

# CARRERA TÉCNICA EN ACUACULTURA

## Módulo 1. Distingue sistemas de cultivos acuícolas

Segundo semestre



Submódulo 2

## **Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar**

### **Créditos**

#### **Desarrollo de Contenido**

*Nemorio García Barrera*

*Carlos Benjamín Bonilla Suárez*

#### **Revisión técnico – pedagógica y edición**

*Arit Furiati Orta*

*Itandehui García Flores*

*Judith Doris Bautista Velasco*

#### **Equipo de apoyo**

*Nélyda Fosado Revilla*

México, 2021.

## Presentación

Actualmente los procesos de enseñanza y de aprendizaje se han diversificado en las formas, métodos y medios a través de los cuales se realizan para brindar una educación de calidad, por lo que cada día las instituciones educativas deben coadyuvar en dichos procesos a través de estrategias y acciones que favorezcan en los alumnos la adquisición de los aprendizajes tanto con la mediación de un docente de manera presencial como, en ocasiones singulares, a distancia.

Acorde con los principios de la Nueva Escuela Mexicana, los alumnos son sujetos activos y responsables de su propio aprendizaje, por lo que Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria y Ciencias del Mar (**DGETAyCM**) pone a disposición de los estudiantes el presente material de apoyo que tiene el propósito de brindar elementos teóricos de los módulos profesionales de la carrera técnica en **Acuicultura**, así como el reforzamiento de estos a través de actividades de aprendizaje.

El material está organizado de modo progresivo para abordar los contenidos de la carrera Técnico en Acuicultura en el presente material se analizarán el **Módulo I “Distingue sistemas de cultivos acuícolas”** con sus respectivos submódulos:

- Submódulo 1. Identifica aspectos básicos de la acuicultura
- Submódulo 2. Identifica sistemas de producción acuícola
- Submódulo 3. Relaciona procesos de biotecnología acuícola

En este cuadernillo se abordará el **Submódulo 2. Identifica sistemas de producción acuícola**.

El primer apartado de cada lección denominado **“Contextualizando”** se muestra un primer acercamiento a los conceptos que se abordan, articulándolos con escenarios y situaciones de la vida cotidiana, con la intención de realizar asociaciones derivadas de los conocimientos previos de los estudiantes. En el apartado **“Vamos a aprender”** se integra información para analizar los conceptos y características de la temática. En la sección de **“Actividades de aprendizaje”** se proponen actividades para para asimilación de los principales conceptos y características del tema. En el apartado **“Autoevaluación”** se plantean una serie de indicadores de desempeño que buscan evaluar los aprendizajes e identificar los contenidos a reforzar. Finalmente, en la sección **“Para saber más”** se proporcionan recomendaciones para complementar los contenidos como videos y lecturas.

Deseamos que este material apoye la formación académica y sea una herramienta de utilidad en los procesos de aprendizaje para los estudiantes.

# Índice

	Pág.
<b>Submódulo 2. Identifica sistemas de producción acuícola</b>	
Sistemas de cultivos acuícolas tradicionales o convencionales-----	7
(Nemorio García Barrera)	
Producir más en menos volumen de agua de manera sustentable-----	17
(Nemorio García Barrera)	
La calidad del agua hace la diferencia entre altas y bajas densidades-----	25
(Nemorio García Barrera)	
La aireación, un punto crítico en la producción de organismos acuáticos-----	33
(Nemorio García Barrera)	
Eliminando residuos, mejorando el cultivo-----	39
(Carlos Benjamín Bonilla Suárez)	
Volumen de tanques y flujo en sistemas acuícolas -----	51
(Carlos Benjamín Bonilla Suárez)	



# Submódulo



## Identifica sistemas de producción acuícola

### Competencias profesionales

- Clasifica entre sistemas de cultivo
- Mantiene el funcionamiento de los sistemas de cultivo
- Realiza cálculos para determinar los volúmenes en los sistemas de cultivo

# Sistemas de cultivos acuícolas tradicionales o convencionales



## Contextualizando

En los sistemas de cultivos acuícolas tradicionales o convencionales la importancia radica en la producción de alimentos para el consumo humano y al mismo tiempo proporcionar empleos y desarrollo económico de las regiones donde se cuentan con la disponibilidad de los recursos acuáticos para la aplicación de actividades acuícolas continentales y marinos.

El objetivo de la acuicultura es producir cantidades abundantes de alimentos para atender las necesidades de una población en expansión garantizando el desarrollo sostenible que evite la presión de la pesca y al medio ambiente sobre los recursos pesqueros disponibles, por otro lado, ayudar a implantación de nuevos sectores económicos para el desarrollo comunitario.

La acuicultura convencional se practica de diferentes formas, dependiendo de diferentes factores como: tipos de estanquería, formas, suministros de agua, drenajes, calidad del agua, flujos de agua, densidades de organismos.



*Estanques de geomembrana y concreto para la producción de organismos acuáticos.*

¿Conoces algunas unidades de producción acuícola en tu región que se dediquen a la producción de especies acuáticas?, ¿sabes que especies se cultivan y que tipo de sistemas operan?, ¿Qué tipo de estanque maneja? En la presente lección podrás aprender sobre esta importante temática.



## ***¡Vamos a aprender!***

La acuicultura tradicional o convencional consiste en el cultivo y producción de animales y plantas acuáticas en agua dulce, salobre o agua marinas bajo condiciones semicontroladas, haciendo uso de infraestructura básica como estanquería rustica, de concreto y geomembranas, flujos de aguas constantes para el mantenimiento de los organismos y bajas densidades de cultivo todo esto con el cuidado del hombre. Los principales organismos acuáticos producidos son peces (tilapia, trucha, bagre, carpa), moluscos (ostión, abulón, caracoles, ostras), crustáceos (camarón, langostino, langostas, acociles) y plantas acuáticas (microalgas y macroalgas).



*Flujos altos de agua para el proceso de cultivo semi-controlados de diferentes organismos acuáticos.*

Los cultivos convencionales de cultivo requieren de volúmenes altos de agua de buena calidad y de forma continua, estos sistemas se caracterizan por presentar un suministro de agua (toma de agua) que llega al estanque de trabajo ahí se hace uso en el cultivo y posteriormente se desecha del sistema a través de una salida (drenaje) la cual no se utiliza nuevamente (no hay reutilización del agua de manera parcial o total).

En estos tipos de cultivo se hacen únicamente el uso del recurso hídrico y la aplicación de sistemas de contención (filtros mecánicos, tamices, rejillas, filtros de caja, etc.) para especies silvestres que compitan con los organismos en cultivo y algunos sedimentos que pudiesen deteriorar la calidad del agua a la llegada a los estanques de cultivo.

La calidad del agua y cantidad de agua son los principales factores limitantes para tener éxito en la producción de especies acuáticas ya que implica disponer de fuentes de abastecimiento de agua (manantiales, arroyos o ríos) cercanos para el abasto necesario para los sistemas de producción; previo a esto se debe conocer las características fisicoquímicas y volúmenes disponibles una de las ventajas de estos sistemas es que los gastos de producción pueden ser menores a un sistema tecnificado.



*Monitoreo de la calidad del agua para verificar que el agua sea idónea para el cultivo de peces, crustáceos y moluscos.*

Los sistemas convencionales de cultivo pueden ser de diferentes tipos, atendiendo a la densidad de siembra (cantidad de peces por unidad de área); tipos de especies (monocultivos o policultivos), alimento a utilizar (naturales o artificiales) y la disponibilidad del agua.

**Cultivos semi-intensivos:** en estos sistemas las densidades de cultivo que se manejan son superiores a las 2 toneladas/hectárea/ año en modelos de monocultivo (una sola especie) o policultivo (más de una especie) con modos de alimentación mixta (alimento balanceado y natural). Este tipo de cultivo se practica en los sistemas de estanquería rústica, concreto y geomembrana de dimensiones pequeñas.

**Cultivos intensivos:** están diseñados para desarrollar una alta productividad y eficiencia económica con especies de alto valor comercial (50-150 ton/Ha/año). Se utilizan altas densidades, fuerte circulación del agua (altos flujos), alimento artificial de calidad y equipos de aireación cuando las condiciones de cultivo lo requieren.

En los sistemas tradicionales se manejan diferentes tipos de estanques según el material del que están hechos:

**Estanques de tierra o rústicos:** se crean aprovechando los materiales que la naturaleza brinda en el lugar de la actividad acuícola (tierra y rocas) por lo que:

- Los tanques están en contacto directo agua-suelo promoviendo el paso de sustancias potencialmente nocivas al agua tal como la disolución de sales de sulfuro y nitrógeno, metales pesados, detergentes, pesticidas herbicidas, etc.
- Por otro lado, es importante el efecto nocivo que virus y bacterias presentes en el subsuelo puedan tener sobre nuestros cultivos.
- La experiencia en granjas indica que los tanques de tierra son lo más baratos ya que el costo de es relativamente bajo, pero presentan infinidad de problemas biotecnológicos.

**Estanques de geomembrana:** están constituidos por un tipo de recubrimiento que se hace a un tanque rustico o bien recubriendo un estanque sobre el nivel del suelo con una valla metálica electrosoldada.

- Son recomendables porque aíslan el cultivo de todos aquellos agentes nocivos provenientes del suelo tanto físicos, químicos tanto biológicos (sales, metales, ácidos, pesticidas, virus, bacterias y huevos de otros peces).
- Si bien el costo de los liners o membranas plásticas es elevado, puede resultar incluso menor que los trabajos de reconstrucción de los tanques rústicos.

**Estanques de concreto o cemento:** este tipo de tanques es adecuado para la acuicultura ya que aíslan los agentes nocivos y permiten un buen control de los parámetros del agua. Sin embargo, se trata de estructuras costosas durante su construcción lo que hay que tener en cuenta:

- Su naturaleza no móvil es decir estanques no que no se pueden mover ni modificar su forma.
- Las fugas y roturas en tuberías son difíciles de reparar puesto que en muchas ocasiones se debe romper las paredes y pisos.

**Estanques de fibra de vidrio o plástico:** estos tanques son muy utilizados en cultivos de pequeños animales (ornamentales), una de las principales cualidades es la fácil limpieza, transporte y control sobre los parámetros del agua. Sin embargo, el costo de estos tanques es muy elevado.

### **Tamaños y forma de los estanques**

Las dimensiones ideales de los estanques se establecen según la planificación efectuada y las fases de producción. También se tienen que ajustar para la optimización y aprovechar el área disponible.

Para tomar en cuenta las dimensiones y las formas es indispensable tener en cuenta la topografía forma y tamaño del terreno Dentro de un determinado sector conviene estandarizar el ancho de los estanques, posibilitando así, el uso de redes, y la siembra de las mismas densidades, el uso de los mismos equipos de aireación, etc.

También tomar en cuenta la profundidad (1 a 2.50 m), declive de 1-10%, diques, canales de suministro de agua, drenajes que permitan el manejo adecuado del sistema de estanquería.

En los sistemas tradicionales los sistemas de conducción del agua hacia los estanques son de suma importancia ya que depende el buen funcionamiento durante el proceso de producción por lo que es de suma importancia que es por gravedad ya que es el método más económico. Esta deberá estar compuesta por **toma de agua** que es construida en el lugar donde se tomara el agua; este hecho de madera, piedra concreta con un tamaño acorde con el caudal máximo requerido (tomando en cuenta reposición, recambio, llenado del estanque y necesidades de otros sistemas.



*Diferentes dimensiones de los estanques para cultivo de peces y crustáceos tomando en cuenta la planeación.*

**Desarenador**, es de suma importancia para la retención de sólidos suspendidos donde son decantados y filtrados para evitar la llegada a los estanques de cultivo, continuando el sistema de conducción, normalmente hecho por canales abiertos o por tubería esta deberá contar con una pendiente del 0.5-1% como mínimos para que el agua fluya sin ningún problema, también deberá estar ubicado entre 30 y 40 cm por encima del nivel máximo del estanque. Finalmente, el **drenaje** que es la parte que colecta el agua de seco del sistema el cual está ubicado en lado contrario al suministro de agua, están hechos de concreto o tubería de PVC.

Por la tecnología de cultivo aplicada en estos sistemas tenemos **dos modalidades**:

- **Semiintensiva** que se desarrolla en estanques de 200 a 2500 m<sup>2</sup>, en estos sistemas se aplica procesos de fertilización para la producción de alimento natural, también se usan alimentos concentrados y algunos subproductos agrícolas. Para estos sistemas se requieren recambios de agua de un 5-20%/día de acuerdo con la edad de los peces.
- **Intensiva** esta tecnología de cultivo de peces se da mediante un manejo de altas densidades (5-20 peces/m<sup>2</sup>), debe contar con recambio mínimo de 30-50% del volumen diario, complementado con sistemas de aireación u oxigenación. La alimentación es únicamente con concentrados que se suministran de manera manual o mecánicamente, se requiere además del monitoreo de la calidad del agua y el estado sanitario de los peces.

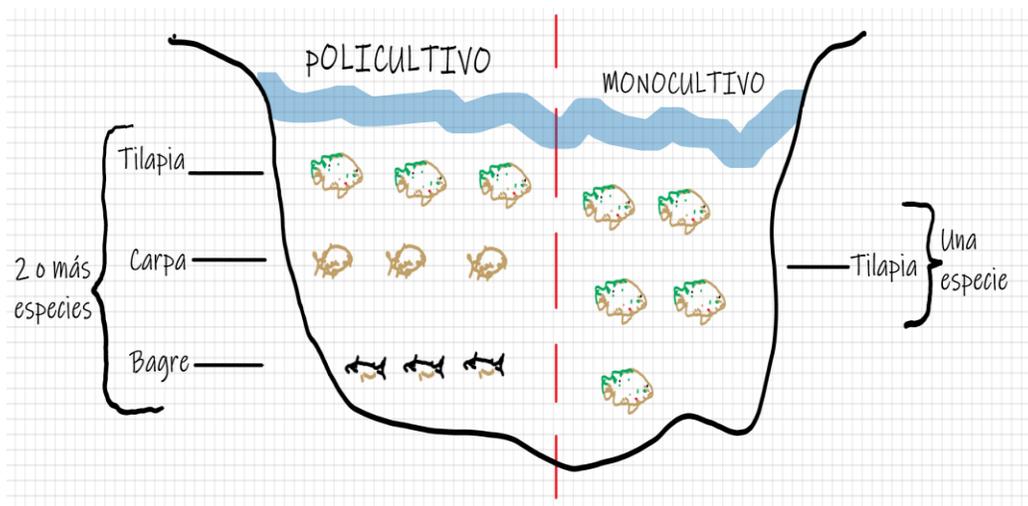
Por otro lado, el cultivo de organismos acuáticos también se puede dar según la cantidad de especies por lo que se clasifica en:

- **Monocultivo**, esta se aplica cuando solo una especie es el objetivo de trabajo en un mismo estanque, este sistema optimiza el aprovechamiento del espacio y el alimento la producción y disminuyendo la conversión alimenticia.



