **E.** Entrada de Retrolavado. **F.** Purga de aire. **G.** Arena **H.** Grava. **I.** Válvula.

Filtros de cartucho

Los filtros de cartucho pueden estar contruistos de materiales muy diversos, y su grado de filtración varía según el tamaño del poro, pudiendo oscilar desde unas pocas decenas de micras hasta menos de 1 micra.

Los cartuchos se disponen en el interior de carcassas o portacartuchos que pueden ser también de diversos materiales. La capacidad de filtración depende de la superficie. Así, cuando se necesita filtrar caudales grandes y no es suficiente con un solo cartucho, se recurre a colocar varios en paralelo. Esto se puede conseguir colocando varias carcassas individuales en paralelo, o bien colocando una carcassa múltiple que contenga varios cartuchos en su interior.

La vida media de estos cartuchos depende del grado de suciedad del agua. Las partículas pueden quedar retenidas tanto en la superficie del cartucho como en profundidad. Las partículas que quedan en superficie, pueden ser eliminadas con un simple lavado, pero las que penetran en profundidad son muy difíciles de eliminar, y van colmatándolo. Esto se traduce en una disminución del caudal y un aumento de la presión de trabajo (que se puede visualizar colocando un manómetro para medirla) que puede llegar a romper el cartucho. Este punto se conoce vulgarmente como presión de cambio, y antes de llegar a ella, se debe proceder a reemplazar los cartuchos por otros nuevos.



Carcassa individual para filtro de cartucho.

A. Entrada de agua. **B.** Purga. **C.** Salida de agua. **D.** Cartucho.

partículas de mayor tamaño decanten por su propio peso, acumulándose en el fondo del depósito. Lógicamente, cuanto mayor sea el tiempo de permanencia del agua en el depósito, mayor será la sedimentación de partículas. Para que sea efectiva, el agua debe permanecer en el tanque al menos 15 minutos.

2 FILTRACION

La calidad del agua es un factor muy importante en una granja de peces, ya que de ella dependerá el buen desarrollo de los organismos y los rendimientos obtenidos.

Un modo de mejorar la calidad del agua es eliminar las partículas sólidas que lleve, y esto se consigue con la filtración (la decantación es un primer paso).

En las granjas de engorde la filtración no es necesaria, ya que los adultos son mucho más resistentes que las larvas, pero en el criadero se hace imprescindible.

Existen distintos tipos de filtración:

- Filtración mecánica
- Filtración biológica
- Filtración química

2.1. FILTRACION MECANICA

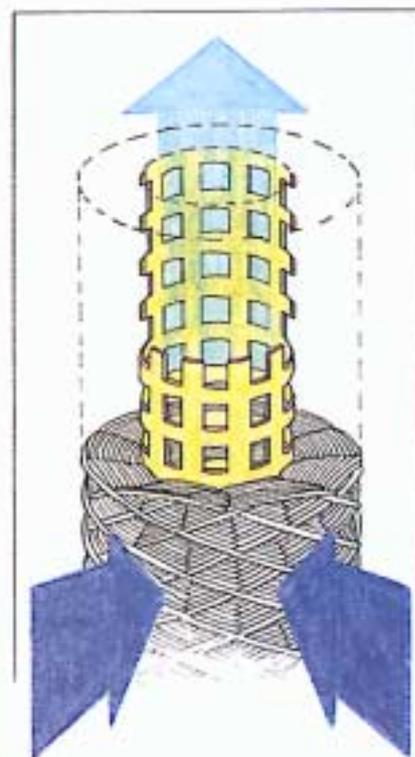
El objetivo de la filtración mecánica es eliminar las partículas en suspensión. Existen dos tipos: centrifugación y filtración mecánica típica. Esta última es la que se realiza en las piscifactorías, y consiste en forzar el paso del agua a través de un filtro de poro constante, de tal modo que las partículas mayores de ese poro no pueden atravesarlo y quedan retenidas por el filtro.

El procedimiento normal es pasar el agua previamente decantada, por un filtro de arena, y a continuación por filtros de cartuchos de 10 y 1 micra. La filtración suele requerir previamente de un bombeo para que el agua sea capaz de atravesar los filtros.

Un tipo especial de filtración mecánica es la realizada por los **FILTROS DE TIERRA DE DIATOMEAS**. La tierra de diatomeas es un material granular compuesto por restos esqueléticos de las diatomeas. Pueden sustituir a los filtros de cartucho cuando se requieren caudales elevados de filtración. Su grado de filtración puede ser menos de 1 micra.

2.2. FILTRACION BIOLOGICA

Su objetivo es eliminar el amoníaco y los productos catabólicos. Existen varios tipos de filtración biológica: microbiana, por algas, etc.



Esquema de un filtro de cartucho.
Flujo a través del cartucho.



Filtros de cartucho.



Filtro de arena.

2.2.1. Filtración microbiana

La más utilizada es la filtración microbiana, que básicamente consiste en el paso del agua a través de un filtro que contiene gran cantidad de bacterias que reciclan el amoníaco. Estas bacterias son **Nitrosomonas** y **Nitrobacter**, que convierten el amoníaco en nitrito y luego en nitrato (mucho menos tóxico para los peces). Este proceso se denomina **NITRIFICACION**. La formación de estas poblaciones es lento, pero una vez conseguido el desarrollo de Nitrosomonas-Nitrobacter, las reacciones que se producen son:



Mientras se está produciendo la población, hay un período crítico: Este se da, cuando se está desarrollando la población de Nitrosomonas, pero todavía no se ha desarrollado la de Nitrobacter, ya que, en este momento, se produce una acumulación de nitritos, que son perjudiciales para el cultivo.

Los filtros biológicos (también denominados bio-filtros), deben poseer las características que permitan el desarrollo de estas poblaciones bacterianas.

Existen varios tipos: los más usados son similares a los filtros de arena, pero suelen estar abiertos por su parte superior, presentando velocidades de filtración mucho menores (filtros de arena de paso lento). La arena se sustituye por grava de 2-5 mm de diámetro o por pequeños objetos de plástico con una elevada relación superficie/volumen. De este modo se aumenta la superficie de asentamiento de las bacterias y se permite un flujo adecuado de agua a través del filtro. Otra característica es que la superficie debe ser grande, ya que la mayoría de las bacterias se desarrollan en la capa superficial del filtro.

También hay que tener en cuenta las características físico-químicas del agua:

- La temperatura y la salinidad, que afectan directamente al desarrollo de la población bacteriana.
- Hay que controlar que exista una adecuada cantidad de oxígeno, para que no se produzcan fermentaciones anaerobias.
- El pH afecta al equilibrio entre ión amonio y amoníaco no ionizado (que es la forma nociva para los peces). Al aumentar el pH se desplaza el equilibrio, aumentando la cantidad de amoníaco no ionizado.
- Por último, mientras el filtro esté funcionando, no se deben administrar antibióticos.

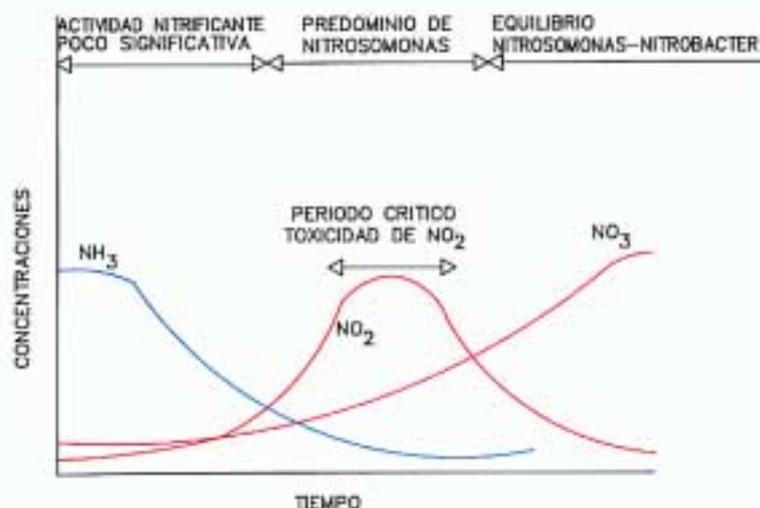
2.3. FILTRACION QUIMICA

Con ella se eliminan los productos de excreción (como amoníaco, urea, etc), otros productos (cloro residual) y también puede utilizarse para equilibrar el pH.

Los dos métodos más usados son el del carbón activo, que elimina tanto productos de excreción como cloro residual y a veces se utiliza conjuntamente con los filtros biológicos, y el de carbonatos, que se utiliza para controlar el pH.

3 ESTERILIZACION

De los distintos métodos existentes para la esterilización del agua, los dos más usados en los criaderos de peces son la esterilización por radiación ultravioleta, y la esterilización por filtración hasta 0,45 micras.



Filtración microbiana.

4

Plan de Instalaciones (3): Tratamiento del agua 2

Tienen por fin mantener una temperatura óptima en los tanques de cultivo. El gasto energético derivado de los mismos es bastante importante, y está directamente relacionado con el caudal de agua.

1 CALENTAMIENTO

El calentamiento se hace imprescindible en el criadero, ya que las larvas son muy sensibles a las variaciones térmicas y además, temperaturas bajas reducen el crecimiento y la supervivencia. Los adultos son más resistentes a estas oscilaciones, y aunque las bajas temperaturas también reducen el crecimiento, los elevados caudales empleados harían que el gasto energético fuera muy importante. Por este motivo, el calentamiento de agua no suele realizarse en las granjas de engorde.

El calentamiento del agua puede realizarse mediante métodos directos o indirectos:

1.1. METODOS DIRECTOS DE CALENTAMIENTO

Los métodos directos calientan directamente el agua de cultivo. Es el caso de resistencias eléctricas que se introducen en los tanques provocando el calentamiento del agua. Estas resistencias están dotadas de un termostato para regular la temperatura, y se utilizan en sistemas de flujo cerrado (tanques de rotífero, tanques de larvas sin renovación de agua, etc)

1.2. METODOS INDIRECTOS DE CALENTAMIENTO

Los métodos indirectos se basan en calentar agua del cultivo a partir de otro fluido (normalmente agua caliente) que actúa como transportador de calor. El fluido caliente se denomina fluido primario, y el agua de mar que se desea calentar, fluido secundario. El fluido primario puede estar naturalmente caliente (efluentes termales, etc) o ser calentado artificialmente por medio de alguna fuente de calor (caldera, bomba de calor, colectores solares, etc). La fuente de calor más comúnmente usada es la caldera de gasoil, y el fluido primario es el agua dulce.

1.2.1. Intercambiadores de calor

Para que se produzca el intercambio de calor entre el fluido primario y el fluido secundario, se utilizan los denominados intercambiadores de calor.

Estos intercambiadores actúan transfiriendo el calor de un fluido a otro, e impidiendo que ambos fluidos se mezclen. Los más usados son los intercambiadores de placas.

