

Manejo integral de pequeños sistemas productivos de tilapia



Manejo integral de pequeños sistemas productivos de tilapia

Lina Jhoanna Correa Agudelo

Investigadora
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad CES

Francisco José Arango Vacares

Coordinador de Educación Continua
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad CES

Janeth Pérez García

Docente e investigadora
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad CES

Daniela Buitrago Posada

Coinvestigadora
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad CES



El conocimiento es de todos

Minciencias

Correa Agudelo, Lina Jhoanna

Manejo integral de pequeños sistemas productivos de tilapia 1ª. Edición / Lina Jhoanna Correa Agudelo, Francisco José Arango Vacares, Janeth Pérez García, Daniela Buitrago Posada. – Primera edición – Medellín: Universidad CES, Editorial CES, 2021.

ISBN: 978-958-5101-37-1

92 páginas

1. Tilapias 2. Piscicultura 3. Producción animal 4. Acuicultura

CDD: 639.3

Catalogación: Biblioteca Fundadores, Universidad CES

Manejo integral de pequeños sistemas productivos de tilapia

ISBN 978-958-5101-37-1

ISBN e 978-958-5101-38-8

Primera edición: octubre de 2021

© Lina Jhoanna Correa Agudelo, Francisco José Arango Vacares, Janeth Pérez García, Daniela Buitrago Posada

© Universidad CES

© Editorial CES

Dirección: Editorial CES

Calle 10 A No 22-04, teléfono 4440555, ext. 1154-1641

<https://editorial.ces.edu.co/>

editorial@ces.edu.co

Medellín, Colombia

Impresión: Impresos Begón S.A.S.

Impreso y hecho en Colombia


Este libro cumple con lo dispuesto por la normativa colombiana que regula el depósito legal, con el fin de «garantizar su conservación e incrementar la memoria cultural del país». Las ideas expresadas en esta publicación por los autores, no comprometen a la Universidad CES o a su Editorial, frente a terceros.

Dedicatoria

Este manual está dedicado a todas las personas con identidad rural, resilientes, trabajadoras y comprometidas con el desarrollo de su territorio y quienes lo habitan.

Contenido

Introducción	11
Capítulo 1 El agua y la vida	15
Capítulo 2 Manejo del agua en piscicultura	25
Capítulo 3 Estrategias para mitigar el impacto del recurso hídrico	43
Capítulo 4 El sistema productivo piscícola	53
Referencias	85
Anexos	91





Introducción

A lo largo del tiempo, el agua ha sido un elemento determinante y significativo para el crecimiento económico y cultural del municipio de San Carlos. En los últimos años hemos sido testigos del deterioro de nuestra riqueza natural, no tanto en la cantidad del agua, sino en la calidad. La fauna y flora que rodea las cuencas hídricas se resisten a desaparecer, sobreviviendo a los malos manejos.

La presencia de hidroeléctricas, de turismo y la piscicultura en el municipio de San Carlos se destacan por su gran aporte económico para el territorio y por su dependencia, en gran medida, de este recurso. Teniendo en cuenta lo anterior, es válido aclarar que estos procesos también tienen repercusiones y consecuencias en los cauces, desmejorando la calidad del agua. Ahí es donde vemos la importancia del proyecto impulsado por la Universidad CES “Impacto de un programa de mejoramiento de calidad del agua sobre la eficiencia productiva en granjas pequeñas de tilapia (*Oreochromis spp.*) en el municipio de San Carlos: modelo de Transferencia”, ya que como productores debemos estar dispuestos a adoptar y aplicar alternativas que nos ayuden e impulsen a mejorar tanto la eficiencia productiva como a mitigar cualquier tipo de impacto que afecte la calidad del agua.

Recordando lo importante para el futuro y la trazabilidad de nuestros productos, ya que está en nuestras manos comprender y reflejar con nuestros actos que la transformación de la naturaleza no implica su destrucción.

Renzo D. Duque M.

Productor piscícola de San Carlos

Dejando a un lado las opiniones y los análisis de las políticas públicas de ayer, hoy y siempre, tendientes al desarrollo agropecuario de un país, el cual necesita emprendimientos rurales sostenibles, los profesionales recurren a la investigación como herramienta que aporta al bienestar de la humanidad.

Es así como surge este manual, desde el compromiso que tiene la Universidad con la investigación en el sector rural y la obligación ineludible de transmitir conocimiento práctico que mueva la productividad del campo, generando un impacto positivo en el territorio y sus habitantes.

Este proyecto reconoce la generación y el uso del conocimiento para solucionar los problemas de un territorio. De igual manera, reconoce que no se debe dejar de lado algo que es igual de importante que la investigación misma: la transferencia tecnológica, que es la manera como el conocimiento se comunica a las personas. Estas, a su vez, lo aceptan y lo ponen en práctica en su vida cotidiana, generando impactos graduales positivos en un territorio. La investigación agropecuaria plantea un camino hacia la sostenibilidad social, económica y ambiental que son factores críticos actuales para el desarrollo del campo.

La investigación debe enfocarse en el contexto del productor visto de manera integral, abordando todos los engranajes que ponen en movimiento los sistemas de producción. Estos engranajes y la forma en que el productor los administre finalmente definirán el nivel de eficiencia de su agronegocio, poniéndolo en una situación de ventaja o desventaja en el juego de mercados. Ineludiblemente, las pequeñas empresas del sector agropecuario, en este caso, las de producción de tilapia, están integradas a una cadena productiva que va desde el eslabón inicial, correspondiente a la cadena de suministro (insumos para la alimentación, genética, talento humano, etc.) hasta el consumidor final, que cada día exige mayor garantía de calidad e inocuidad, como también, otras características ajenas al producto como tal; al igual que el comercio justo y la protección al medioambiente, entre otros.

Este manual tiene como objetivo primordial la optimización de cada eslabón de la cadena de producción de tilapia, mejorando los parámetros zootécnicos, implementando adecuadas prácticas medioambientales y de manejo del recurso hídrico, esforzándose por un mayor nivel de elaboración de producto terminado, empaque, calidad e inocuidad y estrategias modernas de mercadeo que permitan llegar a clientes de alto valor haciendo posible así la consolidación gradual del pequeño agronegocio que finalmente impactará el tejido social del territorio.

Francisco J. Arango V.

Universidad CES



Capítulo 1

El agua y la vida

¿Qué es el agua?

El agua es un recurso natural indispensable para la existencia de la vida, el desarrollo y la satisfacción de las diferentes actividades humanas que se realizan a diario, como lavar, cocinar, regar los cultivos, producir alimento, ropa, plástico, generar energía, entre muchas más. Con sus características únicas, esta sustancia, sin sabor, ni olor, ni color, se compone de dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, y se representa con la fórmula química H_2O (López, Romano y Triana, 2005 y Rodríguez y Anzola, 2001).

Aunque el agua es abundante y cubre cerca del 70% de la superficie de la tierra, únicamente el 2,5% es agua dulce; la mayoría se encuentra en los polos y los glaciares, es decir, congelada (figura 1.1). Solo el 1% es de fácil acceso para el uso inmediato, esto significa que esas grandes cantidades de agua utilizadas en las ciudades, en el campo y en la industria son extraídas de los ríos, los lagos, los humedales o los acuíferos subterráneos (García y Sánchez, 2001).



Figura 1.1. El agua en la tierra.

Fuente: Shutterstock.

Ciclo del agua

El ciclo del agua es el proceso continuo del movimiento del agua sobre la tierra, sin principio ni fin, al nivel de la superficie de la tierra y por debajo de ella, como líquido, vapor o hielo. Iniciemos con la formación de las nubes, las cuales son partículas de agua muy pequeñas que se unen entre sí y se mantienen suspendidas en el aire, tomando las diversas formas que observamos en el cielo; esta se denomina la fase de condensación. Cuando las partículas de agua se unen con otras forman gotas más grandes que caen a la tierra por gravedad en forma de lluvia, conocida como fase de precipitación.

Parte de la lluvia cae en lo alto de las montañas, allí la cobertura vegetal actúa como esponja que absorbe y retiene el agua. Luego, esta se escurre en la superficie entre las rocas y el suelo, formando los nacimientos, las quebradas y los ríos, lo que se llama fase de filtración. Después, los riachuelos desembocan en los ríos y estos al mar, donde se mezclan con el agua salada hasta que el calor del sol origina la fase de evaporación, donde el vapor de agua asciende a la atmósfera, transformándose en nubes e iniciando nuevamente el ciclo del agua (Díaz, 2005; García y Sánchez, 2001 y Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010) (figura 1.2).



Figura 1.2. Ciclo del agua.

La diversidad biológica y el agua

Cuando hablamos de la diversidad biológica, nos referimos a la variedad de especies de plantas, animales y microorganismos sobre la tierra, los cuales tienen un papel fundamental en la renovación del agua a través de su ciclo, permitiendo que esta retorne limpia para el consumo humano.

Dicho proceso es posible ya que la cobertura vegetal absorbe niveles elevados de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno, además, elimina las sustancias tóxicas impidiendo que estas lleguen al agua potable. Por otro lado, los animales ayudan a que se mantenga el equilibrio de estas coberturas, al ser dispersores de semillas y polinizadores; mientras que los microorganismos aportan en la descomposición de la materia orgánica que se genera en el ambiente.

La conservación del agua y el medioambiente que la rodea favorece que el agua dulce de la tierra continúe estando disponible para todos los seres vivos, lo que permite, anualmente, la renovación de más de la mitad del agua dulce del planeta. Esto significa que la misma agua potable de la que dependemos hoy en día, ha estado circulando de esta manera desde que apareció por primera vez en el planeta (Ecological Society of America, 2003; Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2010 y Sierra, 2011).

Las alteraciones que el hombre ha generado sobre el agua

El ser humano, durante el desarrollo de la civilización, ha aumentado su población, afectando progresivamente el medioambiente a causa de la sobreutilización del agua, los vertimientos no tratados, la contaminación del ecosistema —por el uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas—,

entre otros, lo que lleva a la degradación de la diversidad biológica y a la alteración de la calidad y la cantidad de agua potable.

En la actualidad, muchos científicos piensan que nuestro modo de producción, consumo y transformación del ambiente ha generado una alteración climática global, provocando un impacto sobre el ciclo del agua, lo cual repercute sobre la calidad y cantidad disponible para los seres humanos, los animales y el medioambiente (Agudelo, 2005).

Es así como el cambio climático amenaza el abastecimiento normal del agua potable, ya que se aumenta la intensidad y frecuencia de la lluvia o puede haber ausencia de ellas, y esto causa inundaciones y sequías extremas en ciertas regiones del planeta. Por otro lado, el cambio climático favorece el aumento del nivel del mar, por el derretimiento de los polos, lo cual afectaría a las comunidades costeras, que es casi el 40% de la población mundial, inundando las aguas subterráneas, que ya no serían adecuadas para el consumo humano (figura 1.3).

Estas amenazas a la sostenibilidad del planeta son consecuencias de las actividades de sobreexplotación de los recursos, sin pensar en el futuro del planeta y los beneficios que nos brinda la naturaleza (Ecological Society of America, 2003; García y Sánchez, 2001 y Sierra, 2011).

Debemos reconocer que la naturaleza nos ofrece todos los recursos que necesitamos y está en nuestras manos hacer un uso razonable de ellos, además de conservarlos para que puedan continuar disponibles para nuestros hijos y nietos.

