



INSTITUTO SUPERIOR
TECNOLÓGICO PELILEO

Acuicultura

ACUICULTURA

Directorio Editorial Institucional

Dr. Rodrigo Mena Mg. Rector
Mg. Sandra Cando Coordinadora Institucional
Mg. Oscar Toapanta Coordinador de I+D+i
Ing. Johanna Iza Líder de Publicaciones

Acuicultura

Mg. Angela Carrasco
Mg. Eduardo Guano

Revisión técnica de pares académicos

Nombre del Revisor 1: Mvz. Lenin Pavón

IST PELILEO

Correo:eduvel@hotmail.com

Nombre del Revisor 2: Ing. Yola Haro

IST PELILEO

Correo:yharoregion3@gmail.com

ISBN: 978978-9942-686-48-0

Primera edición Agosto 2024 <https://istp.edu.ec>

Usted es libre de compartir, copiar la presente guía en cualquier medio o formato, citando la fuente, bajo los siguientes términos: Debe dar crédito de manera adecuada, bajo normas APA vigentes, fecha, página/s. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma arbitraria sin hacer uso de fines de lucro o propósitos comerciales; debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original. No puede aplicar restricciones digitales que limiten legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.

Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



AUTORES



Ing. Ángela Carrasco, Mg.

DOCENTE

Ingeniera Zootecnista de profesión Master en Producción y Sanidad Animal apasionada por la producción de especies mayores y menores con destacada participación en proyectos de investigación en reproducción y alimentación de las especies como bovinos y porcinos en el Instituto Superior Tecnológico Pelileo y en colaboración con la Universidad Técnica de Ambato. Actualmente es docente del Instituto Superior Tecnológico Pelileo y Coordinadora de la Carrera de Producción Animal



Mvz. Eduardo Guano, Mg.

GERENTE MASTERVET

Médico Veterinario Zootecnista de profesión Master en Producción y Sanidad Animal apasionada por la producción y Sanidad de especies mayores y menores con destacada participación en proyectos y manejo de las especies como bovinos, porcinos y animales de compañía en la Empresa MASTERVET Fue docente del Instituto Superior Tecnológico Pelileo y actualmente es gerente de la empresa MASTERVET Servicios veterinarios

PRÓLOGO

La acuicultura, como disciplina y práctica, ha emergido en las últimas décadas como una solución esencial para garantizar la seguridad alimentaria global, preservando al mismo tiempo la sostenibilidad de los recursos naturales. Este libro se presenta como una guía integral y accesible para comprender los fundamentos, técnicas y avances que hacen de la acuicultura una actividad clave en la producción de alimentos, el desarrollo económico y la conservación ambiental.

El lector encontrará en estas páginas una visión equilibrada que combina conocimientos científicos, prácticas tradicionales y tecnologías innovadoras, mostrando cómo la acuicultura ha evolucionado desde ser una actividad local hasta convertirse en un pilar de la economía global. Se exploran aspectos cruciales como la reproducción, el manejo de especies, la calidad del agua, la alimentación, y el impacto ambiental, ofreciendo herramientas y estrategias que permiten a los productores y estudiantes enfrentarse a los desafíos contemporáneos.

Además, el libro aborda las dinámicas sociales, económicas y ecológicas que rodean esta actividad, destacando el papel que la acuicultura puede desempeñar en la mitigación del cambio climático, la creación de empleo y la reducción de la presión sobre las poblaciones silvestres. En un mundo cada vez más interconectado, la acuicultura no solo responde a las necesidades locales, sino que también fomenta la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos entre culturas y regiones.

Este texto es el resultado de la colaboración entre profesionales del sector, investigadores y académicos apasionados por transmitir su experiencia y visión. A través de una estructura didáctica y ejemplos prácticos, busca inspirar tanto a quienes están iniciándose en esta área como a quienes desean profundizar su expertise.

Invitamos al lector a sumergirse en el fascinante universo de la acuicultura, donde la ciencia y la práctica se entrelazan para cultivar no solo alimentos, sino también un futuro más sostenible y equitativo para las próximas generaciones.

