

CAPÍTULO 1.1.3.

MÉTODOS DE DESINFECCIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE ACUICULTURA

1. Principios generales

En los establecimientos de acuicultura, la desinfección se emplea como herramienta frecuente de tratamiento contra las enfermedades. Puede utilizarse como práctica sistemática en programas de bioseguridad diseñados para excluir enfermedades específicas, así como medida sanitaria habitual empleada para reducir la incidencia de una enfermedad en las piscifactorías, y también en los intentos de erradicación de enfermedades (sacrificio sanitario). El motivo concreto de desinfección determinará qué estrategia de desinfección escoger y cómo aplicarla.

Los principios generales relativos a la desinfección de establecimientos de acuicultura implican la aplicación de tratamientos químicos a concentraciones suficientes, y durante periodos suficientes, como para matar todos los microorganismos patógenos que, de lo contrario, llegarían a sistemas de agua circundantes. Dado que la toxicidad inherente a los desinfectantes impide que puedan ser utilizados de forma segura en aguas abiertas, así como en sistemas de aguas abiertas, solo puede aplicarse desinfección de forma razonable a viveros y a las instalaciones de viveros y de estanques. Además, dado que en ciertos establecimientos de acuicultura en general se utiliza agua marina, los compuestos producidos durante la desinfección de estas aguas (oxidantes residuales) también deben desecharse con cuidado.

En este capítulo se ofrece una visión general de los métodos de desinfección, pero es importante recordar que existen otros métodos alternativos. Consúltense los capítulos correspondientes de este *Manual Acuático* para conocer los métodos concretos, en el caso de que existan.

La elección de los procedimientos de desinfección depende del tamaño, el tipo y la naturaleza de los materiales e instalaciones que hay que desinfectar, así como de los productos de uso legal disponibles en cada país. Las superficies a desinfectar constan de tejidos o materiales entretejidos (vestidos, redes), superficies duras (plástico, cemento) o materiales permeables (tierra, grava). La desinfección es más difícil en el caso de las superficies permeables y requiere más tiempo.

Puesto que la presencia de materia orgánica reduce la capacidad de desinfección de la mayoría de desinfectantes, en estos casos se recomienda filtrar el agua. Además, todas las superficies deben lavarse a fondo antes de desinfectarlas. El detergente utilizado debe ser compatible con el desinfectante y ambos deben ser compatibles con la superficie que se esté tratando (por ejemplo, las soluciones yodadas en general son ácidas, de modo que no se pueden utilizar sobre cemento, que es alcalino). Es necesario asegurarse de que los residuos producidos durante el lavado sean desinfectados antes de ser eliminados. Es necesario cubrir por completo las superficies (por ejemplo, utilizando un spray de alta presión o empapándolas).

Deben establecerse cuáles serán los procedimientos de desinfección, y deben utilizarse de acuerdo con los objetivos de desinfección y con todos los riesgos identificados. Los animales acuáticos enfermos, los líquidos y tejidos de los animales (como vísceras, sangre, moco o heces), y su contacto con el equipo y los trabajadores suponen un riesgo de transmisión de agentes patógenos que podrían terminar infectando poblaciones de animales acuáticos sanas.

Los protocolos básicos de desinfección consisten en extraer todos los animales acuáticos (tanto vivos como muertos) de la instalación, aplicar un programa de limpieza que esté diseñado para eliminar toda la materia orgánica restante adherida a las superficies, utilizar desinfectantes en el equipo y las instalaciones, y por último, aplicar una neutralización utilizando productos químicos.

Al extraer animales acuáticos de las instalaciones antes de la desinfección, el vertido directo de poblaciones enfermas de animales acuáticos de cualquier fase de vida o edad a aguas receptoras es una práctica peligrosa que facilita la propagación de enfermedades de poblaciones de piscifactoría a poblaciones salvajes, o a piscifactorías vecinas que utilicen agua de la misma procedencia. Este vertido no debe permitirse. Cuando se tome la decisión de desechar una población debido a la presencia de enfermedad, la población debe extraerse o sacrificarse por medios humanitarios. En el caso de establecimientos de acuicultura en tierra, el tanque, el canal, el estanque, etc. deben desinfectarse antes de ser vaciados y de nuevo antes de ser repoblados.

Los procedimientos de lavado y desinfección deben incluir, como mínimo, las siguientes fases:

- a) Eliminación de residuos sólidos, etc., seguida de un prelavado,

- b) Limpieza y lavado a fondo,
- c) Desinfección,
- d) Aclarado.

Una persona técnicamente competente debe llevar a cabo un seguimiento exhaustivo del proceso, y deben mantenerse registros del mismo.

Es fundamental disponer de protección frente al contacto con sustancias peligrosas, como ropa protectora, mascarillas, protección ocular, etc., según corresponda.

Los desinfectantes deben guardarse de tal forma que no supongan un peligro directo ni indirecto para la salud animal ni humana, así como tampoco para el medio ambiente.

2. Aparición de enfermedades de la lista de la OIE

Cuando en una piscifactoría determinada aparece por primera vez una enfermedad de la lista de la OIE, o bien una enfermedad emergente importante pero que no esté en la lista (es decir, en una instalación de cuarentena), o bien en una zona o país que previamente se consideraban libres de dicha enfermedad, puede ser aconsejable, si no obligatorio, erradicar la enfermedad mediante la despoblación de la instalación y la aplicación de una profunda desinfección de toda la instalación o parte de la misma. Puede estar justificado un descanso de la instalación afectada durante un periodo definido de tiempo en ciertas situaciones (véase el Capítulo 4.4. Descanso de instalaciones de acuicultura, en el *Código Acuático*).

3. Prevención de la propagación de enfermedades a poblaciones salvajes

La eliminación directa de poblaciones enfermas de animales acuáticos (de cualquier edad; es decir, huevos fecundados o no, larvas, postlarvas, juveniles o adultos) o de productos residuales derivados de los mismos (es decir, residuos de plantas de procesado, como sangre, vísceras, caparazones, trozos rotos de camarones, etc.) a aguas receptoras (es decir, arroyos, ríos, estuarios, bahías, zonas litorales) es una práctica peligrosa que facilita la propagación de la enfermedad de poblaciones de piscifactoría a poblaciones de animales acuáticos salvajes a piscifactorías vecinas que utilicen agua de la misma procedencia, y debe prohibirse. En el caso de poblaciones de piscifactoría, cuando se toma la decisión de desechar una población (es decir, que se esté criando en un tanque de vivero o en un estanque de engorde) debido a la presencia de enfermedad (o a un mal rendimiento productivo, que puede deberse a una enfermedad no diagnosticada), la población del tanque o estanque debe extraerse y/o sacrificarse por medios humanitarios en el tanque o estanque. El agua del tanque o estanque debe desinfectarse antes de ser desechada. El tanque o estanque vacío debe desinfectarse antes de ser repoblado.

4. Higienización y bioseguridad sistemáticas

Muchos establecimientos de acuicultura, sobre todo aquellos en los que se crían las primeras fases de animales acuáticos, emplean medidas que aplican muchos métodos de desinfección para la prevención y control de las enfermedades. Estas medidas pueden formar parte de un programa de bioseguridad sistemático de la piscifactoría que puede estar diseñado para excluir enfermedades específicas, así como para servir de medidas generales de exclusión de plagas y enfermedades.