*Sistema para cultivo en modalidad de monocultivo (una especie) de tilapia *Oreochromis niloticus**

- **Policultivo**, tecnología de cultivo donde se trabaja con 2 o más especies en un mismo estanque permitiendo aprovechar espacios o estratos, así como el alimento disponible en la columna de agua (fitoplancton y zooplancton) permitiendo disminuir los costos de producción.



*Representación de sistemas de cultivo por especies manejadas en sistemas de producción acuícola.*

Finalmente, para que estos sistemas funcionen adecuadamente requieren del insumo más importante que es el agua. Biológicamente, el agua puede estar compuesta por bacterias fotosintéticas, organismos saprofitos (hongos y parásitos) fitoplancton y zooplancton; químicamente está compuesta de hidrógeno y oxígeno, minerales, metales, etc. Y de ello depende la supervivencia de los peces por lo que la calidad óptima del agua depende de la o las especies a cultivar.

El agua para el uso en acuicultura puede tener varios orígenes manantiales, ríos, lagunas, embalses o aguas subterráneas. Para lograr un buen desarrollo en los cultivos acuícolas el agua tiene que cumplir con un mínimo de propiedades químicas, físicas y biológica acordes con la especie

Las propiedades físicas del agua como la temperatura y turbidez, debe estar dentro del rango apropiado de la especie en cultivo y ser lo más estable posible, evitando cambios bruscos; es conveniente mantener la baja turbidez por materiales en suspensión pues un exceso (no sobre pasar 180 mg/L) de disminuye la productividad primaria.

Las principales propiedades químicas para controlar son el oxígeno disuelto, el dióxido de carbono, pH, dureza, alcalinidad, amonio, nitratos, nitritos y fosfatos.

El oxígeno disuelto es un factor determinante y hay que tener en cuenta, ya que una baja drástica conduce a la muerte de todos los peces en cultivo; las bajas concentraciones de oxígeno producen efectos muy negativos sobre los peces, como inapetencia, baja resistencia a las enfermedades y bajo aprovechamiento del alimento. La concentración de oxígeno disuelto es superior en la entrada que en la salida; la concentración de oxígeno en los sistemas tiene que ser mayor a 4 mg/L en aguas calientes y en aguas frías mayor a 7 mg/L.

El dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  es el producto de la respiración de los animales, sin embargo, como es un producto ácido, niveles altos ocasionan bajas de pH. Concentraciones por encima de 20 mg/L de  $\text{CO}_2$  ocasionan letargia e inapetencia.

Por otro lado, el pH es una medida de acidez o alcalinidad y tiene una relación con la concentración de iones Hidrógeno, teniendo rangos óptimos en el cultivo entre 6-8, valores por debajo o mayores a los niveles óptimos conduce a la muerte de los organismos acuáticos y en niveles subóptimos causa disminución del crecimiento, inapetencia y afectan la reproducción

Otros parámetros como la dureza y la alcalinidad están relacionados a la concentración de iones de calcio, magnesio, carbonatos y bicarbonatos afectando los sistemas de producción natural del sistema y en los organismos afectando procesos reproductivos y de crecimiento.

Valores de dureza de 75-450 mg/L de carbonato de calcio o magnesio son buenos para la producción acuícola, mientras que para la alcalinidad son ideales concentraciones de 100-600 mg/L.

Finalmente, de los compuestos nitrogenados como amoníaco, amonio, nitratos y nitritos son productos de la excreción de los peces y la descomposición de la materia orgánica. Estos productos afectan a los peces de una forma que alteran el sistema respiratorio, en el crecimiento y a la resistencia a enfermedades por el estrés causado. Las concentraciones sugeridas para cualquier de los compuestos nitrogenados es tenerlos inferiores a los 0.2 mg/L para evitar la toxicidad.

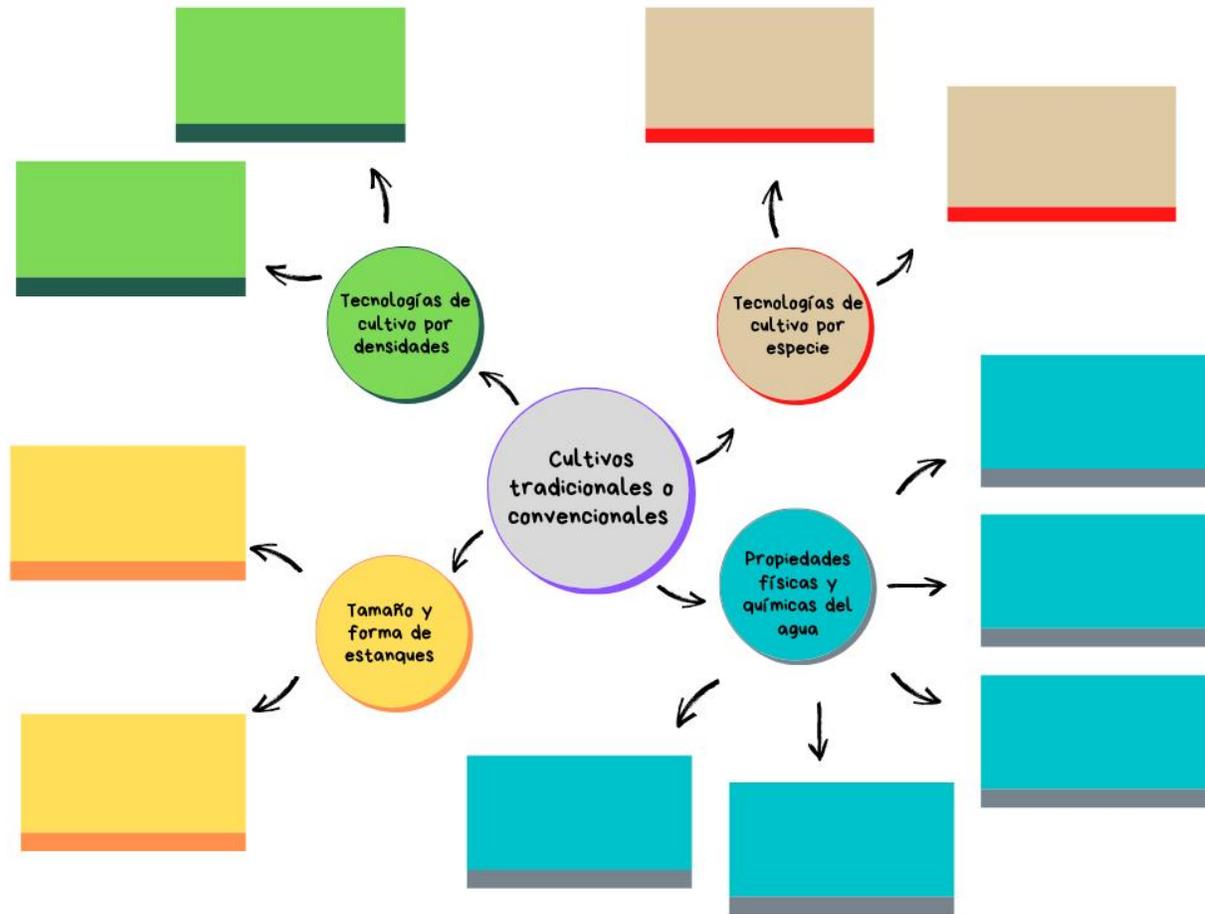
**Fuentes:**

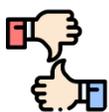
- Merino Archila, M., Salazar Ariza, G. y Gómez León, D. (2006). Guía práctica de piscicultura en Colombia. Bogotá DC. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. 80 pág.
- Akifumi Ono, E y Joao Campos, F (2002). Construcción de estanques y estructuras hidráulicas para cultivo de peces parte 2. Panorama da acuicultura. 12 (73). 1-14.
- Meyer Daniel, E. 2004. Introducción a la acuicultura. Zamorano, Honduras. Escuela agrícola Panamericana. 159 pág.



### Actividad de aprendizaje

Complementa las ideas secundarias del mapa conceptual a partir de la lectura de la sección vamos a aprender.





## Autoevaluación

Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más	Lo puedo hacer
Comprendo el concepto de sistema convencional.			
Puedo diferenciar que tipos de estanquería se utilizan en los sistemas convencionales.			
identifico las características de los estanques para el funcionamiento adecuado durante un cultivo.			
Explico las tecnologías de cultivo según la o las especies que se manejan y la densidad de cultivo.			
Conozco cuales son los parámetros fisicoquímicos en la calidad del agua.			



## Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes:

- Sistemas de producción acuícola <https://www.youtube.com/watch?v=lEms9HddqiY>
- Producción de trucha en estanques paralelos <https://www.youtube.com/watch?v=8l7lBWgC8Z4>
- Producción Intensiva de Bagres (Piscicultura) <https://www.youtube.com/watch?v=3Fcf1YCyVI4>
- Construcción de estanques para piscicultura <https://www.youtube.com/watch?v=-ny8cQ2lqrw>
- Cría de tilapia en casa <https://www.youtube.com/watch?v=z8sR1nZ38yM>

# Producir más en menos volumen de agua de manera sustentable



## *Contextualizando*

¿Conoces los sistemas acuícolas tecnificados y sus componentes?, en esta lección se abordarán los sistemas de producción acuícola que permiten la producción de organismos en altas densidades y en lugares donde la disposición de agua es insuficiente; partiendo del manejo de sistemas donde se aplican estanques que reutilizan el agua que proviene de sistemas de filtración donde se realizan procesos de limpieza a partir del retiro de los contaminantes que se generan por los organismos en cultivo.

En la actualidad los sistemas de recirculación marcan la vanguardia en los procesos de ingeniería acuícola permitiendo el cultivo de organismos acuáticos en zonas donde anteriormente no se imaginaban por la falta de agua como el insumo principal. Estos sistemas favorecen la cría, engorda y reproducción en altas densidades dentro de un ambiente controlado y favorable para los organismos. En estos sistemas el agua es reciclada para ser limpiada en los filtros donde se retiran los desechos tóxicos productos de los organismos en cultivo y solo se añade agua nueva a los tanques para compensar la pérdida por las salpicaduras, evaporaciones y para remplazar el agua que se utiliza para la remoción de los desechos.

En los sistemas de recirculación los principales beneficios radican en la menor demanda de agua en comparación con los convencionales, menor superficie de instalación ya que se manejan densidades mayores de organismos en menos superficie, se logra el control de parámetros fisicoquímicos que brindan mejores beneficios en los organismos en cultivo, también se logra mejor control de las condiciones atmosféricas ya por lo regular las instalaciones se encuentran cerradas brindando mejor protección y finalmente se controla la alimentación aplicando alimentos exclusivos a partir de tablas de alimentación excesivas de las especies.

Es importante que tengas en cuenta que estos sistemas brindan mejores servicios ambientales ya que se evitan escapes y los vertidos de la actividad son controlados y usados en otras actividades, por lo que los sistemas de recirculación son considerados como las tecnologías de punta que permitirán generar alimentos que la humanidad requiere para la supervivencia.



***¡Vamos a aprender!***

En los cultivos acuícolas intensivos una de las metas es producir más organismos en menos espacio y con menor gasto de agua; en lugares donde la disponibilidad de agua es baja como las zonas semidesérticas y desérticas, es fundamental considerar la eficiencia alimenticia y económica con especies de alto valor comercial para la venta nacional o la exportación a nivel internacional.

Cada sistema acuícola que se utiliza está ligado a las especies susceptibles de cultivo de la región y del manejo, de este modo se aplican técnicas que permitan de manera importante la producción final de alimentos de gran valor proteico y que satisfagan las necesidades actuales de crecimiento de la población mundial.

La acuicultura tecnificada (intensiva e hiper-intensiva) se aplica a nivel marino y continental en los diferentes estadios de desarrollo de los peces como: la producción de crías, pre-cría, juveniles, engorda y reproducción, esto motiva a los productores a incrementar las densidades de cultivo generando mayor beneficio económico, pero que tiene como consecuencia mayor consumo de alimentos, susceptibilidad a enfermedades, aplicación de sistemas de soporte de vida (sistemas de filtración, aireación y manejo del cultivo) que implican mayor gasto y cuidado del personal, por lo que es necesario la selección de organismos que permitan soportar este tipo de manejo y que tengan la tolerancia suficiente a las condiciones que se aplican durante el proceso de cultivo

Algo importante es que la acuicultura intensiva no compite con actividades como la agricultura y la ganadería, sino todo lo contrario; es un complemento que permite la explotación de aquellos espacios que no tienen una funcionalidad en las otras actividades económicas; permitiendo una oferta de productos acuáticos durante todo el año, de allí se considera la acuicultura como un negocio rentable.

Los cultivos tecnificados son todos aquellos sistemas que permiten el desarrollo de diferentes organismos bajo condiciones controladas y que mantienen a los organismos en condiciones favorables permitiendo un desarrollo adecuado de los mismos.

Muchos sistemas de cultivos tecnificados cuentan con diferentes tecnologías de procesos que trabajan en conjunto para garantizar una mínima cantidad de agua, calor y de las poblaciones de organismos en cultivo; mientras que a la par limpian y reciclan el agua de los estanques de trabajo de manera constante permitiendo el desarrollo de los organismos en cultivo.

Las granjas diseñadas con estos sistemas de trabajo cuentan con diferentes grados de complejidad como: el uso de equipos para remover y almacenar de manera segura los residuos procedentes de los sistemas de estanquería garantizando la limpieza, reutilización del agua y mantener las condiciones de cultivo cercanos a los óptimos para las especies que se cultivan. En estos tipos de sistemas acuícolas se necesitan de sistemas mecánicos y biológicos (filtros, aireadores y equipos de bombeo) para la purificación del agua y eliminar o desintoxicar los productos de desecho y alimentos no consumidos. Contemplando, que en estos tipos de cultivo los organismos deben diariamente

alimentarse, realizar el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos, para mantener en condiciones óptimas a las especies de cultivo y que presenten un rápido crecimiento con alta supervivencia; que en periodos cortos se verá reflejada en mayores productividades para los acuicultores.