2 ENFRIAMIENTO DEL AGUA

El enfriamiento se realiza de un modo similar, y se hace necesario cuando se quiere controlar la maduración y puesta de los reproductores, y a veces, para la incubación de huevos. La caldera es sustituida por una unidad enfriadora que generalmente consta de un evaporador, un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un control para el circuito. El circuito primario contiene algún refrigerante químico.

Contenido

1. Calentamiento

- 1.1. Métodos directos de calentamiento
- 1.2. Métodos indirectos de calentamiento
 - 1.2.1. Intercambiadores de calor

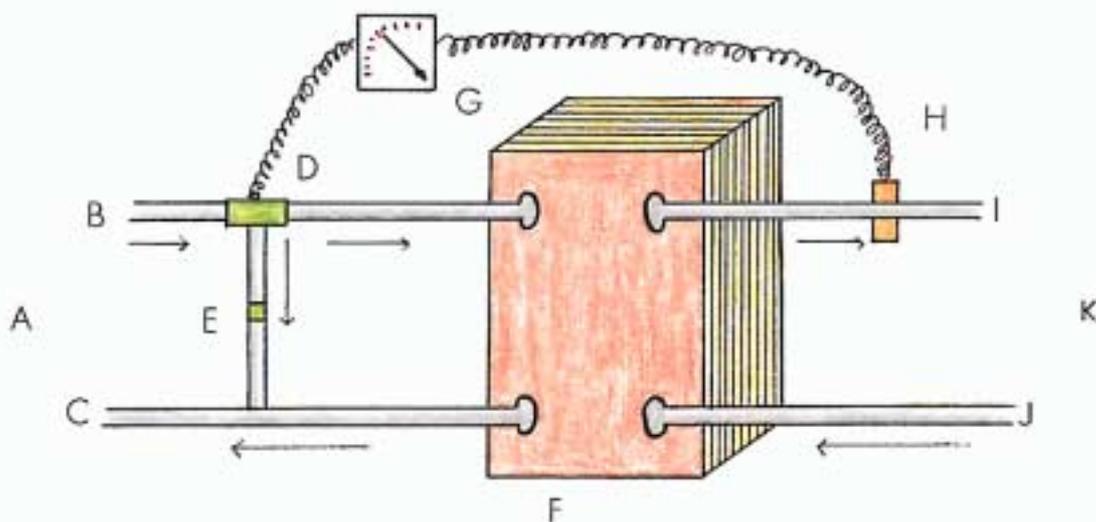
2. Enfriamiento

Funcionamiento de los intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor más usuales consisten en una serie de placas acanaladas adosadas a través de las cuales circulan los fluidos. El calor es transferido a través de la placa y, lógicamente, cuanto mayor sea la superficie de la placa en contacto con ambos fluidos, mayor será el calor transferido. Los materiales más utilizados para la construcción de las placas, son el acero inoxidable (tipo 316) y el titanio.

El fluido 1º (agua dulce de la caldera) entra en el intercambiador y transfiere su calor al fluido 2º (agua de mar). Al salir, retorna a la caldera para calentarse de nuevo. Según la cantidad de agua dulce caliente que entre en el intercambiador, el agua de mar se calentará más o menos.

El control de la temperatura se realiza a través del sensor, que está conectado a la válvula de tres vías. Esta válvula actúa permitiendo que entre más o menos agua dulce caliente al intercambiador. Si el agua de mar no está suficientemente caliente, el sensor manda una orden a la válvula de tres vías para que deje pasar más agua dulce caliente de la caldera hacia el intercambiador. Si por el contrario el agua de mar se caliente en exceso, el sensor le ordena a la válvula que deje pasar menos agua dulce caliente, desviando el exceso por el "bypass" de retorno a la caldera. Para una transferencia de calor más eficaz, el fluido 1º y el 2º deben de circular en el intercambiador en sentido inverso.



Esquema funcionamiento de un intercambiador de calor. A. Circuito primario. B. Agua dulce caliente de la caldera. C. Retorno a la caldera. D. Válvula de 3 vías. E. Válvula anti-retorno. F. Intercambiador de Placas. G. Control manual de la temperatura. H. Sensor de la temperatura. I. Agua de mar caliente. J. Agua de mar fría. K. Circuito secundario.

5

Plan de Instalaciones (4): Conducciones

1 TIPOS DE CONDUCCIONES

Existen dos tipos de conducciones: cerradas y abiertas.

1.1. CONDUCCIONES CERRADAS

Tienen la ventaja de que se puede regular más fácilmente el caudal mediante el uso de válvulas, pero el mayor inconveniente es que es más difícil la limpieza. Las más utilizadas son las tuberías de PVC (cloruro de polivinilo).

1.2. CONDUCCIONES ABIERTAS

Se limpian con mayor facilidad, pero es más difícil hacer la regulación de caudal. A veces, cuando reciben luz solar directa, se cubren para evitar un excesivo crecimiento de algas. Las más utilizadas son los canales de hormigón.

En los criaderos normalmente se utilizan conducciones cerradas, mientras que en las granjas de engorde se utilizan indistintamente los dos tipos de conducciones (a veces utilizan solamente conducciones cerradas, otras solamente conducciones abiertas, y otras una mezcla de ambas, usando en el exterior canales y en la distribución a los tanques tuberías de PVC).

2 DISTRIBUCION DEL AGUA

En cuanto a la distribución de agua, desde la estación de bombeo, el agua puede:

- Llegar hasta un depósito regulador-decantador elevado. A partir de éste, el agua puede fluir directamente por gravedad hasta los tanques de cultivo, o bien dirigirse a la zona de filtración y calentamiento. La distribución de agua por gravedad desde un depósito regulador, presenta varias ventajas: en el depósito se decantan las partículas de mayor tamaño, permite tener una pequeña reserva de agua en el mismo, y se puede regular mejor el agua que va a la instalación, aumentando la vida media de las bombas de captación.

- Llegar directamente impulsada por las bombas (a presión) hasta los tanques de cultivo. Este sistema es menos usado, utilizándose solamente en algunas granjas de engorde.

En el criadero es conveniente que el agua llegue siempre a los tanques de cultivo larvario por gravedad. Para ello a veces es necesario disponer de algún depósito interior tras la filtración y el calentamiento. De este modo se evita que el agua llegue presurizada hasta los tanques, ya que esto puede ocasionar problemas de sobresaturación y enfermedad de la burbuja en las larvas. También se pueden disponer ventosas para la eliminación de aire en los puntos más altos de la tubería, ya que es allí donde se acumula.

Contenido

1. Tipos de conducciones

- 1.1. Conducciones cerradas
- 1.2. Conducciones abiertas

2. Distribución del agua

La salida de agua para los tanques se realiza mediante válvulas en el caso de conducciones cerradas. Si se utilizan conducciones abiertas, la salida se regula mediante compuertas o bien mediante tubos con válvulas empotrados en la pared.

• Red de drenaje

Los tanques de cultivo de peces se mantienen con renovación continua de agua (flujo abierto). Para ello, la salida de agua de los tanques ha de estar diseñada de tal modo que mantenga el nivel de agua constante dentro del mismo. Esta salida también debe permitir vaciar el tanque cuando sea necesario. Existen diversos tipos:

- Un tubo de PVC empotrado dentro del tanque en el desagüe. El nivel se mantiene constante, pero tiene el inconveniente de que si se quiere vaciar el tanque, hay que meterse dentro de él para quitar el tubo empotrado.

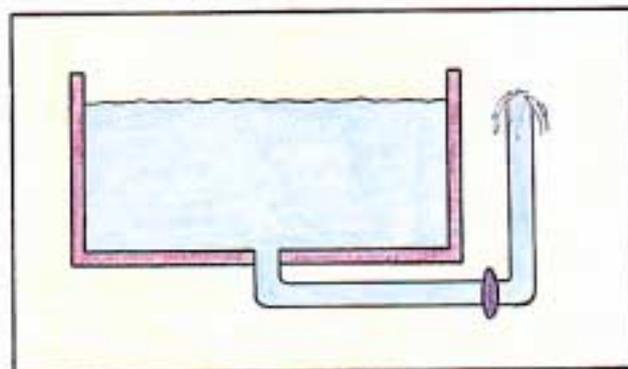
- Un tubo de PVC exterior al tanque unido a él mediante una brida loca giratoria. Este sistema permite regular el nivel que se quiera dentro del tanque sin más que inclinar el tubo de PVC, pero tiene el problema de que si el caudal de agua es elevado, la brida giratoria puede romperse.

- Un sistema de "Tes" en el exterior, pegadas una a otra. El nivel se regula según la "T" que esté abierta.

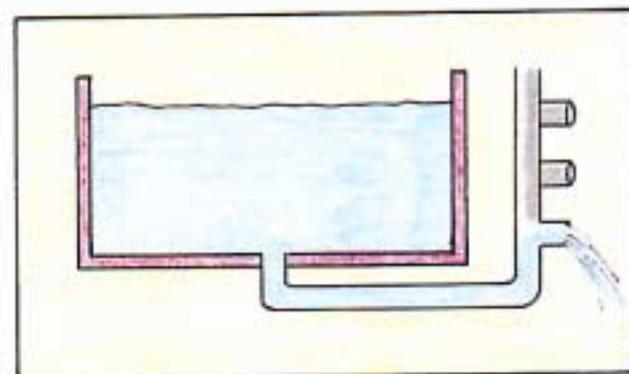
- Un rebosadero en la superficie interna del tanque y un válvula independiente para el desagüe.

- Otros sistemas como el "desagüe telescópico", etc.

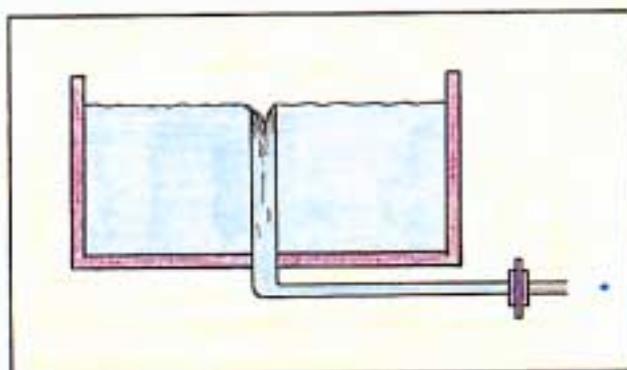
Estos desagües de los tanques van a parar a una red de drenaje, que puede ser de diversos tipos. La más común consiste en una red de canales excavados en el suelo y cubiertos por alguna rejilla que puede ser de plástico, PVC, madera, etc. Estos canales van confluyendo hasta terminar en algún colector general que lleva el agua hasta el mar.