CONTENIDOS

01 CAPÍTULO UNO
Introducción a la acuicultura
Historia de la acuicultura en el mundo
Producción mundial de la acuicultura y la pesca
La acuicultura en el Ecuador
Definición de acuicultura
Sistemas productivos acuícolas
Objetivos de la acuicultura
Requerimientos para tener éxitos en la acuicultura

02 CAPÍTULO DOS
FUNDAMENTOS DE ECOLOGÍA ACUÁTICA
Tipos de sistemas acuáticos
El agua distribución mundial
Lagos
Ríos
Principales parámetros de calidad del agua

03 CAPÍTULO TRES
BASES BIOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ACUÍCOLAS
Biología y anatomía de la trucha
Biología y anatomía de la tilapia
Biología y anatomía del camarón
Nuevas especies en acuicultura

04 CAPÍTULO CUATRO
NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ACUÍCOLA
Nutrición acuícola
Alimentación acuícola
Ejercicios prácticos
Alimento vivo para peces

05 CAPÍTULO CINCO
MANEJO DE CULTIVOS ACUÍCOLAS
La densidad de siembra y la producción acuícola
Uso de fertilizantes en la producción acuícolas

06 CAPÍTULO SEIS
REPRODUCCIÓN EN PECES
Anatomía y procesos de reproducción en trucha
Anatomía y procesos de reproducción en tilapia
Anatomía y procesos de reproducción en camarones



INTRODUCCIÓN

01

CAPÍTULO UNO

INTRODUCCION A LA ACUICULTURA

Propósito

Proporcionar a los estudiantes universitarios una herramienta exhaustiva y orientadora que aborde los fundamentos esenciales de la acuicultura. Con un enfoque integral, la guía busca familiarizar a los estudiantes con los principios teóricos y prácticos de la acuicultura, incluyendo la historia de esta disciplina, los sistemas productivos, las especies cultivadas, las tecnologías emergentes y los desafíos ambientales y económicos asociados. El objetivo final es equipar a los estudiantes con el conocimiento necesario para comprender, analizar y favorecer al desarrollo sostenible de la acuicultura en un contexto global.

Objetivos Específicos

Información Integral: Suministrar detalles acerca de la acuicultura, abordando aspectos como las condiciones necesarias de su entorno, sus necesidades alimenticias, procesos reproductivos y cuidados particulares específicos para su manejo.

Técnicas de Manejo: Describir las técnicas de manejo adecuadas para las especies acuícolas, incluyendo el control de enfermedades y estrategias de alimentación y nutrición.

Recursos y Bibliografía: Proporcionar una lista de recursos adicionales, libros, sitios web y organizaciones relevantes para quienes deseen profundizar en el tema.



Generalidades

La acuicultura, también conocida como la piscicultura, ha surgido como una práctica esencial para satisfacer el aumento en la demanda internacional de productos del mar. Este método de cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones controladas no solo favorece a la seguridad alimentaria, sino que también aporta un papel vital en la economía global. A continuación, exploraremos diversos aspectos de la acuicultura, desde su historia hasta los requisitos clave para alcanzar el éxito en esta industria en constante evolución.

Historia de la acuicultura mundial

La historia de la acuicultura se remonta a las civilizaciones antiguas, donde diversas culturas practicaban formas rudimentarias de piscicultura. China, con su antigua tradición de criar carpas en estanques, ha sido pionera en el desarrollo de esta técnica durante más de 2000 años. A través de los siglos, se ha expandido y diversificado en todo el mundo, desde la cría de peces en estanques hasta sistemas modernos altamente especializados.

1. Antigüedad:

Las evidencias históricas sugieren que las primeras formas de acuicultura se practicaban en China alrededor del año 2500 a.C. Los chinos desarrollaron sistemas de cultivo de carpas en estanques, marcando el inicio de la piscicultura. La cría controlada de peces en estanques proporcionaba una fuente confiable de alimentos, y estas técnicas se difundieron a otras regiones, incluyendo Egipto y Roma.

2. Época Romana:

En la época romana, se expandieron las prácticas de acuicultura, y los romanos construyeron estanques para criar peces en agua salada y dulce. Plinio el Viejo describió métodos para la cría de peces en estanques y estanques de agua salada en su obra "Naturalis Historia".



3. Edad Media y Renacimiento:

Durante la Edad Media, las técnicas de acuicultura continuaron desarrollándose en Europa. Monasterios medievales utilizaban estanques para criar peces como una fuente de alimentos durante las temporadas de ayuno. Durante el Renacimiento, las prácticas de acuicultura se extendieron aún más, y se establecieron técnicas más avanzadas.

4. Siglo XIX:

En el siglo XIX, la acuicultura experimentó un resurgimiento con el desarrollo de nuevas tecnologías y conocimientos científicos. Se realizaron investigaciones sobre la reproducción y el crecimiento de peces, y se introdujeron métodos más avanzados para el cultivo de ostras y moluscos.

5. Siglo XX:

Durante el siglo XX, la acuicultura experimentó un rápido crecimiento a nivel global. Se implementaron sistemas modernos de cría en estanques, jaulas flotantes y sistemas recirculantes. Los avances en la genética permitieron la selección de características deseables en las especies cultivadas, mejorando la productividad y la resistencia a enfermedades.