Uno de los puntos esenciales de la tecnificación de los sistemas acuícolas es el reciclaje del agua como insumo principal ya que estos sistemas consumen menos agua que otros tipos de sistemas de cultivo, porque son altamente recomendados para áreas con reservas limitadas de agua. Es importante saber que para la producción de 1 kg de organismos acuáticos se tiene una necesidad de 40.7 litros de agua en sistemas convencionales y sin embargo en cultivos tecnificados correctamente diseñados y en operación requieren una mínima de agua diaria (5 L de agua por 1 kg de pez), suficiente para la remoción de los desechos de los estanques, filtros y reemplazar el agua perdida por evaporación.

También en estos tipos de cultivos se requieren menor dimensión de tierras para el desarrollo de la tecnología ya que se incrementan las densidades de cultivo alcanzando producciones de 25 a 50 kg/m<sup>3</sup> auxiliados por equipos que incrementan la concentración de oxígeno y la eliminación de los desechos metabólicos a través de la constante recirculación del agua.

Otro factor determinante en estos sistemas de cultivo es el control de la temperatura por efecto de los equipos e infraestructura utilizada, además también interviene la baja crecimiento de los organismos en cultivo durante todo el año lo que maximiza la producción y la rotación de los productos.

El trabajo en sistemas cerrados permite a los productores a no estar limitados por las condiciones meteorológicas que pueden acabar con la producción de todo un año, matando todos los organismos o influir en los procesos de desove de los reproductores permitiendo la disponibilidad de los insumos biológicos en diferentes épocas del año, además de tener controlado los sistemas permite la cosecha en tiempos de fuertes lluvias, nieve o heladas condiciones que podrían detener las cosechas en cultivos convencionales.

Con los sistemas tecnificados el acuicultor tiene la oportunidad de controlar la calidad del agua para el beneficio de las poblaciones de organismos ya que al mantener controlado estos factores (oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad, amonio, nitrados, nitritos, fosfatos, etc.) permitimos a los peces, crustáceos, moluscos y plantas en cultivo presenten mejores crecimientos, menos estresados lo que se refleja en mayor crecimiento, tolerancia a las enfermedades y menor desperdicio de alimentos, además de que los organismos están separados de contaminantes ambientales que deterioran la calidad del producto. Esto trae como resultado productos de alta calidad incrementado el valor comercial haciéndolo sustentable y amigable con el ambiente.

Los sistemas tecnificados de cultivo acuícola engloban a los sistemas de recirculación acuícola (RAS), sistemas acuapónicos y sistemas biofloc cada uno con sus modalidades de manejo propias para cada sistema, pero con una eficiencia única en el uso del agua y la producción intensiva de los organismos además que obtiene productos de alta calidad e inocuos a los consumidores teniendo ventajas ante otros sistemas de producción y ser altamente amigables con el ambiente.



*Sistema acuapónico compuesto por sistemas de filtración mecánica, biológica donde se mantiene en cultivo tilapia y lechugas.*

Existen varios diseños de sistemas tecnificados y la mayoría funcionan con eficiencia si se adecuan al entorno realizando el acondicionamiento de los soportes de vida como el suministro de oxígeno y aireación, la retención de partículas, filtración biológica, que permitan mantener una calidad adecuada del agua donde se realice el cultivo de las diferentes especies de organismos acuáticos.

Para que un sistema sea funcional y eficiente debe contar con cinco subsistemas que permitirán la remoción de sólidos, heces y alimentos no consumidos, biofiltración de diferentes productos nitrogenados que se generan del metabolismo de los organismos, aireación y suministro de oxígeno, desgasificación que permite la eliminación del bióxido de carbono y circulación del agua dentro del sistema de cultivo. Para ello cada uno de los subsistemas cumple con una función que a continuación se presenta:

- a) La remoción de sólidos sedimentables suspendidos y finos se realiza por filtros mecánicos que se integran por filtros de mallas, medios granulados y fraccionadores de proteína o skimmers que permiten el retiro según sea el tamaño de estos sólidos.
- b) La biofiltración que tiene como objetivo la nitrificación de los derivados nitrogenados que provocan una intoxicación muy alta en los sistemas acuícolas, para ello es necesario la filtración biológica que realizan las bacterias donde el amonio es oxidado a nitritos por acción de bacterias Nitrosomonas y Nitrobacter. Este proceso se realiza en filtros de cama o lecho fluidizo, filtro de torre empacada que permite la reducción de los desechos a sustancias tolerables por los organismos acuáticos.
- c) La aireación es el tercer proceso por el cual se suministra oxígeno que es un factor limitante en la calidad del agua. La aireación se utiliza para mantener la

concentración de oxígeno necesaria para soportar a los organismos en cultivo y la carga bacteriana de los filtros biológicos. para la aireación se utilizan equipos como agitadores, sopladores, tubos venturi que se adecuan a conos y tubos saturadores de oxígeno.

- d) La desgasificación o eliminación de bióxido de carbono se aplica para la eliminación de CO<sub>2</sub> se realiza en sistemas con densidades superiores a los 40 kg/m<sup>2</sup> ya que a estas densidades es necesario la eliminación de este gas para evitar la intoxicación y acidificación del agua y que cause un desbalance del sistema. Se realiza con equipos de agitación que permitirán retirarlos del sistema.
- e) Recirculación del agua, este proceso permite llevar nuevamente el agua tratada en los sistemas de filtración, oxigenación y desgasificación al sistema de estanquería con la calidad para permitir a los organismos seguir viviendo dentro del sistema. Esto se realiza con equipos de bombeo hidráulico y con capacidades necesarias para mover las masas de aguas útiles para la producción de organismos necesarios.



*Sistema de recirculación (RAS) de agua marina compuesta por filtro mecánico, filtro biológico, filtro uv.*

Finalmente deben saber que, en cualquier tecnología o negocio, los operarios deben tener el conocimiento y la inclinación para manejar el trabajo y emprender las tareas diarias requeridas, así que, si contamos con los mejores sistemas, pero no tenemos ningún conocimiento de manejo, la granja no funcionará. El conocimiento es fundamental y uno no debe intentar operarlo cuando no se tiene la formación y experiencia necesaria.

**Fuentes:**

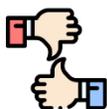
- Piedrahita Raul H., Merino German N. Uribe German E. y Araneda Marcelo E., Morey Rafael I., Barraza Joel F., y Soria Gaspar R., 2005. Tecnología de recirculación de agua aplicada al cultivo de moluscos. Coquimbo, Chile. Universidad Católica del Norte Facultad de Ciencias del Mar. 150 pág.
- Beaz Paleo J. 2007. ingeniería de la Acuicultura Marina instalaciones en tierra. Madrid, España. Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 204 pág.
- Universidad de Córdoba, 2013. Curso Teórico-Practico tecnología del cultivo bifloc: Fundamentos y manejo. Córdoba, Colombia. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia programa de acuicultura. 52 pág.
- Somerville, C., Cohen M., Pantanella E., Stankus A. y Lovatelli A. 2014. Small-scale Aquaponic food production. Roma, Italia. Food and Agriculture Organization of the united Nations. 262 pág.



### Actividad de aprendizaje

Contesta Falso o Verdadero los siguientes cuestionamientos.

Pregunta	Falso	Verdadero
El control de las condiciones ambientales permite que los organismos se desarrollen adecuadamente en los sistemas tecnificados.		
Los sistemas tecnificados requieren de grandes volúmenes de agua para el cultivo de peces, crustáceos y moluscos.		
En los sistemas tecnificados es necesario el uso de soportes de vida como: aireadores, filtros mecánicos, biológicos y sistemas de bombeo.		
La modalidad de manejo de bajas densidades está recomendada para sistemas intensivos exclusivos de sistemas con tecnificación.		
Se puede considerar a los sistemas de recirculación acuícola, acuaponía y biofloc como un sistema tecnificado.		
En los sistemas tecnificados de recirculación se requieren poco espacio y se cultivan densidades de 25-50 kg/m <sup>3</sup> .		
Los sistemas tecnificados engloban los sistemas de recirculación acuícola (RAS), acuaponía y sistema biofloc.		
Para el desarrollo de los sistemas tecnificados es solo necesario contar con agua y estanques.		



### Autoevaluación

Indicador	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar mas
Identifico que es un sistema acuícola tecnificado.			
Reconozco la importancia de un sistema tecnificado en función de las ventajas que tiene con otros sistemas.			
Distingo las diferencias entre un sistema RAS, acuapónico y Biofloc.			
Puedo explicar la importancia de los sistemas de producción intensivas que se desarrolla en los sistemas tecnificados.			
Comprendo la importancia para la humanidad de los sistemas de recirculación para la producción de alimentos.			



## **Para saber más**

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes:

- Company - Sistema de Recirculación de Agua bajo techo <https://www.youtube.com/watch?v=wasju8kM704>
- Diseño de Sistema Acuícola <https://www.youtube.com/watch?v=aLbk8LMSp6o>
- Acuaponía para la Producción de Truchas y Hortalizas - Diaguitas <https://www.youtube.com/watch?v=NpAJhMilVzk>
- Sistema de Acuaponía Completado Paso a Paso (de principio a fin) <https://www.youtube.com/watch?v=dJkCHoc4lsg>
- Implementación del sistema Biofloc en Acuicultura - TvAgro por Juan Gonzalo Ángel <https://www.youtube.com/watch?v=wCvHefHN4Ec>
- Como es la Producción de Tilapia en los Sistemas Biofloc- TvAgro por Juan Gonzalo Ángel Restrepo <https://www.youtube.com/watch?v=-ObBTegTMVU>

# La calidad del agua hace la diferencia entre altas y bajas densidades



## *Contextualizando*

En México y en el mundo se necesita incrementar la producción de alimento para poder solventar las necesidades de nutrición, por tal motivo en la acuicultura es necesario contar con personal capacitado que tenga los conocimientos necesarios para el control de estos sistemas y más aún, si se desea obtener rendimientos mayores de organismos acuáticos que cumplan los requerimientos de los mercados nacionales e internacionales; que demandan productos inocuos, para ello es necesario el control de los parámetros fisicoquímicos del agua que garanticen la supervivencia de los organismos en cultivo y que permitan un rápido desarrollo hasta la etapa de cosecha.

Por eso hoy los centros de producción acuícola se preocupan por mantener un estricto control de los parámetros fisicoquímicos que dan cuenta de la calidad del agua y que garantizará una cosecha óptima de los productos. Cualquier desviación de la calidad del agua provoca serios efectos en los organismos, que complican la producción. Sabemos que el agua es el medio donde los organismos acuáticos se desarrollan por lo que es de suma importancia mantener las buenas condiciones de este factor clave, que es el agua.

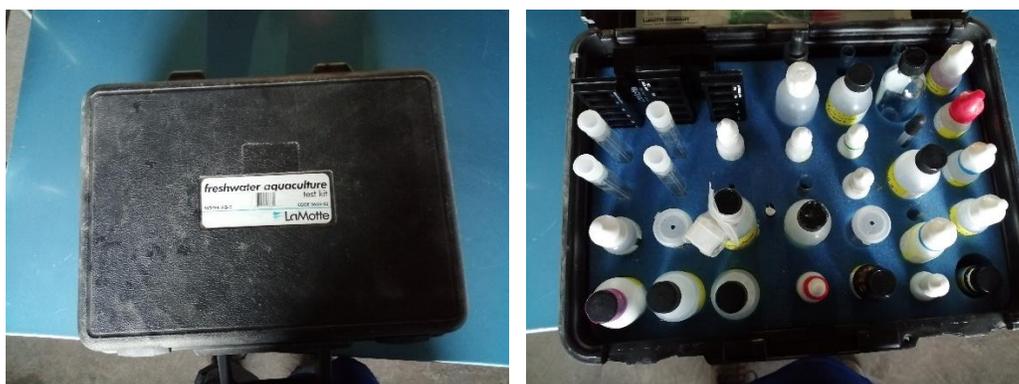
Para los acuicultores es importante hacer la medición de la calidad del agua de los afluentes como: ríos, arroyos, vertientes, manantiales o pozos profundos, ya que son los que ingresan a los cultivos y estos pueden causar las variaciones entre una buena y una mala calidad del agua.



## *¡Vamos a aprender!*

La calidad del agua se da a través de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas que permiten interactuar el medio acuático con los organismos que habitan en él, se sabe que cualquier característica anómala del agua afecta de un modo directo o indirecto en el comportamiento de los organismos sea el caso de la reproducción, crecimiento, productividad primaria, rendimientos y el manejo de las especies.

Un estanque con buena calidad del agua producirá más que un estanque con deficiente calidad; además es importante tener en consideración que los diferentes factores afectan la población de un estanque, pero solo algunos son necesarios de tener en cuenta y que se tienen que evaluar periódicamente, con el fin de aplicar acciones correctivas para evitar desviaciones de la calidad del agua y por consecuencia problemas en la producción de la unidad.



*Laboratorio portátil para el análisis de la calidad del agua en sistemas de cultivo de agua dulce.*

En esta lección se estarán abordando los factores ambientales más importantes que afectan a la comunidad de un estanque y las formas de controlarlos e incrementar los rendimientos.

Comenzaremos haciendo mención que los parámetros se dividen en **físicos, químicos y biológicos**, que por su naturaleza no pueden ser separados debido a que su relación que presentan siempre se encuentra ligados entre sí y que cada uno de ellos dependerá de otros, por lo que las diferentes variables que se presentan en un estanque se deben a las relaciones tróficas establecidas, capacidad de carga, reciclaje de los nutrientes y calidad de los organismos que viven en el medio acuático.

Todas las especies tienen un rango óptimo para su desarrollo normal, que está dado básicamente por la temperatura, oxígeno, tipo y cantidad de nutrientes disueltos, salinidad, pH, dureza, alcalinidad, etc.

Iniciemos con los parámetros físicos como la **temperatura**, que es un factor determinante en la evaporación, la solubilidad de los gases, minerales, y en la actividad biológica como los procesos metabólicos (respiración, nutrición, etc.), por lo que es necesario conocer y evaluar los cambios de temperatura del agua. La conductividad de calor depende de las diferencias de temperatura y del área de contacto entre el agua y el aire, como se manifiesta en un estanque la radiación del sol y del cielo corresponden a la principal fuente calórica que es absorbida por el agua y se convierte en calor que eleva la temperatura.