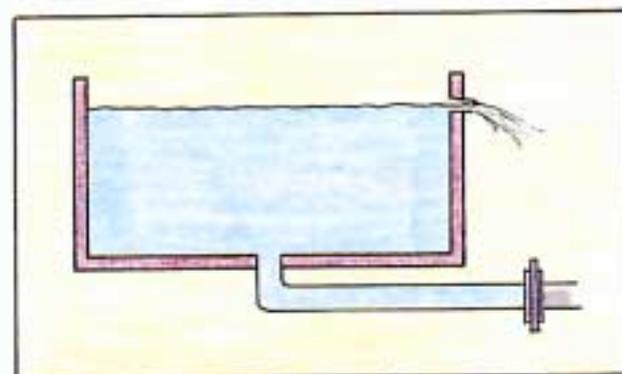
Tanque de cultivo de peces con desagüe por tubo exterior con brida giratoria.



Tanque de cultivo de peces con desagüe en "Tes".



Tanque de cultivo de peces con desagüe por tubo empotrado.



Tanque de cultivo de peces con desagüe por rebosadero.

6

Plan de Instalaciones (5): Recirculación del agua

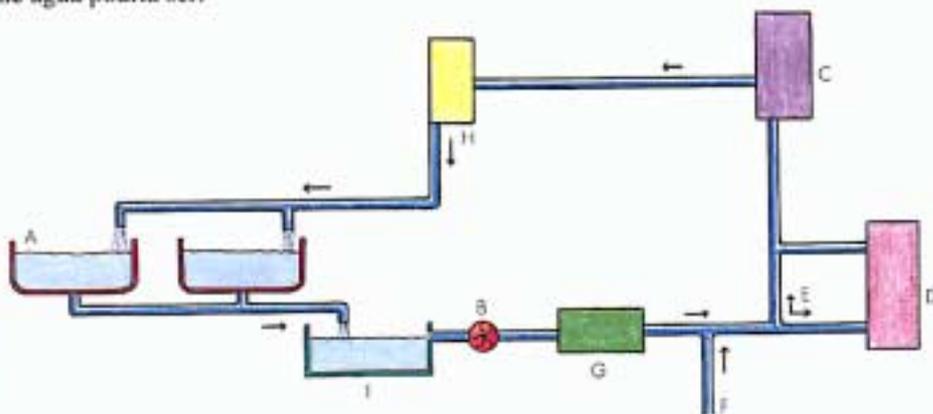
Algunas piscifactorías, fundamentalmente criaderos, utilizan sistemas de recirculación del agua. Estos sistemas se basan en reutilizar el agua que sale de los tanques de cultivo. Este agua, antes de ser utilizada de nuevo, debe de ser oxigenada y tratada para conseguir la eliminación de los productos de desecho excretados por los peces (nitritos y amoníaco) y para disminuir su carga de microorganismos patógenos. La recirculación no es un proceso fácil de realizar, y requiere de gran cuidado y experiencia para efectuarlo. No obstante, las ventajas económicas son grandes, ya que disminuye el aporte de agua del exterior y disminuye los requerimientos de calentamiento o enfriamiento.

1 REQUISITOS PARA LA RECIRCULACION DEL AGUA

Para la recirculación del agua se necesita:

- Un sistema de aireación que oxigene el agua. Se suelen utilizar aireadores de gravedad (columnas empaquetadas, cascadas, etc).
- Un sistema de decantación para eliminar las partículas en suspensión. Si el agua está muy sucia, también puede realizarse una filtración mecánica.
- Un sistema de filtración selectiva que elimine nitritos y amoníaco. Normalmente se utiliza la filtración biológica bacteriana.
- Usualmente también se esteriliza el agua para disminuir su carga bacteriana. Esto es absolutamente necesario si se trabaja en un criadero. El sistema más utilizado es la radiación ultravioleta.
- También puede ser necesario volver a calentar o enfriar el agua hasta la temperatura deseada para compensar las pérdidas o ganancias de calor.

No es conveniente introducir a un tanque de cultivo todo el agua recirculada, utilizándose normalmente un 80-90% del caudal de agua recirculada y el 10-20% restante de agua nueva de primera utilización. Así, un sistema de recirculación de agua podría ser:



Esquema de un sistema de recirculación de agua en un criadero de peces.

A. Tanques de cultivo. **B.** Bomba. **C.** Esterilizador Ultravioleta. **D.** Calentamiento/Enfriamiento. **E.** Bypass. **F.** Agua Nueva. **G.** Filtro Biológico. **H.** Reoxigenación del agua. **I.** Decantador.

Cuando se utilizan sistemas de este tipo, la red de drenaje de la instalación ha de ser doble, existiendo una red para el agua que se va a recircular, y otra red para el agua que se va a devolver al mar. Si el agua recirculada es fría o caliente, la red de drenaje suele consistir en tuberías cerradas recubiertas de algún aislante térmico.

Contenido

1. Requisitos para la recirculación del agua.

7

Plan de Instalaciones (6): Red de Aire

La aireación es un proceso que se realiza en todas las granjas de cultivo. Su principal objetivo es elevar la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, pudiéndose disminuir de este modo el flujo de agua requerido para la instalación. La aireación puede realizarse tanto en la entrada general del agua, como en cada tanque de cultivo, y se realiza por medio de aireadores.

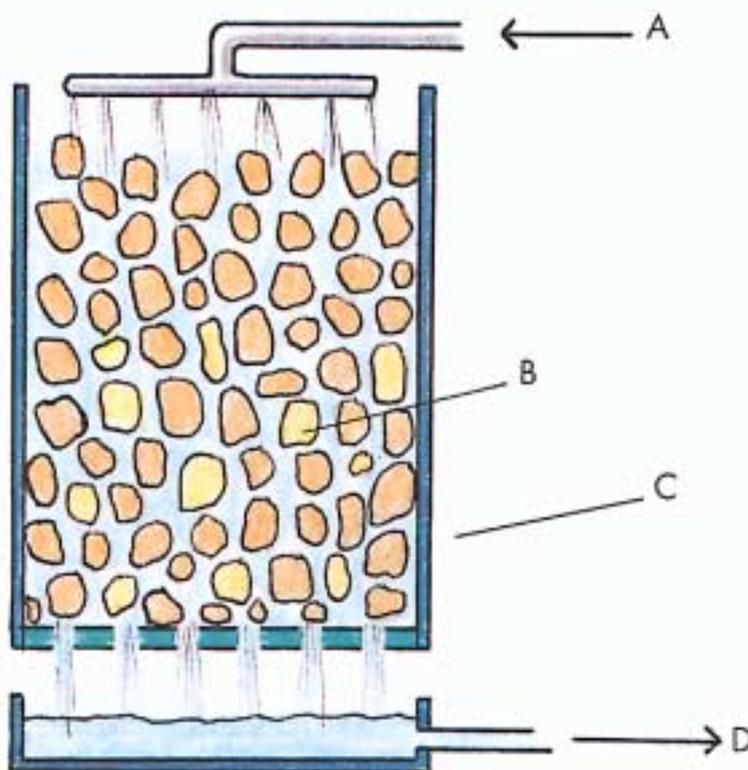
1 TIPOS DE CONDUCCIONES

1.1. AIREADORES POR GRAVEDAD

Se basan en hacer circular el agua por algún sustrato físico que incremente la superficie de contacto entre agua y aire. Al recorrer estos sustratos, se crean en el agua turbulencias que aumentan esta superficie facilitando la transferencia de gases entre el aire y el agua. Estos aireadores suelen disponerse en las conducciones generales o en la entrada a los tanques. Los dos tipos más comunes son:

1.1.1. Aireadores de columna empaquetada

Se basa en una columna rellena de algún material que ofrezca una baja resistencia al paso del agua y que presente una elevada relación superficie / volumen. Esta columna está abierta por ambos extremos para permitir la circulación de aire.



Aireador de columna empaquetada. A. Entrada del Agua. B. Material de relleno de elevada relación superficie/volumen. C. Soporte para el material. D. Salida de agua.

Contenido

1. Tipos de aireadores

- 1.1. Aireadores por gravedad
 - 1.1.1. Aireadores de columna empaquetada
 - 1.1.2. Aireadores de rejilla o de cascada
- 1.2. Aireadores de superficie
- 1.3. Aireadores sumergidos

2. Soplantes

3. Sobresaturación de gases y desgasificación

4. Inyección de oxígeno

1.1.2. Aireadores de rejilla o cascada

Se basan en hacer circular el agua a través de diversos saltos escalonados. Es conveniente que la lámina de agua sea lo más fina posible para aumentar la superficie de contacto.

1.2. AIREADORES DE SUPERFICIE

Su funcionamiento se basa en agitar la superficie del agua mediante un sistema de paletas que están movidas por un motor. También puede consistir en una hélice y un motor dotado de flotadores que actúa dispersando el agua hacia el aire. Suelen ubicarse en estanques grandes de cultivo, y su capacidad de aireación es más limitada que los otros tipos. Las paletas o la hélice deben estar protegidas por alguna malla rígida para evitar dañar a los peces.

1.3. AIREADORES SUMERGIDOS

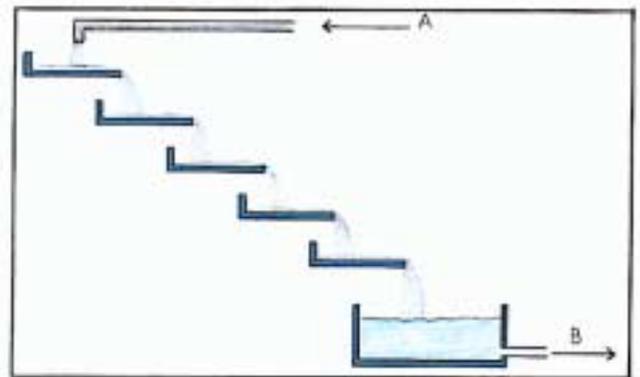
Se suelen colocar directamente en los tanques de cultivo, y son los más ampliamente utilizados. Se basan en un soplante que envía aire a baja presión a través de conducciones de PVC hasta los distintos tanques de cultivo, donde se colocan estos aireadores sumergidos. La transferencia de gases (y entre ellos el oxígeno) al agua es mayor cuando se utilizan estos aireadores, ya que dicha transferencia se realiza a presión. Existen dos tipos de aireadores sumergidos: los difusores y las bombas air-lift, ya descritas en capítulo anterior.

2 SOPLANTES

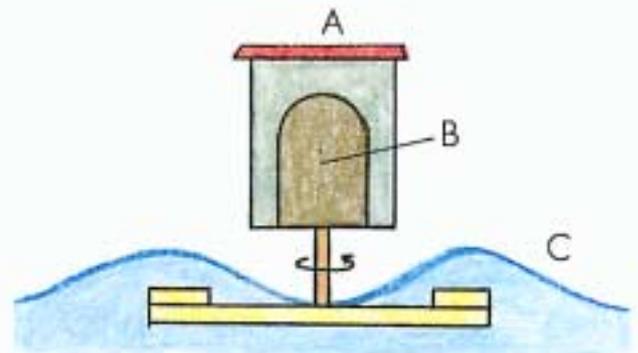
El aire utilizado para la acuicultura suele provenir de soplantes o compresores de baja presión. Existen diversos tipos de soplantes, y su funcionamiento se basa en aprovechar la fuerza centrífuga provocada por el giro de un rotor, que se encuentra en una caja circular, para enviar el aire por una salida tangencial.