6. Siglo XXI:

En el siglo XXI, la acuicultura ha evolucionado en una industria clave para producir alimentos a nivel mundial. Se han intensificado las investigaciones en biotecnología, nutrición acuícola y gestión sostenible. La acuicultura juega un punto crucial en la seguridad alimentaria, la conservación de especies en peligro y la disminución de la influencia sobre las poblaciones silvestres.

Producción mundial de la acuicultura y la pesca

La producción global pesquera y acuícola, sin contar las algas, ha mostrado un notable incremento en las últimas siete décadas. En 1950, la producción era de 19 millones de toneladas (peso vivo) y alcanzó aproximadamente 179 millones de toneladas en 2018, con una tasa de crecimiento anual del 3,3%. Sin embargo, en 2019 hubo una disminución del 1% respecto a 2018, seguida de un pequeño aumento del 0,2% en 2020, alcanzando 178 millones de toneladas. El costo general de las ventas de la productividad pesquera y acuícola de animales acuáticos en 2020 se evaluó en 406,000 millones de USD, de los cuales 265,000 millones de USD provienen de la acuicultura. Esta reciente estabilización se debe principalmente a una disminución en la pesca de captura, que cayó un 4,5% en 2019 desde el pico de 96 millones de toneladas en 2018, y otro descenso del 2,1% en 2020 (FAO, 2020).

Por otro lado, la producción acuícola, que ha sido el principal motor del crecimiento desde finales de los años 80, sigue aumentando, aunque más lentamente en los últimos dos años (un 3,3% en 2018-2019 y en 2,6% en 2019-2020, comparado con el crecimiento anual promedio del 4,6% entre 2010 y 2018). En los últimos dos años, la acuicultura ha crecido más que la pesca de captura, representando el 49% (88 millones de ton.) de la producción total de 178 millones de toneladas en 2020, mientras que la pesca de captura contribuyó con el 51% (90 millones de ton.) (FAO, 2020)

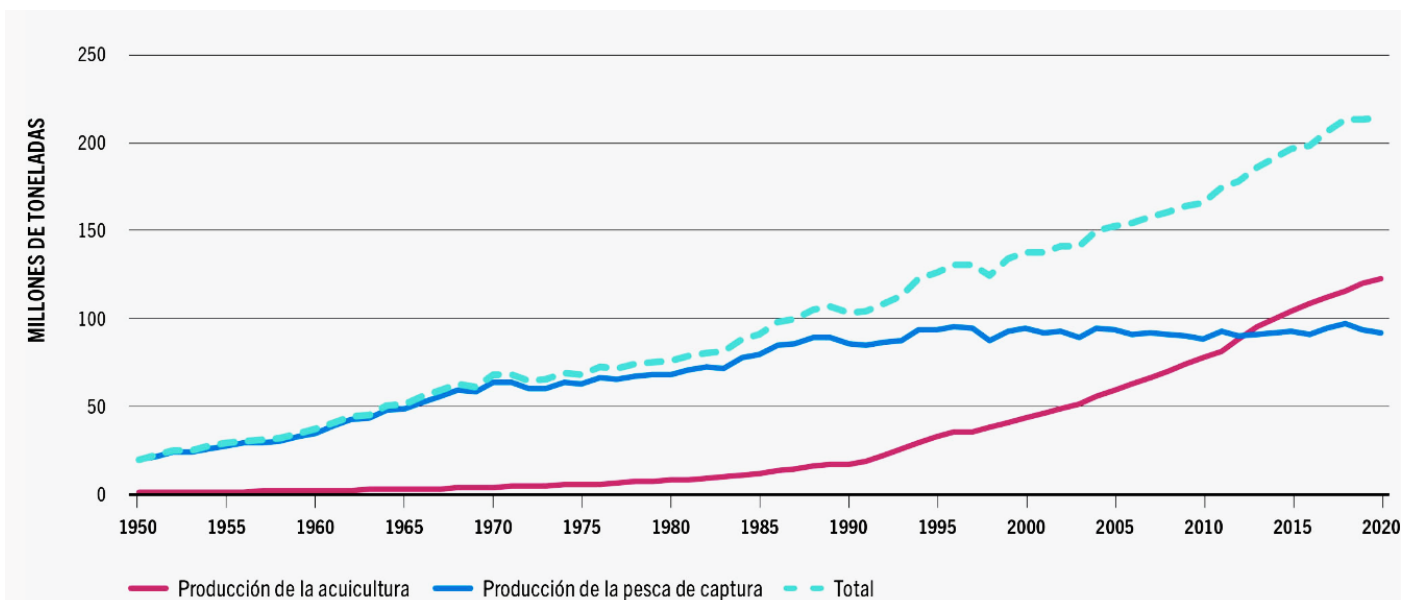


Figura 1

Producción acuícola y pesquera, excluidos mamíferos acuáticos, cocodrilos, lagartos y caimanes, pesos en peso vivo.