Desde nuestro día a día podemos aportar al cuidado del agua, recurso fundamental para la vida, con ciertas actividades:

- Cerrar la llave al enjabonarnos o cepillarnos los dientes.
- Dedicar un día para reparar las fugas que generen pérdida de agua.
- Reutilizar el agua usada en otras actividades.

- Cubrir el suelo del jardín con hojas para reducir la evaporación y así disminuir el riego.
- Utilizar aspersores para disminuir el gasto de agua.
- No tirar basuras en los cauces de agua.
- No arrojar aceites al agua.
- Aprovechar el agua lluvia para regar las plantas o realizar otras tareas.
- No afectar la biodiversidad biológica cercana a los cauces de agua.
- Realizar actividades sostenibles que disminuyan el impacto al medioambiente.
- Compartir con otros el conocimiento acerca del cuidado del agua.
- Exigir a los gobiernos políticas correctas y oportunas para el cuidado del agua y la diversidad biológica.

Actividades de transferencia y evaluación del conocimiento

1. Preguntas

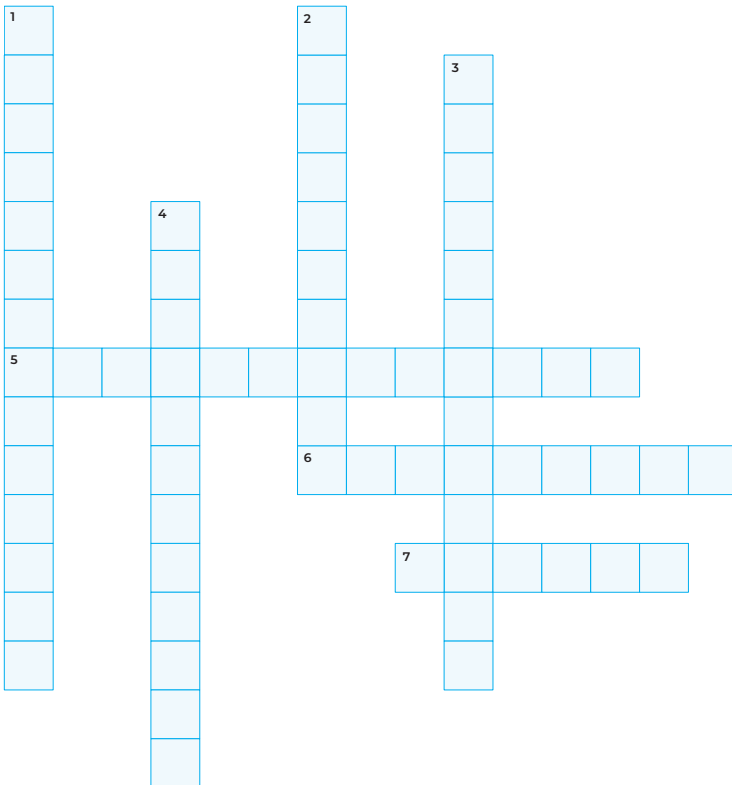
¿De dónde viene el agua que utilizas en casa?

Enumera las actividades en tu hogar en las cuales utilizas el agua

¿Qué actividades vas a realizar para cuidar el agua?

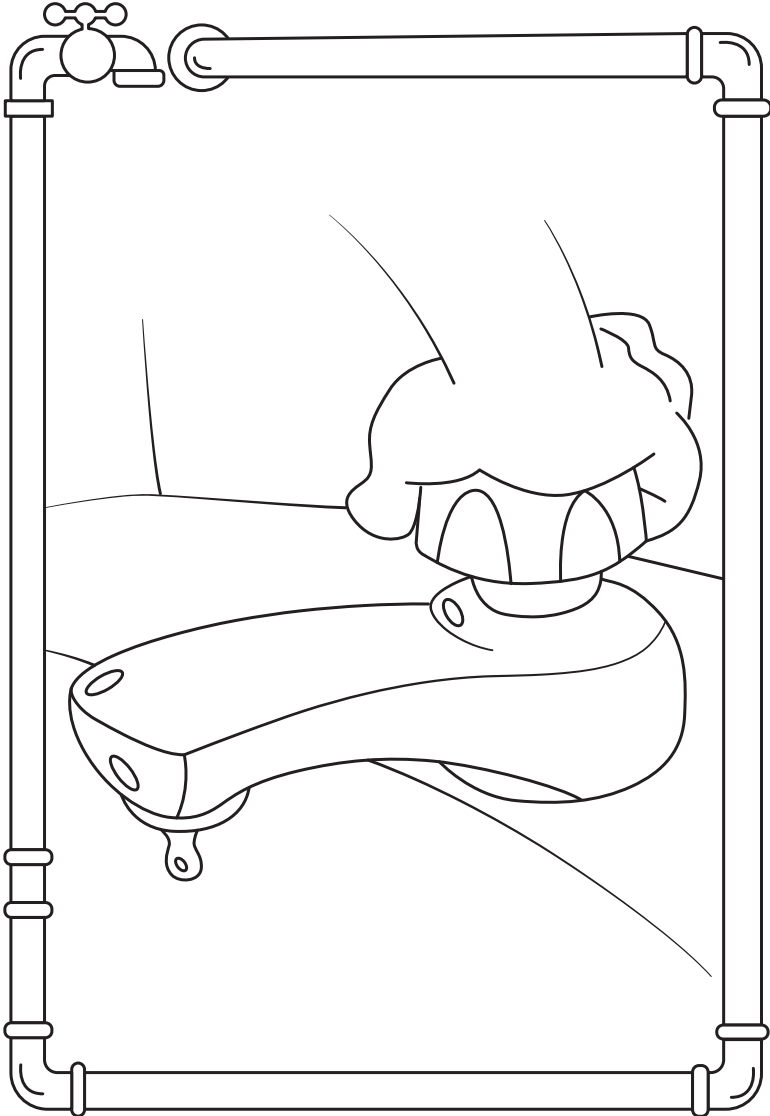
2. Crucigrama. (El agua y la vida).

A partir de la lectura anterior recordemos algunos términos.



1. Fase del ciclo del agua conocido por la formación del agua lluvia
2. Fase del ciclo del agua donde el vapor de agua asciende a la atmósfera
3. Sistema formado por elementos naturales y artificiales que están interrelacionados y que son modificados por la acción humana
4. Satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer las generaciones futuras garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medioambiente y bienestar social
5. Término que hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la tierra
6. Es el tercer planeta del sistema solar
7. El agua apta para el consumo de los humanos

3. Para colorear



Editorial

CES

The logo for Editorial CES is centered on a solid blue background. It features the word "Editorial" in a small, white, serif font above the large, bold, white letters "CES". To the right of the "CES" text is a stylized graphic of an open book with several pages fanning out. Two white leaves are positioned above the book, and two white birds are flying above the leaves.



Capítulo 2

Manejo del agua en piscicultura

¿Qué es la piscicultura?

La piscicultura es la actividad relacionada con la cría y el engorde de peces; tiene como fin la producción de alimento para el consumo humano y la generación de materia prima para la industria farmacéutica. Así como también está vinculada con actividades de repoblación de especies (figura 2.1). Su éxito depende de un buen manejo del agua, un buen manejo productivo y un uso adecuado de los canales de comercialización del producto final (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, 2016 y Merino, Salazar y Gómez, 2006).



Figura 2.1. Ecosistema acuático.

Fuente: Shutterstock.

La piscicultura se puede clasificar según la densidad del cultivo, el grado de manejo y la tecnología aplicada. Por lo cual, podemos hablar de piscicultura intensiva, extensiva y semintensiva (tabla 2.1), donde conocer los requerimientos de la cantidad y la calidad del agua de la especie que se va a cultivar es primordial, ya que cada especie demanda condiciones diferentes y apropiadas para su sobrevivencia y crecimiento (Daza y Parra, 20019).

Tabla 2.1. Clasificación de la piscicultura

Clasificación	Características
Piscicultura intensiva	Busca una mayor producción en el menor espacio y tiempo posible por medio de un manejo constante del agua y un uso tecnológico para mantener las condiciones óptimas de la producción Se manejan altas densidades de siembra y se obtiene alta producción Alto costo de operación
Piscicultura extensiva	Aprovecha al máximo las condiciones naturales y la intervención del hombre es mínima Se desarrolla en embalses o reservorios y depende de las condiciones naturales del agua La densidad de siembra depende de la capacidad natural del entorno Bajo costo de operación
Piscicultura semiintensiva	Se realiza en estanques o en reservorios y las técnicas de manejo se limitan a la siembra de los peces, la preparación de estanques y el suministro de alimento La densidad de siembra depende de la disponibilidad del agua y el manejo se realiza mediante procedimientos definidos por cada productor Generalmente se opta por el policultivo, para aprovechar toda la cadena alimentaria

Fuente: elaboración propia.

Calidad del agua en la piscicultura

La calidad del agua está dada por el conjunto de propiedades físicas, químicas y su interacción con los organismos vivos. En el agua podemos encontrar factores físicos como el color, el olor, la temperatura, la turbidez, etc., y factores químicos como el pH, el amoníaco, el nitrógeno, el fósforo, el oxígeno disuelto, entre otros (Bautista y Ruiz, 2011 y Carvajal, Escobar y Samboni, 2007).

Algunos de los factores mencionados previamente pueden interactuar y alterar las propiedades del agua afectando el comportamiento, la reproducción o el crecimiento de los peces. Por ejemplo, un cambio inesperado de la concentración de oxígeno disuelto, o la temperatura en el agua durante el transporte de los alevines, puede resultar en una mortalidad masiva de los peces. Así mismo, el cambio exagerado del pH en los estakes de levante o engorde puede alterar la capacidad de los organismos para resistir a los patógenos presentes en el agua o impactar el ritmo del crecimiento de los peces cultivados, ya que los estos disminuyen su apetito y no ganan peso (Bautista y Ruiz, 2011; Briones-Pérez, Hernández, Leal-Mendoza y Calvario, 2017 y González, 2019).

En los estanques se puede encontrar materia orgánica, como alimento no consumido, y materia fecal de los peces. También se puede encontrar materia inorgánica, como fertilizantes, que llega a las fuentes de agua y medicamentos que han sido suministrados, los cuales causan cambios como acidificación y disminución del oxígeno; por tal razón, se debe remover del estanque todo tipo de materia orgánica en descomposición y evitar el uso excesivo de medicamentos y fertilizantes cerca de las fuentes de agua. El exceso de nutrientes en el agua puede llevar a la eutrofización (figura 2.2), un proceso por el cual se da un crecimiento excesivo de algas y otros microorganismos que pueden afectar a los peces y causar su muerte, al competir por el oxígeno o generar condiciones de estrés en dichos animales (Carvajal, Escobar y Samboni, 2007 y Luna, 2011).

Por estas razones, se puede decir que un estanque con agua de buena calidad favorece la eficiencia productiva.