4.1. Desinfección de huevos y larvas

4.1.1. Directrices para la desinfección de huevos de peces

La desinfección de huevos con yodo es aplicable a distintas especies de peces, pero es más frecuente en huevos de peces de la familia Salmonidae (salmón, trucha y salvelino). Aunque en general es eficaz para la descontaminación de superficies de huevos embrionados y acabados de fecundar, el uso de desinfectantes, como los iodóforos, por sí mismo no es suficiente para prevenir la transmisión vertical de ciertos agentes patógenos bacterianos (como *Renibacterium salmoninarum*) o víricos (como el virus de la necrosis pancreática infecciosa) que pueden estar presentes en el huevo embrionado y acabado de fecundar.

4.1.2. Huevos embrionados de peces salmónidos

Existen varios protocolos que se utilizan normalmente para desinfectar huevos embrionados. En general, el pH de las soluciones del producto iodóforo debe ser de entre 6 y 8. A un pH de 6 o menos, la toxicidad de los huevos embrionados y acabados de fecundar aumenta, y a un pH de 8 o más, la eficacia de la desinfección disminuye. Por tanto, es fundamental controlar el pH, y deben añadirse al

agua 100 mg de NaHCO₃/ litro. Se recomienda que los huevos se laven en agua dulce limpia, o bien en agua salina al 0,9%, antes y después de la desinfección, y que se utilice una solución yodófora que contenga 100 ppm (partes por millón) de yodo libre en una solución salina al 0,9% sin materia orgánica, a modo de solución desinfectante. El tiempo de contacto para una solución yodófora de 100 ppm no debe ser inferior a los 10 minutos y la solución de utilizarse solo una vez.

4.1.3. Desinfección de huevos de salmónido acabados de fecundar mediante un proceso de endurecimiento del agua

Para la desinfección de huevos de salmónidos acabados de fecundar mediante un proceso de endurecimiento del agua con yodóforos, la concentración de yodo activo debe ser de 100 ppm. A continuación se describe un procedimiento para ello:

- Los huevos deben ser despojados y separados del líquido ovárico, lavados en solución salina al 0,9% (30-60 segundos), se les debe añadir esperma y se debe esperar 5-15 minutos para que tenga lugar la fecundación
- A continuación, los huevos deben enjuagarse en solución salina al 0,9% (30-60 segundos) para eliminar el exceso de esperma y otras sustancias orgánicas
- A continuación, los huevos deben lavarse en una solución de yodóforo de 100 ppm durante 1 minuto. Después, debe desecharse la solución y sustituirse por solución nueva de 100 ppm, y los huevos deben desinfectarse durante otros 30 minutos. Esta solución, y las soluciones de enjuagado, solo deben utilizarse una vez. La proporción de huevos respecto a solución de yodóforo debe ser, como mínimo, de 1:4
- Los huevos deben enjuagarse de nuevo en agua de vivero limpia o estéril durante 30-60 segundos
- El endurecimiento del agua debe terminar utilizando agua limpia.

Es importante que los huevos no sean fecundados en presencia de la solución yodófora, puesto que esta matará las células del esperma.

4.1.4. Huevos de otras especies de peces

En el caso de otras especies, deben llevarse a cabo pruebas preliminares para determinar en qué estadio del huevo y a qué concentración de yodóforo se puede llevar a cabo la desinfección de forma segura. La desinfección de huevos de especies marinas, como la platija, el bacalao o el mero, para los cuales están documentados varios efectos adversos de los yodóforos, pueden lograrse con glutaraldehído a una concentración de 400-600 mg/litro y un tiempo de contacto de 5-10 minutos. No obstante, esto no es eficaz contra los nodavirus, para los cuales se recomienda el uso de ozono a razón de 1 mg de O₃/ litro durante 30 segundos. Una concentración de ozono de 0,1-0,2 mg de O₃/litro durante 3 minutos también inactiva la mayoría de bacterias patógenas de los peces.

4.1.5. Límites de eficacia

La desinfección de huevos con yodóforos puede no ser siempre eficaz para prevenir la transmisión vertical del virus de la necrosis pancreática infecciosa, *Renibacterium salmoninarum* y el virus de la necrosis hematopoyética infecciosa, para los cuales se desarrolló inicialmente este método. En algunos casos se ha demostrado la ineficacia de la desinfección con yodóforos mediante estudios epidemiológicos y pruebas de laboratorio.

4.1.6. Huevos y larvas de moluscos

La desinfección de huevos y estadios larvarios no se considera práctica en la mayoría de los sistemas de cultivo de moluscos. Además, existe poca información sobre procedimientos específicos de desinfección para agentes patógenos de moluscos (es decir, *Marteilia* spp., *Haplosporidium* spp., *Bonamia* spp., *Perkinsus* spp., iridovirus y niveles patógenos de microbios marinos) o agua marina. Por tanto, los desinfectantes y sus concentraciones se basan en la esterilización de agentes patógenos relacionados o de agua de mar. A los viveros pueden aplicarse tres fases de desinfección:

- a) pre-tratamiento del agua entrante, por ejemplo en los filtros (1,0 y 0,22 µm) o desinfección química para la protección de poblaciones de moluscos;
- b) tratamiento en las instalaciones (sobre todo en sistemas de reciclado) = protección de poblaciones de moluscos;
- c) tratamiento del agua saliente = protección del medioambiente.

4.1.7. Desinfección de huevos y larvas en viveros de camarones peneidos

Ciertas enfermedades víricas de los camarones peneidos (es decir, la baculovirus esférica, la baculovirus tetraédrica y la infección hepatopancreática por parvovirus) se transmiten por contaminación fecal de huevos desovados. Estas enfermedades, así como las infecciones debidas a ciertos virus de los camarones, como el virus de la enfermedad de las manchas blancas, y ciertos agentes patógenos bacterianos y fúngicos, pueden eliminarse o puede reducirse su incidencia mediante el uso sistemático de protocolos de desinfección cuando se aplican para desinfectar huevos de superficie y/o nauplias recién eclosionadas. Uno de los métodos más utilizados es el siguiente:

Para huevos fecundados¹

Se recogen huevos fecundados. Se enjuagan con agua marina corriente durante 1-2 minutos. Se sumergen los huevos por completo en 100 ppm de formalina durante 1 minuto. Se sumergen los huevos por completo en solución iodófora (0,1 ppm de yodo) durante 1 minuto. Se enjuagan en agua marina corriente durante 3-5 minutos. Se transfieren a tanques desinfectados de crecimiento de larvas.

Para las nauplias²

Utilizando la respuesta fototáctica, se recogen las nauplias con redes o mosquiteras. Se enjuagan con agua marina corriente durante 1-2 minutos. Se sumergen por completo las nauplias en 400 ppm de formalina durante 30-60 segundos. Se sumergen por completo las nauplias en solución iodófora (0,1 ppm de yodo) durante 1 minuto. Se lavan en agua marina corriente durante 3-5 minutos. Se transfieren a tanques desinfectados de crecimiento de larvas.