<https://www.fao.org/3/cc0461es/online/sofia/2022/world-fisheries-aquaculture-production.html>

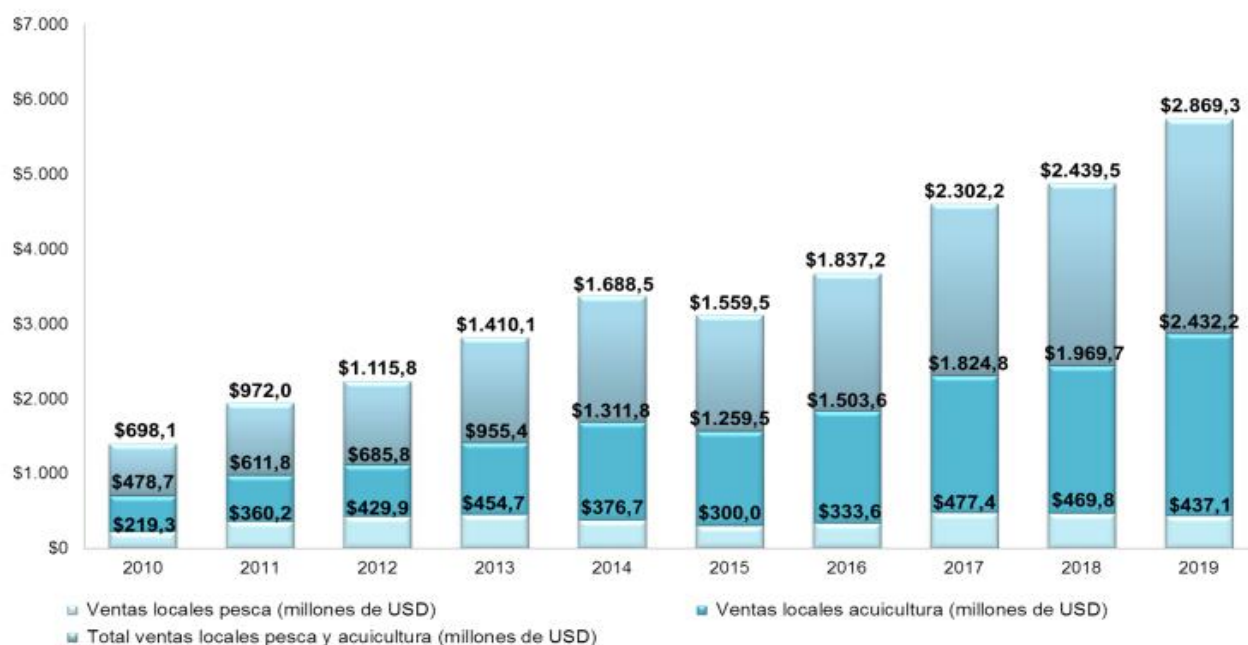


Figura 2

Ventas locales de pesca u acuicultura en Ecuador 2010- 2019.

https://fca.uta.edu.ec/v4.0/images/OBSERVATORIO/dipticos/Diptico_N27.pdf

La acuicultura en el Ecuador

Ecuador se ha posicionado como un actor destacado en la acuicultura de América Latina. La cría de camarones, tilapia y trucha arcoíris ha experimentado un crecimiento constante, contribuyendo no solo a la seguridad alimentaria sino también a la economía nacional. Las condiciones geográficas favorables y el compromiso con prácticas sostenibles han consolidado a Ecuador como un protagonista en la producción acuícola regional.

La industria pesquera y acuícola en Ecuador, sin contar el camarón, ha mostrado un crecimiento sostenido, ubicándose en el puesto 17 entre 18 sectores nacionales, de acuerdo con el Banco Central del Ecuador. En 2019, esta actividad generó \$575.8 millones, con una regulación de crecimiento anual promedio del 5.9% entre el año 2000 y el año 2019. En 2018, el 99.7% del Valor Agregado Bruto (VAB) de esta explotación se concentró en las regiones de Guayas, Manabí, Santa Elena, El Oro, Galápagos y Esmeraldas (INEC,2019).

El país, debido a su ubicación oceanográfica y abundancia de recursos marítimos, se considera privilegiado.