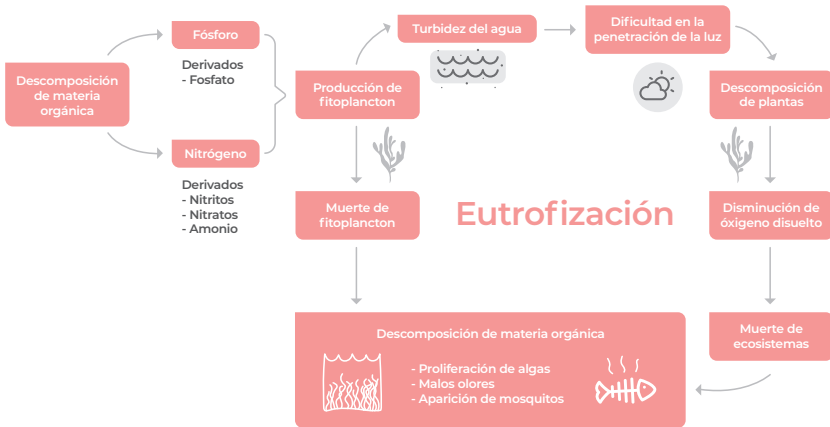


Figura 2.2. Proceso de eutrofización.

Fuente: elaboración propia.

Sabiendo que estos parámetros fisicoquímicos como la temperatura, el pH, el oxígeno, el amoníaco, el fósforo, etc; pueden sufrir cambios, se debe establecer una rutina de monitoreo que permita conocer los valores presentes y tomar decisiones oportunas en un momento dado.

Esto puede evitar que llegue a valores que afecten el rendimiento productivo por la alteración en la calidad del filete, la disminución en la ganancia de peso o incluso la muerte de los animales (González, 2019 y Piedrahíta y Arroyave, 2016).

Parámetros fisicoquímicos en la producción piscícola

Los parámetros fisicoquímicos más relevantes para tener en cuenta en los sistemas productivos piscícolas son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.2. Parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Unidad de medida	Instrumentos de medición	Multiparámetro de medición
Temperatura	°C (grados centígrados)	Termómetros	
pH	Rango de pH (0 a 14)	Medidores de pH electrónicos estándar Pruebas de papel de tornasol	
Oxígeno disuelto	Ppm (partes por millón) o mg/l (miligramos por litro)	Oxímetros	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Ppm (partes por millón) o mg/l (miligramos por litro)	Medidores de turbidez Discos Secchi	

Fuente: elaboración propia.

Temperatura

Es un indicador del contenido de calor de una superficie. Cuando la luz del sol pasa a través del agua, la energía de la luz se transfiere a sus moléculas, lo que aumenta su contenido de calor y hace que el agua se caliente (González, 2019).

Cada especie de peces vive en rangos de temperatura específicos para realizar sus actividades metabólicas y tener un crecimiento favorable (figura 2.3).



Figura 2.3. Medición de temperatura.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Los cambios drásticos pueden afectar el bienestar de los peces, debido a que son poiquilotermos, es decir, no pueden regular su temperatura interna y dependen de la variación de la temperatura del agua en la cual se encuentran. Cuando esta se altera drásticamente genera proteínas llamadas de choque térmico o de estrés, que causan que los peces centren toda su energía en compensar el cambio de temperatura, por lo cual su crecimiento será más lento, se disminuye la absorción de alimento y aumenta la susceptibilidad a infecciones y enfermedades (Bautista y Ruiz, 2011 y González, 2019).

Oxígeno disuelto

Es el gas más importante disuelto en el agua y es esencial para la respiración de los peces. Si no se mantiene un nivel apropiado, el animal debe gastar energía tratando de respirar, y los nutrientes que consume se usarán en esto y no en el crecimiento y la conversión de alimento, por ende, la eficiencia productiva se retrasará (figura 2.4).

Aunque el fitoplancton, definido como el conjunto de microorganismos vegetales que se encuentra especialmente en el agua y que sirve de alimento para los peces, suele favorecer la producción del oxígeno en los estanques, durante las noches compite con los peces por el oxígeno presente, siendo común encontrar bajos niveles de oxígeno disuelto en las horas de la madrugada. Por esta razón, se debe controlar constantemente el exceso de algas en los estanques (González, 2019).

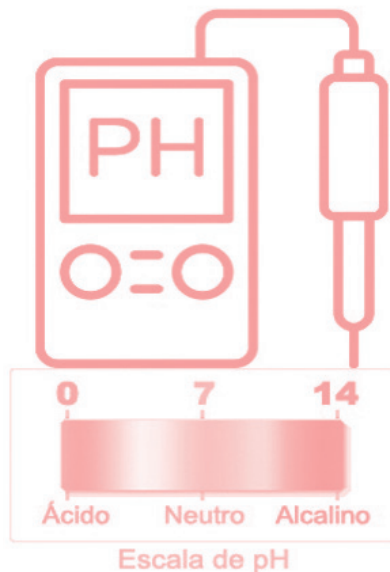


Figura 2.4. Medición de oxígeno.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

El pH

El valor del pH está dado por la concentración del ion hidrógeno, e indica si el agua es ácida o básica; se expresa en una escala que varía entre 0 y 14. Si el valor del pH es 7 hablamos de una solución neutra; cuando los valores están por encima de 7 se habla de un pH básico y ácido cuando el valor está por debajo de 7.

La mayoría de los peces pueden tolerar un pH entre 7 y 8,5. Pero cuando el pH esta fuera de estos rangos se puede afectar el crecimiento, causar enfermedades y aumentar la mortalidad (González, 2019) (figura 2.5).



pH	Respuesta de organismos acuáticos
4	Punto de muerte ácida
4-5	Estrés ácido, sin reproducción, crecimiento lento
5-6	Estrés ácido, la reproducción puede ser menor de lo normal, crecimiento lento
6-9	Mejor rango para crecimiento y reproducción
9-11	Estrés alcalino, reproducción y crecimiento adversamente afectados
11	Punto de muerte alcalina

Figura 2.5. Rangos óptimos del pH.

Fuente: elaboración propia.

El pH en los estanques puede verse afectado por la hora del día, la temperatura, las concentraciones de dióxido de carbono, la composición de los suelos del fondo, los niveles de vegetación dentro de los estanques e incluso la profundidad de estos. Por esta razón, las lecturas del pH en el sistema productivo deben realizarse continuamente, para conocer el panorama completo del rango del pH.

Los sólidos suspendidos totales (SST)

Son partículas de diversos materiales orgánicos e inorgánicos que ingresan al sistema productivo desde la fuente de agua; también pueden ser el resultado de los procesos productivos (los alimentos no consumidos, las heces de animales de cultivo y los restos de organismos muertos). Eventualmente, algunos sólidos se asientan en los fondos del estanque, mientras que otros permanecen suspendidos.

Su exceso tiene efectos negativos en la fotosíntesis, ya que altos niveles de SST reducen la penetración de la luz en el agua, lo cual disminuye la producción de oxígeno disuelto. Además, causan agua turbia que aumenta la temperatura del agua superficial, contribuyendo a que se generen escalas térmicas dentro del estanque, es decir, diferencia de temperaturas dentro del mismo cuerpo de agua que minimizan la capacidad de los peces para encontrar su alimento, haciendo que disminuya la tasa de crecimiento y aumenten las enfermedades.

Debemos tener presente que los sedimentos del fondo del agua y los microorganismos bacterianos, en ausencia de oxígeno, pueden desencadenar la liberación de metabolitos tóxicos tales como amoníaco, nitrito y sulfuro de hidrógeno, que pueden causarle daño a los animales cultivados, lo cual se refleja directamente en la pérdida de apetito y la susceptibilidad a enfermedades; además, afecta el intercambio gaseoso del oxígeno. Por esta razón, debemos monitorear el estado de los SST en nuestro sistema productivo (González, 2019).

Otros aspectos de la calidad del agua

Aunque los anteriores parámetros fisicoquímicos son los más relevantes para monitorear la calidad del agua en los sistemas productivos, existen otros que servirán para tener las precauciones necesarias a la hora de velar por las condiciones apropiadas de los peces.

- **Fósforo:** el fósforo es un mineral que puede ser nocivo para los peces en concentraciones elevadas, porque favorece el crecimiento excesivo de las algas, las cuales, al entrar en un estado de descomposición, generan toxinas que afectan los animales acuáticos. Estos compuestos pueden llegar a los estanques por abonos orgánicos de cultivos aledaños. Los niveles aceptables van hasta 0,3 mg/l (González, 2019 y Piedrahíta y Arroyave, 2016).
- **Nitritos:** son producto de la descomposición del nitrógeno y se causan por el alimento no consumido y por las heces de los peces; son inestables y tóxicos y generan mortalidad en los peces. Los niveles de nitritos permisibles son los que no sobrepasen de 0,1 a 0,3 mg/l (González, 2019 y Piedrahíta y Arroyave, 2016).

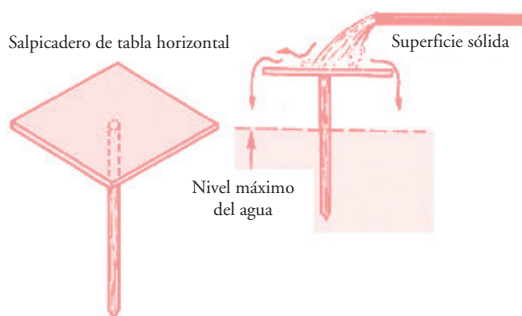
Recomendaciones para mejorar la calidad del agua en piscicultura

1. Estabilidad de la temperatura

- Mantener un recambio adecuado que permita conservar la temperatura del estanque.
- Usar cubiertas plásticas sobre los estanques pues esto ayuda a aumentar la temperatura.
- Utilizar estanques de calentamiento poco profundos, justo delante del estanque principal.

2. Manejo del oxígeno disuelto

- Evitar la sobrealimentación, lo que generaría residuos extras que en el proceso de descomposición consumirían oxígeno.
- Remover de los estanques todo tipo de materia orgánica en descomposición, para no comprometer la disponibilidad de oxígeno disuelto.
- Controlar la densidad de los peces por estanque.
- Controlar la cantidad de fitoplancton que libera oxígeno durante el día y lo consume por las noches.
- Eliminar el agua menos oxigenada del fondo, utilizando un desaguedero.
- Mejorar la oxigenación del agua entrante a partir de perforaciones o adaptaciones en la tubería.
- Aumentar el caudal del agua para favorecer la oxigenación.
- Contar con estanques poco profundos donde no se generen temperaturas diferentes entre el agua superficial y la profunda.
- Disponer de aireadores para generar el movimiento y favorecer la disponibilidad de oxígeno disuelto.
- Orientar la construcción de los estanques de manera que el dique más largo sea paralelo a la dirección del viento.