La temperatura influye sobre la biología de las plantas, invertebrados y vertebrados, condicionando su desarrollo, crecimiento y reproducción. Por lo regular cuando hay un aumento en la temperatura las reacciones químicas y biológicas se duplican al aumentar un rango de 10°C de temperatura.

Es de suma importancia tener en consideración:

1. Con el aumento de la temperatura disminuye la concentración de oxígeno.
2. Temperaturas altas y pH básico incrementan la toxicidad del amoníaco.
3. Con el incremento de temperatura la degradación de la materia orgánica aumenta.

4. A mayor temperatura los minerales (nutrientes) se disuelven más efectivamente.
5. A cada organismo acuático hay que acondicionarle su rango óptimo de temperatura para que realice sus procesos metabólicos y fisiológicos. De aquí que exista una clasificación de peces de aguas frías (menos de 18°C), aguas templadas (18-24°C) y aguas cálidas (de 25-32°C).
6. Los organismos presentan baja tolerancia a cambios bruscos de temperatura, por lo que hay que evitar marcadas diferencias y en tal caso realizar aclimataciones
7. Finalmente, cuando los organismos no se encuentran en sus rangos óptimos no se alimentan teniendo pérdidas económicas.

Continuando con la determinación de la calidad del agua tenemos a los parámetros químicos como: **la salinidad** que se expresa como la concentración de los iones disueltos, lo más usual es referirnos a la concentración de cloruros. La salinidad en las aguas naturales se origina por contacto con las rocas y el suelo por efecto de la lixiviación teniendo como determinante la composición del suelo, el clima, la geología, la topografía, la biología del agua y el tiempo.

La forma más rápida de determinar la salinidad es mediante la conductividad relativa del agua, que tiene una relación directamente con la concentración de iones. Existen una gran diferencia de concentración total de sales disueltas, sin embargo, la gran mayoría se encuentra ligado al calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonatos, sulfatos y cloruros.

Las aguas se dividen en aguas dulces (de 0-10 g/L), salobres (11-20 g/L) y saladas (21-60 g/L).

Otro parámetro químico de importancia en la calidad del agua es la concentración de **oxígeno disuelto**, debemos de entender que, si no hay una buena concentración de oxígeno los organismos que viven en un estanque pueden verse vulnerables a enfermedades o morir por la falta de este, además que disminuyen su alimentación lo que lleva a la pérdida de crecimiento y conversiones bajas de alimento.

El oxígeno tiene una procedencia atmosférica y por fotosíntesis, durante el día con la fotosíntesis se produce oxígeno que es removido del agua por la demanda respiratoria de los animales, mientras que, durante la noche, tanto plantas como animales continúan respirando sin que haya aporte; ocasionando la disminución del oxígeno disuelto. La saturación de oxígeno depende de la temperatura, salinidad y la altitud.

Los efectos de la falta de oxígeno se presentan con los niveles bajos y se manifiesta cuando la mayoría de los organismos suben a la superficie, esto sucede cuando los organismos tratan de tomar el oxígeno de la capa superficial.

Hay que tomar en cuenta que la concentración de oxígeno puede variar según las siguientes condiciones:

- Buena iluminación solar para un buen desarrollo de la fotosíntesis que generará buenas concentraciones de oxígeno.
- La degradación de la materia orgánica consume oxígeno por lo que, a mayor temperatura se acelera la descomposición e incrementa el consumo de oxígeno.

- A mayor cantidad de fitoplancton en el sistema, mayor será la producción de oxígeno en el día, pero durante la noche lo consume.
- El oxígeno depende de la cantidad de organismos cultivados y del zooplancton, ya que son consumidores de oxígeno.
- En días nublados la producción de oxígeno es menor que en días soleados.
- Con el movimiento del agua a partir del viento se permite un intercambio de oxígeno.

Cuando la presencia de oxígeno es baja, lo más recomendable es agregar agua nueva (recambio) para favorecer el incremento de la concentración o en su caso restablecerlo por aireación suministrado por sistemas mecánicos que agiten el agua.

El siguiente parámetro es el **potencial de hidrógeno o pH**, el cual está dado por la concentración de iones de hidrógeno que indica si el agua se encuentra ácido o básico en una escala de 0 a 14 y el punto neutro es el valor de 7.

Los cambios de pH tienen una relación con la concentración de bióxido de carbono, el cual es fuertemente ácido. Los organismos vegetales demandan dióxido de carbono durante la fotosíntesis, de tal manera que, esto es un determinante en las concentraciones de pH y ocasiona una disminución durante el día y aumenta por las noches.

El pH se estabiliza por acción de las reservas alcalinas o productos tampón (buffer) correspondientes a los carbonatos y bicarbonatos. Las concentraciones oscilan entre 7.5 a 8 en las primeras horas de la mañana y entre 9-10 en las horas de la tarde.

En los peces los niveles letales se encuentran por debajo de 4 y por encima de 11, cuando los valores de pH están en niveles subletales presentan un crecimiento lento y baja producción en los estanques. En los estanques cuando las aguas son ácidas irritan las branquias, causa problemas de osmorregulación y acidificación de la sangre de organismos superiores. Con los niveles altos en peces provoca destrucción del cristalino de los ojos, destrucción de epitelio branquial y muerte celular de las aletas dorsales.

Finalmente, el pH, también actúa con el amonio ya que a niveles bajos el amonio se ioniza y baja su toxicidad, pero en niveles altos de pH el amonio se vuelve no ionizada y es altamente tóxico.



*Kit colorimétrico para análisis de pH en sistemas acuícolas de agua dulce.*

**El dióxido de carbono** como parámetro tiene importancia en la acuicultura ya que es esencial para los procesos de fotosíntesis e influye en el pH del agua. Este gas puede ser tóxico en altas concentraciones, pero se estabiliza con niveles altos de oxígeno.

En los peces la intoxicación se observa por el problema de desequilibrio, luego signos de adormecimiento y disminución de la frecuencia respiratoria.

La concentración del bióxido de carbono se determina por la cantidad de organismos en el estanque (respiración), la presencia de organismos productores (fotosíntesis) y la descomposición de la materia orgánica (descomponedores); por tal motivo las altas fluctuaciones de bióxido de carbono se dan en estanques ricos en fitoplancton y es menor en los que tienen poco fitoplancton.

También las concentraciones de dióxido de carbono son más altas después de una muerte de fitoplancton y en días nublados.

**Alcalinidad** corresponde a la concentración total de carbonato de calcio en el agua expresada como mg de carbonato y bicarbonato /L de agua.

Aguas con alcalinidad alta permiten mantener mayores valores de pH por las mañanas, mientras que aguas con baja alcalinidad facilitan los cambios de pH en un ciclo de 24 horas.

**La dureza** se define como la concentración de iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) y se expresa en mg/L de carbonato de calcio. Los mejores niveles de alcalinidad total y dureza están entre 20 y 300 mg/L, esto permite mantener bajo los niveles de bióxido de carbono.

**Los compuestos nitrogenados** son los subproductos del metabolismo de los organismos bajo cultivo y que son liberados durante la descomposición que hacen las bacterias; entre ellos se encuentran el amonio, amoniaco, nitratos y nitritos. Los niveles tóxicos del amoniaco están entre 0.6-2 mg/L y los niveles subletales se manifiestan en valores entre 0.1-0.3 mg/L, con el incremento de la temperatura y el pH aumenta la concentración de amoniaco y por ende su toxicidad.



*Kits para la determinación de amonio y nitratos en sistemas acuícolas de agua dulce.*

**Fuentes:**

- Arredondo, J. L. y R. Rodríguez-Palacios. 1986. Manual de cigrinicultura. (Cultivo de carpas.). Secretaría de Pesca. Dir. General Acuicultura, Pachuca, Hidalgo. México. 121 pag.
- Arrigon, J. 1984. Ecología y piscicultura en aguas dulces. Ediciones Mundi Prensa. Madrid.
- Piedrahita Raul H., Merino German N. Uribe German E. y Araneda Marcelo E., Morey Rafael I., Barraza Joel F., y Soria Gaspar R., 2005. Tecnología de recirculación de agua aplicada al cultivo de moluscos. Coquimbo, Chile. Universidad Católica del Norte Facultad de Ciencias del Mar. 150 pág.
- Beaz Paleo J. 2007. ingeniería de la Acuicultura Marina instalaciones en tierra. Madrid, España. Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 204 pág.

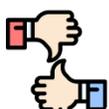


**Actividad de aprendizaje**

**Contesta marcando con una X si es falso o verdadero cada uno de los cuestionamientos que a continuación se te presentan.**

Pregunta	Falso	Verdadero
La desviación de uno o más parámetros fisicoquímicos en la calidad del agua ocasionan problemas en el desarrollo de los organismos.		
La calidad del agua está determinada por sus propiedades físicas, químicas y biológicas.		
Un estanque con deficiente calidad del agua producirá más peces, crustáceos, molusco y plantas.		
La temperatura es un parámetro de origen químico.		
La temperatura influye sobre la biología de las plantas, invertebrados y vertebrados, condicionando su desarrollo, crecimiento y reproducción.		
La salinidad se expresa, como la concentración de los iones disueltos en el agua, lo más usual es referirnos a la concentración de cloruros.		
Con una baja concentración de oxígeno los organismos que viven en un estanque pueden verse vulnerables a enfermedades o morir por la falta de este, además que disminuyen su		

alimentación lo que lleva a la pérdida de crecimiento y conversiones de alimento bajos.		
El potencial de hidrogeno o pH está dado por concentración de iones de carbonato e indica si el agua se encuentra ácido o básico en una escala de 0 a 14 y el punto neutro es el valor de 7.		
El dióxido de carbono como parámetro tiene importancia en la acuicultura ya que es esencial para los procesos de fotosíntesis e influye en pH del agua. Este gas puede ser tóxico en altas concentraciones, pero se estabiliza con niveles altos de oxígeno.		
Los compuestos nitrogenados son los subproductos del metabolismo de los organismos bajo cultivo y son liberados durante la descomposición que hacen las bacterias. Entre ellos se encuentran el amonio, amoníaco, nitratos y nitritos.		



### Autoevaluación

Indicador	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar mas
Puedo describir las propiedades físicas, químicas y biológicas indican una calidad del agua óptima.			
Reconozco que todas las especies acuáticas tienen un rango óptimo de la calidad del agua para su desarrollo normal en el sistema de cultivo.			
Puedo explicar los diferentes parámetros físicos en el proceso de cultivo de organismos acuáticos.			
Describo los principales parámetros químicos que intervienen en la acuicultura.			
Puedo explicar la importancia de los parámetros biológicos como la productividad y su relación con las variables de fisicoquímicos.			



### **Para saber más**

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes:

- Calidad de Aguas en Piscicultura  
[https://www.youtube.com/watch?v=vESHWjUNV\\_A](https://www.youtube.com/watch?v=vESHWjUNV_A)
- Cómo obtener calidad de agua en cultivos de tilapia roja  
[https://www.youtube.com/watch?v=m\\_NWsIPJcoc](https://www.youtube.com/watch?v=m_NWsIPJcoc)
- Criterios de calidad del agua en acuicultura  
<https://www.youtube.com/watch?v=4J3rsObiQgc>
- Como empezar un Cultivo de Peces - Piscicultura - TvAgro por Juan Gonzalo Ángel  
<https://www.youtube.com/watch?v=YXRU84tlauM>

# La aireación, un punto crítico en la producción de organismos acuáticos



## Contextualizando

En la acuicultura convencional o tecnificada el oxígeno es de suma importancia para la supervivencia, desarrollo y reproducción de los organismos acuáticos ya que interviene el proceso respiratorio y por consecuencia en el metabólico, ocasionado problemas sanitarios (enfermedades parasitarias, fúngicas, bacterianas y virales) por efecto del estrés respiratorio causado por la ausencia de oxígeno.

En los sistemas de cultivo acuícola es importante la atención de los ciclos de consumo y producción de oxígeno ya hay una variación durante las horas del día y se ve influenciado por la producción primaria y la densidad de carga de los organismos en cultivo por lo que es necesario no solo enfocarse al organismo en cultivo si no que hay que tomar en cuenta a zooplancton, fitoplancton y flora bacteriana y materia orgánica que se genera durante el proceso de cultivo.



*Sistema de aireación conformado por piedras difusoras para mejorar la concentración de oxígeno en sistema biofloc.*

Por otro lado, debemos de contemplar que a niveles altos de oxígeno se causan embolias de gas (enfermedad de la burbuja) y en caso contrario, bajos niveles de oxígeno causan en los organismos bajo consumo de alimento y un gasto extra de oxígeno por la búsqueda de lugares con niveles de óptimos, y en periodos prologados de baja concentración se genera estrés y muerte masiva.

Por ello es necesario que los técnicos profesionales en el ramo acuícola cuenten con el conocimiento necesario y oportuno para evitar cualquier problema causado por las alteraciones del oxígeno y se pueda realizar las acciones preventivas o correctivas que permitan sacar adelante el sistema de cultivo.



### ***¡Vamos a aprender!***

En las unidades de producción las técnicas que permiten impulsar y controlar la reproducción, crecimiento de peces, crustáceos y moluscos consisten en sistemas de aireación para mejorar los niveles de oxígeno que requieren las especies en cultivos acuícolas.

Según los estudios en criaderos acuícolas se determinó que a niveles bajos menores a 1 mg/L se detiene el crecimiento, mientras que a niveles de 4-7 mg/L los crecimientos son buenos y saludables; los niveles de sobresaturación provocan riesgos de enfermedades por efecto del estrés y generación de embolias (burbujas de gas) en los organismos.

Es por ello la importancia de controlar y suministrar el oxígeno adecuado en los centros de producción para una correcta producción de organismos acuáticos.

En la actualidad se están empleando diferentes equipos de aireación que comprendidos por blower o sopladores y difusores de burbujas; inyectoros, sistemas Venturi que permiten el suministro de aire para garantizar una aireación controlada.



*Sistemas para el suministro de oxígeno en sistemas de estanquería rústicos, concreto y geomembrana.*

Estos aireadores inyectan aire atmosférico rompiendo la fase líquida e ingresándola en forma de burbujas con ayuda de un difusor o inyector que crea una turbulencia y realiza la difusión del oxígeno al medio acuático. Hay que considerar que el uso de equipos y accesorios adecuados que mejoren la eficiencia durante el proceso ya que la transferencia del oxígeno este dado por el tamaño de las burbujas y el tiempo de contacto con la columna de agua, burbujas finas proporcionan más superficie de contacto y por lo tanto mayor transferencia del oxígeno en la columna de agua. El principio es sencillo, las burbujas de gran tamaño suben a la superficie a mayor velocidad que las burbujas finas. Las burbujas grandes crean un flujo turbulento que produce gastos de oxígeno, energía innecesaria y

estrés en los peces mientras que las burbujas de tamaño pequeño el llamado flujo laminar ofrece consumos menores de oxígeno, energéticos y contribuye a mantener a los peces sanos.