Ecuador no solo se destaca como los principales comerciantes de productos pesqueros en Latinoamérica, sino que su industria acuícola también representa un papel crucial en la seguridad alimentaria regional y nacional. El país cuenta con puertos importantes como Guayaquil, Manta, Bolívar, Posorja y Esmeraldas. Ecuador es ampliamente reconocido por su pesca de atún, teniendo la segunda flota atunera más grande del Pacífico Oriental después de Tailandia. La flota ecuatoriana cuenta con 118 barcos con una capacidad total de arrastre de 98,000 toneladas. En 2018, un 61% de las 593,000 ton. de atún capturado en el Océano Pacífico Oriental fue descargado en puertos de Ecuador. Aunque los productos pesqueros ecuatorianos tienen una alta demanda internacional, el consumo interno de pescado en el país es relativamente baja al compararse con otros países de América Latina y a nivel mundial (MAG, 2019)

Definición de acuicultura

Se refiere a la cría controlada y sostenible de organismos acuáticos para obtener alimentos, productos farmacéuticos y otros derivados. Este proceso se lleva a cabo en ambientes controlados, permitiendo una gestión precisa de las condiciones para optimizar el crecimiento y la salud de los organismos cultivados.

Ventajas: La acuicultura proporciona importantes beneficios, incluyendo la mejora de la seguridad alimentaria, la creación de oficio y la promoción de prácticas sostenibles. Al disminuir la presión sobre las poblaciones naturales, también contribuye a la conservación de los recursos acuáticos.

Desventajas: Sin embargo, la acuicultura se enfrenta a dificultades como la posible contaminación del agua, la difusión de enfermedades y la necesidad de depender de insumos externos. Mantener un equilibrio adecuado entre el desarrollo económico y la preservación ambiental es crucial para abordar estos retos.

Sistemas productivos acuícolas

La acuicultura, como disciplina de producción de organismos acuáticos, ha experimentado un desarrollo significativo a lo largo de las décadas, y los sistemas productivos desempeñan un papel crucial en la eficiencia y sostenibilidad de esta industria. Se han desarrollado diversos sistemas para ajustarse a las características específicas de las especies cultivadas y a las situaciones ambientales. A continuación, se exploran algunos de los sistemas productivos acuícolas más relevantes:

1. Estanques de Cultivo:

Los estanques de cultivo son uno de los sistemas más antiguos y comunes. Se utilizan principalmente para criar peces de agua dulce, camarones y otros organismos acuáticos. La gestión cuidadosa del agua y la alimentación es esencial para optimizar la producción en este sistema.

2. Jaulas Flotantes: Las jaulas flotantes se emplean en ambientes acuáticos naturales como lagos, ríos o áreas costeras. Este sistema es especialmente eficaz para la cría de peces de aguas abiertas, como la trucha o el salmón. La circulación natural del agua contribuye al bienestar de los organismos y reduce el riesgo de enfermedades.

3. Sistema de Recirculación Acuícola (RAS): Los sistemas RAS son sistemas cerrados que reciclan y purifican el agua, minimizando la necesidad de grandes volúmenes de agua. Este enfoque se utiliza para la cría de peces en instalaciones terrestres y permite una vigilancia puntual de las circunstancias ambientales, lo que resulta en una mayor densidad de cultivo.

4. Estuarios y Manglares: Los estuarios y manglares se utilizan para la cría de organismos que dependen de ambientes salinos y de transición. Los camarones son comúnmente cultivados en estas áreas, aprovechando las condiciones naturales para su desarrollo.

5. Sistemas de Acuaponía: La acuaponía combina la cría de peces con la hidroponía, utilizando los residuos de los peces como nutrientes para las plantas. A su vez, las plantas filtran y purifican el agua para los peces. Este método representa una manera efectiva y integrada de producción.



Figura 3

Sistemas productivos

www.cna-ecuador.com/aquaexpo

Objetivos de la acuicultura

La acuicultura, como práctica fundamental en la producción de alimentos y recursos marinos, tiene una serie de objetivos que abarcan aspectos económicos, sociales y medioambientales. Estos objetivos son cruciales para maximizar los beneficios de la acuicultura de manera sostenible y responsable. A continuación, se detallan algunos de los objetivos más resaltantes de la acuicultura:

1. Satisfacción de la Demanda Alimentaria:

La acuicultura tiene como objetivo primordial contribuir a la seguridad alimentaria global, proporcionando una fuente sostenible y confiable de proteínas para la creciente población mundial. El cultivo de diversas especies acuáticas busca suplir la demanda de productos del mar, reduciendo la presión sobre las poblaciones silvestres.

2. Generación de Empleo y Desarrollo Económico:

La acuicultura se propone generar empleo en comunidades costeras y rurales, promoviendo el desarrollo económico a nivel local y nacional. Al crear oportunidades laborales en la producción, proceso y mercadeo de productos acuáticos, contribuye al bienestar social y a la estabilidad económica.