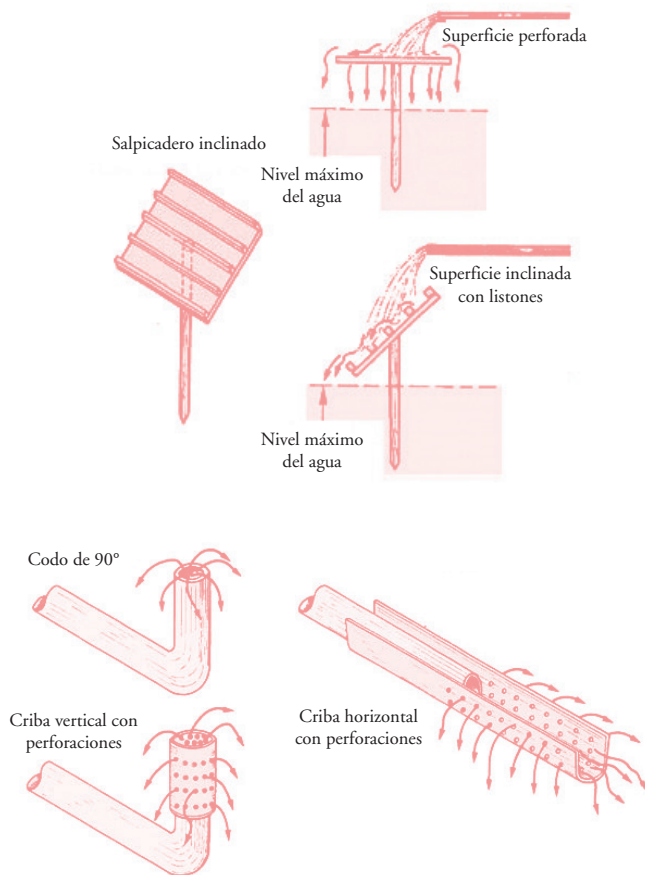


Figura 2.6. Modelos para mejorar la oxigenación del agua.
Fuente: elaboración propia.

3. Manejo óptimo del pH

- Controlar el exceso de fitoplancton ya que puede aumentar el pH (a través de prácticas de fertilización y alimentación controladas).
- El uso de piedra caliza agrícola o cal ayuda como tratamiento para elevar el pH.
- Para disminuir el pH, puede aplicarse yeso (sulfato de calcio) o cloruro de calcio.
- Para disminuir el pH, se puede aumentar el recambio del agua.
- Considerar el pH del suelo antes de la construcción de los estanques, ya que el pH bajo puede estar relacionado con los suelos del fondo.
- Usar aireación mecánica para ayudar a limitar las diferencias de pH relacionadas con la profundidad del estanque.

4. Manejo de SST

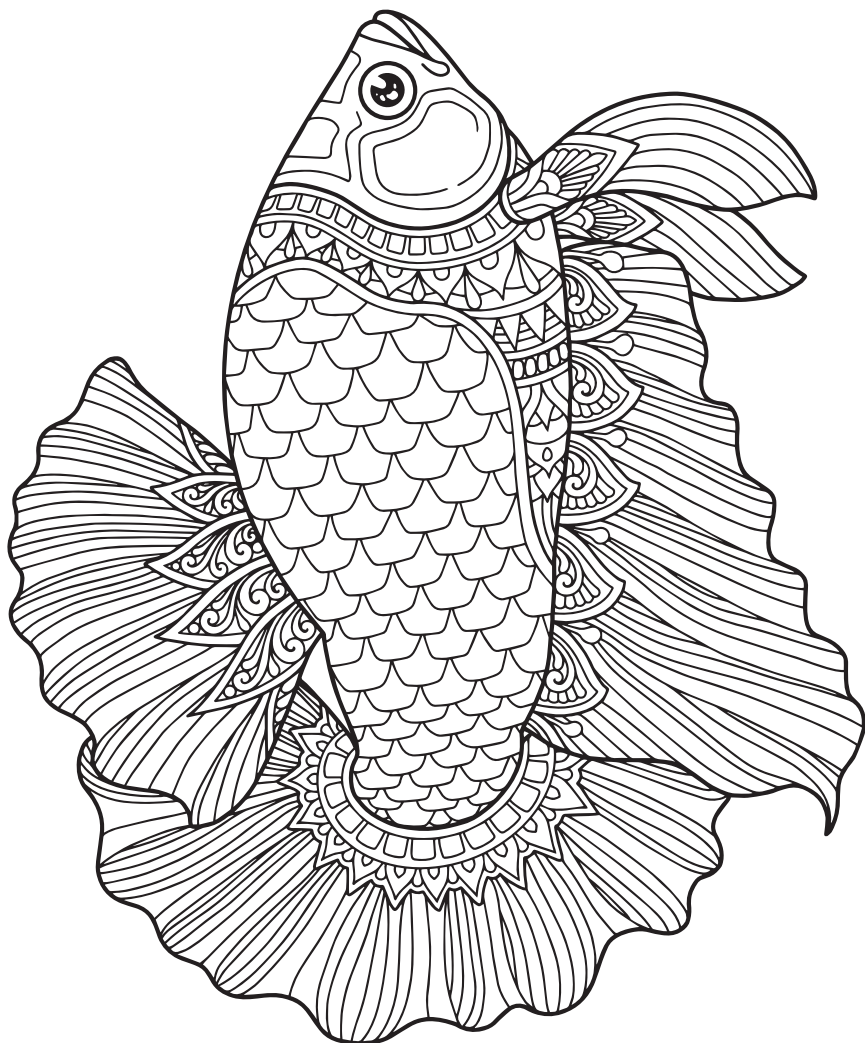
- Retirar todos los días las hojas, la madera y los sólidos que se encuentren sobre la superficie para evitar su descomposición y que lleguen al fondo.
- Estabilizar los desniveles y las laderas de los estanques con hierbas, grama o piedras, pues esto reduce la erosión y los problemas de SST asociados.
- Usar membranas de plástico que revistan los estanques para disminuir los problemas de erosión.
- Suministrar las porciones adecuadas por estanque de acuerdo con el número de animales y el porcentaje de proteína en el alimento pertinente por etapa para evitar residuos que aumente los SST de los estanques.
- Contar con tanques de sedimentación antes de verter el agua sobre las fuentes de agua naturales.
- Eliminar el exceso de lodo que se produce durante cada nueva etapa de producción o traslado a otro estanque.
- Construir reservorios de sedimentación, previos a los estanques de producción.

Actividades de transferencia y evaluación del conocimiento

1. Conecta las respuestas correctas

¿Qué está sucediendo cuando los peces están boqueando en la superficie del agua de un estanque?	a. Retirar la materia orgánica del fondo del estanque
¿Por qué se recomienda el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua en los estanques?	b. Eutrofización
¿Qué actividad se debe realizar en un estanque donde hay materia orgánica en descomposición que está comprometiendo la disponibilidad de oxígeno disuelto?	c. Hay falta de oxígeno disuelto
El exceso de nutrientes en el agua puede llevar a la:	d. Para conocer los valores presentes y tomar decisiones oportunas en un momento

2. Para colorear



3. Sopa de letras. (El agua y la piscicultura).

C	H	M	P	U	Q	R	G	Q	B	T	E	N	Z
A	O	D	J	M	X	C	F	D	S	U	U	Y	O
L	N	M	X	O	B	P	K	I	E	R	T	W	U
I	T	O	X	N	K	I	T	S	H	B	R	J	Z
D	E	N	G	I	E	S	I	C	S	I	O	X	T
A	M	O	F	T	F	C	L	O	E	D	F	R	N
D	P	C	O	O	E	I	A	S	D	E	I	P	H
D	E	U	X	R	T	C	P	E	I	Z	Z	F	A
E	R	L	I	E	X	U	I	C	M	F	A	R	P
L	A	T	G	O	R	L	A	C	E	Q	C	X	O
A	T	I	E	W	P	T	K	H	N	X	I	L	S
G	U	V	N	X	N	U	W	I	T	T	O	N	H
U	R	O	O	C	O	R	N	Q	O	V	N	C	B
A	A	Z	W	B	F	A	O	G	S	P	D	N	P

- Calidad del agua
- Eutrofización
- Monocultivo
- Piscicultura
- Temperatura
- Turbidez
- DiscoSecchi
- Monitoreo
- Oxígeno
- Sedimentos
- Tilapia
- pH

A close-up photograph of a green leaf with several water droplets on its surface. The leaf's veins are clearly visible, and the droplets are in various stages of formation. The background is softly blurred, showing more of the leaf's texture.

Capítulo 3

Estrategias para mitigar
el impacto del recurso
hídrico

Para mejorar la calidad del agua que sale de los sistemas piscícolas, se pueden implementar diversas acciones que permiten solucionar los problemas que afectan el recurso hídrico y el entorno (Calderón, Bayona, Bonilla, Guerrero y Calderón, 2017 y Pardo, Suárez y Soriano, 2006); algunas de ellas son:

- Favorecer la caída del agua: procurar que la salida del agua tenga movimiento o caída por gravedad, ya que el agua en movimiento se oxigena e incorpora dicho oxígeno a las quebradas y los ríos con concentraciones similares a las de la bocATOMA.
- Evitar estancamientos: prevenir que las salidas de agua se queden retenidas en un solo lugar para evitar la acumulación de nutrientes y la proliferación de microorganismos y macroinvertebrados, que pueden convertirse en plagas y causar afectaciones a los cuerpos de agua.
- Evitar filtrar el agua en el suelo: para depositar el agua de salida en el suelo es necesario adquirir otros permisos de vertimiento, por tanto, se debe prevenir que el agua permee el suelo y procurar canalizarla al cuerpo de agua definido.
- Realizar el monitoreo de parámetros: monitorear periódicamente los parámetros en los estanques, las bocatomas y los efluentes, llevando registro de ellos para garantizar que las prácticas de mejoramiento en la unidad productiva se mantengan.
- Trabajar en conjunto con la autoridad ambiental: monitorear el cumplimiento de los permisos ya expedidos por la autoridad ambiental. Esto permite seguir el cumplimiento de la normativa y le otorga solidez a los argumentos que se tienen para el vertimiento adecuado, lo que permite la fluidez en trámites de permisos y el diálogo con la entidad reguladora.
- Mejorar el manejo de sólidos: en particular, los sólidos en el agua son el principal contaminante en el efluente, por lo cual, en piscicultura, los

tratamientos aplicados para saneamiento se enfocan en disminuirlos. Sin embargo, la mejor alternativa es la prevención, es decir, tener un manejo adecuado y un monitoreo constante del agua en los estanques y del agua que será vertida al ecosistema.

Para remover los sólidos en el agua se han empleado filtros con materiales disponibles en la naturaleza, como rocas, arena y carbón (figura 3.1). Cuando el agua fluye a través de estos, las partículas orgánicas que transporta se quedan atrapadas progresivamente, permitiendo remover el exceso de carga orgánica (García, Fernández y Luna, 2009 y Pardo, Suárez y Soriano, 2006).

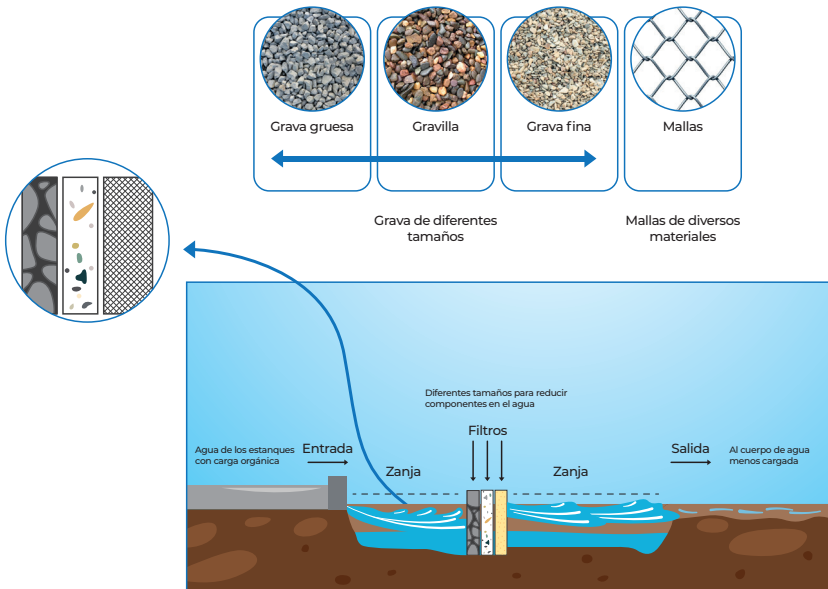


Figura 3.1. Elaboración de filtros en grava.
Fuente: elaboración propia.