El caudal de aire que da una soplante depende de la presión de descarga: a menor presión, mayor caudal.

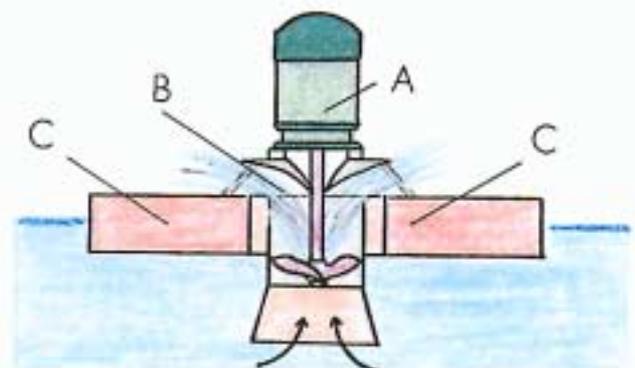
En general son muy útiles en acuicultura, ya que dan elevados caudales cuando la presión es baja (inferior a un metro de columna de agua). Además su consumo es moderado, de 1-2 Kw/h. Un solo soplante puede dar el caudal de aire necesario para muchos tanques, pero hay que tener en cuenta que la altura de agua en los distintos tanques sea la misma (si no es así, el aire tenderá a salir solamente por aquellos tanques que tengan menos agua). Cuando la presión de descarga aumenta, el caudal se reduce rápidamente, y si esta presión aumenta demasiado (por ejemplo, porque están cerradas muchas salidas de aire hacia los tanques), se puede dañar el soplante y las conducciones. Para evitar esto, la mayoría de las instalaciones están dotadas de válvulas de seguridad de alta presión que



Sistema de aireación en cascada. A. Entrada del agua. B. Salida del agua.



Aireación de superficie. A. Soporte. B. Motor. C. Superficie del agua.



Aireador de superficie. A. Motor. B. Rociamiento. C. Flotador.

se abren cuando la presión sobrepasa un nivel de seguridad dado. Los soplantes también suelen poseer filtros en la aspiración de aire para retener el polvo y las partículas en suspensión que puedan llegar a él.

Los compresores de alta presión no suelen ser utilizados en piscicultura, ya que no se suele trabajar con presiones altas. Además, estos compresores no son aparatos que puedan funcionar continuamente dando caudales elevados (se estropean con facilidad y su consumo es elevado). Por otro lado, estos compresores sueltan aceite al aire. Este aceite es nocivo para los cultivos, y en caso de utilizarlos hay que dotarlos de un filtro para este aceite.

3 SOBRESATURACION DE GASES Y DESGASIFICACION

Cuando la presión total de gases en el agua (suma de las distintas presiones parciales de los gases disueltos en el agua) es superior al 100%, se dice que el agua está SOBRESATURADA. Los peces marinos, fundamentalmente las larvas, no soportan bien la sobresaturación. Niveles de tan solo un 102-103% comienzan a originar problemas en las larvas, y concentraciones mayores pueden resultar letales. Los adultos son más resistentes, soportando niveles de saturación mayores. Algunos de los factores que pueden originar sobresaturación son:

- Calentamiento de agua, ya que al aumentar la temperatura, disminuye la solubilidad de los gases.
- Utilización de aireadores sumergidos, que inyectan aire a presión.
- Entradas de aire en tuberías impulsadas por bombeo.

Obviamente estos factores no siempre originan sobresaturación, sino que depende de la cantidad inicial de gases disueltos y de la intensidad de estos factores.

La presión total de gases (PTG), se mide con un aparato denominado SATUROMETRO DE WEISS. Cuando sus niveles son elevados y el agua está sobresaturada hasta niveles peligrosos para los peces, hay que proceder a desaturarla o DESGASIFICARLA. Para ello se utilizan normalmente cualquiera de los aireadores de gravedad anteriormente descritos. Estos aireadores tienden, como se dijo, a favorecer la transferencia de gases entre el aire y el agua. De este modo sus concentraciones de gases se equilibran, perdiendo el agua su exceso de gases. Los que dan mejores resultados son las columnas empaquetadas, y pueden dimensionarse para cada caso concreto en función de la sobresaturación y caudal.

4 INYECCION DE OXIGENO

Muchas piscifactorías, fundamentalmente granjas de engorde, utilizan oxígeno puro para disminuir el caudal de agua a utilizar. Este oxígeno se mantiene en estructuras contenedoras especiales (depósitos o botellas), y puede introducirse al canal general de distribución o a cada tanque de cultivo.

La introducción al canal de distribución presenta la ventaja de que si éste es una tubería cerrada, el oxígeno se disuelve más eficazmente que si se inyecta a tanques abiertos. Además la regulación es más fácil ya que se dosifica en un solo punto. Por contra, esta dosificación ha de ser muy fina, ya que al disolverse el oxígeno más eficazmente, se puede sobresaturar en exceso el agua.

Otro factor a tener en cuenta es que este oxígeno puede servir también como medida de emergencia ante un eventual corte de agua. Esto no es posible si se inyecta el oxígeno al canal de distribución, ya que este canal no llevará agua. Sin embargo, si se inyecta directamente el oxígeno a los tanques de cultivo (mediante difusores), sí que servirá para dicho fin.

La principal diferencia entre el uso de aire y el uso de oxígeno está en su composición, ya que el aire lleva solamente un 21% de oxígeno. Si se utiliza oxígeno puro, se podrá saturar ligeramente el agua en oxígeno sin modificar excesivamente su PTG. Pero si se utiliza aire, cualquier sobresaturación de oxígeno influirá mucho más en la PTG, ya que también se habrá sobresaturado el agua con nitrógeno y otros gases.



Soplante.

Actividades

Autoevaluación

1 ¿Por qué en los criaderos se utilizan conducciones cerradas, mientras que en las granjas de engorde suelen emplearse conducciones abiertas?

2 Relaciona los siguientes conceptos:

- a) Bomba en aspiración - cebado - válvula de retención
- b) Decantación - filtración - esterilización
- c) Aireación - oxigenación - respiración

3 Relaciona las dos series de términos:

| | | | | | |
|---|-------------------------|---|---------------------|--|--|
| A | Saturómetro | 1 | Columna empaquetada | | |
| B | Aireador sumergido | 2 | Placas de titanio | | |
| C | Aireador por gravedad | 3 | Nitrosomonas | | |
| D | Intercambiador de calor | 4 | Weiss | | |
| E | Filtración | 5 | Difusor | | |

Aplicaciones

1 Establece una escala de filtros para conseguir esterilizar por filtración un importante volumen de agua marina con abundancia de macroalgas y partículas sólidas en suspensión.

3 Diseña en todos sus detalles un aireador de rejilla o de cascada.

Conoce tu entorno

1 El empleo de filtros está muy extendido en diversos sectores productivos. Señala otras industrias o instalaciones de tu entorno en las que se utilicen:

- A. Filtros de arena
- B. Filtros de cartucho
- C. Otros filtros

2 Señala los sistemas de filtración más empleados en las industrias o actividades que se señalan:

- A. Lechera
- B. Sanitaria
- C. Vinícola

3 Observa un acuario bien equipado. Analiza y define sus sistemas de filtración, esterilización, calentamiento y aireación. Compáralos con lo estudiado en estos capítulos.

2 Dibuja en esquema, una conducción de agua de un criadero de peces desde la toma hasta un tanque de cultivo, señalando el lugar donde colocarías: Estación de bombeo, sistemas de filtración, esterilización y calentamiento del agua.

8

Estructura de las Instalaciones

1 CRIADERO (HATCHERY)

1.1. GENERALIDADES

El criadero es la instalación en la cual se realiza la reproducción y cría larvaria. En ella se mantienen los reproductores, se controla la puesta, se incuban los huevos, se cultivan las larvas y se realiza el destete o adaptación de los peces a la alimentación inerte. El criadero suele presentar una NURSERY o instalación en la que se inicia el preengorde de los peces y se mantienen los alevines hasta que son trasladados a las granjas de engorde.

En un criadero se pueden diferenciar tres grandes partes:

- **INSTALACIONES EXTERIORES:** Que incluyen sala de bombeo, sala de filtración, sala de calentamiento/enfriamiento del agua, taller, depósitos reguladores y tanques de mantenimiento de reproductores.

- **INSTALACIONES INTERIORES SECAS:** Aisladas del agua de mar e incluyen oficinas, servicios, vestuarios, almacén, cámaras para conservación y preparación del alimento y laboratorio.

- **INSTALACIONES INTERIORES HUMEDAS:** Compuestas por una sala de fitoplancton, sala de rotíferos, sala de Artemia, sala de reproductores, sala de incubación, sala de cultivo larvario y sala de destete-nursery. Si se trabaja únicamente con especies que al nacer son capaces de alimentarse de artemia (como la lubina), se puede prescindir de las salas de fitoplancton y rotífero.

El criadero tiene unas necesidades de agua muy distintas a las de la granja de engorde. El caudal es muy inferior, y la mayor parte del mismo irá destinado a los tanques de reproductores y a la sala de destete-nursery. A no ser que exista un elevado número de tanques de mantenimiento de reproductores o que se mantengan

Contenido

1. Criadero (Hatchery)

- 1.1. Generalidades
- 1.2. Tanques de mantenimiento de reproductores
- 1.3. Sala de reproductores
- 1.4. Sala de fitoplancton
- 1.5. Sala de rotífero
- 1.6. Sala de Artemia
- 1.7. Sala de incubación
- 1.8. Sala de cultivo larvario
- 1.9. Sala de destete-nursery

2. Granja de engorde

- 2.1. Tanques y estanques
 - 2.1.1. Tanques circulares
 - 2.1.2. Tanques rectangulares
- 2.2. Preengorde y engorde



Estructura del criadero.

mucho tiempo los alevines en la nursery, las necesidades del criadero son de unos pocos cientos de metros cúbicos a la hora. Al utilizar caudales de agua relativamente pequeños, los depósitos exteriores reguladores también pueden actuar como depósitos de almacén de agua. Esto permite que la instalación pueda seguir funcionando un cierto tiempo con independencia de la toma exterior.

En cuanto a calidad, requiere un agua de elevada calidad de filtración (usualmente hasta 1 micra en cultivo larvario) y una unidad de esterilización para el cultivo de fitoplancton. Algunos criaderos utilizan también agua esterilizada para las salas de incubación, cultivo larvario y rotífero.