En este grupo de equipos para suministro de oxígeno se encuentran los siguientes:

1. Aireadores tipo inyector propulsor, estos equipos son de alto movimiento de masas de agua y que se pueden manipular realizando una redirección del ángulo de inyección permitiendo mayor homogenización del  $O_2$  dentro a nivel vertical con máximo de 2 m de profundidad dentro de los estanques y que mantiene toda la masa de agua en movimiento.
2. Compresores radiales (blowers) son equipos que captan el aire por un filtro, el cual es aspirado por turbinas y luego es transportado por el sistema de conducción hasta los materiales de difusión (piedras, discos o mangueras difusoras) que se encuentran dentro del agua en los estanques. La incorporación y saturación del oxígeno dentro del sistema se logra a través de la generación de pequeñas burbujas, que en su recorrido hacia la superficie dispersa el oxígeno.
3. Boquillas inyectoras, nozzles o Venturi en estos equipos se hace necesario bombas de agua para incrementar la presión del agua que se hace pasar por boquillas que succionan el aire atmosférico permitiendo la circulación continua de agua y aire en chorro con grandes cantidades de burbujas pequeñas que continua su viaje hacia la superficie permitiendo la saturación en el agua.

El otro grupo de sistemas de aireación está compuesto por equipos mecánicos movidos por motores eléctrico y de combustión interna que mueven el agua hacia la atmosfera permitiendo que por acción de la presión atmosférica se realice la difusión del gas y que permita la acumulación en el agua del sistema; y se clasifican de la siguiente manera:

1. Aireadores de paletas, estos aparatos cuentan con un sistema de paletas que lanza el agua del tanque hacia la atmosfera, saturándola de oxígeno; por otro lado, permite romper la tensión superficial que acelera la incorporación del oxígeno hacia el agua.
2. Aireador tipo splash o tipo fuente, poseen una hélice que está en contacto con el agua y que lanza el agua hacia el aire, permitiendo que se rompa la superficie del agua, que trasforma el agua en una cortina delgada que incorpora el oxígeno al agua del estanque.

En los sistemas de producción es importante conocer que en la naturaleza el agua pone límites en la concentración de oxígeno que puede retener; debemos de tener en cuenta que solo podemos encontrar menos del 1% de oxígeno disuelto respecto al de la atmosfera.

Uno de los factores que afectan la concentración del oxígeno es la temperatura por lo que el incremento reduce la capacidad de disolución y a bajas temperaturas favorecen la mezcla del oxígeno.

Por ejemplo, a  $10^{\circ}C$  el nivel aproximado de saturación del agua es 11 mg/L, mientras que a  $20^{\circ}C$  el nivel de saturación será de 9 mg/L. cuando el nivel de oxígeno este más cercano al 100% de saturación mayor será la efectividad de los sistemas de aireación utilizados.

*Requerimientos máximos y mínimos de oxígeno en función de la temperatura del agua.*

<b>Temperatura del agua</b>	<b>Oxígeno máximo disponible</b>	<b>Oxígeno mínimo requerido</b>
5°C	12 mg/L	9 mg/L
10°C	11 mg/L	8 mg/L
15°C	10 mg/L	7 mg/L
20°C	9 mg/L	6 mg/L
25°C	8 mg/L	5 mg/L
30°C	7 mg/L	4 mg/L

También hay otros factores que contribuyen la reducción del oxígeno del sistema como es las altas densidades de organismos, excesos de materia orgánica, gran cantidad de plantas sumergidas o en su caso microalgas, bacterias aerobias y agentes químicos para neutralizar algunos elementos.

Dentro de las ventajas de los sopladores, inyectores es ayudarnos en la optimización del oxígeno para la aplicación adecuada de las densidades de carga (peces/m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>) y permitir el desarrollo de los organismos de manera adecuada.

Los sopladores o inyectores generan un movimiento de agua de manera horizontal y vertical permitiendo una mezcla adecuada del agua la cual llega a todos los espacios del estanque, permiten trabajar a profundidades de 1,5 a 2.5 m en los estanques con altas profundidades y finalmente tienen una buena relación costo beneficio ya que al suministrar mayor concentración de oxígeno en los estanques permite que los ciclos biológicos y el incremento de la efectividad de las bacterias reductoras de nutrientes, aclarado del agua se realicen más eficientemente por las altas tasas de transferencia de oxígeno reduciendo la demanda biológica de oxígeno y permitiendo el incremento las altas densidades de cultivo que se reflejan en producciones mayores y el incremento del capital de trabajo. Está comprobado que el uso de aireadores o inyectores en los estanques incrementa un 200% en la producción de organismos acuáticos ya que permite una circulación de del agua, con altas tasas de oxígeno; además que reduce los tiempos de engorda ya que al tener concentraciones O<sub>2</sub> permiten a los organismos desarrollar sus procesos fisiológicos de crecimiento, reduciendo los periodos de producción.

#### **Fuentes:**

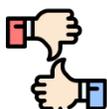
- Piedrahita Raul H., Merino German N. Uribe German E. y Araneda Marcelo E., Morey Rafael I., Barraza Joel F., y Soria Gaspar R., 2005. Tecnología de recirculación de agua aplicada al cultivo de moluscos. Coquimbo, Chile. Universidad Católica del Norte Facultad de Ciencias del Mar. 150 pág.
- Beaz Paleo J. 2007. ingeniería de la Acuicultura Marina instalaciones en tierra. Madrid, España. Observatorio Español de Acuicultura, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 204 pág.
- Báez Paleo J. D. 2007. Ingeniería de la Acuicultura Marina. Madrid, España. Observatorio Español de Acuicultura Consejo Superior de Investigaciones Científicas Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 204 pág.



### Actividad de aprendizaje

Realiza un cuadro comparativo donde describas las ventajas y desventajas de la aplicación de los sistemas de aireación (suministro de oxígeno) en los sistemas de producción de organismos acuáticos.

Aplicación de los sistemas de aireación en unidades de producción acuícola	
Ventajas	Desventajas



### Autoevaluación

Indicador	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar mas
Comprendo la importancia de la aireación en los sistemas de producción acuícolas.			
Distingo los diferentes tipos de equipos que permiten el suministro de oxígeno en los sistemas acuícolas.			
Identifico como funciona en los sistemas de estanquería como funciona los aireadores.			
Comprendo la importancia de la aireación en los sistemas de producción acuícola.			
Reflexiono sobre la aplicación de oxígeno en los estanques para incrementar la producción de organismos acuáticos.			



### **Para saber más**

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes:

- Veracruz Agropecuario - Importancia de la Aireación en Acuicultura [https://www.youtube.com/watch?v=Zjusi1J\\_k8](https://www.youtube.com/watch?v=Zjusi1J_k8)
- Sistema de Aireación para Acuicultura y Piscicultura <https://www.youtube.com/watch?v=hxxOIZG1kkA>
- 3 tipos de aireadores para piscicultura diferentes al Venturi <https://www.youtube.com/watch?v=ySbKHxdFHx8>
- Aireador Tornado <https://www.youtube.com/watch?v=eiH9tQiFxE>

# Eliminando residuos, mejorando el cultivo



## Contextualizando

El agua que se usa en un sistema de cultivo debe cumplir con algunos parámetros de calidad. Sin embargo, muchas veces el agua que entra a un sistema acuícola en tierra no cumple con los requerimientos. Además, durante el proceso de producción de organismos acuícolas se generan residuos que se tienen que eliminar para que no causen problemas en la producción. La filtración del agua es muy importante, porque ayuda a tener este recurso con la calidad correcta y permitirá que nuestros organismos se desarrollen de forma adecuada.

¿Conoces algún proceso de filtración? ¿Sabes para qué se usan filtros en acuarios de peces de ornato? ¿Qué sucede si al recircular el agua en un sistema acuícola no se usan filtros? ¿Crees que es necesario filtrar el agua que entra a un tanque de agua proveniente de una fuente natural (marina o de agua dulce)? En la presente lección profundizaremos sobre estos elementos.



## ¡Vamos a aprender!

### Filtración y sistemas de cultivo

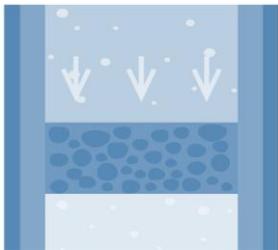
Para un cultivo acuícola se requiere de agua con los parámetros físicos y químicos adecuados. En caso contrario, la población en el sistema podría tener bajo crecimiento, padecer alguna enfermedad, mayor mortalidad y menor calidad del producto final.



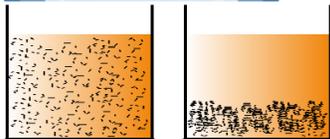
En acuicultura, existen diferentes procesos para separar sustancias y partículas que afectan la calidad del agua de entrada y durante la producción y son:

- **Físicos** - para remoción de sólidos suspendidos
- **Biológicos** - para eliminar compuestos orgánicos y nitrogenados

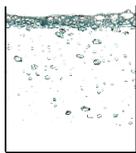
En acuicultura a pequeña escala se pueden usar procesos químicos, pero no es común su uso en la acuicultura comercial.



La remoción de sólidos suspendidos se puede hacer por filtración, sedimentación o flotación; a estos procesos se les conoce genéricamente como **filtración mecánica**. En la **filtración o cribado**, los sólidos son eliminados por el tamaño de sus partículas al hacer pasar el agua a través de un medio poroso que retiene a los sólidos de mayor tamaño que los poros del medio.



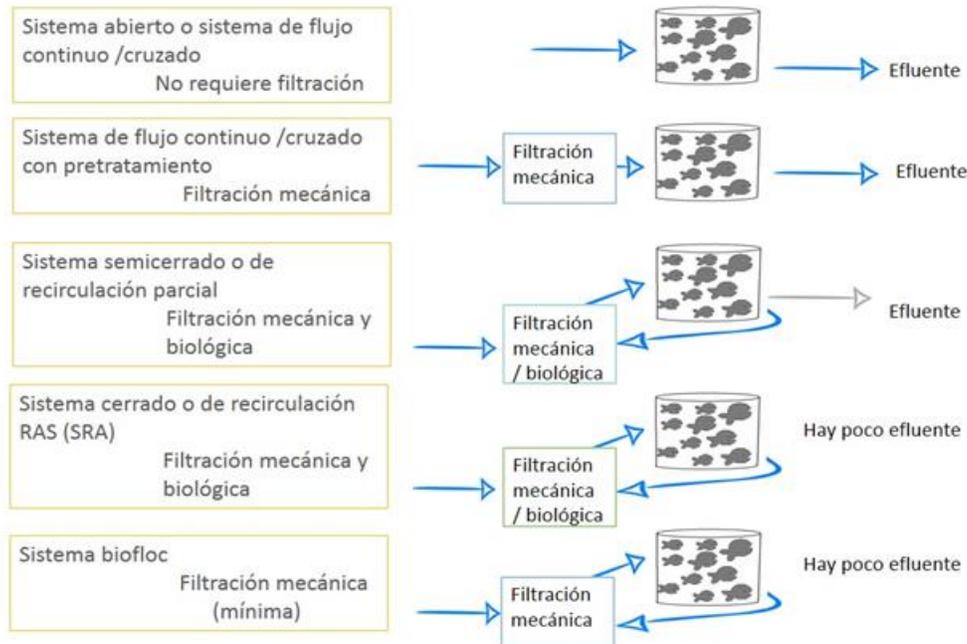
En la **sedimentación** se aprovecha la densidad de las partículas, mayor a la del líquido, haciendo que los sólidos se concentren en el fondo del recipiente por gravedad. Los separadores centrífugos aplican el mismo principio, usando la fuerza centrífuga además de la gravedad. En la **flotación o desnatado**, los sólidos son de menor densidad que el líquido y se concentran en la parte superior (pudiendo ser auxiliados por burbujas) donde son recolectados. A los sólidos húmedos recolectados por filtración y sedimentación se les conoce como **lodos** y si es por flotación se les nombra **natas o espumas**.



La **filtración biológica** consiste en la eliminación del nitrógeno amoniacal disuelto y evitar su efecto tóxico. El nitrógeno amoniacal proviene de varias fuentes principales como excreción natural de los organismos y de la descomposición de organismos muertos, del alimento no consumido y de las heces. Su remoción se realiza usando los procesos biológicos naturales de nitrificación por bacterias en los que el amoniaco de los desechos se oxida a nitrito y luego a nitrato, que no es tan tóxico. Los microorganismos nitrificantes se fijan a elementos de un medio formando películas en la superficie de dichos medios que se conocen como **biofilm**.



Los procesos de filtración mecánica y/o biológica dependen del sistema de cultivo que se tenga. Por ejemplo, en sistemas de producción abiertos, cuando el agua entra a los estanques o a jaulas marinas se tiene una adecuada calidad, siempre que se abastezca de agua limpia, sin necesidad de filtros. En cambio, en sistemas de producción cerrados y superintensivos con recirculación casi total de agua, es necesario un proceso de filtración completo y constante.



### Filtración mecánica como pretratamiento

El control de la calidad de agua de alimentación en algunos casos requiere de una filtración mecánica antes de entrar al sistema para:

- eliminar arena** que normalmente tienen todas las fuentes de abastecimiento y evitar erosión a los equipos,
- reducir turbidez, sólidos indeseables y materia orgánica** que puede afectar a los parámetros del cultivo,
- limitar la entrada de organismos silvestres no deseados** como son incrustantes, competidores, depredadores, parásitos o patógenos; y
- evitar que los organismos del cultivo puedan escapar.**

Los filtros de pretratamiento más comunes son:

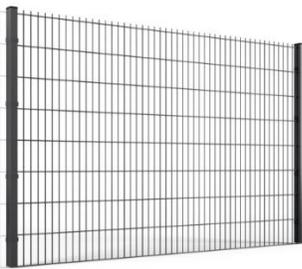
- 1) Filtros de barrera o cerca, se utiliza cuando el estanque de cultivo está próximo a la fuente de abastecimiento de agua. Consiste en colocar cercas o pantallas en la salida y en la entrada de un estanque hechas con madera, piedras, troncos, grava, redes unidas a malla de gallinero o barras de hierro.