3. Conservación de Recursos Marinos:

Un objetivo fundamental de la acuicultura es disminuir la presión sobre las poblaciones de peces salvajes. Mediante el cultivo controlado de especies específicas en ambientes controlados, se pretende conservar la biodiversidad marina y mitigar los efectos de la pesca intensiva, promoviendo la salud a lo largo del tiempo en los ecosistemas acuáticos.

4. Desarrollo de Prácticas Sostenibles:

Busca avanzar hacia prácticas más sostenibles, minimizando su impacto ambiental. Esto implica la implementación de tecnologías y métodos que reduzcan la contaminación del agua, la utilización eficiente de los recursos y la correcta gestión de los desechos, favoreciendo la preservación de la salud de los ecosistemas acuáticos.

5. Innovación y Mejora Genética:

La investigación y desarrollo en acuicultura tienen como objetivo mejorar las prácticas de cría, aumentar la resistencia de los organismos cultivados a enfermedades, mejorar las tasas de desarrollo y maximizar la eficiencia en la conversión de alimentos. La mejora genética y la aplicación de tecnologías innovadoras son fundamentales para alcanzar estos objetivos.

6. Cumplimiento de Normativas y Certificaciones:

La acuicultura busca operar dentro de un marco legal y ético, cumpliendo con normativas locales e internacionales. La obtención de certificaciones de sostenibilidad y prácticas responsables es un objetivo clave, ya que esto no solo garantiza la calidad de los productos, sino que también fortalece la reputación de la industria.

7. Diversificación de Especies y Mercados:

Para aumentar la resiliencia y reducir el riesgo asociado con la dependencia de unas pocas especies o mercados, la acuicultura se propone diversificar tanto las especies cultivadas como los destinos de comercialización. Esto contribuye a la adaptabilidad del sector frente a posibles cambios en la demanda o eventos climáticos.

Requerimientos para tener éxitos en la acuicultura

La acuicultura, como forma de producción de organismos acuáticos, requiere una gestión cuidadosa y planificación estratégica para alcanzar el éxito sostenible. Aquí se destacan los elementos esenciales que contribuyen al logro de resultados positivos en la acuicultura:

1. Conocimiento Especializado: Adquirir un conocimiento profundo de las especies cultivadas y de las prácticas de manejo es fundamental. Esto incluye la comprensión de los requisitos específicos de hábitat, alimentación, reproducción y salud de las especies seleccionadas.

2. Selección Adecuada de Especies: Elegir las especies acuáticas adecuadas para la producción es crucial. Debe considerarse la demanda del mercado, la adaptabilidad a las condiciones locales y la rentabilidad económica.

3. Infraestructura y Tecnología: Contar con instalaciones apropiadas y tecnología actualizada es esencial. Los sistemas de acuicultura varían en complejidad, desde estanques tradicionales hasta sistemas de recirculación avanzados. La infraestructura debe adaptarse a las necesidades de las especies cultivadas.

4. Calidad del Agua: Es importante mantener la inocuidad del agua para asegurar el bienestar de los organismos acuáticos. La monitorización regular de parámetros como temperatura, oxígeno, pH y nutrientes es esencial para prevenir problemas de salud y asegurar un crecimiento óptimo.

5. Alimentación Balanceada: Proporcionar una dieta objetiva y nutritiva es esencial para el crecimiento sano de los organismos acuáticos. Se debe ajustar la nutrición de acuerdo con los requerimientos específicos de cada especie y etapa de desarrollo.



6. Manejo Sanitario: Implementar prácticas sólidas de manejo sanitario ayuda a prevenir enfermedades y minimizar la necesidad de tratamientos. Esto incluye la inspección de parásitos, patógenos y la cuarentena de nuevos organismos antes de la introducción en los sistemas de producción.

7. Sostenibilidad Ambiental: Adoptar prácticas sostenibles es esencial para avalar la salud a largo plazo de la acuicultura. Esto implica minimizar el impacto ambiental, gestionar los residuos de manera responsable y cumplir con estándares y certificaciones ambientales.

8. Gestión Financiera: Es fundamental contar con una administración financiera para garantizar el éxito. Esto implica realizar una planificación presupuestaria adecuada, evaluar los costos y beneficios, y diversificar las fuentes de ingresos.

9. Investigación y Desarrollo: Estar al tanto de los avances en investigación y técnicas en el área acuícola es fundamental. La innovación y la adaptación a nuevas prácticas pueden mejorar la eficiencia y la competitividad.