4.1.8. Precauciones

Al utilizar iodóforos deben aplicarse ciertas precauciones, puesto que los productos que se venden contienen cantidades variables de detergentes que pueden dar lugar a efectos tóxicos. Por tanto, se recomienda llevar a cabo pruebas preliminares con varios productos. Es aconsejable disponer de un stock del producto más satisfactorio, aunque debe tenerse en cuenta la fecha de caducidad. También es importante que todo producto químico que se utilice para la desinfección de huevos se utilice cumpliendo la normativa correspondiente de sanidad e inocuidad, así como de protección medioambiental del país donde se utilice. Por último, en el caso de los huevos que hayan sido transportados, el envase también deberá desinfectarse o, aun mejor, destruirse de tal forma que no suponga ningún riesgo de contaminación de agua ni un riesgo sanitario para otros peces en su destino final.

4.2. Material y equipo

Todo el equipo que se utilice para la alimentación, limpieza y retirada de animales acuáticos muertos debe ser exclusivo para cada unidad de cultivo.

Los recipientes donde se manipule el alimento en cada unidad deberán ser distintos de los que se utilicen para la recogida de peces muertos y deben lavarse y desinfectarse a fondo, siguiendo los protocolos establecidos, según se requiera, con los productos autorizados.

La maquinaria utilizada en un establecimiento de acuicultura nunca debe ser transportada a otro establecimiento de acuicultura, a no ser que el segundo no contenga animales acuáticos. Solo en casos excepcionales se permite transportar maquinaria, y solo después de haber sido lavada y desinfectada con productos autorizados.

El resto de maquinaria utilizada debe lavarse y desinfectarse con productos autorizados antes de entrar y de salir de la piscifactoría.

En el caso de los establecimientos de acuicultura situados en el mar, las redes nunca deben pasarse de un establecimiento de acuicultura a otro, por mucho que hayan sido lavadas y desinfectadas.

En el caso de los módulos, los espacios de cría flotantes y los sistemas automáticos de alimentación, deben lavarse y desinfectarse antes de cambiar de unidad. En el caso de las instalaciones de agua dulce, estos nunca deben pasarse de un establecimiento de acuicultura a otro.

1 Los huevos fecundados son más sensibles a la formalina que las nauplias.

2 En los viveros, las nauplias son mucho más fáciles de recoger que los huevos fecundados.

4.3. Redes

Todas las redes deben lavarse en cuanto se extraen del agua. Las redes que no han sido lavadas tras haber sido sumergidas en una masa de agua no deben volver a sumergirse en otra masa de agua. Una vez la red se ha extraído del agua, debe transferirse cuanto antes al punto de lavado de redes, lo cual evitará que contamine otras redes, equipo o zonas de trabajo. La transferencia de redes desde y hacia los puntos de lavado debe realizarse utilizando compartimientos o envoltorios impermeables adecuados, para prevenir una posible contaminación cruzada.

Las piscifactorías que precisen servicios de lavado e impregnado final de las redes con productos anti-óxido deben contratar servicios autorizados de limpieza de redes y compartimientos, cuando existan.

El proceso de lavado debe garantizar la eliminación de todos los elementos que se adhieran a las redes, como huevos y/o larvas de parásitos, moluscos, equinodermos, algas, materia orgánica, etc.

4.4. Vehículos

En cuanto a los vehículos, el responsable del establecimiento de acuicultura (o la persona designada por él o ella) debe garantizar que se cumplan los siguientes requisitos:

- solo los vehículos que sirven al establecimiento de acuicultura deben poder acceder a las zonas de producción o de tránsito, y pueden entrar en estas zonas solo para un determinado fin; los vehículos de servicios temporales, los de visitantes o los de los trabajadores no deben poder acceder a estas zonas,
- todos los vehículos que entren en las zonas de producción o de tránsito, sin excepción, deben desinfectarse cuando entren y cuando salgan del establecimiento de acuicultura, utilizando productos autorizados para ese fin,
- el responsable del establecimiento de acuicultura (o la persona designada por él o ella) debe exigir un “certificado de desinfección” o documento similar a todo vehículo de transporte que solicite el acceso a las unidades de producción. El certificado debe confirmar que los tanques del vehículo en los que se cargarán los animales acuáticos han sido desinfectados,
- toda persona que entre con un vehículo debe seguir los protocolos de desinfección establecidos para el establecimiento de acuicultura,
- los vehículos y contenedores que sirvan a más de un centro deben desinfectarse al salir de cada centro visitado, y debe exigirse periódicamente el “certificado de desinfección” o un documento similar que acredite el procedimiento,
- debe mantenerse un registro de todos los vehículos que entran en las instalaciones de la piscifactoría o zonas de tránsito. El registro deberá contener al menos la fecha, la hora, la empresa, el motivo de la visita, el nombre del conductor y el último centro visitado,
- No deben entrar en las instalaciones vehículos de distintos servicios a la vez, sobre todo en el caso de los vehículos que se utilicen para recoger animales acuáticos muertos (“camiones de animales muertos”).

Al escoger los productos y procedimientos deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- la eficacia de los detergentes y desinfectantes en los distintos tipos de materiales y superficies,
- la ubicación de las zonas o cosas a desinfectar dentro de la piscifactoría,
- la recomendación del fabricante en cuanto al detergente y/o desinfectante, y otras variables que puedan ser relevantes para el tipo y nivel de contaminación que pueda haber en la superficie.

4.5. Personal

Antes de entrar en una zona de producción, todo el personal debe ponerse su indumentaria protectora (por ejemplo, mono, bata, guantes, botas, delantal); a continuación, deben desinfectarse botas y manos. Debe estar estrictamente prohibido entrar en la zona sin la indumentaria protectora autorizada.

Nadie puede salir de las instalaciones sin haberse quitado la indumentaria de trabajo, por mucho que hayan pasado por la barrera sanitaria y se hayan desinfectado calzado y manos.

4.6. Tuberías y tanques

Es muy recomendable desinfectar de forma sistemática tuberías y tanques; la frecuencia de desinfección variará en función de la frecuencia de renovación de las poblaciones de animales acuáticos. Cuando hay una alta concentración de animales acuáticos, estas deben rotarse entre tanques desinfectados con tanta frecuencia como resulte práctico y/o mantenerse en agua que haya sido desinfectada con ozono o cloro y posteriormente neutralizada. Cada nuevo lote de animales acuáticos introducido en una instalación debe colocarse en unidades previamente desinfectadas.