- 2) Filtro de manga, también conocido como filtro de calcetín o capuchón hechos de malla o tela; se colocan en la toma de agua y/o en la salida que alimenta al tanque.



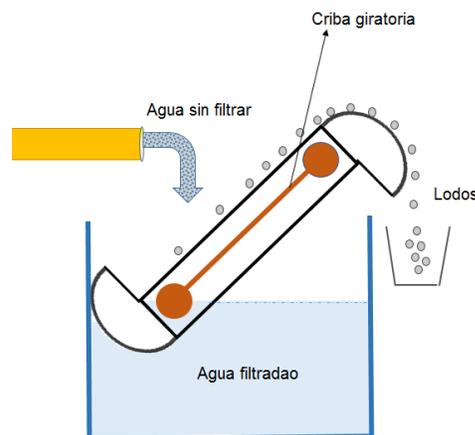
*Filtro de manga*

- 3) Criba o filtro de bastidor hechas con tela o malla (incluso malla de costal) y colocada en la entrada, en los canales de distribución y/o en la descarga del agua de alimentación. Puede ser un marco vertical, horizontal o pueden tener diferentes formas como cajas. Muchas veces se colocan cribas con diferente abertura, primero para retener partículas más grandes y después mas finas. Son económicos, pero hay que vigilar su limpieza para evitar que se tapen.



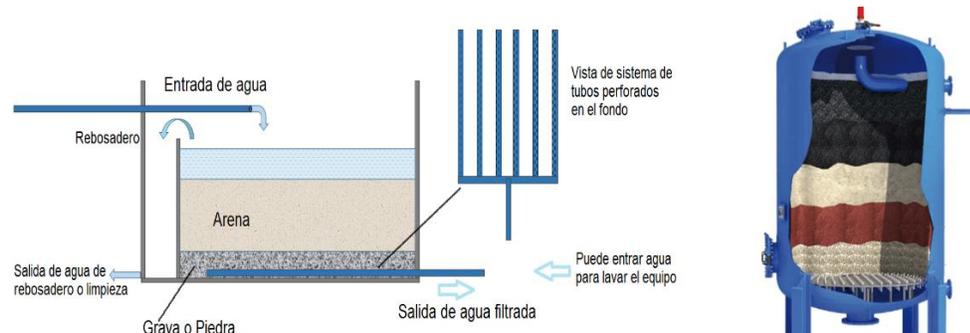
*Diferentes tipos de criba con malla de alambre*

- 4) Filtros rotativos, es una criba que gira, construida de tal forma que opera solo parcialmente en contacto en el agua. Pueden ser de tambor o banda. La rotación ocasiona que una sección filtre el agua y al girar los residuos se eliminan de manera continua. Su desventaja es que requiere energía para la rotación.



*Filtro rotativo*

- 5) **Filtros de arena, de lecho fijo o granulares:** estos consisten en una capa de arena que retiene sólidos entre los poros entre grano y grano. Se puede reemplazar la arena por roca, carbón, grava, esponja, cepillos u otro material grueso, para separar partículas grandes; o se puede utilizar material fino como tierra de diatomeas, fibra textil, arcilla u otros para separar partículas pequeñas. También es posible usar capas de diferentes materiales en el mismo filtro. Existen dos tipos principales, filtros lentos, que funcionan por gravedad y son más económicos y los filtros rápidos, con flujo ascendente o descendente, que requieren energía de bombeo para mover el agua y muchas veces se hacen en tanques. En ambos casos se pueden lavar usando agua en contraflujo.



*Filtros granulares, lento (izquierda) y rápido multicapa (derecha).*

- 6) **Filtros de membrana (de discos, de bolsas o longitudinal);** la solución a filtrar pasa por a través de una membrana filtrante de poros finos mediante presión y el agua limpia es recolectada en un tubo central. Se emplea para filtrar sólidos pequeños y solo se usan en casos especiales por su alto consumo de energía y facilidad de taparse. Con estos equipos se pueden remover no sólo sólidos sino bacterias, virus e incluso desalar el agua de mar, según la membrana que se emplee.



*Filtros de membrana*

- 7) **Pozos de agua,** se usan generalmente con agua marina y no es un proceso de filtración como tal. Se trata de excavar o perforar un pozo profundo cerca de la fuente de agua. El agua se filtra a través de la roca porosa, contiene pocos residuos y de ahí se alimenta el sistema. La construcción de estos pozos tiene un costo inicial alto, pero se compensa con el ahorro en la operación.

- 8) Desarenadores centrífugos o hidrociclones, se instalan en la succión del equipo de bombeo para eliminar las arenas y regresarlas al fondo del pozo. Solo es posible separar partículas densas y no sólidos finos como limo o arcilla. No requieren energía adicional, pero sí costo de inversión.



*Desarenador centrífugo*

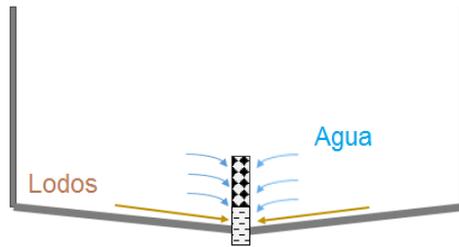
El tipo de pretratamiento y equipos que se requieren depende del uso que se le vaya a dar al agua, la especie a cultivar y el sistema. Por ejemplo, para el cultivo de especies muy sensibles o larvas, es común requerir agua con muy buena calidad, que incluso después de la filtración gruesa se puede someter a filtración fina para remover organismos de plancton.

El mantenimiento de los equipos de filtración consiste en la limpieza y remoción de los sólidos retenidos de manera periódica (diario de preferencia) para evitar que se conviertan en foco de infección o de contaminación. Algunos equipos son autolimpiantes como las cribas rotatorias o tienen sistemas de retrolavado (flujo de agua en sentido inverso).

### **Filtración mecánica del agua de cultivo**

Durante el cultivo se producen sólidos sedimentables por alimento no consumido y heces, que deben ser eliminados rápidamente para evitar que su descomposición consuma oxígeno, genere amoníaco y desarrolle patógenos. También durante el cultivo se forman sólidos suspendidos, sólidos finos, partículas coloidales y líquidos insolubles. Para separar estos residuos durante el cultivo se usan los siguientes equipos:

- 1) **Sedimentación directa.** La remoción de sólidos sedimentables se logra con la sedimentación directa en el tanque de cultivo o en una parte separada del mismo. Esto se hace diseñando una pendiente suave hacia un desagüe, central en el caso de tanques circulares o lateral en el caso de tanques rectangulares. Es un sistema económico, especialmente en sistemas de recirculación, solo se debe cuidar que el diseño permita la separación de los sólidos, sin que haya pérdida de organismos. También se pueden concentrar los sólidos en otro tanque.



En la parte superior se recolecta el 80-95% del volumen pero sólo tiene 10-20% de sólidos

En la parte inferior se recolecta el 5-20% del volumen con el 80-90% de sólidos

*Sistema de sedimentación en tanque de cultivo con recirculación*

- 2) Filtración centrífuga. Una alternativa para separar los sólidos sedimentables o concentrarlos después de la sedimentación, es crear un flujo de remolino en un tanque con lo que se acelera la sedimentación, pero con la desventaja del costo de bombeo y tener un equipo adicional.
- 3) Filtración de sólidos suspendidos. Estos sólidos, que quedan después de la sedimentación, se pueden separar usando los filtros mecánicos que se mencionaron en la sección de pretratamiento, solamente si el sistema así lo requiere y se puede justificar por su costo.
- 4) Flotación o espumado de proteína. Sólidos finos, coloides y líquidos, especialmente proteínas y grasas, se pueden eliminar usando flotación en un fraccionador o skimmer. No es de uso común, por su costo.

### Filtración biológica

En sistemas extensivos de baja densidad, generalmente no se requiere de filtración biológica, pues a semejanza de un ecosistema natural, el equilibrio entre los organismos cultivados y su ambiente permite que haya balance fisicoquímico y poca acumulación de desechos que afecten al sistema; pero siempre se debe tener el cuidado de verificar las condiciones de forma continua.

En sistemas semiintensivos con alto nivel de recambio de agua, tampoco es necesaria la filtración biológica, pues la dilución del amoníaco con el agua limpia puede mantener este parámetro dentro de límite. En sistemas con recirculación parcial o total del agua es indispensable tener la filtración biológica. También la filtración biológica puede ser una forma de tratamiento de los lodos recolectados en filtración mecánica para su reintegración al ambiente.

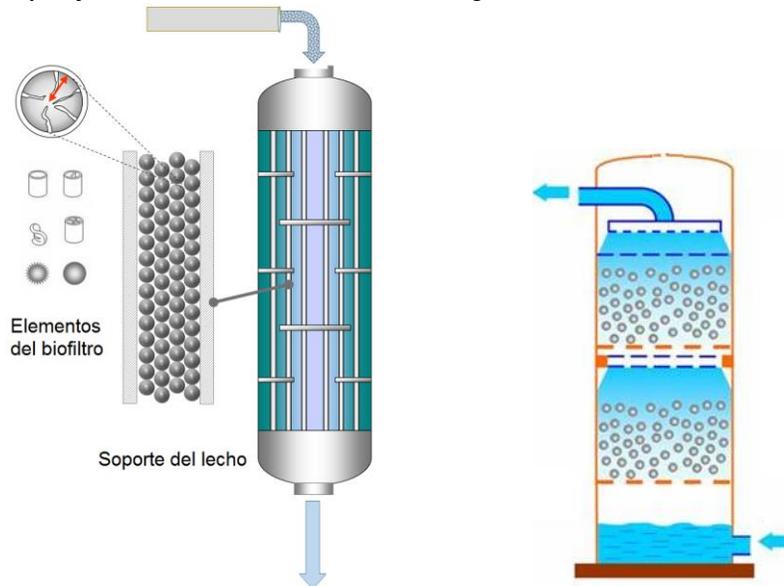
El proceso consiste en pasar el agua con desechos por un medio formado por numerosos elementos donde se formó una biopelícula o biofilm de organismos nitrificantes. Los elementos del medio deben tener una superficie grande para mayor eficiencia de los biofiltros, por lo que hay diseños especiales para tener mucha superficie en poco volumen y poder hacer la filtración más eficiente, pero se pueden usar medios sencillos naturales como conchas o artificiales como taparrosas o trozos de tubería de polietileno.

Las bacterias que eliminan el amoníaco son *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* que se desarrollan de forma natural en los filtros o se pueden adquirir de forma comercial. Antes de usar este tipo de biofiltros se requiere un tiempo -de incluso varias semanas- para que

las bacterias queden fijas en la superficie del medio; además de permanentemente tenerlas alejadas de la luz, con variables fisicoquímicas estables y abastecimiento adecuado de oxígeno y desechos para su alimentación.

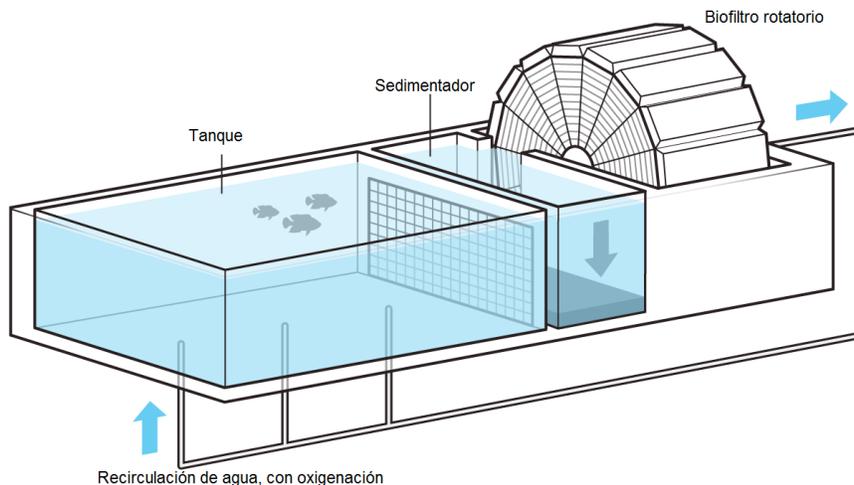
Los tipos de filtros biológicos más usados son:

- 1) **Biofiltro sumergido.** Es el más sencillo; el agua pasa por gravedad e inunda un lecho donde está el medio formado por piedra caliza, piedras volcánicas, conchas de moluscos, módulos especiales o adaptados de plástico, vidrio o cerámica, o incluso redes de pesca. No puede ser arena por su baja porosidad y puede impedir el flujo. Es económico y solo hay que cuidar que haya flujo.
- 2) **Biofiltro de percolación.** Es una variación del sumergido, en el que la zona donde se encuentra el medio no se inunda, incluso se puede usar un medio poroso tipo esponja o elementos como el sumergido, con este filtro se logra un mejor flujo.



*Biofiltros de percolación y de lecho fluidizado*

- 3) **Biofiltro de lecho fluidizado.** Semejante a los anteriores, con flujo ascendente que expande la separación de las partículas del medio, por lo que pueden ser de menor tamaño, o de un material flotante (bolitas de plástico). Con estos filtros se logra una buena remoción de amoníaco, pero se requiere bombeo para su operación.
- 4) **Biofiltros rotatorios.** Son dispositivos donde el biofilm se forma en la superficie de discos o de un tambor, que gira dentro de una tina donde entra el agua con desechos y sale el agua tratada por gravedad. Son más costosos, pero se tiene un biofilm más estable.



*Sistema de recirculación con biofiltro rotatorio, sedimentador separado y criba.*

En los sistemas con bioflóculos (biofloc), los organismos nitrificantes e incluso desnitrificantes se encuentran en el tanque de cultivo formando flóculos con los sólidos suspendidos por lo que ya no requieren de equipos de filtración biológica y solamente se debe mantener un nivel de sólidos que no obstruya las tuberías y equipos y que no afecte la respiración de los organismos, ni su salud. Es por ello que se requiere tener una filtración mecánica en la que se elimina un porcentaje de sólidos suspendidos de forma periódica, normalmente por sedimentación.