Uso de lagunas de oxidación: las lagunas de oxidación son tanques para tratar el agua residual por medio de un proceso natural, donde la actividad biológica de las bacterias y las algas degrada la materia orgánica soluble y la sedimentable se va al fondo, permitiendo que el agua se estabilice (Menéndez y Díaz, 2009) (figura 3.2).

Estas lagunas cuentan con tres fases:

- La fase superficial, donde las bacterias usan el oxígeno proporcionado por las algas para degradar la materia orgánica.
- La fase intermedia, donde la degradación de materia orgánica se da por bacterias aerobias (requieren oxígeno para su existencia), anaerobias (viven y se desarrollan sin oxígeno) y facultativas (viven y se desarrollan en presencia o ausencia de oxígeno).
- La fase del fondo, donde bacterias anaerobias descomponen los sólidos sedimentados.

El tanque de oxidación debe ser impermeable, con una profundidad entre 1,5 y 2,5 metros, con un tiempo de retención de 5 a 30 días (Menéndez y Díaz, 2009).

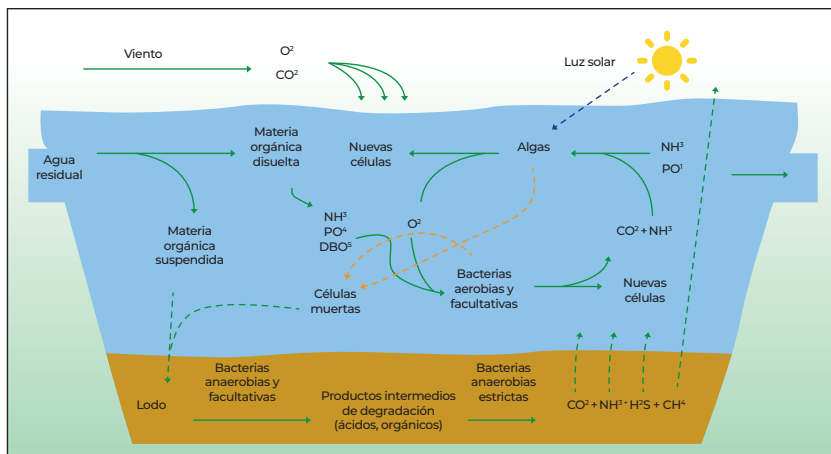


Figura 3.2. Laguna de oxidación.

Fuente: elaboración propia.

- Uso de filtro anaerobio de flujo ascendente (fafa): el filtro anaeróbico es un reactor biológico (recipiente o sistema donde se dan procesos químicos con la participación de organismos vivos) de cama fija. Al fluir las aguas residuales, de forma ascendente, por el filtro, se atrapan las partículas y se degrada la materia orgánica por la biomasa que está adherida al material del filtro, ya que, al contar con una superficie amplia, el contacto entre la materia orgánica y los agentes bacterianos beneficios es mayor, lo que genera una degradación más rápida (Parra, 2006).

El fafa se compone de un tanque de sedimentación (o fosa séptica) seguido de una o más cámaras de filtración, con dimensiones de 90 y 300 m² de superficie por 1 m³ de volumen del tanque. Se construye con materiales como grava, piedras quebradas y carboncillo, o piezas de plástico formadas especialmente. Los materiales del filtro varían entre 12 y 55 mm de diámetro (Parra, 2006) (figura 3.3).

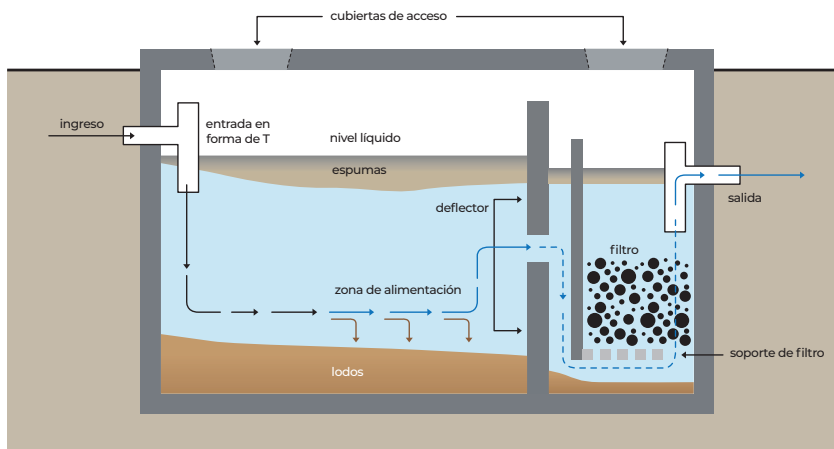


Figura 3.3. Filtro Fafa.
Fuente: elaboración propia.

Manejo de subproductos de la piscicultura

La reutilización de subproductos resultantes de la piscicultura es una buena alternativa para minimizar el impacto en el entorno. Los lodos son los principales subproductos. Estos se forman en el fondo del estanque por la precipitación de la materia orgánica (Hepp, 2012) y se caracterizan por altos contenidos de energía en minerales y nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, sodio y magnesio).

Existen varias aplicaciones para este subproducto, las más destacadas, en el mundo, son integrar los lodos a los procesos de compostaje o utilizarlos como abono para cultivos de plantas (figura 3.4). La implementación de lodos en compostaje puede realizarse si el material final del compostaje se usa en cultivos indirectos y de autoconsumo (Hepp, Vidal, Barattini y Carvajal, 2014).

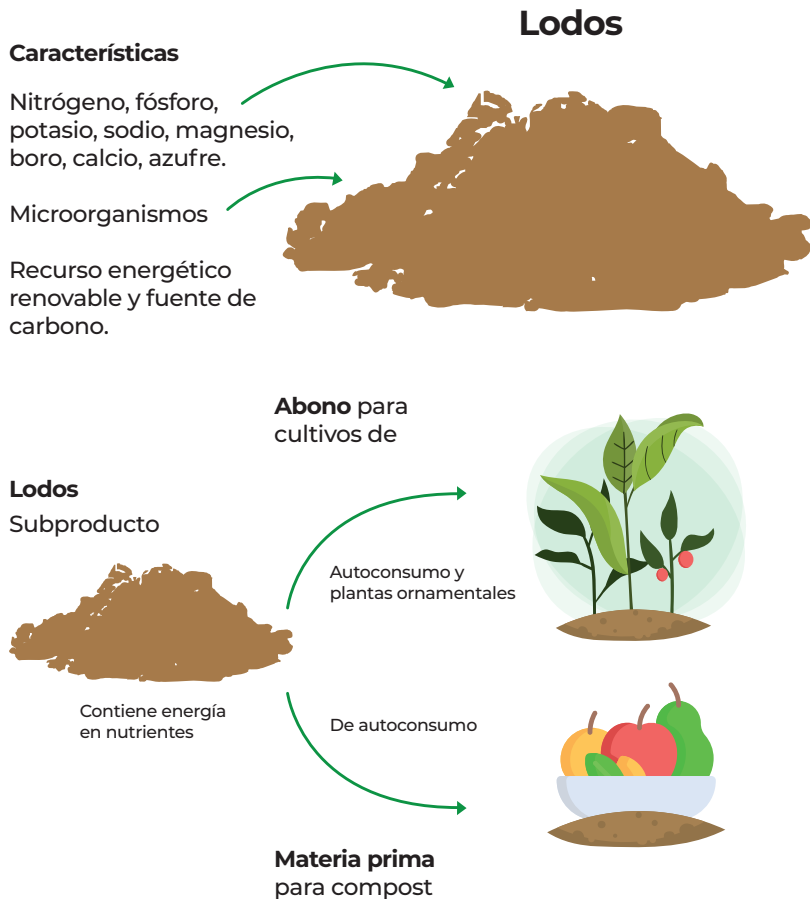


Figura 3.4. Características y uso del lodo.

Fuente: elaboración propia.

Actividades de transferencia y evaluación del conocimiento

1. Colorea



2. Preguntas

¿Qué acciones realiza en su sistema productivo para mitigar los efectos negativos sobre las fuentes de agua?

¿Por qué considera importante mejorar la calidad del agua que sale de su sistema productivo?

Editorial

CES

The logo for Editorial CES is centered on a solid green background. It features the word "Editorial" in a small, white, serif font above the large, bold, white letters "CES". To the right of the "CES" text is a stylized graphic element consisting of three white leaves and a stack of three white pages. Above the "Editorial" text are three white birds in flight, arranged in a slight upward curve.



Capítulo 4

El sistema productivo
piscícola

La producción de tilapia es un agronegocio que permite generar ingresos a la economía rural y por lo tanto bienestar y desarrollo; sin embargo, para tener buenos resultados en esta actividad se deben tener en cuenta varios factores que se relacionan entre sí y que afectan directamente la rentabilidad del negocio. Estos factores son: adecuado manejo de la alimentación, selección genética, prevención y adecuado control de enfermedades y monitoreo de la calidad del agua (figura 4.1).



Figura 4.1. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Determinación de la capacidad de producción. Factores fundamentales para la producción piscícola

Tabla 4.1. Factores para la producción piscícola.

Ambiental	Instalaciones y equipos	Talento humano
Entorno que garantice la cantidad constante de agua (10-15 litro/segundo), libre de agroquímicos y otros contaminantes	Estanques con diseño de entrada y salida de agua. Dimensiones adaptadas al terreno	Mano de obra disponible para siembra, mantenimiento y cosecha
Parámetros básicos óptimos Agua <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 24-32°C • Oxígeno disuelto: mayor a 3 mg/l • pH: entre 7 y 9 • Turbidez: hasta 30 cm de visibilidad (disco Secchi) 	Sonda de medición de parámetros (oxígeno, Temperatura, pH, amonio) para registro frecuente	Capacitación permanente con visión técnica, gerencial y humana. Motivación y compromiso
Adecuada luminosidad que permita procesos de fotosíntesis	Bodega o cuarto de almacenamiento de insumos	Capacitación permanente en manipulación de alimentos
Calidad del suelo, sin presencia de rocas, preferiblemente arcilloso, que no sea zona inundable	Equipo básico de manipulación: redes, chinchorros cubetas, tanques plásticos.	Asistencia técnica oportuna

Cadena de logística	Gestión financiera	Normativa
Proveedor de alimento concentrado e insumos	Calcular y controlar las inversiones para las fases de inicio, mantenimiento y cosecha	Cumplimiento de la normativa vigente para concesión de aguas como pequeño productor
Transporte <ul style="list-style-type: none"> • Envío de insumos hacia la finca • Envío de producto finalizado al acopio 	Calcular y controlar los costos para las fases de mantenimiento y cosecha	Cumplimiento de la normativa vigente para vertimiento de aguas como pequeño productor
Canastas, equipos y materiales para el transporte de pescado al acopio	Calcular los ingresos económicos por ventas al finalizar el ciclo	Conocimiento sobre la aplicación e implementación de las Buenas Prácticas de Producción Acuícola (BPPA)
Vías de acceso adecuadas	Calcular la rentabilidad del negocio al finalizar el ciclo	Normativa ICA relacionada con la cadena acuícola

Fuente: elaboración propia.