Para la higienización sistemática, deben limpiarse, desinfectarse y secarse entre usos los viveros y los tanques de reproductores (es decir, los tanques de maduración de reproductores, de apareamiento, de desovado, de crecimiento de larvas y los precriaderos internos). Los tanques que se utilizan para los fines mencionados suelen ser tanques prefabricados de fibra de vidrio, o bien contruidos con cemento o madera y recubiertos o pintados con recubrimientos a base de resina (como epoxi o resina de fibra de vidrio), o bien revestidos internamente con capas de plástico fabricadas para este fin. Tras extraer la población del tanque, se retira todo el material suelto y de gran tamaño, como detritos orgánicos tipo algas, heces y restos de alimento. En el caso de los tanques relativamente pequeños, es aconsejable, tras retirar los peces, llenar el tanque al máximo, sumergir todo el equipo no poroso resistente a la corrosión (como líneas de aire, boyas, conductos, redes, recipientes de muestreo, etc.) en el tanque (véase también el apartado 4.11.iii), y a continuación añadir hipoclorito de calcio para conseguir un mínimo de 200 ppm de cloro libre. Debe dejarse sumergido durante toda la noche. Tras haber estado empapado en cloro durante el tiempo suficiente, el tanque se puede vaciar y enjuagar con agua clara. Antes de vaciar el sistema, el agua tratada deberá declararse, a no ser que se disponga de sistemas de recogida y tratamiento de aguas. Una vez el tanque ha sido enjuagado, debe dejarse secar por completo. En el caso de tanques grandes, debe aplicarse un lavado inicial para eliminar detritos sueltos, seguido de una desinfección con una solución concentrada (~1600 ppm de cloro) de hipoclorito de calcio. A continuación, debe aplicarse un spray de esta solución de cloro a todas las superficies, tanto internas como externas. Después, se debe dejar reposar el tanque varias horas antes de enjuagarlo, llenarlo y nivelarlo. El siguiente paso es cepillar las superficies para eliminar todo resto de material. Tras la desinfección con cloro, los tanques, pequeños o grandes, deben enjuagarse con agua clara, y después llenarse y nivelarse para asegurar que no quedan restos de cloro antes de poblarlo.

Como alternativa, las instalaciones de acuicultura con recirculación de agua, canales de cemento y todos los tanques no porosos pueden desinfectarse utilizando una solución de hidróxido de sodio y detergente biodegradable (por ejemplo, Teepol®³). Todas las superficies de los tanques deben lavarse a fondo con agua a presión o vapor para eliminar los restos orgánicos, y a continuación las superficies deben tratarse con spray de una solución de hidróxido de sodio al 1% que contenga un 0,1% de Teepol, a razón de 2,5 litros por metro cuadrado de superficie de tanque. En cuanto a las superficies húmedas, tras drenar la solución deben permanecer a un pH superior a 12. El agua residual que pueda quedar en el fondo de los tanques debe tratarse para elevar su pH a un valor superior a 12 durante un periodo de 24 horas. Una vez se hayan secado las superficies de los tanques se, pueden enjuagarse y los tanques pueden volver a llenarse. En las instalaciones de acuicultura con re-circulación de agua, las tuberías y tanques de filtros pueden desinfectarse con la misma solución de desinfectante. Tras el drenaje y la limpieza del sistema, lo habitual es que se llene con la solución un tanque de reserva del volumen suficiente como para llenar todo el sistema de tuberías, y que a continuación se bombee a todo el sistema durante 24 horas. El pH de la solución debe permanecer por encima de 12 al final de este periodo. La solución del tanque de reserva puede utilizarse para desinfectar todo el material de filtro, previamente lavado a fondo, los filtros y equipo auxiliar, como redes, cubos y pequeños tanques. Todo ello debe sumergirse de nuevo en la solución y dejarse ahí 24 horas. Tras la desinfección, todos los tanques y equipo deben enjuagarse bien y el sistema de recirculación debe irrigarse a fondo antes de volver a ser llenado. Cuando sea necesario, puede neutralizarse un gran volumen de la solución desinfectante mediante ácido clorhídrico antes de eliminarla. Toda persona que aplique o pueda contactar con la solución desinfectante deberá llevar indumentaria adecuada de protección ocular y cutánea.

También se recomienda secar al aire o por calor las tuberías (a diario) y los tanques y otro equipamiento (como garrafones de cultivo de algas), además de desinfectar sus superficies (sobre todo en el caso de brotes de enfermedades de etiología indefinida).

- a) El cloro se suele aplicar en forma de hipoclorito de sodio (como HTH®, Chlorox®, lejía doméstica, etc.). se llenan todas las tuberías con 50 mg de cloro/litro (=50 ppm). Se deja que actúe durante al menos 50

3 La referencia a productos comerciales concretos a modo de ejemplos no implica su aprobación por parte de la OIE. Esto es aplicable a todos los productos comerciales mencionados en este *Manual Acuático*.

minutos antes de nivelar con agua clara. Esta solución es eficaz contra la mayoría de agentes microbianos. El agua clorada debe neutralizarse antes de abandonar la instalación. La neutralización óptima se logra pasando carbón activado (elimina el exceso de cloro y de cloraminas). También pueden utilizarse agentes reductores, como tiosulfato de sodio (véase un ejemplo de uso en el apartado 5.2.1) o la aireación, aunque no elimina cloraminas tóxicas.

- b) Los iodóforos en general se aplican en forma de soluciones alcalinas (como Wescodyne® o Betadine®) a razón de 200-500 mg de yodo/litro (ppm) con un tiempo de contacto de al menos 10 minutos.

NOTA: Los iodóforos no son eficaces contra ciertos protozoos en suspensión; así, por ejemplo, *Labyrinthuloides haliotidis*, en el abulón, tolera más de 1000 mg de yodo/litro. Los iodóforos pueden ser eficaces contra parásitos protozoarios tras el secado de superficies de tanques y de tuberías al aire o por calor.

4.7. Desinfección del agua entrante

Dado que varias de las enfermedades de los animales acuáticos que aparecen en el *Código Acuático*, así como otras varias enfermedades importantes, pueden ser introducidas en piscifactorías con el agua entrante cuando esta contiene vectores o portadores (como larvas de cangrejo o de camarón o peces salvajes infectados, etc.), algunas piscifactorías aplican planes de bioseguridad que incluyen provisiones para la desinfección del agua entrante. Esto puede conseguirse de distintas formas, que pueden incluir uno o varios de los siguientes procedimientos:

- a) Para la filtración del agua entrante, el agua entrante se bombea hacia un canal de suministro/sedimentación donde en primer lugar pasa por unos filtros de poro grande para retener los animales y detritos acuáticos más grandes. A continuación, el agua pasa por una serie de filtros de poros cada vez más pequeños, y se consigue el filtrado final pasando el agua entrante por una malla fina (150-250 µm de poro) antes de introducirla en un estanque de cultivo o un depósito de reserva.
- b) En lugar de utilizar redes de malla, algunas piscifactorías instalan estructuras de filtrado en el canal de suministro. Una serie de compartimentos dentro de estas estructuras se llenan de matrices de filtro, que empiezan con un poro grande para eliminar inicialmente los animales y detritos acuáticos más grandes, una parte intermedia que contiene una matriz de poro más pequeño para eliminar arena y gravilla, y la parte final que retiene arena fina.
- c) Para la cloración y declorado, el agua entrante es bombeada hacia un canal de suministro o directamente a los estanques de cultivo o depósitos de reserva (con o sin filtrado) y tratada con cloro suficiente como para matar todo posible vector o portador que contenga el agua entrante.
- d) Intercambio de agua “cero” o muy bajo: Algunas piscifactorías utilizan una aireación y re-circulación suplementaria del agua en los estanques de cultivo y dentro de los sistemas de suministro y descarga de una piscifactoría de camarones para reducir las necesidades de agua entrante. Esto reduce el volumen de agua entrante que tiene que ser desinfectada antes de su uso, y también reduce la pérdida de nutrientes de las piscifactorías, que se van con el agua saliente.