#### Fuentes:

- Cárdenas, S. (2008). *Sistemas de Recirculación en Acuicultura*. Cádiz, España. IFAPA. Recuperado de: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/baf40505-a55c-4f8e-97ea-194cd2d74df3/download>.
- Coche, A.G. y Muir, J.F. (1996-1998). *Gestión de la Piscicultura de Agua Dulce*. FAO. Recuperado de: [http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6709s/Index.htm](http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/Index.htm).
- Galli-Merino, O y Sal, FM. (2007). *Sistemas de Recirculación y Tratamiento de Agua*. Santa Ana, Corrientes, Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Recuperado de: [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/\\_archivos/000000\\_Otros%20sistemas/000003-Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Otros%20sistemas/000003-Sistemas%20de%20recirculaci%C3%B3n%20y%20tratamiento%20de%20agua.pdf).
- Los sistemas cerrados de recirculación en piscicultura (2006). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Argentina. Recuperado de: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/36-sistemas\\_cerrados\\_de\\_recirculacion.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/36-sistemas_cerrados_de_recirculacion.pdf).

- Sarmiento, P. (2013). *Sistemas de Producción en Acuicultura*. Itagüí, Colombia. Solla. Recuperado de <http://www.risaralda.gov.co/descargar.php?idFile=20890>.
- Timmons, MB. et al. (2002). *Recirculating Aquaculture Systems*. Ithaca, N.Y., EEUU. Cayuga Aqua Ventures.



### Actividad de aprendizaje

#### Relaciona las columnas

- |    |                      |  |
|----|----------------------|--|
| 1) | Sedimentación        | ( ) Proceso de separación de sólidos al pasar por los poros de un medio filtrante.                     |
| 2) | Biofloc              | ( ) Película formada por microorganismos en la superficie de un medio para eliminar desechos.          |
| 3) | Filtración biológica | ( ) Proceso biológico en el que el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos y nitratos.           |
| 4) | Flotación            | ( ) Proceso de separación de materia con densidad menor al agua y que se separan de la superficie.     |
| 5) | Cribado              | ( ) Flóculos suspendidos formados por aglomeración de microorganismos que eliminan algunos desechos.   |
| 6) | Biofilm              | ( ) Proceso de separación de sólidos con densidad mayor al agua y que se separan del fondo del tanque. |
| 7) | Nitrificación        | ( ) Proceso para eliminar residuos del agua a través de seres vivos como bacterias, plantas o algas.   |

II.- Completa el siguiente cuadro sinóptico con diferentes tipos de equipos de filtración mecánica y biológica, que tipo de separación usan, ventajas y desventajas.

Equipo	Tipo de separación	Ventajas	Desventajas
Filtro de cribas	Mecánica por filtración	Es económico y se pueden usar diferentes aberturas para diferentes tamaños partículas	Se tiene que cuidar que estén limpios y no tapen el flujo
Filtro rotatorio			Requiere energía para su funcionamiento
Filtro de membrana		Permite una filtración de sólidos finos	

	Biológica		Requiere bombeo para su funcionamiento
	Mecánica por flotación	Se pueden separar partículas menos densas que el agua	
Sedimentador directo en tanque	Mecánica por sedimentación		
Filtro granular o de arena			

**Selecciona la respuesta correcta en las siguientes preguntas.**

- 1) Uno de los efectos negativos de no eliminar los residuos del agua del sistema de cultivo acuícola es:
  - a. Los organismos pueden enfermar y morir.
  - b. Se forma nitrato que es muy tóxico.
  - c. El agua es turbia y no se ven los organismos.
- 2) Para el desarrollo de larvas de algunas especies muy sensibles, se requiere que el agua no tenga restos de materia orgánica ni de plancton ¿Qué filtro recomendarías de los siguientes?
  - a. Filtro de criba o bastidor.
  - b. Filtro de membrana.
  - c. Sedimentador.
- 3) ¿Por qué el sistema biofloc no requiere de equipos especiales para la filtración biológica?
  - a. Porque los organismos en biofloc no generan desechos.
  - b. Porque los desechos se diluyen con la cantidad de agua que entra.
  - c. Porque en el tanque se desarrollan las bacterias que consumen los desechos.
- 4) Una de las razones por las que a veces se requiere filtrar el agua como un pretratamiento es:
  - a. Para aumentar el oxígeno disuelto en el agua.
  - b. Para evitar que entren organismos patógenos al cultivo.
  - c. Para que entren bacterias nitrificantes al sistema.
- 5) Entre los cuidados que se debe tener para mantener las bacterias de los biofiltros se encuentra:
  - a. Evitar la luz y tenerlas con agua con desechos, que es su alimento.
  - b. Mantenerlas en agua limpia y desinfectada.
  - c. Almacenarlas en una solución con pH alcalino.



## Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Reconozco la importancia de los métodos de filtración mecánica y biológica.			
Comprendo los procesos de filtración que requieren los diferentes sistemas de cultivo.			
Puedo distinguir las características generales y ventajas de diferentes equipos de filtración.			
Comprendo la importancia de eliminar sólidos sedimentables.			
Puedo explicar la importancia de las bacterias en sistemas con recirculación.			



## Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes:

- Filtro cribas rústico <https://www.youtube.com/watch?v=4mi2yFEeVYQ>
- Sedimentador casero acuaponia [https://www.youtube.com/watch?v=hlxp\\_NIGeks](https://www.youtube.com/watch?v=hlxp_NIGeks)
- Sedimentador centrífugo y filtro granular casero <https://www.youtube.com/watch?v=xWt1jj-pGng>
- Biofiltro percolación casero [https://www.youtube.com/watch?v=5zv\\_eA6KVVA](https://www.youtube.com/watch?v=5zv_eA6KVVA)
- Biofiltro con tezontle [https://www.youtube.com/watch?v=Fgzz5v\\_Slug](https://www.youtube.com/watch?v=Fgzz5v_Slug)
- Biofiltro sumergido <https://www.youtube.com/watch?v=X0UMZrnujA0>
- Biofiltro percolación medio poroso <https://www.youtube.com/watch?v=TF470lGoe5Q>
- Biofiltro rotatorio tambor <https://www.youtube.com/watch?v=I4lRvZIR9P0>
- Biofiltro tipo biofloc en tanque aislado para investigación <https://www.youtube.com/watch?v=S9NWnEMOgKE>
- Equipos comerciales de filtración  
[http://www.innovaqua.com/productos/filtracion\\_biologica.html](http://www.innovaqua.com/productos/filtracion_biologica.html)  
<http://www.proaqua.mx/filtracion-de-agua/>  
<https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/filtracion-ii-seleccion-equipo-filtrado>  
<https://www.sefiltra.com/productos/>

# Volumen de tanques y flujo en sistemas acuícolas



## *Contextualizando*

Muchos de los controles que se requieren en las diferentes etapas del proceso de cultivo de organismos acuáticos dependen de la capacidad de los equipos. En algunos casos se requiere el perímetro o el área, en otros el volumen y en algunos el flujo o caudal. ¿Recuerdas las fórmulas para calcular perímetros, áreas y volúmenes de figuras geométricas? ¿Crees que estas fórmulas sirven para calcular capacidad de tanques o encierros en jaulas? ¿Cómo calcular la capacidad de un estanque con forma irregular? En esta lección aprenderás sobre estos importantes temas.



## *¡Vamos a aprender!*

En una instalación acuícola, el diseño de los tanques o jaulas se realiza de acuerdo con el tipo de especie, a su etapa de vida, a la producción que se requiere y a la cantidad que se requiere invertir. Sin importar los detalles particulares, la capacidad y el caudal o el flujo son valores que se necesitan conocer.

### **Dimensiones y unidades.**

Para poder determinar los valores de volumen y flujo es importante revisar algunos conceptos relacionados como son otras dimensiones y los tipos de unidades que se usan para medir y su conversión.

**Longitud.** En algunos casos requerimos ubicar las medidas lineales en las instalaciones, por ejemplo, para conocer la cantidad de tubería que se requiere, o para calcular el contorno o perímetro de un equipo, los metros de malla para formar una jaula circular o los metros para cercar un terreno rectangular. La unidad más común para medir longitud es el metro (m). En algunos países se usan otras medidas como son pulgada, pie, yarda, milla o nudo. Para convertir una unidad a otra se usan factores o tablas de conversión.

En el sistema métrico, los múltiplos y submúltiplos tienen prefijos y la conversión de un nivel y el siguiente es multiplicando o dividiendo entre 10. En la tabla siguiente se ven los principales prefijos y puedes notar que cuando se elevan al cuadrado (para área) o al cubo (para volumen), la conversión entre cada nivel es de 100 y 1000 respectivamente.

Prefijo	Equivalencia lineal	Equivalencia Área (cuadrado)	Equivalencia Volumen (cúbico)
<b>Kilo (k)</b>	$10^3 = 1,000$	$10^6 = 1,000,000$	$10^9 = 1,000,000,000$
<b>Hecto (h)</b>	$10^2 = 100$	$10^4 = 10,000$	$10^6 = 1,000,000$
<b>Deca (D)</b>	10	$10^2 = 100$	$10^3 = 1,000$
<b>Deci (d)</b>	$10^{-1} = 1/10$	$10^{-2} = 1/100$	$10^{-3} = 1/1,000$
<b>Centi (c)</b>	$10^{-2} = 1/100$	$10^{-4} = 1/10,000$	$10^{-6} = 1/1,000,000$
<b>Mili (m)</b>	$10^{-3} = 1/1,000$	$10^{-6} = 1/1,000,000$	$10^{-9} = 1/1,000,000,000$

Esto quiere decir que un metro tiene 100 centímetros, pero un metro cuadrado tiene 10,000 centímetros cuadrados y un metro cúbico tiene un millón de centímetros cúbicos.

**Área.** Es otra dimensión usada en Acuicultura, pues algunas veces los valores de referencia se hacen en base a la extensión del estanque o para conocer la superficie de un terreno. Para determinar la extensión de una superficie, generalmente se emplean fórmulas para figuras regulares y se hacen aproximaciones para formas irregulares. La unidad de medida del área es el metro cuadrado ( $m^2$ ). Para extensiones grandes se emplea la Hectárea (Ha), que es el nombre común de un hectómetro cuadrado ( $hm^2$ ). En el caso de áreas los factores de conversión entre múltiplos y submúltiplos son de 100 (10 al cuadrado), por lo que una Hectárea equivale a 10,000 ( $100 \times 100$ )  $m^2$ .

**Volumen.** Es la dimensión más empleada en Acuicultura, pues muchos de los cálculos se basan en el volumen, como son la densidad de un cultivo (número de organismos / volumen), la cantidad de agua de recambio (volumen), el caudal o la concentración de sustancias en el agua (masa de la sustancia / volumen). Dependiendo de la cantidad de agua se manejan dos unidades principales: el metro cúbico ( $m^3$ ) y el litro (L). Un litro equivale a un decímetro cúbico ( $dm^3$ ) y como en volumen la relación entre múltiplos y submúltiplos es de 1000 (10 al cubo), un metro cúbico equivale a 1000 litros. Otra unidad de volumen empleada, tomada del sistema inglés, es el galón.

**Caudal o flujo volumétrico.** Es la determinación de la velocidad de transporte, llenado o vaciado del líquido. En otras palabras, es la relación entre el volumen y el tiempo. Las unidades más comunes son litros por segundo (L/s,  $Ls^{-1}$  o también representados como LPS). Otra unidad común es galones por segundo (gal/s, o GPS).

## Conversión de unidades

En la tabla siguiente se presentan algunas equivalencias entre unidades. En la columna de la izquierda viene la unidad más grande y para convertir una cantidad con unidades de la derecha se debe multiplicar por el factor. En caso contrario, si se quiere convertir una cantidad en unidades pequeñas a unidades mayores, se debe dividir por el factor. No se pueden convertir unidades de diferentes dimensiones: no se pueden convertir metros a litros, o litros por segundo a metros cúbicos.

	Unidad a convertir (mayor)	Factor equivalencia (se multiplica por)	Unidad resultante (menor)
<b>Longitud, Distancia, Perímetro</b>	Kilómetro (km)	1,000	Metro (m)
	Metro (m)	100	Centímetro (cm)
	Metro (m)	1,000	Milímetro (mm)
	Centímetro (cm)	10	Milímetro (mm)
	Metro (m)	1.094	Yarda (yd)
	Pie (ft)	30.48	Centímetro (cm)
	Pulgada (in)	2.54	Centímetro (cm)
<b>Área</b>	Hectárea (Ha)	10,000	Metro cuadrado (m <sup>2</sup> )
<b>Volumen</b>	Metro cúbico (m <sup>3</sup> )	1,000	Litro
	Litro (L)	1,000	Mililitro (mL) o centímetro cúbico (cm <sup>3</sup> o cc)
	Galón (gal)	3.785	Litro (L)
<b>Tiempo</b>	Hora (h)	3,600	Segundo (s)

Ejemplos:

Para llevar agua a un cultivo se requieren 6 kilómetros de tubería ¿a cuántos metros equivalen?

<p><b>Datos:</b></p> <p>Longitud = 6 km Factor de conversión km → m = 1,000</p>	<p><b>Operación y Resultado:</b></p> <p>Unidad mayor a menor se multiplica: Se multiplica 6 km por 1,000 = 6 x 1,000</p> <p>Resultado= 6,000 m</p>
---	--

Una laguna mide 25,600 m<sup>2</sup> de área, ¿A cuántas Hectáreas equivale?

<p><b>Datos:</b></p> <p>Área = 25,600 m<sup>2</sup> Factor de conversión Ha → m = 10,000</p>	<p><b>Operación y Resultado</b></p> <p>Unidad menor a mayor se divide: Se divide 25,600 m<sup>2</sup> entre 10,000 =</p> $= \frac{25,600}{10,000}$ <p>Resultado 2.56 Ha</p>
--	---

### Fórmulas para Perímetro y Área de figuras regulares simples

Para calcular el área de figuras geométricas se usan fórmulas matemáticas, como las indicadas en la tabla siguiente. Es importante considerar que, al hacer el cálculo, si se necesitan dos valores (como base y altura), ambos deben estar en la misma unidad antes de hacer la operación.

	Perímetro, P	Área, A
<b>Círculo</b>	$P = 2\pi r$	$A = \pi r^2$
<b>Cuadrado</b>	$P = 4 \cdot l$	$A = l^2$
<b>Rectángulo</b>	$P = 2(b+h)$	$A = b \cdot h$
<b>Triángulo</b>	$P = l_1 + l_2 + l_3$	$A = \frac{b \cdot h}{2}$

Donde r es el radio de la circunferencia, l es el lado en el cuadrado, b es uno de los lados de un rectángulo o base de triángulo, h es el otro lado del rectángulo o altura de triángulo y l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub> y l<sub>3</sub> son los lados del triángulo.