Capacidad del estanque

Lo primero que se debe considerar antes comenzar un ciclo de producción de tilapia es si las condiciones ambientales del territorio son adecuadas, y confirmar que la cantidad y la calidad del agua es suficiente y se encuentra disponible de manera constante. Teniendo en cuenta lo anterior, se debe definir el área del estanque en metros cuadrados.

Después de conocer el área del estanque, se decide la cantidad de peces con la que se iniciará el cultivo en un sistema semintensivo, que maneja entre 10-15 peces por metro cuadrado. Este es el sistema más común de siembra entre pequeños y medianos productores, con las siguientes ventajas:

- Inversión inicial no muy alta.
- Disminución en el costo de alimentación, pues existe la posibilidad de suplementación nutricional.
- Poca mano de obra/participación de mano de obra familiar.
- Facilidad de cosecha.
- Mayor control de sanidad.
- Mayor control de desarrollo de crecimiento.

Los pasos que se deben seguir para estimar la capacidad de producción son:

1. Medir el área del estanque

Largo (metros)		Ancho (metros)		Área (m ²)
<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	=	<input type="text"/>

2. Definir cuántos peces caben en el estanque (sugerido 10 peces/m²)

Área (m ²)		Núm. peces/m ²		Núm. total de peces
<input type="text"/>	x	<input type="text"/>	=	<input type="text"/>

*La cantidad de peces por metro cuadrado está determinado en gran medida por factores ambientales como la temperatura y disponibilidad de entrada permanente de agua al estanque.

3. Calcular el porcentaje de supervivencia (sugerido 80%)

$$\begin{array}{l} \text{Núm. total de peces} \\ \text{[]} \end{array} \times \begin{array}{l} \% \text{ supervivencia} \\ \text{[]} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Peces final del ciclo} \\ \text{[]} \end{array}$$

4. Calcular el peso de la cosecha o biomasa esperada al finalizar el ciclo

$$\begin{array}{l} \text{Peces final del ciclo} \\ \text{[]} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Peso promedio/pez} \\ \text{[]} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Kg totales cosecha} \\ \text{[]} \end{array}$$

5. Calcular el ingreso por venta esperado al finalizar el ciclo

$$\begin{array}{l} \text{Kg totales cosecha} \\ \text{[]} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{Precio kg acopio / Cliente} \\ \text{[]} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Ingresos ventas} \\ \text{(sin incluir costos)} \\ \text{[]} \end{array}$$

Ejemplo

Si tengo un estanque con dimensiones de 40 metros de largo y 20 metros de ancho:

- ¿Cuántos alevinos puedo sembrar?
- ¿Cuántos kilos de pescado se estima cosechar al final del ciclo?
- ¿Cuál será el ingreso estimado por venta en acopio al finalizar el ciclo?

Los pasos que se deben seguir para contestar estas preguntas son:

1. Medir el área del estanque

Largo (metros)		Ancho (metros)		Área (m ²)
40	x	20	=	800

2. Definir cuántos peces caben en el estanque (sugerido 10 peces/m²)

Área (m ²)		Núm. peces/m ²		Núm. total de peces
800	x	10	=	8.000

*La cantidad de peces por metro cuadrado está determinado en gran medida por factores ambientales como la temperatura y disponibilidad de entrada permanente de agua al estanque.

3. Calcular el porcentaje de supervivencia (sugerido 80%)

Núm. total de peces		% supervivencia		Peces final del ciclo
8.000	x	80%	=	6.400

4. Calcular el peso de la cosecha o biomasa esperada al finalizar el ciclo

Peces final del ciclo		Peso promedio/pez		Kg totales cosecha
6.400	x	350	=	2.240

5. Calcular el ingreso por venta esperado al finalizar el ciclo

Kg totales cosecha		Precio kg acopio / Cliente		Ingresos ventas (sin incluir costos)
2.240	x	5.500	=	\$12.320.000

Preparación del estanque

Limpieza de lodos y sedimentos

Para limpiar el estanque de lodos y sedimentos se debe secar el fondo por exposición al sol, por lo menos durante tres días, hasta que la apariencia de los sedimentos se vea resquebrajada. Luego remover con una pala o rastrillo los sedimentos secos, permitiendo que los que aún estén húmedos queden arriba y el secado sea total (voltrear). De esta manera, se eliminan los huevos de pescado y las larvas de otras especies depredadoras.

Desinfección

Para desinfectar se debe aplicar cal viva, al estanque vacío en una proporción de 80 gramos por metro cuadrado. La cal cumple con la función de destruir parásitos y bacterias causantes de enfermedades que afectan la productividad del cultivo. Para saber cuánta cal se requiere para desinfectar un estanque se debe realizar el siguiente cálculo:

Área del estanque (m ²)		Kg totales cal viva		Total
	x	0,08	=	

Ejemplo

¿Cuántos gramos de cal viva son necesarios para desinfectar un estanque de 800 metros cuadrados?

Área del estanque (m ²)		g totales cal viva		Total g
800	x	0,08	=	64.000

Para desinfectar un estanque de 800 metros cuadrados son necesarios 64.000 gramos de cal viva, es decir 64 kilos.

Fertilización

La fertilización tiene como objetivo principal promover el crecimiento de plancton. Estos pequeños organismos son indispensables en el estanque, porque además de ser una fuente de alimentación, aportan el oxígeno necesario para el bienestar de los peces, por lo tanto, favorecen la productividad del lote. La fertilización se puede realizar con materia orgánica. Es muy importante ser cuidadosos en las cantidades que se utilizan de estos elementos debido a que el exceso puede alterar las condiciones de calidad del agua y las condiciones de vida del estanque, tanto para los peces como para el plancton.

Para realizar la fertilización de los estanques se puede utilizar alguna de las materias primas que se detallan en la [tabla 4.2](#):

Tabla 4.2. Materias primas para fertilización.

Materia prima	Kilos por m ²
Porquinaza	0,15
Estiércol de vaca (boñiga)	0,15
Gallinaza	0,10

Fuente: elaboración propia.

Para saber cuántos kilos de materia orgánica se necesitan para un estanque es recomendable hacer el cálculo que se detalla a continuación.

Ejemplo

¿Cuántos kilos de materia orgánica son necesarios para un estanque de 800 m²?

Materia prima	Área del estanque (m ²)	Proporción/m ²	Total
Gallinaza	800	x 0,10	= 80

Entonces, para fertilizar un estanque de 800 m² se requieren 80 kilos de gallinaza fresca.

Cómo saber que el estanque está listo para su uso

Una semana antes de llenar el estanque, se debe revisar que las condiciones son las ideales para el ingreso de los peces (figuras 4.3 y 4.4). Para saberlo se deben tener en cuenta:

Turbidez

Se recomienda utilizar el disco Secchi para conocer, con mayor exactitud, el nivel de turbidez del estanque (figura 4.2 y tabla 4.3).

Tabla 4.3. Nivel de turbidez de un estanque.

Medida	Recomendación
Menos de 20 cm	Estanque demasiado turbio. Si el estanque es turbio con fitoplancton, habrá problemas con las bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Cuando la turbidez proviene de partículas de suelo suspendidas, la productividad será baja
20-30 cm	La turbidez se vuelve excesiva. La aplicación del fertilizante debe retrasarse
30-45 cm	Si la turbidez proviene del fitoplancton, el estanque está en buenas condiciones
45-60 cm	El fitoplancton se está volviendo escaso. Se debe aplicar fertilizante
Mayor a 60 cm	El fitoplancton se está volviendo escaso. Se debe aplicar fertilizante

Fuente: Boyd (2019).

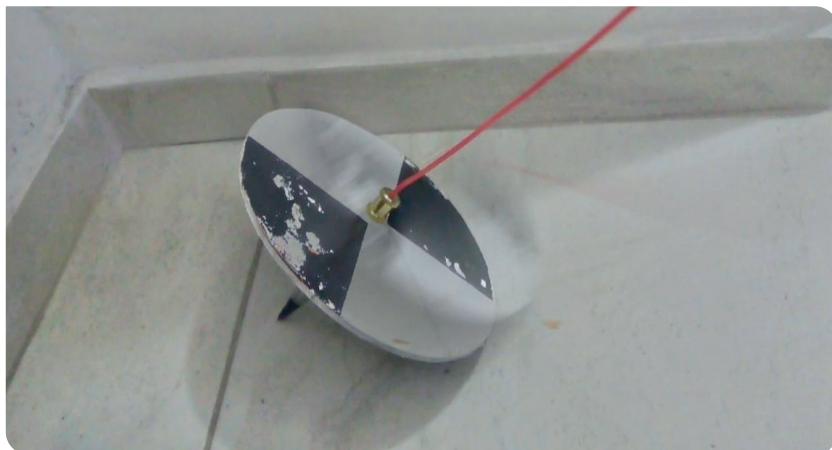


Figura 4.2. Disco Secchi.

Fuente: fotografía tomada por el autor.

Además de controlar una adecuada turbidez, no se deben descuidar los demás parámetros mínimos de calidad del agua, principalmente:

- La temperatura: 24°C-32°C.
- El oxígeno disuelto: mayor a 3 mg-litro.
- El pH: entre 7 y 9.



Figura 4.3. Preparación del estanque.
Fuente: fotografía tomada por el autor.



Figura 4.4. Estanque preparado.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Disminuyendo costos y mejorando la producción

Al administrar una empresa agropecuaria, se deben gestionar cuatro frentes básicos, que son: planear la producción, actuar sobre el plan de producción, medir el avance de dicho plan y evaluar los resultados al final del ciclo.



Figura 4.5. Registros y seguimiento.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Siembra de alevinos

A partir del momento de la siembra de alevinos comienzan las fases de producción, y es cuando se debe poner a prueba la capacidad del gerente de la empresa, haciendo un seguimiento del avance del lote y su rendimiento productivo; para lograrlo, se debe establecer un punto de partida de toma de datos que permita administrar el lote. Estos datos, y su adecuada interpretación, ayudan a conseguir una excelente cosecha, con rentabilidad económica.



Figura 4.6. Alevinos.

Fuente: fotografía tomada por el autor.

Selección de la semilla

Antes de realizar la compra de alevinos se debe tener en cuenta:

- Si la estación piscícola que vende los alevinos está certificada.
- Si otros productores tuvieron éxito con esta semilla o se hicieron ensayos de producción.
- Si el despacho, el transporte y el empaque son los adecuados para evitar altas mortalidades.
- Qué tan rápida es la curva de crecimiento de la semilla.
- Si está garantizada la reversión sexual.
- Si tiene buenas características productivas como conversión alimenticia, porcentaje de mortalidad y ganancia de peso.
- Revisar cuáles son los rendimientos esperados con dietas a base de concentrado.
- Revisar si resiste altas densidades de siembra.
- Revisar si es resistente a la manipulación y al movimiento de lotes a diferentes estanques.

- Cuánto tiempo necesita para alcanzar el tamaño comercial.
- Confirmar si la apariencia es aceptada fácilmente por el mercado al momento de comercializarla.
- Cuáles son los rangos extremos de temperatura, el pH, las bajas de oxígeno y los altos niveles de amonio que puede tolerar.