4.8. Desinfección del agua saliente

- a) Se ha utilizado ozono con éxito en el control del contenido microbiano del agua saliente de instalaciones de cuarentena. Los compuestos residuales, formados como consecuencia de la interacción del ozono con el agua de mar (oxidantes residuales), a niveles de 0,08–1,0 mg litro⁻¹ se consideran suficientes para reducir significativamente los microbios vivos (principalmente bacterias).

NOTA: La medición del ozono residual en agua de mar es problemática debido a la rápida y continua formación de productos oxidantes en la misma. Los residuos formados entre el ozono y el agua de mar (hipobromito, bromo o ácido hipobromico) son tóxicos para los primeros estadios de los animales acuáticos y deben eliminarse utilizando un filtro de carbón antes de pasar por una instalación de moluscos, o de salir de ella. Para completar la esterilización puede ser necesario el tratamiento del agua marina con luz UV post-ozonación, por ejemplo en instalaciones de cuarentena.

- b) El cloro administrado en forma de hipoclorito de sodio a una concentración de 25 mg de cloro/litro es eficaz contra ciertos protozoos (*L. haliotidis*). Sin embargo, se recomiendan 50 mg de cloro por litro para una completa esterilización microbiana, aunque pueden utilizarse concentraciones más altas en ciertas condiciones (como en casos de cuarentena). No obstante, estas mayores concentraciones requieren tratamientos de neutralización proporcionalmente mayores y sistemas de salida de gases para eliminar los humos tóxicos producidos.

- c) Los iodóforos no son tan eficaces como los dos tratamientos anteriores para matar protozoos.

4.9. Desinfección de tanques grandes o lagos

La desinfección de estanques grandes con fondo de tierra, o bien de pequeños lagos (como instalaciones o piscifactorías donde se críen carpas) para la erradicación de agentes patógenos (como el VVPC –virus de la viremia primaveral de la carpa-) puede ser problemática debido a su tamaño y al volumen de agua dulce que contienen. No obstante, los fondos de tierra, cuando cuentan con drenajes suficientes y seguros, pueden tratarse con cal (en el apartado 5.1.2 se explica un ejemplo de método y de dosis).

4.10. Instalaciones

La pauta de desinfección que se utilice debe ser específica de las instalaciones en cuestión y debe basarse en el tipo de uso que se haga de las mismas.

- i) *Oficinas:* en estas instalaciones solo suele haber tránsito de calzado de personas que han estado en instalaciones contaminadas o zonas de cultivo. Por tanto, el principal foco de atención deben ser los suelos y las unidades de almacenaje frías de la instalación. Los suelos deben lavarse a fondo (si no son porosos) con detergentes y soluciones de lavado estándar, y a continuación deben dejarse secar por completo. Si los suelos están enmoquetados, debe pasarse la aspiradora y deben limpiarse con un detergente adecuado para moqueta, o bien limpiarse con vapor. En todas las demás zonas de estas instalaciones, como paredes, lavabos, mesas de despacho, neveras, congeladores, etc. debe comprobarse si contienen materiales potencialmente contaminados (como camarones congelados en los congeladores) y todo material de este tipo que se encuentre, así como su recipiente, debe limpiarse y desinfectarse o desecharse de forma sanitaria.
- ii) *Instalaciones de cultivo:* debe suponerse que estas instalaciones han estado en contacto directo con los agentes patógenos y, por tanto, deben tratarse de un modo distinto que las oficinas. La pauta de desinfección de estas instalaciones consistirá en dos pasos. En primer lugar, se barrerá bien y/o aspirará (cuando corresponda) para eliminar tantos detritus orgánicos e inorgánicos de gran tamaño como sea posible. A continuación, se lavará con solución detergente, y finalmente, como tercer paso, se tratará con cloro. Debe aplicarse una solución clorada (~1600 ppm), mediante spray, a todas las superficies que no puedan resultar corroídas por el cloro. Las superficies que no se puedan clorar, pueden ser empapadas en primer lugar con una solución de iodóforo que contenga un mínimo de 200 ppm de yodo, y cubrirse después con plástico o cualquier otro material protector. Los suelos se pueden empapar de cloro aplicando una capa de 5 cm profundidad de una solución de 200 ppm de cloro. Esta deberá dejarse actuar durante un mínimo de 48 horas. Si cualquiera de las superficies a las que se ha aplicado spray es susceptible a la corrosión por el cloro, puede enjuagarse con agua dulce tras el tratamiento de 48 horas.

En instalaciones donde la desinfección con cloro no es aplicable, debe plantearse la posibilidad de fumigar con gas de formaldehído. NOTA: es un método potencialmente peligroso y deben aplicarse procedimientos y normas de seguridad adecuados. Tras una limpieza general, puede iniciarse la fumigación de las instalaciones que puedan cerrarse herméticamente. El total del proceso, desde el momento en que la instalación se gasifica por primera vez hasta que puede ocuparse de nuevo, debe durar un máximo de 30-60 horas. La instalación debe estar totalmente cerrada durante la fumigación real, y el gas no debe poder escapar de ningún modo una vez aplicado. Si es posible, debe cortarse el suministro eléctrico. El ambiente necesario para la desinfección con gas de formaldehído es una temperatura mínima de 18°C con una alta humedad relativa (es mejor a nivel de saturación, es decir, los suelos deben estar húmedos, etc.). La generación de gas de formaldehído se consigue añadiendo 17,5 g de permanganato de potasio a cada 35 ml de formalina al 100% (una solución acuosa de gas formaldehído al 37%-39%) por cada 2,83 m³ de superficie. Lo ideal es que cada sala de la instalación disponga de su propia fuente de gas de formaldehído para garantizar que todas las zonas de la misma queden tratadas uniformemente. Debe pesarse la cantidad correcta de cada componente (permanganato de potasio y formalina) en recipientes independientes, y la formalina debe colocarse en un recipiente que no sea de plástico y cuyo volumen sea al menos 10 veces el volumen combinado de la formalina más el permanganato de potasio. (La persona que aplique el gas de formaldehído debe llevar indumentaria impermeable para protegerse la piel, así como una máscara de gas a prueba de formaldehído, y unas gafas o visera protectoras, todo ello reglamentario). A continuación, deben colocarse los recipientes con las cantidades correctas de los dos reactivos en el suelo, en el centro de la sala, sobre una gran estera protectora (de plástico) desechable. En este momento todavía no debe mezclarse la formalina con el permanganato de potasio. Una vez todas las salas dispongan de las cantidades adecuadas de los dos componentes, la instalación se haya cerrado por completo y el ambiente se haya modificado según corresponda, puede empezar la verdadera fumigación. La mezcla de ambos componentes debe llevarse a cabo muy rápidamente y con cuidado, puesto que la reacción es inmediata y algo violenta cuando se

emite gas de formaldehído. Se debe empezar en la sala más alejada de la puerta exterior, añadir el permanganato a la formalina y seguir con la siguiente sala. Una vez terminadas todas las salas, se cierra la puerta exterior y se aísla del exterior con cinta adhesiva. La instalación debe permanecer sellada durante un mínimo de 12 horas. Una vez terminado este periodo de desinfección, la instalación debe abrirse para que se ventile con aire fresco, durante 24-48 horas. Para que puedan volver a entrar personas no debe quedar olor detectable a formaldehído.