El criadero está también dotada de una unidad de calentamiento de agua y, según la especie cultivada y el control que se ejerza sobre la puesta, una unidad enfriadora.

Algunos criaderos presentan también una unidad para la recirculación del agua. En este caso deben poseer un filtro biológico para la eliminación de nitritos y amoníaco y la red de drenaje debe de ser doble, separando el agua que se va a recircular y el agua que va a ser vertida al exterior.

El laboratorio ha de ser bastante completo, estando dotado de lupas y microscopios para los conteos y observaciones de fitoplancton y zooplancton, huevos y larvas. También deben poseer aparatos para la medida de las variables físico-químicas del agua (termómetros, salinómetros, oxímetro, pHmetro y Kits para medidas de nitritos y amonio). Estufas de incubación y esterilización, autoclave, agitadores y balanzas son también imprescindibles. Otros aparatos que puede contener son saturómetro, espectrofotómetro, centrífuga, etc.

Los reproductores son usualmente alimentados con pescado. Además, en algunas especies se hace necesario fabricar pastas o piensos húmedos durante el destete. Todo esto implica la existencia de una sala para la conservación de alimento (que consta de una cámara frigorífica y una cámara de congelación) y otra sala para prepararlo (dotada de una picadora y una mezcladora).

1.2. TANQUES DE MANTENIMIENTO DE REPRODUCTORES

Son grandes tanques de hormigón o estanques en tierra, normalmente situados en el exterior, y con circulación continua de agua. En ellos se mantienen durante todo el año los reproductores pasándolos a la sala interior cuando se aproxima la época de puesta. Se utiliza agua sin filtrar y con la temperatura normal del agua de mar. La alimentación ha de ser de buena calidad para mantener a los reproductores adecuadamente nutridos. Estos tanques permiten tener un stock grande de reproductores e ir seleccionándolos y escogiéndolos para surtir de peces la sala interior en la que tendrá lugar la maduración y puesta.

1.3. SALA DE REPRODUCTORES

En esta sala se realiza la inducción a la puesta, y a veces también la maduración previa a la misma. Se utilizan tanques más pequeños, de hormigón o poliéster, y con volúmenes comprendidos entre los 5 y 25 metros cúbicos. Estos tanques han de estar dotados de flujo continuo de agua (normalmente sin filtrar), control de la temperatura y aireación. La luz puede ser natural o eléctrica, según la luminosidad de la sala. Si es necesario controlar el fotoperíodo, se recurre siempre a la luz eléctrica.

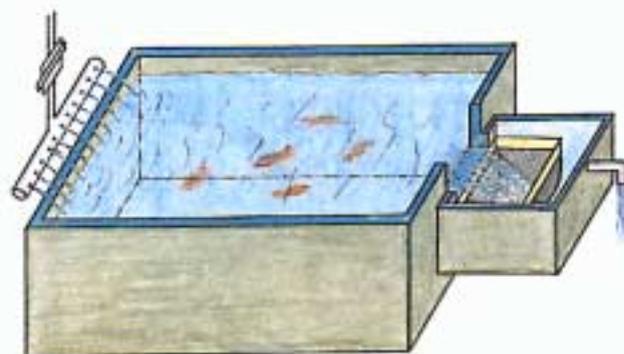
Las necesidades y dimensiones de la sala varían según la especie elegida. En aquellas especies en las cuales la maduración es natural, los reproductores son introducidos en estos tanques cuando están próximos a la puesta. La inducción a la misma se debe fundamentalmente a estímulos térmicos, por lo que es necesario el control de temperatura pero no el de fotoperíodo. Sin embargo, cuando se quiere inducir la maduración se requiere una sala mucho más grande, ya que los reproductores tardan bastante en madurar y deberán permanecer más tiempo en estos tanques. Además, la maduración se regula por medio de fotoperíodo y temperatura, y los tanques deben estar dotados de control sobre ambos factores.

Si la puesta es espontánea, hay que dotar también a los tanques de sistemas para la recogida de los huevos. Los huevos de los peces marinos flotan debido a la presencia de una gota de grasa. Por tanto, se dota al tanque de un rebosadero superficial en el que se coloca una malla para que retenga dichos huevos.

1.4. SALA DE FITOPLANCTON

Suele constar de una sala isoterma para la conservación de cepas y la iniciación del cultivo, y otra sala para el cultivo masivo.

La cámara isoterma, mantiene una temperatura constante de 19-20 °C, para lo que debe estar dotada de aire acondicionado y un sistema de alarma para el mismo. En esta sala se mantienen en tubos de ensayo o matraces de 250 ml las cepas de las especies cultivadas. Las cepas de



Tanque de reproductores de puesta espontánea.

fitoplancton se mantienen sin aireación, siendo preciso agitarlas periódicamente y cambiarles el medio cada 15-20 días. El agua ha de estar muy bien esterilizada (a menudo se autoclava), y la intensidad luminosa es baja.

El resto de la cámara isoterma se utiliza para el inicio del cultivo masivo. Se parte de los matraces de 250 ml y a continuación se pasan a reactores esféricos de cristal de volúmenes comprendidos entre 2 y 10 litros. El agua utilizada también es esterilizada, pero no se autoclava. La esterilización puede efectuarse por radiación ultravioleta, filtración a 0,45 micras o por medio de cloro. En estos reactores esféricos se hace necesaria la presencia de aireación, y en algunos criaderos se inyecta anhídrido carbónico en los mismos para aumentar los rendimientos. La intensidad luminosa es muy superior, de unos cuantos miles de luz.

La sala para el cultivo masivo no suele estar dotada de aire acondicionado. En zonas soleadas y no muy frías, son muy utilizados los invernaderos (a veces suplementados con luz artificial por la noche). En zonas frías y poco soleadas, la sala de cultivo deberá ir dotada de algún sistema de calentamiento y de abundante luz artificial. Los volúmenes utilizados son muy variados. Se suele comenzar con bolsas de plástico de unos 40-50 l de capacidad para pasar posteriormente a bolsas mayores (de 400 litros) o tanques de poliéster de varios miles de litros. En esta sala también se necesita aire y agua esterilizada.

En un criadero de peces, las especies de fitoplancton más comúnmente utilizadas pertenecen a los géneros *Tetraselmis*, *Dunaliella*, *Isochrysis*, *Chlorella* y *Nannochloropsis*.

1.5. SALA DE ROTIFERO

La sala de cultivo de rotífero ha de estar dotada de agua filtrada, mantenimiento de temperatura, aireación y luz. El agua suele filtrarse hasta 1 micra, aunque algunos criaderos prefieren filtrarla hasta 0,45 micras. La luz en sí no es indispensable para el rotífero, pero si se añade fitoplancton a los tanques, sí se hace necesaria. En general se utilizan intensidades moderadas y estables (fotoperíodo continuo).

La temperatura suele mantenerse a unos 20 °C y para ello se puede bien calentar la sala con algún sistema de calefacción o bien calentar individualmente los tanques mediante resistencias. En verano, la temperatura ambiente de la sala puede pasar de estos 20 °C. Mientras no supere los 25 °C no suele haber problemas, pero si es mayor se debe vigilar intensamente el cultivo, ya que pueden presentarse problemas debido a la aceleración de los procesos de descomposición de la materia y del crecimiento bacteriano. Para el mantenimiento de las cepas es aconsejable que la temperatura no suba de los 20 °C, por lo que es conveniente mantenerlas en la sala isoterma.

Los tanques suelen ser de poliéster u hormigón, y los volúmenes industriales oscilan entre los 1.000 y 10.000

litros. Han de estar dotados de varios puntos de aireación no muy intensa. Su forma puede ser variada, siendo interesante que presenten una relación altura/superficie elevada. También deben poseer una válvula de purga o desagüe por el fondo.

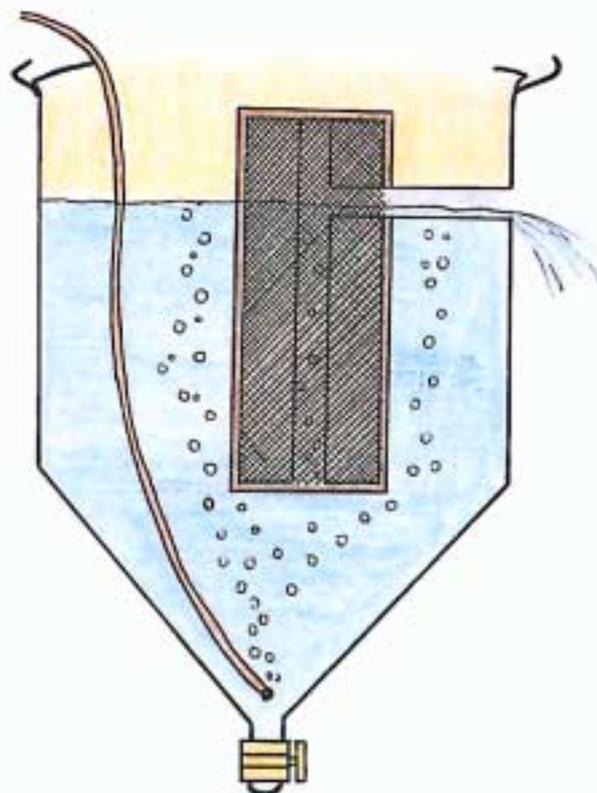
1.6. SALA DE ARTEMIA

Debe disponer de agua de mar, agua dulce, sistema para elevar la temperatura, aireación fuerte y luz.

El agua dulce es necesaria para disminuir la salinidad del agua de mar en los incubadores, ya que se observan mejores resultados en la eclosión de los cistes con salinidades menores.

El agua de mar se suele filtrar hasta 1 micra, y la temperatura debe mantenerse constante entre 27 °C y 30 °C, para lo que se dota a cada tanque de una resistencia. La aireación y la luz han de ser intensas.

La sala debe constar de varios incubadores tronco-cónicos para los cistes, con un volumen de 500-1.000 litros. También debe poseer tanques un poco mayores (hasta 2.000 - 3.000 litros) para el enriquecimiento de los nauplius. Si se quieren producir metanauplius, el número de tanques debe ser mayor, ya que estos metanauplius se mantienen a densidades menores. Esta sala tiene que poseer un sitio para efectuar la descapsulación y el lavado de artemia.



Incubador.

1.7. SALA DE INCUBACION

Contiene los tanques necesarios para la incubación de los huevos y el mantenimiento de las larvas recién eclosionadas hasta el momento de su traslado a los tanques de cultivo larvario.

La sala suele ser pequeña, ya que los huevos se incuban a elevadas densidades, y además su tiempo de permanencia en esta sala es corto (en la mayoría de las especies marinas no suele pasar de una semana). La sala debe estar dotada de agua de mar filtrada a 1 micra, aireación y regulación de la temperatura (calentamiento y/o enfriamiento según las especies). La mayoría de los huevos de peces no requieren luz para su incubación.