Después de haber seleccionado el mejor proveedor de la semilla, teniendo en cuenta las pautas anteriores, se procede con la compra y la siembra. Esta fase es crucial, y por lo tanto requiere un adecuado manejo y administración. Los principales problemas por un mal manejo de los alevinos llevan a altas tasas de mortalidad y deficiente progreso en la ganancia de peso, lo que afecta directamente la rentabilidad del negocio.

Llegada de los alevinos

Al recibir los alevinos se debe garantizar que el proveedor realice el transporte de la manera más rápida y directa, evitando que pasen mucho tiempo en las bolsas. En caso de que el proveedor no pueda llevarlos hasta el lugar de la siembra, se debe programar, con anterioridad, la logística de transporte (auto, bus, avión, etc.) para evitar contratiempos que pueden aumentar la mortalidad de la semilla. El tiempo máximo recomendado en transporte es de ocho horas (figura 4.7).



Figura 4.7. Transporte de alevinos.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Al momento de la llegada, las bolsas con los alevinos se dejan flotando en el estanque. En este proceso deberán tener un periodo de aclimatación mínimo de veinte minutos (figura 4.8).



Figura 4.8. Aclimatación de alevinos.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Después del periodo de aclimatación se abre la bolsa y se dejan salir lenta y tranquilamente a su nuevo ambiente (figura 4.9).



Figura 4.9. Liberación en el estanque.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Malas prácticas que se deben evitar en la fase de siembra

Tabla 4.4. Malas prácticas en la fase de siembra.

Malas prácticas	Consecuencias	Recomendación
Aclimatación inadecuada	Aumento de mortalidad por choque térmico	Poner las bolsas con los alevinos flotando sobre el estanque por lo menos durante veinte minutos
Manejo brusco	Aumento de mortalidad por heridas	Después de la aclimatación, abrir las bolsas dejando salir lentamente los alevinos. No tirarlos desde lo alto

Malas prácticas	Consecuencias	Recomendación
Suministro incorrecto del alimento concentrado	Aumento de mortalidad y retraso en el crecimiento	Se debe suministrar alimento exclusivamente para la fase de alevinos, con los tamaños de partícula y contenido de proteína adecuados
Compra de alevinos con reversión sexual deficiente	Ocurrencia de reproducción dentro del lote y no uniformidad del lote, aumento de costos de alimentación, disminución de cantidad, calidad y cantidad de carne, retraso del lote	Comprar alevinos con un proveedor de confianza que garantice una buena reversión. Realizar sexaje pasados 55 días, cuando el peso se encuentra entre los 50 y 70 gramos
No pesar ni contar los alevinos	Desconocimiento del avance real de rendimiento del lote en ganancia de peso y factor de conversión alimenticia. No es posible conocer con exactitud el porcentaje de supervivencia	Contar el número de peces iniciales del estanque. Cuando son muchos alevinos se debe sacar la relación de animales por peso
Control inadecuado de depredadores aéreos	Aumento de mortalidad, disminución de biomasa al final del ciclo	Barreras físicas, cerramiento que proteja los alevinos de depredadores. Este sistema debe ser amigable con el medioambiente
Desinfección y preparación inapropiada de los estanques	Presencia de enfermedades y depredadores, aumento de mortalidad, aumento de costos de producción, retraso en el desarrollo del lote	Realizar un proceso adecuado de preparación del estanque, limpieza de lodos y sedimentos, incluyendo la desinfección

Fuente: elaboración propia.

Iniciando el ciclo productivo

Cálculo de peces iniciales del estanque

Como se habló anteriormente, se debe conocer el número de peces iniciales como punto de partida del lote, esto permite definir cuál va a ser la cantidad exacta de alimento que se debe suministrar, como también conocer la ganancia de peso del lote (biomasa) en el tiempo, lo que finalmente definirá la rentabilidad del negocio.

Los alevinos se pueden contar manualmente cuando el número no es muy alto (figura 4.10), pero cuando es muy grande se hace conteo por biomasa, así:

Se pesan 100 alevinos		entre 100		Peso promedio alevino
<input style="width: 100%;" type="text"/>	÷	<input style="width: 100%; text-align: center; value: 100;" type="text"/>	=	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Peso de todos los alevinos		entre peso promedio alevino		Núm. total de alevinos
<input style="width: 100%;" type="text"/>	÷	<input style="width: 100%;" type="text"/>	=	<input style="width: 100%;" type="text"/>

Figura 4.10. Conteo de alevinos.

Fuente: elaboración propia.

Programando la alimentación

Para un adecuado manejo de la nutrición a lo largo del ciclo productivo, será necesario el uso de tablas nutricionales que brinden con mayor exactitud la cantidad de alimento para un correcto desarrollo del lote. La alimentación de los peces puede representar cerca del 60% de los costos de producción, por tal razón, mientras se realiza una selección y dosificación apropiada del alimento se evita sufrir pérdidas económicas, y al mismo

tiempo el lote se encontrará en buenas condiciones nutricionales y de salud (figura 4.11).



Figura 4.11. Registro de alimento suministrado.

Fuente: fotografía tomada por el autor.

Fase preengorde

En esta fase de preengorde existe mayor eficiencia en la conversión alimenticia, es decir, por cada gramo de concentrado que se le da al lote hay mayor capacidad de convertirlo en carne. Por tal razón, es importante tener en cuenta que debe suministrarse el alimento exacto, como también los niveles mínimos de proteína para el crecimiento correcto del lote (tabla 4.5). Suministrar más alimento del necesario puede afectar seriamente la eficiencia productiva, aumentando los costos por compra de alimento. Por otra parte, el exceso de alimento no consumido, al descomponerse en el agua, disminuye los niveles óptimos de oxígeno, afectando de inmediato la salud y el bienestar del lote y por ende su rendimiento productivo. Caso contrario, cuando damos menos alimento del que necesita se produce un desbalance nutricional que retrasa el aumento de peso, lo que finalmente es el principal objetivo del negocio. Además, una inadecuada nutrición promueve la aparición de enfermedades, lo que aumenta la mortalidad.

Tabla 4.5. Tabla de requerimiento de alimentación preengorde.

Semana	Peso promedio esperado (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)	Nivel óptimo de proteína concentrado
1	1	15	
2	3	10	
3	5	8	40-35 %
4	7	5,8	
5	10	5,7	
6	13	5,5	
7	17	5,1	
8	22	5,1	
9	29	5	
10	37	4,5	30-35 %
11	46	4,3	
12	56	4,2	
13	69	4,1	

Fuente: Manual de crianza de tilapia (s. f.).

Fase de engorde

La fase de engorde es la recta final del lote; en este punto se debe terminar el ciclo productivo al máximo problemas que generen retrasos en su último desarrollo, esto es definitivo para obtener mayores ganancias. Un correcto y constante monitoreo de ganancia de peso del lote y una calibración semanal de raciones de alimento aportarán, en gran medida, una óptima finalización del ciclo productivo. No se deben descuidar, en ningún momento, los parámetros básicos de calidad del agua (oxígeno, temperatura, pH, turbidez, amonio) (tabla 4.6).

Tabla 4.6. Tabla de requerimiento de alimentación de engorde.

Semana	Peso promedio esperado por pez (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)	Nivel óptimo de proteína concentrado
14	83	4	
15	100	4	
16	120	3,5	
17	140	3,4	
18	162	3,2	30-35%
19	184	2,9	
20	207	2,8	
21	231	2,6	
22	256	2,4	
23	282	2,3	
24	309	2,2	
25	337	2,1	
26	355	1,9	
27	393	1,8	25-30%
28	422	1,7	
29	451	1,6	
30	480	1,5	
31	509	1,4	

Fuente: Manual de crianza de tilapia (s. f.).

Cálculo de alimento semana 1

Peso promedio alevino (gramos)	% alimento peso según peso alevino	Núm. total de alevinos	Cantidad alimento lote por día
Según proveedor	x 15%	x	=

Ejemplo

¿Cuánto alimento se debe suministrar para iniciar un lote de 800 alevinos con un peso individual de 1 gramo?

Peso promedio alevino (gramos)	% alimento peso según peso alevino	Núm. total de alevinos	Cantidad alimento lote por día
1	x 15%	x 800	= 120 g

Resultado

Semana	Peso promedio por pez (gramos)	Peso promedio real muestreo (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)
1	1	N/A	15

Mortalidades	Número de peces en estanque	Cantidad de alimento (gramos)
	800	120 g

Seguimiento de la mortalidad al interior del cultivo

Al momento de iniciar el ciclo productivo, es muy importante registrar el número de mortalidades presentadas semanalmente, de esta manera se ajusta la cantidad de alimento que se debe suministrar para evitar el desperdicio.

Cálculo de alimento semana 2 en adelante

A partir de la segunda semana se comienzan a descontar las mortalidades de la cantidad inicial de alevinos. Este proceso se realiza semana tras semana hasta finalizar el ciclo productivo

Peso promedio alevino (gramos)	%	alimento peso según peso alevino	x	Núm. total de alevinos	x	=	Cantidad alimento lote por día
3	x	10%	x	795	x	=	238,5 g

Preengorde

Tabla 4.7. Tabla de requerimiento de alimentación preengorde.

Semana	Peso promedio esperado por pez (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)	Mortalidad	Número de peces en estanque	Cantidad de alimento (gramos)
1	1	15		800	120
2	3	10	5	795	239
3	5	8			
4	7	5,8			
5	10	5,7			
6	13	5,5			

Semana	Peso promedio esperado por pez (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)	Mortalidad	Número de peces en estanque	Cantidad de alimento (gramos)
7	17	5,1			
8	22	5,1			
9	29	5			
10	37	4,5			
11	46	4,3			
12	56	4,2			
13	69	4,1			

Fuente: elaboración propia.

Engorde

Tabla 4.8. Alimentación engorde.

Semana	Peso promedio esperado por pez (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)	Mortalidad	Número de peces en estanque	Cantidad de alimento (gramos)
14	83	4			
15	100	4			
16	120	3,5			
17	140	3,4			
18	162	3,2			
19	184	2,9			
20	207	2,8			
21	231	2,6			
22	256	2,4			

Semana	Peso promedio esperado por pez (gramos)	Cálculo alimento diario individual (% de peso)	Mortalidad	Número de peces en estanque	Cantidad de alimento (gramos)
23	282	2,3			
24	309	2,2			
25	337	2,1			
26	355	1,9			

Fuente: elaboración propia.

Cuántas veces se debe alimentar al día



Figura 4.12. Alimentación tilapias.

Fuente: fotografía tomada por el autor.

La cantidad de concentrado, definida para cada día, se debe suministrar entre tres o cuatro veces diarias, así:

Tabla 4.9. Cantidad de concentrado por día.