Un método alternativo para generar gas de formaldehído es la sublimación de paraformaldehído en polvo. Por cada 2,83 m³ de superficie, deben utilizarse unos 28 g de paraformaldehído. Puede sublimarse colocándolo en una sartén eléctrica, que se habrá calentado intensamente. Este procedimiento es algo más peligroso, porque el formaldehído es inflamable y una chispa de este dispositivo de calentamiento teóricamente podría inflamar el gas. Al utilizar paraformaldehído también deben aplicarse los procedimientos indicados anteriormente para la mezcla de formalina/permanganato en cuanto a salida de humos, etc.

- iii) *Instalaciones de procesado:* estas instalaciones se suelen construir para permitir una desinfección sistemática. Normalmente, los procedimientos permitidos en el funcionamiento diario de estas instalaciones son adecuados para una limpieza total (TCU), siempre que la instalación, sus salas frías y sus congeladores también se desinfecten y se sequen por completo. Si se considera necesario, puede llevarse a cabo una fumigación con formaldehído para garantizar la destrucción de los agentes patógenos preocupantes.
- iv) *Otras instalaciones:* las instalaciones como almacenes de alimento, naves de mantenimiento, salas de herramientas, etc. deben tratarse igual que las oficinas. Debe procurarse eliminar todos los detritos de gran tamaño, que en estos tipos de instalaciones normalmente son bastante abundantes. A continuación, debe aplicarse spray clorado a las superficies potencialmente contaminadas de estas instalaciones, y dejar que actúe durante 24-48 horas. Después se aplicará un enjuagado con agua dulce. Todo el equipo, que no debe estar expuesto a la acción corrosiva del cloro, debe extraerse antes de aplicar el spray, y debe desinfectarse mediante desinfección de superficie con una solución yodófora que contenga 200 ppm de yodo. Una vez desinfectado, el equipo puede volver a introducirse en la instalación. Otra opción para este tipo de instalaciones es la fumigación con gas de formaldehído.

4.11. Indumentaria y equipo

Para que la desinfección sea la adecuada, antes deben lavarse las superficies con detergente y desinfectantes.

- a) Pueden utilizarse yodóforos (como Wescodyne® o Betadine®) a razón de 200–250 mg yodo litro⁻¹ en forma de pediluvio. NOTA: Los yodóforos tiñen la ropa.
- b) El cloro (solución de lejía doméstica a 50 mg de cloro litro⁻¹) también es una opción para los pediluvios o para lavar la ropa.
- c) El hidróxido de sodio (NaOH al 1% + Teepol al 0,1% u otro detergente) constituye un eficaz pediluvio para botas de goma. NOTA: NO debe utilizarse para zapatos/botas de vestir. También puede utilizarse para la desinfección de instalaciones de viveros, instalaciones de acuicultura con re-circulación de agua, sistemas de canales de cemento y todos los tanques no porosos. Todas las superficies de los tanques deben lavarse a fondo con agua a presión o vapor para eliminar los restos orgánicos, y a continuación debe aplicarse spray con una solución de hidróxido de sodio al 1% que contenga un 0,1% de Teepol, a razón de 2,5 litros por metro cuadrado de superficie de tanque. La superficie húmeda de los tanques, tras el drenaje de la solución, debe permanecer a un pH superior a 12. El agua residual que pueda quedar en la base de los tanques debe tratarse para aumentar el pH por encima de 12 durante un periodo de 24 horas. Una vez las superficies de los tanques se han secado, pueden enjuagarse, y los tanques pueden volver a llenarse. En las instalaciones de acuicultura con re-circulación de agua, la desinfección del sistema de tuberías y tanques con filtros debe llevarse a cabo con la misma solución de desinfectante. Lo habitual, tras el drenaje y limpieza del sistema, es llenar con la solución un tanque de reserva, que tenga el volumen suficiente como para llenar todo el sistema de tuberías, que a continuación se bombeará a todo el sistema durante 24 horas. El pH de la solución debe permanecer por encima de 12 al final de este periodo. La solución de reserva puede utilizarse para desinfectar todo el material de filtro, previamente lavado a fondo, los filtros y material auxiliar, como redes, cubos y pequeños tanques. Todo ello se debe sumergir de nuevo en la solución y dejarse ahí 24 horas. Tras la desinfección, todos los tanques y equipo debe enjuagarse bien y el sistema de circulación debe irrigarse a fondo antes de volver a ser llenarlo. Cuando sea necesario, puede llevarse a cabo una neutralización con un gran volumen de solución desinfectante antes de la eliminación, utilizando ácido clorhídrico. Toda persona que aplique o que entre en contacto con la solución desinfectante deberá llevar protección ocular y cutánea adecuada.

4.12. Equipo y sistemas de apoyo de los cultivos de crustáceos

Se trata de unidades de funcionamiento de una piscifactoría de cultivo de camarones que puede albergar una instalación.

- i) *Sistemas para artemias*: todas las unidades y tanques de decapsulación y eclosión de quistes de *Artemia* deben tratarse de la misma forma que otros tanques. Deben lavarse para eliminar los restos orgánicos más grandes, llenarse hasta el tope con agua limpia y después añadir hipoclorito de calcio hasta lograr una concentración final de 200 ppm (cloro libre). La cloración debe dejarse actuar durante 24-48 horas. La parte externa de estos tanques puede clorarse mediante spray (1600 ppm de cloro). A continuación, los tanques tratados pueden declararse con tiosulfato de sodio, drenarse, enjuagarse con agua dulce y dejarse secar durante un mínimo de una semana. Los recipientes de quistes de *Artemia* de la instalación no abiertos pueden conservarse. No obstante, debe desinfectarse su superficie con cloro (200 ppm) o una solución yodófora (200 ppm).
- ii) *Sistemas para algas*: los recipientes, tanques, incubadoras y salas utilizados para producir algas para alimentar los estadios larvarios de camarones pueden manipularse y desinfectarse casi de la misma forma que otros sistemas de tanques. La única gran diferencia es que debe tenerse especial cuidado de que todo residuo de cloro se haya eliminado de las unidades antes de que estas se utilicen de nuevo. En el caso de los tubos, frascos y garrafrones utilizados para el cultivo de algas, puede utilizarse una combinación de un enjuagado ácido (HCl al 10%) o esterilización con vapor en lugar de una desinfección con cloro o solución yodófora.