Los incubadores suelen ser troncocónicos, con una válvula en el fondo que actúa como desagüe para extraer los huevos muertos, y su volumen oscila entre 100-1.000 litros.

La entrada de agua puede ser en superficie o en el fondo (por la válvula de desagüe), siendo más común la primera. La salida de agua se efectúa por un rebosadero superficial, a través de un filtro. Este filtro suele ser de gran tamaño, y presenta una malla que oscila entre las 350-500 micras. Los incubadores se mantienen en circuito abierto a la temperatura deseada y con aireación continua (que posibilita la mezcla de agua y mantiene los huevos en suspensión).

1.8. SALA DE CULTIVO LARVARIO

Esta sala contiene los tanques en los que se realiza el cultivo larvario de los peces. La sala debe poseer agua filtrada hasta 1 micra, control de la temperatura, aireación y luz artificial.

Algunos criaderos utilizan agua esterilizada, siendo esto más común en especies delicadas como el rodaballo.

El control de la temperatura varía según los tanques se mantengan en flujo abierto o cerrado: Si están en flujo abierto, la regulación de la temperatura se efectúa regulando la temperatura del agua que entra en el tanque. Si están en flujo cerrado, los tanques han de estar provistos de resistencias con termostatos o bien mantener la sala a la temperatura deseada.

Los tanques son de poliéster, y su volumen oscila entre los 1.000 y 20.000 litros, según la especie. Presentan un desagüe y un rebosadero en la pared del tanque para regular el nivel de agua. Son circulares con el fondo cónico o redondeado.

La sala de cultivo larvario constituye la parte central y más importante del criadero, y ha de estar bien comunicada con las salas de incubación, nursery y producción de fitoplancton y zooplancton.

En esta sala se deben extremar las precauciones sanitarias, ya que las larvas son muy sensibles a infecciones y problemas patológicos que pueden ocasionar graves pérdidas. Una vez que los alevines han finalizado la metamorfosis, se transfieren a la sala de nursery.

1.9. SALA DE DESTETE - NURSERY

En esta sala se inicia el alevinaje y se mantienen los peces preengordándolos hasta su transferencia a las instalaciones de engorde. La sala de nursery está dotada de agua de mar con una menor calidad de filtración, usualmente filtrada por arena. Puede estar dotada o no de un sistema de calentamiento de agua, aunque normalmente se utiliza ya agua natural sin calentar. Si existe abundante luz



Situación de la sala de larvas en el conjunto de la granja.



Situación de la sala de engorde en el conjunto de la granja.

natural, se suele prescindir de la iluminación eléctrica. Los tanques deben poseer aireación, y a menudo están dotados de alimentadores automáticos.

Los tanques son generalmente de poliester y pueden ser circulares, cuadrados con las esquinas redondeadas o rectangulares alargados. En cualquier caso el fondo suele ser plano con una ligera inclinación hacia el desagüe.

En el cultivo larvario de los peces marinos existe una fase denominada DESTETE que es el paso de alimentación viva a alimentación inerte. En la mayoría de las especies marinas, el destete se inicia durante la metamorfosis, y por tanto, en la sala de cultivo larvario. Al cabo de unos días, cuando los peces terminan la metamorfosis, se transfieren a la sala de nursery, y en esta se termina de realizar el destete. No obstante, algunas instalaciones presentan una sala propia de destete en la cual se realiza todo este proceso.

2 GRANJAS DE ENGORDE

Las granjas de engorde ubicadas en tierra firme, son instalaciones en las que se procede al cultivo de los alevines hasta alcanzar su tamaño comercial. De un modo similar a como se hizo en el criadero, se pueden distinguir tres grandes partes:

- **INSTALACIONES EXTERIORES:** que incluyen la sala de bombeo, depósitos reguladores, un taller y, opcionalmente, depósitos de almacén de oxígeno.

- **INSTALACIONES INTERIORES SECAS:** semejantes a las existentes en el criadero, constan de oficinas, servicios, vestuarios, almacén, laboratorio y, según la especie con que se trabaje, puede ser necesario una sala para la conservación y preparación del alimento. Las grandes granjas de engorde incluyen también una sala para el sacrificio de los peces y para la preparación y empaquetado del producto comercial.

- **INSTALACIONES INTERIORES HUMEDAS:** Constan de una sala de preengorde y una sala de engorde. A pesar de que aquí se han clasificado como instalaciones interiores, es importante señalar que en muchas granjas marinas el preengorde y el engorde no se realiza en salas interiores de una nave, sino que se llevan a cabo en tanques o estanques situados en el exterior.

A diferencia con el criadero, la granja de engorde requiere un gran caudal de agua, de hasta varios miles de metros cúbicos a la hora, según la especie, condiciones de temperatura, y, lógicamente, cantidad de peces. Sin embargo este agua no es filtrada ni se le regula la temperatura, no siendo necesario ninguna sala de filtración ni de calentamiento o enfriamiento.

La estación de bombeo adquiere una gran importancia. Su diseño y la elección del tipo de bombas juegan un papel decisivo en la viabilidad de la instalación, y varían en función de las condiciones especiales de cada ubica-

ción. Al utilizar flujos elevados de agua, los depósitos reguladores no pueden actuar como almacén de agua, reduciéndose su misión a regular el flujo y a actuar como depósitos decantadores.

Muchas granjas de engorde están comenzando a utilizar oxígeno para disminuir el bombeo de agua. En este caso, la granja debe poseer un depósito almacén para el oxígeno y sistemas para inyectarlo, bien a la tubería general, bien a los tanques de cultivo. Lo que si poseen la casi totalidad de las granjas, son soplantes y redes de aire que llegan a los distintos tanques. Estos sistemas de suministro directo a los tanques (aire u oxígeno), además de disminuir el caudal de agua, suponen una medida de precaución ante situaciones de emergencia debidas a un fallo en la instalación de bombeo.

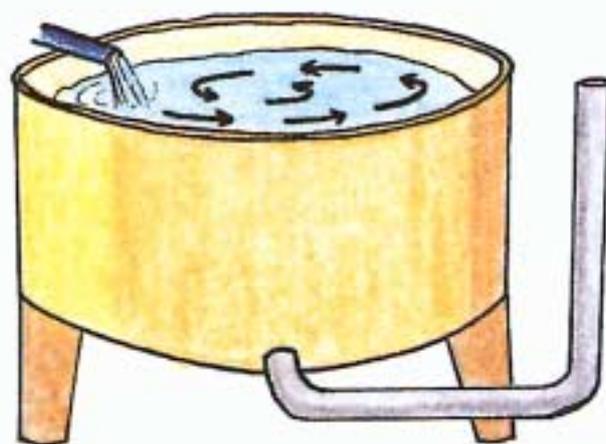
El laboratorio es más reducido que el del criadero. Ha de poseer los aparatos para las medidas físico-químicas del agua, balanzas para el muestreo de los peces, y es conveniente que posea una lupa y un microscopio para poder realizar observaciones en fresco de los diferentes órganos de los peces. Las granjas mayores, también pueden disponer de un pequeño laboratorio bacteriológico.

El almacén ha de poseer un sitio fresco, seco y sin luz natural directa en el que mantener el pienso seco. Como se dijo anteriormente, la sala de preparación y conservación del alimento no es siempre necesaria. Sólo se requiere en aquellas granjas que trabajan con especies (por ejemplo, rodaballo) que no se alimentan de piensos secos comerciales.

2.1. TANQUES Y ESTANQUES

- Por **ESTANQUES** se entiende grandes extensiones de agua retenidas por un fondo y paredes de tierra.

Suelen utilizarse para el cultivo extensivo y semiintensivo, en los cuales las densidades de cultivo son bastante menores. Son muy económicos, pero son muy difíciles de



Circulación del agua en un tanque circular.

limpiar y de manejar el pescado. Han de estar contruidos en terrenos impermeables, o bien impermeabilizar éste por algún medio. Su utilización depende por tanto de la zona y el tipo de terreno donde esté ubicada la granja.

• Por TANQUES se entiende recipientes de menor tamaño contruidos de muy diversos materiales en los que se introduce agua artificialmente. Pueden ser de PVC, poliéster, hormigón, metálicos, madera, etc. Han de lavarse abundantemente con agua antes de ser utilizados por primera vez para "envejecerlos" y evitar que puedan desprender componentes tóxicos. Los más utilizados son los de hormigón, ya que son relativamente baratos y fáciles de limpiar. Se pueden recubrir con alguna capa de fibra de vidrio o de algún compuesto o pintura impermeabilizante. El poliéster es más caro, y sólo suele utilizarse para tanques de menor tamaño. Según su forma, los más utilizados son los circulares y rectangulares.

2.1.1. Tanques circulares

Sus principales ventajas son la mejor circulación del agua, la distribución de oxígeno y de peces en el tanque es bastante homogénea, así como el efecto de autolimpieza. Este efecto hace que la suciedad se acumule en el centro del tanque, donde presentan un desagüe que facilita la extracción de la misma.

Estos tanques suelen ser de poliéster, aunque también pueden ser metálicos (con algún recubrimiento aislante).

Como inconvenientes se pueden citar que es difícil manejar el pescado en ellos, y que aprovechan peor el espacio existente en una piscifactoría. Para paliar este problema, se puede recurrir a los tanques cuadrados con las esquinas redondeadas, de hormigón o, poliéster, que mantienen muchas de las ventajas de los tanques redondeados y aprovechan mejor el espacio útil de la granja.

2.1.2. Tanques rectangulares

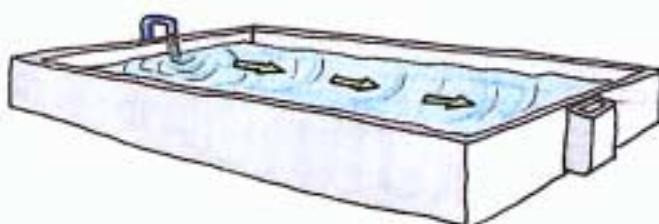
Suelen ser contruidos de hormigón y son más económicos que los circulares de poliéster. Aprovechan mejor el espacio y es más fácil manejar el pescado dentro de ellos. Sin embargo la circulación de agua es peor, el oxígeno no se distribuye homogéneamente (siendo más abundante en la cabecera del tanque), y el efecto de autolimpieza es mucho menos acusado.

2.2. PREENGORDE Y ENGORDE

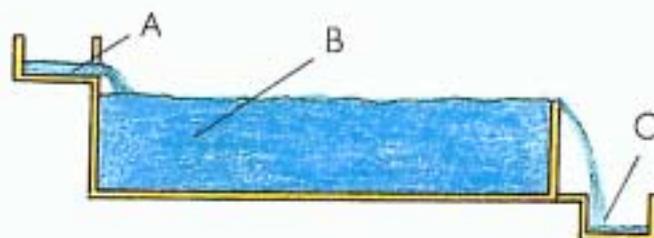
Según la especie cultivada, los tanques pueden ser circulares, cuadrados con las esquinas redondeadas o circulares. Sea cual sea la forma, los tanques se disponen en paralelo con respecto a la entrada de agua. Debe existir una red o canal principal de agua de la que salen ramales para los distintos tanques y una red de drenaje o desagüe.