10. Cumplimiento Normativo: Cumplir con las regulaciones y normativas locales e internacionales es crucial, abarca desde aspectos sanitarios y ambientales hasta estándares de calidad y bienestar animal.



CUESTIONARIO

CAPÍTULO I

CUESTIONARIO CAPITULO I

¿Qué es la acuicultura?

- a. Agricultura de plantas
- b. Cría controlada de organismos acuáticos
- c. Ganadería en ambientes acuáticos
- d. Minería submarina

¿En qué año se practicaban formas rudimentarias de acuicultura en China, según las evidencias históricas?

- a. 500 d.C.
- b. 2500 a.C.
- c. 1000 a.C.
- d. 1500 d.C.

¿Quién describió métodos para la cría de peces en estanques y estanques de agua salada durante la época romana?

- a. Aristóteles
- b. Plinio el Viejo
- c. Marco Polo
- d. Séneca

¿Cuál fue el resurgimiento experimentado por la acuicultura en el siglo XIX?

- a. Desarrollo de la agricultura
- b. Descubrimientos arqueológicos
- c. Desarrollo de nuevas tecnologías
- d. Descubrimiento de nuevos océanos

¿Qué avances se lograron en el siglo XX en la acuicultura?

- a. Descubrimiento de nuevos océanos
- b. Desarrollo de sistemas modernos de cría
- c. Reducción de la investigación en genética

d. Estancamiento en la producción acuícola

¿En qué siglo la acuicultura se convirtió en una industria clave en el mundo?

- a. Siglo XVIII
- b. Siglo XIX
- c. Siglo XX
- d. Siglo XXI

¿Cuál es uno de los primeros objetivos de la acuicultura relacionado con la seguridad alimentaria?

- a. Generación de empleo
- b. Satisfacción de la demanda alimentaria
- c. Cumplimiento normativo
- d. Desarrollo económico

¿Cuál es un desafío enfrentado por la acuicultura según el texto?

- a. Baja demanda internacional
- b. Riesgo de contaminación del agua
- c. Exceso de producción
- d. Dependencia de recursos naturales

¿Qué sistema productivo acuícola se utiliza para la cría de peces en estuarios y manglares?

- a. Estanques de cultivo
- b. Jaulas flotantes
- c. Sistema de recirculación acuícola
- d. Acuaponía

¿Cuál de los siguientes no es un objetivo de la acuicultura mencionado en el texto?

- a. Cumplimiento de normativas
- b. Maximizar la dependencia de especies
- c. Innovación y mejora genética
- d. Desarrollo sostenible

¿Qué requisito esencial se menciona para tener éxito en la acuicultura?

- a. Conocimiento especializado
- b. Cumplimiento normativo
- c. Infraestructura antigua
- d. Baja calidad del agua

¿Qué sistema acuícola se destaca por reciclar y purificar el agua, minimizando la necesidad de grandes volúmenes?

- a. Jaulas flotantes
- b. Estanques de cultivo
- c. Sistema de recirculación acuícola (RAS)
- d. Acuaponía

¿Cuál es el principal desencadenante del estancamiento reciente en la producción pesquera y acuícola mundial?

- a. Cambios en las políticas de China
- b. Consumo interno elevado
- c. Innovaciones tecnológicas
- d. Aumento en la demanda internacional

¿En qué siglo Ecuador se posicionó como un actor destacado en la acuicultura de América Latina?

- a. Siglo XVIII
- b. Siglo XIX
- c. Siglo XX
- d. Siglo XXI

¿Cuál es uno de los principales puertos de Ecuador destacado en la pesca de atún?

- a. Puerto Bolívar
- b. Puerto Esmeraldas
- c. Puerto Guayaquil
- d. Puerto Manta



02

FUNDAMENTOS DE ECOLOGÍA ACUÁTICA

Tipos de Sistemas Acuáticos

La ecología acuática se concentra en investigar los organismos y sus relaciones dentro de hábitats acuáticos como océanos, mares, ríos, lagos, estuarios y humedales. Este campo analiza cómo factores bióticos y abióticos afectan la presencia y cantidad de organismos acuáticos, así como la organización y operación de los ecosistemas acuáticos.

Océanos y Mares: Son los sistemas acuáticos más extensos y contienen una biodiversidad única. Los océanos se dividen en zonas, como la zona pelágica (aguas abiertas) y la zona bentónica (fondo marino).

Ríos y Arroyos: Fluyen continuamente y proporcionan hábitats diversos. La velocidad del flujo, la profundidad y la calidad del agua son factores clave que intervienen en la vida acuática.

Lagos y Lagunas: Representan cuerpos de agua estancada, con diferentes zonas térmicas y estratificación. Pueden albergar una variedad de especies, desde peces hasta microorganismos.