### Ejemplos

Determina el área que tiene el fondo de un tanque circular, cuyo radio es de 3 m.

<b>Datos:</b> $r = 3 \text{ m}$	<b>Fórmula:</b> $A = \pi r^2$
<b>Sustitución:</b> $A = (3.14)(3)^2$	<b>Resultado:</b> $A = 28.26 \text{ m}^2$

Calcula la cantidad de tela de alambre (se vende por metro lineal) que se requiere para cercar un terreno rectangular que mide 400 por 200 metros.

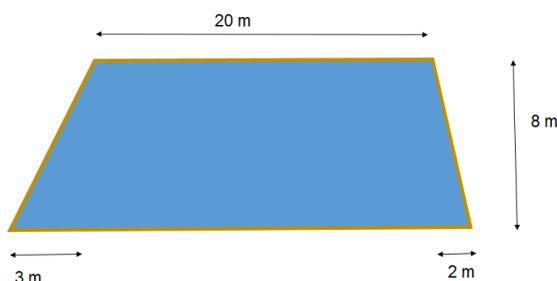
<b>Datos:</b> $b = 400$ $h = 200$	<b>Fórmula:</b> $P = 2(b+h)$
<b>Sustitución:</b> $P = 2(400+200)$	<b>Resultado:</b> $P = 1,200 \text{ m}$

### Determinación del Área de figuras irregulares

Si un estanque tiene forma irregular, es necesario dividirlo en diferentes formas regulares, luego calcular el área de cada figura y sumar el total de las figuras.

Ejemplo:

Determina el área del estanque:



Esta figura se puede dividir en tres partes:

2 triángulos y un rectángulo



<b>Datos:</b>	<b>Fórmulas:</b>		
Triángulo $b = 3 \text{ m}$ $h = 8 \text{ m}$	Triángulo	Rectángulo	Triángulo
Rectángulo $b = 20 \text{ m}$ $h = 8 \text{ m}$	$A = \frac{b \cdot h}{2}$	$A = b \cdot h$	$A = \frac{b \cdot h}{2}$
Triángulo $b = 2 \text{ m}$ $h = 8 \text{ m}$			

Sustitución:			Resultados parciales:		
Triángulo $A = \frac{(3)(8)}{2}$	Rectángulo $A = (20)(8)$	Triángulo $A = \frac{(2)(8)}{2}$	Triángulo $A = 12 \text{ m}^2$	Rectángulo $A = 160 \text{ m}^2$	Triángulo $A = 8 \text{ m}^2$
<b>Resultado total:</b>					
Se suman las tres áreas:			$A \text{ total} = 12 \text{ m}^2 + 160 \text{ m}^2 + 8 \text{ m}^2 = 180 \text{ m}^2$		
Nota: También se pudiera haber calculado usando la fórmula de área de trapecio.					

### Determinación del volumen

La fórmula general para el volumen es:

$$V = A \cdot p \quad \text{donde } A \text{ es área y } p \text{ es la profundidad}$$

Es importante notar que el volumen máximo de un tanque se calcula usando la profundidad o altura total de la pared del recipiente. Para calcular el volumen contenido en el tanque se debe usar la profundidad o altura de la columna de líquido.

Volumen de un **tanque o jaula circular** de profundidad constante se determina, al sustituir el área del círculo, en la siguiente fórmula

$$V = \pi r^2 p \quad \text{(Volumen de un cilindro)}$$

Volumen de un **recipiente rectangular** de profundidad constante, se determina al sustituir el área del rectángulo, resultando la siguiente fórmula:

$$V = b \cdot h \cdot p \quad \text{(Volumen de un prisma rectangular)}$$

En el caso de estanques rústicos o cuerpos de agua con **profundidad variable**, se puede calcular sacando el promedio de varios puntos del estanque.

$$\text{Profundidad promedio} = \frac{\text{Suma de valores de profundidad}}{\text{Número de puntos}}$$

Cuando se tiene un tanque con fondo inclinado, se puede calcular la altura promedio del nivel máximo y mínimo (se suman y se divide entre dos), si la diferencia es significativa.

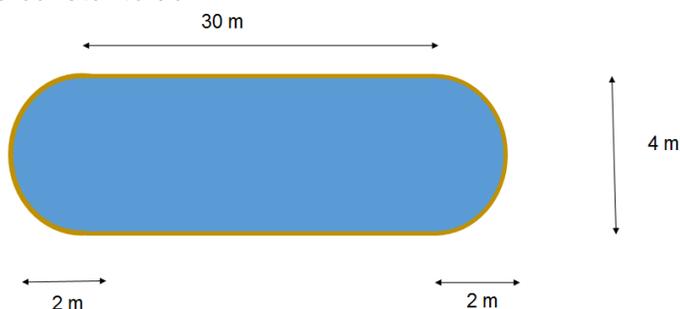
Si se tiene un estanque con forma irregular se obtiene el área con aproximación a figuras geométricas y luego el valor del área se multiplica por la profundidad promedio.

### Ejemplos

Determinar el volumen de una jaula circular que mide 20 m de radio y 15 metros de profundidad (altura de la jaula).

<b>Datos:</b>  $r = 20 \text{ m}$ $p = 15 \text{ m}$	<b>Fórmula:</b>  $V = \pi r^2 p$
<b>Sustitución:</b>  $V = (3.14)(20)^2(15)$	<b>Resultado:</b>  $V = 18,084 \text{ m}^3$

Determinar el volumen de un raceway con área como se muestra en la figura y con profundidad de agua constante de 1.2 m:



En este caso, el área se puede calcular dividiendo la figura en un rectángulo y dos medios círculos (que al sumarse forman un círculo). Una vez calculada el área se multiplica por la profundidad.

<b>Datos:</b>  Rectángulo $b = 30 \text{ m}$ $h = 4 \text{ m}$ Círculo $r = 2 \text{ m}$	<b>Fórmulas:</b>  Rectángulo $A = b \cdot h$ Círculo $A = \pi r^2$
<b>Sustitución:</b>  Rectángulo $A = (30 \text{ m}) (4 \text{ m})$ Círculo $A = (3.14)(2)^2$	<b>Resultados parciales:</b>  Rectángulo $A = 120 \text{ m}^2$ Círculo $A = 12.56 \text{ m}^2$  $\text{Área total} = 120 \text{ m}^2 + 12.56 \text{ m}^2 = 132.56 \text{ m}^2$
<b>Resultado total:</b>	
Volumen $V = (\text{Área}) (p)$	$V = (132.56 \text{ m}^2) (1.2 \text{ m})$
$\text{Volumen} = 159.07 \text{ m}^3$	
Nota: en los raceway, el área se puede aproximar a un rectángulo y el resultado final no varía mucho, en este caso sería un rectángulo con base de 34 m.	

Calcular el volumen de una laguna que tiene un área de 25.6 Ha y para determinar la profundidad promedio se midió en varios puntos como se ve en la tabla siguiente:

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Profundidad (m)	1.5	1.7	2.0	1.8	1.3	1.1	1.3	1.6	1.4

Para este problema se conoce el área y falta conocer la profundidad promedio. El área se convierte a metros cuadrados para que al obtener el volumen se tengan unidades homogéneas.

<p><b>Datos:</b></p> <p>A = 25.6 Ha = 25,600 m<sup>2</sup> (conversión de unidad mayor a menor) Los datos para profundidad son los que vienen en la tabla, con 9 puntos.</p>	<p><b>Fórmulas:</b></p> $p_{\text{promedio}} = \frac{\text{Suma de valores profundidad}}{\text{Número de puntos}}$ <p>V = A·p</p>
<p><b>Sustitución:</b></p> <p>profundidad promedio = <math>\frac{(1.5+1.7+2.0+1.8+1.3+1.1+1.3+1.6+1.4)}{9}</math></p>	
<p><b>Resultados parciales:</b></p> <p>Profundidad promedio = 1.52 m A = 25,600 m<sup>2</sup></p>	<p><b>Resultado final:</b></p> <p>V = (25,600 m<sup>2</sup>) (1.52 m) Volumen = 38,916 m<sup>3</sup></p>

### Flujo volumétrico o caudal

El caudal indica la cantidad de agua que es desplazada en cierto tiempo y se puede calcular tomando el tiempo (t) que se tarda en vaciar o llenar un recipiente de un volumen conocido (V) y dividiendo volumen entre tiempo, de acuerdo a la fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

También existen equipos llamados medidores de flujo o flujómetros, que directamente reportan el caudal en una tubería. El caudal se usa para el diseño y para selección de equipos de bombeo en las instalaciones para procesos que involucran el desplazamiento del agua (alimentación, descargas, recirculación).

## Fuentes:

- Basurto, E. (2012). *Geometría y Trigonometría*.(1ª ed.). CDMX, México; Pearson Education
- Cabrera, J y Mora, M. (1983) Estimación de la capacidad de carga y determinación del área de estanque para el cultivo de peces. *Revista Biología Tropical*, 31 (2),163-166. Recuperado de:  
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24929/25134>.
- Oca, J y Masaló, I. (2011). Diseño de tanques en Acuicultura intensiva. Universidad Politecnica de Catalunya, España. Recuperado de:  
[http://www.ipacuicultura.com/noticias/opinion/18496/diseo\\_de\\_tanques\\_en\\_acuicultura\\_intensiva.html](http://www.ipacuicultura.com/noticias/opinion/18496/diseo_de_tanques_en_acuicultura_intensiva.html).
- Saubó, P. *¿Cuánta agua tiene el estanque?* Estanques y peces (página web), Argentina. Recuperado de:  
[http://www.estanquesypeces.com/estanques/volumen\\_estanque.htm](http://www.estanquesypeces.com/estanques/volumen_estanque.htm).
- Timmons, MB. et al. (2002). *Recirculating Aquaculture Systems*. Ithaca, N.Y., EEUU. Cayuga Aqua Ventures.



### Actividad de aprendizaje

## Determina las dimensiones solicitadas en los siguientes ejercicios

- 1) En un estudio del crecimiento de camarón, se comparó la longitud total promedio del producto entre dos granjas acuícolas, en dos países. La granja 1 reportó un valor promedio de 92.5 mm y la granja 2 reportó un valor promedio de 3.57 pulgadas. Haciendo los cálculos necesarios, ¿Qué granja logró mayor longitud del producto?

<b>Datos y factores de conversión:</b>	<b>Operaciones y Resultados:</b>
<b>Conclusión: (¿cuál logró mayor longitud?)</b>	

- 2) Para construir dos tanques de geomembrana se va a usar malla de acero cuadriculada. Esta malla viene en rollos de 45 m y tienen la altura de 1.22 m. Cada tanque tendrá un radio de 2.5 m y la altura de 1.2 m.
- ¿Qué cantidad de metros de malla se van a requerir para los dos tanques?
  - ¿Cuál es el volumen de agua de cada tanque si se va a trabajar con una profundidad de 1.1 metros?



a) Perímetro

<b>Datos:</b>	<b>Fórmula:</b>
<b>Sustitución:</b>	<b>Resultado:</b>

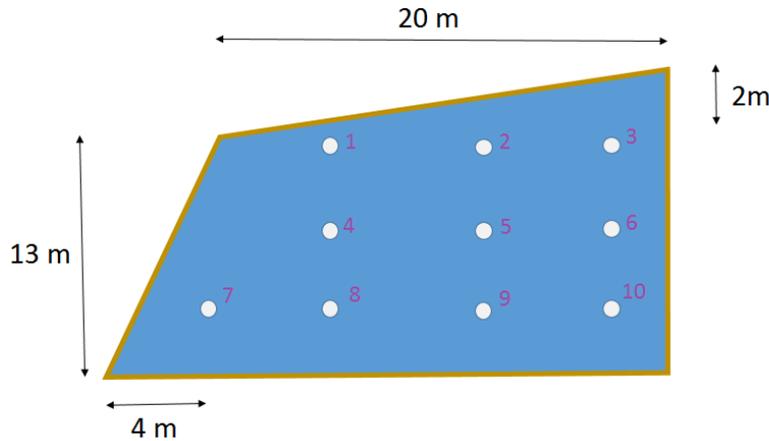
b) Volumen

<b>Datos:</b>	<b>Fórmula:</b>
<b>Sustitución:</b>	<b>Resultado:</b>

- 3) Se tiene un estanque con la forma mostrada en la figura. A este estanque se le hizo un muestreo de profundidad que arrojó los siguientes valores, de acuerdo con los puntos marcados en la figura.

Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Profundidad (m)	0.8	1.0	1.1	1.8	1.1	1.2	0.9	1.0	1.0	1.1

- a) ¿Cuál es el área del estanque?  
 b) ¿Cuál es el volumen del estanque?



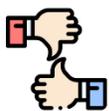
- a) Área

<b>Datos:</b>	<b>Fórmulas:</b>
<b>Sustitución:</b>	<b>Resultados parciales:</b>
<b>Resultado total:</b>	

- b) Volumen

<b>Datos:</b>	<b>Fórmulas:</b>
<b>Sustitución:</b>	

Resultados parciales:	Resultado final:
-----------------------	------------------



### Autoevaluación

Indicadores	Lo puedo hacer	Tengo dudas	Necesito trabajar más
Soy capaz de distinguir las dimensiones de longitud, área y volumen y sus relaciones lineales, cuadráticas y cúbicas.			
Puedo realizar conversiones de unidades usando tablas de equivalencias.			
Comprendo y puedo resolver problemas de cálculos de perímetro, área y volumen de figuras regulares, usando fórmulas.			
Puedo aplicar fórmulas para resolver problemas con figuras irregulares.			



### Para saber más

Recomendaciones para complementar tus aprendizajes:

- Perímetro, área y volumen  
<https://www.youtube.com/watch?v=i0bHMClIRbU>
- Área y perímetro de polígonos  
<https://www.youtube.com/watch?v=JfSHpD9mWCc>
- Volumen tanque cilíndrico  
<https://www.youtube.com/watch?v=hnBKt5wGy5c>
- Volumen y lado cisterna cúbica  
<https://www.youtube.com/watch?v=00e6eFUdcTI>
- Área terreno con forma irregular  
<https://www.youtube.com/watch?v=yv8b0AnrPb8>

- Volumen tanque con fondo inclinado  
<https://www.youtube.com/watch?v=VHF1dSkVSKs>
- Volumen y área de un cilindro  
<https://www.youtube.com/watch?v=yhSGoG1lD84>