La principal diferencia entre el preengorde y el engorde, radica en el volumen de los tanques. En preengorde, los alevines son clasificados con relativa asiduidad para evitar dispersiones de tallas. Por tanto, es preferible elegir tanques de menor tamaño en los que se puede manejar el pescado con mayor facilidad, siendo utilizados en algunas especies los tanques tipo "raceway" (tanques rectangulares muy alargados) con un tamaño de pocos metros cúbicos. En engorde se utilizan tanques de un mayor tamaño, desde 20-25 a varios cientos de metros cúbicos.

Los tanques de preengorde y engorde han de estar dotados de entrada y salida de agua de mar (manteniendo un nivel constante dentro del mismo), desagüe para vaciarlo si es preciso, entrada de aire y, opcionalmente, entrada de oxígeno. Raramente están iluminados con luz eléctrica (solamente si están en naves cerradas con escasa luz natural), y muchos de ellos presentan comederos automáticos. Las granjas más modernas pueden poseer también a la salida de los tanques electrodos para la medida de oxígeno.



Circulación del agua en un tanque transversal.



Corte transversal de un tanque de cultivo.

- A. Canal principal.
- B. Tanque de cultivo.
- C. Canal de desagüe.

Autoevaluación

1 Define y compara los siguientes conceptos:
Hatchery - Nursery - Criadero - Granja marina

2 Rellena el cuadro contestando a la pregunta: ¿Los peces se mantienen en _____, desde _____ hasta?

| SE MANTIENEN EN | DESDE | HASTA |
|--------------------------|-------|-------|
| Criadero | | |
| Sala de incubación | | |
| Sala de cultivo larvario | | |
| Sala de destete | | |
| Con alimentación inerte | | |
| Instalaciones de engorde | | |

Aplicaciones

1 Elabora un listado lo más completo de las necesidades del laboratorio de un criadero:

- A. De instrumental
- B. De reactivos
- C. De aparatos

2 Compara los requerimientos de la calidad del agua en las distintas instalaciones de cultivo de peces:

- A. Sala de reproductores
- B. Sala de fitoplancton
- C. Sala de rotífero
- D. Sala de Artemia
- E. Sala de incubación
- F. Sala de cultivo larvario
- G. Sala de destete-nursery
- H. Granja de engorde

Conoce tu entorno

1 Los materiales y diseño de los laboratorios de los criaderos pueden variar mucho y no tienen por qué ser muy distintos de los instalados en otras industrias y actividades, como p. ej., los de control lácteo, sanitarios, centros de investigación biológica, etc. Acércate a alguno y estúdialo. Con las notas que hayas recogido diseña el laboratorio de TU criadero, respondiendo a las siguientes preguntas:

- A. Tamaño
- B. Forma (con puertas, ventanas, etc)
- C. Material de recubrimiento de las paredes
- D. Características del suelo
- E. Colocación del mobiliario
- F. Materiales empleados en el mobiliario
- G. Colocación de los aparatos
- H. Colocación del instrumental
- I. Conducciones y calidades del agua
- J. Instalación eléctrica

1 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Tienen por objeto asegurar el mantenimiento de la instalación ante situaciones de emergencia, de tal modo que los peces no se queden sin oxígeno. Para evitar fallos en la instalación la primera medida que debe tomarse es la revisión periódica de la misma. Se debe incidir especialmente en las labores de mantenimiento y limpieza de los distintos aparatos y conducciones. Otras medidas son dotar a la instalación de:

1.1. GRUPO ELECTROGENO

Sirve para el suministro de energía a la instalación cuando falla el suministro eléctrico. Su potencia depende del consumo mínimo necesario que debe mantenerse ante esta eventualidad. El grupo electrógeno puede conectarse manualmente o estar dotado de un sistema de arranque automático al fallar la luz. Es una medida de seguridad imprescindible.

1.2. BOMBAS Y SOPLANTES

A pesar de revisarlas periódicamente y realizarles un mantenimiento adecuado, se debe prever la posibilidad de un fallo o ruptura de alguna de las bombas o soplantes. Para ello, es conveniente que la instalación disponga de repuestos que permitan reemplazarlas rápidamente. En instalaciones o lugares especialmente delicados como la estación de bombeo principal, muchas granjas marinas, optan por duplicar el número de bombas.

1.3. SISTEMA DE INYECCION DE OXIGENO A LOS TANQUES

Como se vio anteriormente, el oxígeno (al igual que el aire), puede ser usado para disminuir el caudal de agua en los tanques. Pero además, muchas granjas de engorde poseen un sistema de emergencia para inyectar directamente oxígeno a los tanques de cultivo en caso de que falte el suministro de agua. Esto permite mantener unas pocas horas con vida a los peces mientras se subsana la avería.

| FALLOS | MEDIDAS DE EMERGENCIA |
|------------------------------|---------------------------|
| En el suministro eléctrico | Grupo electrógeno |
| Rotura de bomba | Bomba de repuesto |
| En sistema captación de agua | Suministro O ₂ |

Contenido

1. Medidas de seguridad

- 1.1. Grupo electrógeno
- 1.2. Bombas y soplantes
- 1.3. Sistemas de inyección de oxígeno

2. Automatismos

- 2.1. Comederos automáticos
- 2.2. Medidores de oxígeno
- 2.3. Medidores de caudal
- 2.4. Medidores de presión
- 2.5. Medidores de temperatura
- 2.6. Indicadores de nivel

3. Limpieza

2 AUTOMATISMOS

2.1. COMEDEROS AUTOMATICOS

Se utilizan para la dosificación de la alimentación en los tanques de cultivo. Su existencia depende del tamaño de la granja y del tipo de alimento a suministrar. Son prácticamente imprescindibles en granjas de engorde de gran tamaño que alimentan a los peces con pienso granulado seco.

2.2. MEDIDORES DE OXIGENO

Los grandes tanques de cultivo pueden tener un medidor de oxígeno disuelto. Este medidor suele ir conectado a una alarma. A veces, puede estar también conectado con los alimentadores automáticos de tal modo que cuando el oxígeno disminuya de un nivel determinado, se interrumpa el suministro de alimento al tanque.

2.3. MEDIDORES DE CAUDAL

Los medidores de caudal o caudalímetros, indican el flujo de agua que pasa por un punto dado. Son útiles porque pueden ir conectados a una alarma, de tal forma que ésta suene cuando disminuya el caudal (porque exista una tubería atascada o por cualquier otro defecto).

2.4. MEDIDORES DE PRESION

Los medidores de presión pueden colocarse en los filtros de tal modo que indiquen cuando el filtro está sucio.

2.5. MEDIDORES DE TEMPERATURA

Pueden colocarse en el agua de tal modo que actúen como indicadores del funcionamiento de los equipos de calentamiento y enfriamiento de la misma. También pueden colocarse en el ambiente para testar el funcionamiento de las cámaras isoterma y de conservación y congelación del alimento.

2.6. INDICADORES DE NIVEL

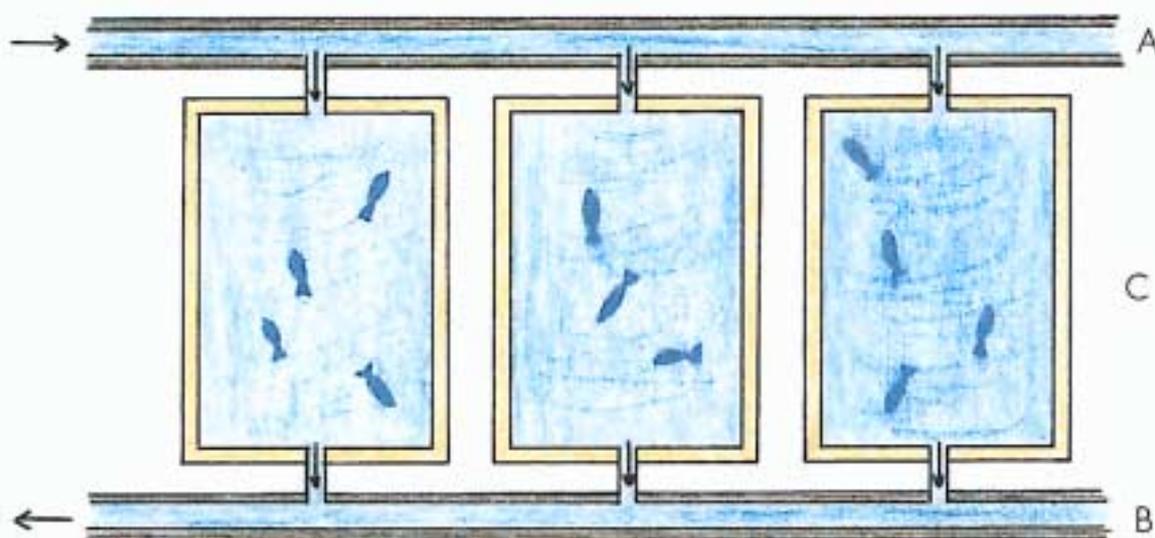
Los indicadores de nivel de los tanques reguladores, señalan cuando el nivel de agua en el tanque sube o baja demasiado.

Un cuadro de alarmas conectado a los distintos medidores, puede hacer que se detecten inmediatamente los posibles fallos que se presenten en la instalación. Aparte de los aparatos de control y automatismos reseñados existen otros muchos, pero este texto sólo pretende señalar algunos de los más utilizados.

3 LIMPIEZA

Es un aspecto muy a tener en cuenta en las granjas de peces, sobre todo en lo referente a limpieza de tuberías. Tuberías sucias pueden ocasionar problemas de infecciones en los peces que originen mortalidades masivas. Además, las incrustaciones de moluscos u otros organismos van disminuyendo la luz de la tubería, con lo que disminuye progresivamente el caudal. Por estos motivos, se debe ser muy cuidadoso con las labores de limpieza, realizándolas periódicamente. Para que estas labores sean más sencillas, es importante tomar una serie de medidas al construir la granja:

- Duplicar tuberías en los tramos que se ensucian más fácilmente. Así, se puede alternar la utilización de las dos tuberías y funcionar normalmente con una mientras se limpia y desinfecta la otra.
- Dotar a las tuberías de válvulas para la entrada de lejía en los puntos más elevados.
- En ciertas instalaciones puede ser conveniente dejar espacios para poder desmontar las tuberías con facilidad si por motivos de limpieza es necesario.



Disposición de los tanques en las sala de preengorde y engorde.