Alimentando tres veces al día (ej. 10 k)

Hora	% de la ración	Cantidad (kilos)
08:00 a. m.	30	3
12:00 p. m.	35	3,5
04:00 p. m.	35	3,5

Cálculo:

Cantidad diaria lote x 0,3

Cantidad diaria lote x 0,35

Cantidad diaria lote x 0,35

Alimentando cuatro veces al día (ej. 10 k)

Hora	% de la ración	Cantidad (kilos)
08:00 a. m.	15	1,5
11:00 a. m.	30	3
02:00 p. m.	30	3
05:00 p. m.	25	2,5

Cálculo:

Cantidad diaria lote x 0,15

Cantidad diaria lote x 0,30

Cantidad diaria lote x 0,30

Cantidad diaria lote x 0,25

Importancia de los muestreos en la productividad del cultivo de tilapia

Los muestreos se deben realizar cada quince días con la siguiente finalidad:

Determinar la ganancia de peso diaria y acumulada del lote.

- Monitorear el índice de conversión alimenticia.
- Ajustar las raciones exactas de concentrado, controlando los costos por alimentación.
- Observar la uniformidad del lote.
- Detectar la presencia de enfermedades.

De acuerdo con el número total de peces en el estanque, y teniendo como ejemplo que existan 795 peces en un estanque, como lo indica el registro de la tabla 4.7, se debe tomar una muestra al azar correspondiente al 3%, así:

Cantidad de peces en estanque		% muestra según peso alevino		Cantidad peces muestra
795	x	3%	=	24 peces

Al momento de realizar el muestreo, además de observar las condiciones de salud y apariencia de los peces, se debe realizar el pesaje de cada uno de ellos, lo que permitirá determinar con exactitud el avance del lote, como también las raciones exactas de alimento concentrado. En este proceso se debe evitar el manejo brusco de los peces, pues se pueden ocasionar lesiones.



Figura 4.13. Muestreo tilapia.
Fuente: fotografía tomada por el autor.



Figura 4.14. Seguimiento al comportamiento de la producción.
Fuente: fotografía tomada por el autor.

Índice de conversión alimenticia y su importancia en el cultivo

El índice de conversión alimenticia (CA) nos permite saber cuánto peso está ganando diariamente el lote de peces en relación con el concentrado que se le está suministrando. Para determinar este índice es indispensable contar, como mínimo, con registros de pesajes obtenidos en muestreos y la cantidad diaria de concentrado proporcionada al lote hasta el final del ciclo. Esta información también es útil para establecer si los costos fueron controlados adecuadamente, garantizando la rentabilidad de la cosecha.

Por ejemplo, si se tiene un lote de 15 semanas de edad, con un peso promedio pez de 120 gramos, con ca acumulada de 1,15, quiere decir que por cada 1,15 kilos de concentrado que se le da al lote se está ganando 1 kilo de peso vivo o biomasa. Este cálculo se puede hacer por semana, por fase o al finalizar el ciclo productivo. Como se había mencionado anteriormente, el concentrado representa cerca del 70% de los costos de producción, por tanto, en la medida que se tengan índices de ca adecuados, se asegura la rentabilidad del negocio.

Consumo de alimento periodo (semana, fase o todo el ciclo)	Aumento de peso	CA
<div style="background-color: #d9d9d9; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div>	÷	<div style="background-color: #d9d9d9; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div>
	=	<div style="background-color: #d9d9d9; width: 100px; height: 20px; margin: 5px auto;"></div>

Ejemplo

Teniendo en cuenta los registros que se muestran a continuación:

Tabla 4.10. Registros de pesajes.

Semana	Peso promedio individual (gramos)	Ganancia de peso semanal (biomasa kilos)	Ganancia de peso acumulado (biomasa kilos)	Concentrado total semana (kilos)	Consumo concentrado acumulado semanal (kilos)
0	1		0,8	0,8	0,8
1	3	1,5	2,3	1,6	2,5
2	5	1,5	3,9	2,2	4,6
3	7	1,5	5,4	2,2	6,8
4	10	2,2	7,6	3,0	9,8
5	13	2,2	9,8	3,8	13,6
6	17	3,0	12,8	4,6	18,2
7	22	3,6	16,4	5,8	24,0
8	29	5,0	21,4	7,5	31,5
9	37	5,6	27,0	8,5	40,0
10	46	6,3	33,3	10,0	50,0
11	56	6,8	40,1	11,8	61,8
12	69	8,8	48,9	14,0	75,8
13	83	9,3	58,2	16,3	92,1
14	100	11,1	59,3	19,4	111,5
15	120	13,0	82,3	20,2	131,7
16	140	12,7	95,1	22,6	154,3
17	162	14,1	109,2	24,5	178,8
18	184	13,4	122,5	24,5	203,7
19	207	14,9	137,4	26,9	230,6
20	231	14,1	151,5	27,6	258,2
21	256	15,6	167,2	28,1	286,3
22	282	16,4	183,6	29,6	315,8
23	309	17,0	200,5	30,9	346,7
24	337	17,5	218,0	32,1	378,8
25	355	11,3	229,3	30,5	409,3

¿Cuál fue la conversión alimenticia de la semana 5 a la 10?

Consumo de alimento periodo (semana 5 a 10)	Aumento de peso (semana 5 a 10)	CA
--	------------------------------------	----

$$40,2 \text{ kilos} \div 25,7 \text{ kilos} = 1,56$$

¿Cuál fue la conversión alimenticia de todo el ciclo?

Consumo de alimento periodo (Todo el ciclo)	Aumento de peso (Todo el ciclo)	CA
--	------------------------------------	----

$$40,2 \text{ kilos} \div 25,7 \text{ kilos} = 1,56$$

Referencias

Capítulo 1. El agua y la vida

Agudelo, R. M. (2005). El agua, recurso estratégico del siglo xxi. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 23(1), 91-102. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-386X2005000100009&lng=en&tlng=es.

Díaz, C. (2005). El ciclo hidrológico y el balance hídrico. En C. Díaz, M. V., Esteller y F. López (Eds.), *Recursos hídricos: conceptos básicos y estudios de caso en Iberoamérica* (págs. 1-9). Piriguazú, Centro Interamericano de Recursos del Agua-Universidad Autónoma del Estado de México.

Ecological Society of America (2003). Ecosistemas de agua dulce sustentables. *Tópicos en ecología*, (10). <https://www.esa.org/wp-content/uploads/2013/03/numero10.pdf>.

García, M. y Sánchez, F. D. (2001). *El medioambiente en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

López, M., Romano, E. y Triana, J. (2005). *El agua*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria.

Rodríguez, H. y Ánzola, E. (2001). La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. En H. Rodríguez, P. V. Daza y M. Carrillo (Eds.), *Fundamentos de acuicultura continental* (págs. 43-72). Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2010). *Agua potable, diversidad biológica y desarrollo: guía de prácticas recomendadas*. <https://es.readkong.com/page/agua-potable-7071039>.

Sierra, C. (2011). *Calidad del agua. Evaluación y diagnóstico*. Universidad de Medellín.

Shutterstock (2021). [hutterstock.com/es/?kw=shutterstock&cid=58935843666&gclid=...](https://www.shutterstock.com/es/?kw=shutterstock&cid=58935843666&gclid=...)

Capítulo 2. Manejo del agua en piscicultura

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (2016). *Manual de producción y consumo sostenible. Gestión del recurso hídrico. Piscícolas. Cultivo de trucha y tilapia*. Corantioquia. https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Piscicola.pdf.

Bautista, J. C. y Ruiz J. M. (2011). Calidad del agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente*, 3(8). <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>.

Briones-Pérez, E., Hernández, E., Leal-Mendoza, A. y Calvario, C. (2017). La calidad del agua en diferentes unidades de producción acuícola de Tlaxcala, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 4, 40-48.

Carvajal, Y., Escobar, J. C. y Samboni, N. E. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Ingeniería e Investigación*, 27(3), 172-181.

Daza, P. V. y Parra M. L. (Eds.) (2019). *Fundamentos de acuicultura continental*. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

Educima (s. f.). <https://www.educima.com/>.

González, J. F. (2019). Calidad del agua en acuicultura. En P. V. Daza y M. L. Parra (Eds.), *Fundamentos de acuicultura continental* (págs. 23-42).

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).

Luna, M. (2011). Efluentes piscícolas: características contaminantes, impactos y perspectivas de tratamiento. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 3(1), 12-15. <https://jci.uniautonoma.edu.co/2011/2011-2.pdf>.

Merino, M. C., Salazar G. y Gómez, D. (2006). *Guía práctica de piscicultura en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>.

Pez mandala (s. f). hobby-mix.net.

Piedrahíta, H. S. y Arroyave I. C. (2016). Manual técnico para el cultivo de peces bajo las buenas prácticas de producción de la acuicultura BPPA. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Shutterstock (2021). [shutterstock.com/es/?kw=shutterstock&apicid=p58935843666&gclid](https://www.shutterstock.com/es/?kw=shutterstock&apicid=p58935843666&gclid).

Capítulo 3. Estrategias para mitigar el impacto del recurso hídrico

Calderón, C., Bayona, M., Bonilla, S., Guerrero, M. A. y Calderón, H. (2017). *Guía de manejo ambiental para el sector de la piscicultura continental en Colombia*. FEDEACUA.

García, M. C., Fernández, J. E. y Luna, M. A. (2009). *Evaluación de un sistema de filtración en grava de flujo ascendente (FGA) como alternativa para el tratamiento de los efluentes en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp.)* [trabajo de grado]. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca, Popayán.

Hepp, C. (Ed.) (2012). *Resultados preliminares sobre el uso de lodos de pisciculturas sobre suelos agropecuarios de origen volcánico de la Patagonia Occidental (Aysén)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike.

Hepp, C., Vidal, F., Barattini, P. y Carvajal, A. (2014). Caracterización de lodos de piscicultura con potencial para el sector agropecuario. *Boletín INIA*, (223). <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/7774>.

Menéndez, C. y Díaz, M. A. (2009). *Lagunas. Diseño, operación y control*. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

Pardo, S., Suárez, H. y Soriano, E. (2006). Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1),20-29.

Parra, L. M. (2006). *Operación de un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) hasta alcanzar el estado estable* [tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia. <https://core.ac.uk/download/pdf/11051607.pdf>.

Capítulo 4. Manejo productivo

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (2016). Manual de producción y consumo sostenible. Gestión del recurso hídrico. Piscícolas. Cultivo de trucha y tilapia. Corantioquia. https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Piscicola.pdf.

Boyd, C. (2019). Reflexiones sobre la fertilización de estanques. *Global Aquaculture Alliance*. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/reflexiones-sobre-la-fertilizacion-de-estanques/>.

Manual de crianza de tilapia (s. f.). <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.

Merino, M. C., Salazar G. y Gómez, D. (2006). *Guía práctica de piscicultura en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Guia-Practica-de-Piscicultura-en-Colombia.pdf>.

Piedrahíta, H. S. y Arroyave I. C. (2016). *Manual técnico para el cultivo de peces bajo las buenas prácticas de producción de la acuicultura BPPA*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Saavedra, M. A. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.

Shutterstock (2021). [shutterstock.com/es/?kw=shutterstock&cc3apid-t=p58935843666&gclid](https://www.shutterstock.com/es/?kw=shutterstock&cc3apid-t=p58935843666&gclid).

Anexos

1. Protocolo de manejo sanitario en piscicultura
2. Protocolo de buenas prácticas ambientales en piscicultura
3. Protocolo para el adecuado manejo del agua en piscicultura



Este libro se terminó de imprimir en octubre de 2021.
Para su elaboración se utilizó en la carátula papel Propalcote de 250 gramos.
Páginas interiores, papel propal mate de 90 gramos. Fuente tipográfica para texto corrido
Garamond.