No se pueden desinfectar cultivos madre de algas vivas. La utilización de dicha desinfección es incuestionable, puesto que todo compuesto que pudiera matar el agente patógeno también mataría a las algas. Así pues, se han desarrollado dos métodos principales de minimización de la probabilidad de que los cultivos madre contengan agentes patógenos:

- Dilución: todos los cultivos madre pueden clonarse a partir de las poblaciones existentes. Cada cultivo debe diluirse mediante diluciones seriadas (en el caso de los cultivos de caldo) o bien mediante siembra de colonias (en el caso de los cultivos de agar). Todas las diluciones deben llevarse a cabo aplicando técnicas de estricta asepsia, esterilizando en autoclave todos los medios. No deben realizarse a partir de los cultivos madre hasta que la sala de cultivo de algas haya sido desinfectada mediante los procedimientos anteriormente descritos. Una vez un cultivo ha sido diluido y clonado por uno de los dos métodos anteriores, hasta el punto de que solo quede una célula del cultivo madre, el riesgo de que pueda haber un agente patógeno (de los camarones) es insignificante.
 - Nuevos cultivos madre: si los cultivos madre existentes se desechan en una TCU, deben comprarse nuevas poblaciones en laboratorios que suministren algas, o bien conseguirse en otros lugares donde sea improbable que haya contaminación por agentes patógenos (de los camarones), como por ejemplo aislando las especies deseadas de poblaciones salvajes de algas. No deben adquirirse nuevos cultivos madre de cualquier instalación que también cultive camarones, para evitar así la contaminación con agentes patógenos (del camarón) preocupantes.
- iii) *Equipo de piscifactoría*: en el caso de las redes, los cercos, los sistemas de tubos de líneas de aire porosas, etc., que sean relativamente baratos y fáciles de conseguir, deben desecharse y eliminarse de la instalación durante una TCU, puesto que no son fáciles de desinfectar y es probable que el cloro los dañe y acorte su vida útil.

El equipo imprescindible, como tubos de plástico flexibles de gran tamaño, bombas y tuberías, tanques de transferencia, jaulas, jaulas de recogida, mesas de recogida, discos Secchi, material de vidrio de laboratorio, etc. deben empaparse en solución de 200 ppm cloro de durante 24-48 horas. Esto se consigue más fácilmente colocando estos objetos en los tanques que se llenan con soluciones de 200 ppm de cloro. Debe tenerse cuidado de que se sumerjan por completo todos los objetos (pueden utilizarse objetos pesados para sumergir los más flotantes). Un buen consejo es colocar todas las cosas sueltas (excepto las que tengan que tirarse, o que puedan soltarse de su punto de amarre) en la solución de 200 ppm de cloro dentro de sus respectivos tanques.

En el caso de cosas similares que vayan asociadas a estanques, deben colocarse en una serie especial de tanques instalada cerca de sus respectivos estanques. Estos tanques deben llenarse con soluciones de 200 ppm de cloro. Tras la cloración, estas cosas deben dejarse secar y exponerse a esterilización mediante luz UV natural (luz solar). Se les debe dar la vuelta al menos una vez para exponer todas las caras a la luz solar directa.

Las herramientas y maquinaria, como tractores, camiones, herramientas eléctricas portátiles o fijas, etc. deben lavarse a fondo con soluciones de limpieza estándar. Todos los restos de barro, alimento de camarones, etc. deben eliminarse. A continuación, las superficies que puedan haberse contaminado durante su uso normal deberán enjuagarse con una solución yodófora (a una concentración de 200 ppm) o limpiarse con vapor.

Las herramientas e instrumentos pequeños, como básculas y balanzas, instrumentos analíticos, pequeñas herramientas eléctricas, etc., deben frotarse con cuidado con una solución de 200 ppm de cloro si son de plástico inerte, o bien con una solución de 200 ppm de yodo si no lo son. A continuación, deben devolverse a sus instalaciones respectivas durante la fumigación con formaldehído. El equipo analítico electrónico de alta precisión no debe exponerse a la fumigación, sobre todo si es poco probable que ni siquiera esté contaminado.

- iv) *Cañerías de "agua nueva"*: Todas las cañerías de agua nueva del interior de las instalaciones que estén contaminadas, sobre todo las que tengan extremos ciegos o terminen en colectores, deben llenarse con una solución de un mínimo de 200 ppm de cloro. La solución de cloro debe dejarse en las tuberías un mínimo de 24-48 horas, y a continuación estas deben enjuagarse con agua limpia. Las cañerías también pueden desinfectarse pasando agua caliente recirculante (>60°C) durante varias horas.
- v) *Uniformes, botas, etc.*: toda la indumentaria o cualquier cosa que utilicen los empleados debe desecharse o bien lavarse y desinfectarse a fondo. En el caso de la ropa, como los monos, será suficiente con un lavado normal que incluya lejía, sobre todo si va acompañado de un secado al sol. Otras cosas, como las botas, los guantes y otros elementos que no sean de ropa, pueden sumergirse en una solución de 200 ppm de cloro sin problema. Esto debe ir seguido de un enjugado con agua dulce. Estas cosas también deben estar en sus respectivas instalaciones durante la fumigación con formaldehído.
- vi) *Material alimentario*: todo el material alimentario, como piensos preparados o frescos (es decir, calamares, lombrices, artemias congeladas, moluscos bivalva, etc.) deben eliminarse de la instalación y ser sustituidos por alimento nuevo procedente de proveedores que se sepa que están libres de contaminación por agentes patógenos que afecten a los camarones.

5. Otros requisitos para los viveros e instalaciones de cría/mantenimiento de reproductores de crustáceos

Casi todos los viveros e instalaciones de cría/mantenimiento de reproductores de camarones peneidos utilizan agua marina que ha sido desinfectada para eliminar posibles agentes patógenos, plagas y agentes portadores de enfermedad mediante un filtrado mecánico, irradiación con rayos UV, y/o desinfección química. Esto puede lograrse mediante un filtrado pasivo del agua entrante (es decir, utilizando pozos de agua marina o sistemas de bombeo de agua marina) o mediante un filtrado mecánico utilizando bombas de alta presión y varios dispositivos de filtración de agua y tamaños de poro. Algunas instalaciones desinfectan el agua entrante mediante el filtrado junto con la desinfección por luz UV, mientras que otros utilizan métodos químicos de desinfección, utilizando la cloración y la deoloración o dosis altas de ozono y la posterior eliminación de oxidantes residuales. La desinfección química del agua entrante suele requerir el uso de uno o más reservorios de agua en los que el agua se trata y se detoxifica antes de ser utilizada en el vivero de camarones o en la instalación de reproductores de camarón. Existen varios manuales que indican con detalle cómo diseñar un vivero o instalación de reproductores de camarón y cómo hacer que un cultivo de camarones funcione, así como los métodos de desinfección del agua entrante.

5.1. Desinfección de los estanques de engorde

Tras la recogida sistemática de un lote de un estanque de engorde (o de un tanque grande o canal utilizado para el engorde de un lote), el fondo del estanque (o tanque) debe inspeccionarse. Los grandes depósitos de detritos orgánicos deben tratarse o eliminarse. Esto es fácil de llevar a cabo en tanques, canales o estanques con revestimiento interno (es decir, irrigando con una manguera a alta presión), pero supone un reto más complicado en estanques grandes de fondo de tierra. No obstante, se aplican muchos métodos de desinfección del fondo de los estanques y de tratamiento entre lotes. Estos métodos se indican en detalle en muchos manuales de piscifactorías de camarones, y algunos se indican aquí solo de forma resumida:

5.1.1. Cloración

Puede utilizarse cloración para el tratamiento sistemático de estanques entre lotes o cuando el objetivo sea erradicar una enfermedad. Tras drenar el estanque, se extrae (y elimina) la mayor cantidad posible de animales del sistema (esto puede ser difícil en sistemas de estanques, en los que podría no ser práctico extraer grandes cantidades de camarones muertos). Se vuelve a llenar parcialmente el estanque (o se llena hasta la capacidad requerida), se interrumpe la adición de agua nueva, se detiene la descarga de agua saliente, y se retiran todas las fuentes internas o externas de

aireación o dispositivos de aireación, que podrían sufrir corrosión. A continuación, se distribuye uniformemente hipoclorito de calcio suficiente (por ejemplo, Olin HTH™) para conseguir una concentración de cloro libre residual de 10 ppm en el agua de todo el sistema. (NOTA: La persona(s) que aplique(n) el cloro debe(n) llevar indumentaria de protección de la piel, y máscara antigás, y unas gafas o visera para protegerse los ojos, todo ello reglamentario). Se redistribuye hipoclorito de calcio adicional tan a menudo como sea necesario para mantener la concentración residual en 10 ppm o una cifra cercana. Se deja que el sistema repose durante un mínimo de 24-48 horas (sobre todo si se aplica a sistemas grandes) a esta concentración mínima de cloro. El cloro matará todos los camarones y la mayoría, sino todos, de los demás organismos que ocupen la columna de agua o que vivan en el estanque. Una vez el estanque haya sido tratado con cloro durante el periodo mínimo exigido, y antes de eliminar agua alguna, se neutraliza el cloro pasivamente exponiéndolo a luz solar y aire durante unas 48 horas más (sin añadir más cloro) o bien añadiendo tiosulfato de sodio a razón de cinco (5) moléculas de tiosulfato de sodio cada cuatro (4) moléculas de cloro (o de modo que el peso del tiosulfato de sodio sea 2,85 veces el peso del cloro que contiene el agua; véase un ejemplo en la tabla siguiente).

Tamaño del estanque	Profundidad media	Volumen	Dosis de cloro	Cloro necesario	HTH (Cl activo)	Tiosulfato necesario
1 hectárea	1 m	10.000 m ³	10 ppm	100 kg	154 kg	285 kg

Debe llevarse a cabo un análisis periódico del cloro residual, y no debe eliminarse agua hasta que se hayan alcanzado las 0 ppm. Una vez se haya comprobado que los niveles de cloro son de 0 ppm, el agua del sistema se puede vaciar sin problema al sistema de salida de la piscifactoría. En algunos sistemas de cultivo, en concreto en canales, tanques y estanques pequeños revestidos (es decir, los sistemas en los que la mayoría de los camarones no se han retirado antes de la desinfección), los camarones muertos deben recogerse para poder ser eliminados adecuadamente.

5.1.2. Tratamiento con cal

A los lechos de estanques secos debe aplicarse cal, que es óxido de calcio (cal viva), para que pueda atacar a todos los restos de materia orgánica mediante desecación/deshidratación, a razón de 4.000-5.000 kg/ha. Debe tenerse mucho cuidado de garantizar que la cal se esparza homogéneamente por la superficie del suelo. A continuación, se debe dejar reposar el estanque durante al menos una semana, o hasta que el suelo se haya secado hasta el punto de presentar grietas de unos 10-20 cm de profundidad. Una vez la cal lleve aplicada una semana, los estanques se llenan lentamente, en cuyo momento tiene lugar el efecto completo del pH y termina la desinfección. La cal viva también es eficaz cuando se utiliza en estanques húmedos, pero en estos casos solo funciona mediante el efecto del pH. Puede aplicarse cal adicional tras un arado (véase abajo) a razón de un 50% de lo que se prescribe normalmente. El estanque debe secarse de nuevo durante al menos una semana, en función del clima.

El hidróxido de calcio es menos eficaz para lograr un pH eficaz y no ejerce el mismo efecto de desecación que la cal viva ejerce en la materia orgánica.

5.1.3. Secado y arado

Tanto si un estanque ha sido tratado por cloración o con cal viva como si no, e incluso en el caso de que no haya sido tratado, el arado es un método utilizado con frecuencia para tratar el fondo del mismo para reducir su contenido en materia orgánica, mejorar el reciclado de nutrientes, tamponar el pH, eliminar plagas y lograr una desinfección mediante una combinación de degradación microbiana, exposición a la luz del sol, aireación y desecación. En algunas zonas, el secado y el arado de fondos de estanques secos solo son posibles durante la "estación seca". Cuando el secado de un estanque es viable, el fondo del estanque debe dejarse secar hasta que la superficie presenta grietas de unos 10 cm. Una vez se ha alcanzado este nivel de secado, el suelo debe ararse a una profundidad de unos 20 cm con un arado, una caña, un cultivador, una grada de discos, una grada de púa o demás maquinaria agrícola similar. Los estanques tratados de esta forma deben dejarse reposar al menos una semana antes de volver a ser llenados y repoblados.

6. Neutralización de halógenos

El cloro y el yodo son muy tóxicos para los animales acuáticos, y con el fin de prevenir posibles accidentes graves derivados de un error en la manipulación, se recomienda neutralizar estos productos con tiosulfato de sodio (cinco moles de tiosulfato neutralizan cuatro moles de cloro). Las proporciones moleculares son las mismas para el yodo.

Según esta proporción, para inactivar cloro, la cantidad de tiosulfato debe ser de 2,85 veces la cantidad de cloro (en gramos):

Número de gramos de tiosulfato = 2,85 x número de gramos de cloro.

En el caso del yodo, la cantidad de tiosulfato debe ser de 0,78 veces la cantidad de yodo, en gramos:

Número de gramos de tiosulfato = 0,78 x número de gramos de yodo.

También se puede preparar una solución de tiosulfato al 1% por peso, en cuyo caso los volúmenes neutralizantes serán los siguientes (en ml):

1. en el caso del cloro:

$28,5 \times [\text{número de litros de la solución desinfectante} \times \text{concentración en mg litro}^{-1}] / 100$

2. en el caso del yodo:

Hay que multiplicar por 7,8 en lugar de por 28,5.

Tanto el cloro como el ozono producen compuestos oxidantes residuales de larga vida en el agua marina. El agua marina con una salinidad de 35 partes por mil (ppmil) contiene 60 ppm de ión bromuro, que produce hipobromito en presencia de ozono. El agua marina artificial desinfectada, a la misma salinidad, produce bromuro y ácido hipobromoso. Dado que estos, junto con otros compuestos residuales, son tóxicos para los animales acuáticos como las larvas de las ostras (y posiblemente también para otros moluscos), el agua de mar tratada debe pasarse por filtros de carbón activado antes de utilizarse para larvas vivas de moluscos.

Existen otros protocolos para la neutralización de halógenos que consisten en el tratamiento con tiosulfato de sodio o de potasio.

Debe llevarse a cabo un seguimiento de sustancias oxidantes residuales de forma periódica, sobre todo cuando se producen oscilaciones de temperatura. Dado que no puede medirse el ozono residual del agua marina, tal vez tengan que aplicarse otros protocolos de seguimiento, como un circuito de retroalimentación.

NOTA: También deben instalarse sistemas de salida de humos para eliminar gases tóxicos (producidos durante la desinfección) de zonas de trabajo cerradas. Al emitir gases tóxicos debe garantizarse el cumplimiento de la normativa local referente a la atmósfera.

7. Repoblación de las piscifactorías desinfectadas

Tras una TCU, la repoblación de las instalaciones o piscifactorías desinfectadas debe llevarse a cabo con poblaciones que se sepa que están libres de las enfermedades de la lista del *Código Acuático* u otras enfermedades emergentes o importantes que preocupen.

*
* *