A. Canal principal. B. Canal de desagüe. C. Tanques de cultivo.

Actividades

Para el dimensionamiento de las instalaciones, una vez elegida la especie a producir y el lugar de ubicación, lo primero que se debe hacer es fijar los OBJETIVOS DE PRODUCCION.

Estos objetivos son el número de peces a producir y el tamaño comercial. También se han de definir cuales son las fases intermedias de la producción. En el caso de una granja de cultivo integral de peces (criadero y granja de engorde), estas fases son: reproducción, incubación, cultivo larvario, destete-nursery, preengorde y engorde.

Una vez fijados los objetivos y las fases o estadíos intermedios, se realizan una serie de cálculos preliminares para poder dimensionar la instalación, e incluyen:

- Número de peces al principio y final de cada fase
- Número y volumen de tanques
- Caudal de agua
- Alimentación

1 NUMERO DE PECES

Para calcular el número de peces en cada estadío, se ha de tener en cuenta la supervivencia. El número final de peces será igual al número inicial por la supervivencia:

$$N_f = S \times N_o$$

Siendo:

N_o = Número inicial de peces en una fase.

S = Supervivencia.

N_f = Número final en dicha fase.

Si se sabe el número total de peces a producir (N_p) y que la supervivencia durante el engorde es S_e , se puede calcular el número inicial de peces en el engorde (N_e):

$$N_e = N_p / S_e$$

Así, conociendo el número final de peces a producir (objetivo de producción) y la supervivencia en cada estadío, se pueden ir calculando el número de peces en cada fase:

$$N_p = N_e / S_p$$

Siendo:

N_p = Número inicial de peces en el preengorde.

S_p = Supervivencia durante el mismo.

N_e = Número de peces al final del preengorde, que coincide con el número inicial de peces en la siguiente fase que es el engorde.

Y así sucesivamente.

Un caso particular es el cálculo del número de reproductores. Para ello se debe calcular previamente el número de huevos necesarios y el número de hembras reproductoras que deben existir para lograr ese número de huevos:

$$H = N_p / S$$
$$H = h \times P_{rh} \times N$$

Siendo:

H = Número de huevos.

N_p = Número tal de peces a producir.

S = Supervivencia a lo largo de todo el proceso (desde huevo hasta adulto con tamaño comercial).

h = Número de huevos/Kg de hembra.

P_{rh} = Peso medio de los reproductores hembra.

N = Número de reproductores hembra.

De las dos fórmulas anteriores se deduce que:

$$N = N_p / (S \times h \times P_{rh})$$

Para prevenir fallos en la puesta derivados de hembras que no maduran, puestas tempranas o tardías de mala calidad, etc, es aconsejable colocar el doble de reproductores hembras de las que se han calculado. El número de reproductores macho ha de ser el doble del de reproductores hembra para que la cantidad de esperma no sea nunca un factor limitante. Así:

Número total de reproductores hembra = 2N

Número de reproductores macho = 4N

Número total de peces reproductores = 6N

2 NUMERO Y VOLUMEN DE LOS TANQUES

Para calcular el volumen del cultivo necesario para cada estadío, se ha de fijar previamente la carga o densidad de cultivo, que es la relación entre el peso y el volumen, expresada en Kilogramo/metro cúbico

$$D = P / V$$

Siendo D la densidad, P el peso total de los peces y V el volumen de cultivo. Por ejemplo, en el caso de los reproductores, el volumen de cultivo necesario (V_r) será igual a:

$$V_r = (P_r \times N_r) / D_r$$

Siendo:

P_r = Peso medio de los reproductores.

N_r = Número total de reproductores.

D_r = Densidad que se desea mantener en los tanques de reproductores.

Una vez conocido el volumen de cultivo, y sabiendo el volumen de cada uno de los tanques que se colocarán en la zona, se puede averiguar el número de tanques necesarios.

Un dato muy a tener en cuenta y que va a determinar en gran medida el tamaño de las instalaciones y el número de tanques, es el CONTROL DE LA PUESTA. Si no existe control de la puesta y se obtienen todos los huevos al mismo tiempo, se necesitarán un gran número de incubadores y tanques de cultivo. Además las necesidades de fitoplancton y zooplancton serán máximas. Pero si, por el contrario, existe un buen control sobre la puesta y se secuencia adecuadamente, la instalación se llenará progresivamente, con lo que disminuirán las necesidades de alimento vivo y el número de tanques necesarios para la realizar la incubación también será menor. Además, controlando la maduración y la puesta se puede llegar a que la instalación esté llena casi todo el año. Esto implica que el criadero puede sufrir varios ciclos de utilización, con lo que sus dimensiones pueden ser mucho más reducidas para conseguir el mismo número de alevines.

3 CAUDAL DE AGUA

El caudal de agua que se necesita en cada estadio, depende del número y peso de los peces: a mayor número de peces y mayor peso medio de los mismos, mayor será el caudal requerido. El caudal de agua tiende a aportar el oxígeno necesario para los peces, y para determinarlo hay que tener en cuenta:

- La cantidad de oxígeno disuelto en el agua de mar. Esta cantidad varía de un sitio a otro y depende de factores como temperatura y salinidad (al aumentar éstos disminuye la cantidad de oxígeno disuelto).
- La cantidad de oxígeno que debe existir en el agua al salir del tanque de cultivo. En general, esta cantidad de oxígeno ha de ser mayor de 4 mg/l.
- El consumo de oxígeno por parte del pez. Este consumo varía de una especie a otro, y dentro de la misma especie varía en función del tamaño del pez, de la temperatura del agua y de otros factores (alimentación, grado de estrés, etc) De un modo general se puede decir que el oxígeno disuelto a la entrada del tanque es igual al oxígeno disuelto a la salida del tanque más el oxígeno consumido por los peces. Suponiendo que todo el oxígeno que consumen los peces es introducido por el flujo de agua (sin existir otro aporte por aireación u oxigenación), y conociendo cual es este consumo, se puede calcular el caudal necesario para aportar dicho oxígeno

$$C \times O_e = (O_e \times P) + (C \times O_c)$$

$$C = (O_e \times P) / (O_e - O_s)$$

Siendo:

C = Caudal en litros/hora (es el mismo a la entrada y a la salida del tanque).

O_e = Concentración de oxígeno a la entrada (mg/l).

O_s = Concentración de oxígeno a la salida (mg/l).

O_c = Cantidad de oxígeno consumido por Kg de pez (expresado en mg de oxígeno por Kg de pez y hora).

P = Peso total de los peces en el tanque (Kg).

En la práctica este caudal puede disminuirse si se introduce oxígeno en el tanque por algún otro medio (aireación, inyección de oxígeno ...).

El flujo de agua, además de introducir el oxígeno, ha de cumplir otra misión: eliminar los metabolitos de deshecho de los peces. El principal metabolito excretado por los peces es el AMONIACO, que es tóxico. Así el flujo de agua también es necesario para eliminar este amoníaco tóxico de los tanques de cultivo, impidiendo que su concentración alcance niveles peligrosos para los peces. Por tanto, el cálculo del caudal de agua ha de realizarse teniendo en cuenta la doble misión que cumple:

- Aporte del oxígeno necesario
- Eliminación del amoníaco excretado por los peces

Ha de tenerse en cuenta que aunque el oxígeno pueda ser aportado por otros medios, siempre debe existir una mínima renovación de agua nueva en los tanques para eliminar el amoníaco.

4 ALIMENTACION

La alimentación puede estimarse en función del INDICE DE CONVERSION, que es la relación entre el pienso suministrado a los animales y el incremento de peso de los mismos:

$$IC = \text{Kg de pienso} / P$$

Siendo:

IC = Índice de Conversión.

P = Incremento de peso.

Así, conociendo el peso inicial y el peso final de los peces y cual es su índice de conversión, puede estimarse la cantidad de pienso que se va a consumir. Este cálculo es aproximado, ya que el índice de conversión puede variar en función de la calidad nutritiva del pienso, del estado fisiológico del pez e incluso de factores ambientales que pueden hacer que el pez no ingiera todo el alimento que se le suministre.

En el criadero, el cálculo de las necesidades de fitoplancton y zooplancton se realiza a partir de los volúmenes de cultivo y la densidad de las larvas en los tanques. El alimento vivo se suministra "ad libitum", y existen varios trabajos que estiman cual es el consumo de zooplancton/larva y la densidad de zooplancton que debe mantenerse en los tanques de cultivo.

Términos del texto recogidos en el glosario

| | | |
|---------------------------------|----------------------|------------------------|
| A | Epoxi | Metanauplius |
| Acuicultura | Espectrofotómetro | Microorganismo |
| Aerobio | Estanque | N |
| Afloramiento | Esterilización | Nauplius |
| Agitador | Estero | O |
| Aireación | F | Oxímetro |
| Aireador | Fermentación | Oxigenación |
| Aireador de cascada | Fibra de vidrio | P |
| Aireador de columna empaquetada | Filtración | pH |
| Aireador de rejilla | Filtración biológica | pHmetro |
| Aireador de superficie | Filtración mecánica | Piscifactoría |
| Aireador sumergido | Filtración química | Plancton |
| Alevín | Filtro | Poiquilotermo |
| Anabolismo | Filtro de arena | Poliéster |
| Anaerobio | Fitoplancton | Preengorde |
| Arribazón | Fotoperiodo | Presión total de gases |
| Aspiración | Fotosíntesis | Presurizado |
| Autoclave | G | Puesta |
| B | Granja de engorde | PVC |
| Biofiltro | Granja de peces | R |
| Boca de aspiración | Granulometría | Reactor |
| Bomba | H | Recirculación |
| Bomba air-lift | Huevo | Retrolavado |
| Bomba centrífuga | Humedad | S |
| Bomba elevadora de aire | Humedad absoluta | Salina |
| Bomba en aspiración | Humedad relativa | Salinidad |
| Bomba en carga | I | Salinómetro |
| Bomba rotativa | Incubación | Sangre fría |
| C | Incubador | Saturación |
| Carbón activo | Índice de Conversión | Saturómetro de Weiss |
| Catabolismo | Inducción | Sobresaturación |
| Caudal | Intercambiador | Soplante |
| Caudalímetro | Intermareal | T |
| Cebado | Ión | Termostato |
| Centrífuga | Isoterma | Tierra de diatomeas |
| Centrifugación | J | Topografía |
| Cloro residual | Jaula | Tóxico |
| Cloruro de polivinilo | L | U |
| Columna empaquetada | Larva | Ultravioleta |
| Corrosión | M | V |
| Crecimiento | Maduración | Válvula |
| Criadero | Manómetro | Z |
| D | Marea | Zooplankton |
| Decantación | Metabolismo | |
| Desgasificación | Metabolito | |
| Destete | Metal pesado | |
| Dosificación | Metamorfosis | |
| E | | |
| Eclosión | | |
| Engorde | | |