Estuarios: Son regiones donde las aguas dulces de los ríos se encuentran con las aguas saladas del océano. Son cruciales para la reproducción de muchas especies marinas y albergan una amplia diversidad biológica.

Humedales: Incluyen pantanos, ciénagas y turberas. Estos ecosistemas húmedos desempeñan un papel vital en la filtración del agua, evitar inundaciones y la subsistencia de la biodiversidad.

Zonas Costeras: Comprenden áreas donde la tierra y el agua se encuentran, como playas, arrecifes de coral y manglares. Son hábitats críticos para muchas especies y son vulnerables a las actividades humanas.

Embalses y Reservorios: Cuerpos de agua creados artificialmente por la construcción de presas. Pueden tener impactos significativos en la ecología acuática y la vida silvestre.

Pozas y Charcos: Son pequeños cuerpos de agua temporales o permanentes que pueden albergar una variedad de organismos adaptados a condiciones cambiantes.

Distribución hídrica en el mundo

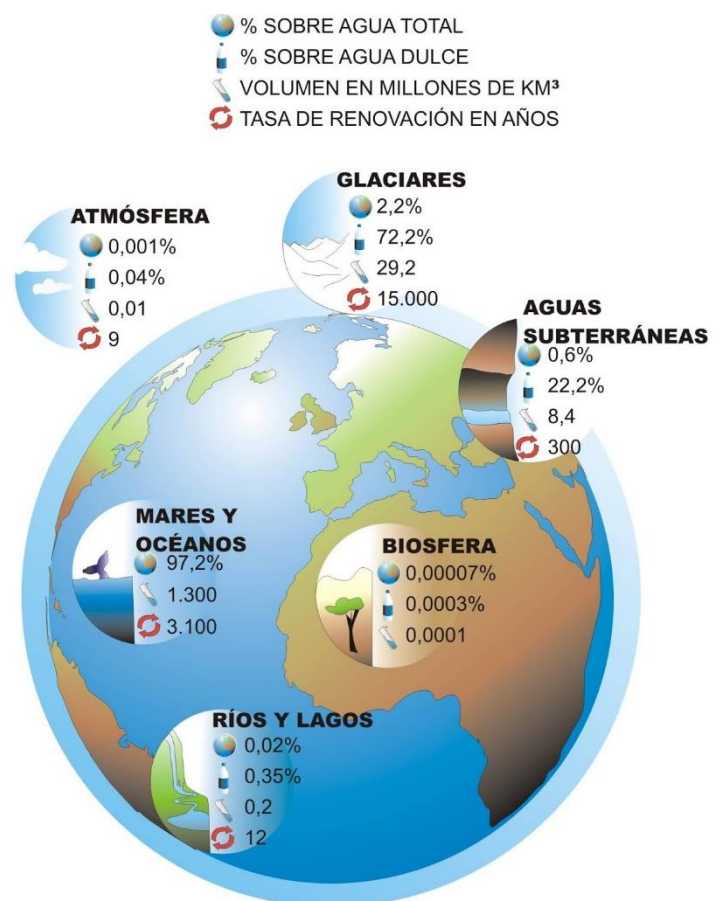


Figura 4

Distribución del agua en el mundo

<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=RCN%2>

Lagos

Los lagos son cuerpos de agua estancada, generalmente de agua dulce, que se encuentran rodeados de tierra. Estos cuerpos de agua son más grandes y más profundos que otros tipos de masas de agua, como estanques y charcas. Los lagos pueden variar significativamente en tamaño, desde pequeños lagos de montaña hasta grandes lagos continentales.

Algunas características clave de los lagos incluyen:

Agua Estancada: A diferencia de los ríos y arroyos que tienen un flujo continuo de agua, los lagos son cuerpos de agua estancada, lo que significa que el agua tiende a permanecer en el lugar y no seguir un curso definido.

Fuentes de Agua: Los lagos pueden recibir agua de diversas fuentes, como ríos que fluyen hacia ellos, precipitación directa sobre la superficie del lago o fuentes subterráneas. La pérdida de agua generalmente ocurre a través de la evaporación y, en algunos casos, la salida de agua.

Profundidad: La profundidad de los lagos puede variar considerablemente. Algunos lagos son bastante superficiales, mientras que otros pueden tener áreas con una gran profundidad. La profundidad puede influir en la temperatura del agua y en la biodiversidad del lago.

Ecosistemas Acuáticos: Los lagos albergan una variedad de ecosistemas acuáticos, incluyendo diversas formas de vida acuática, como peces, algas, plantas acuáticas, invertebrados y microorganismos. La biodiversidad en un lago puede ser rica y variada.

Usos Recreativos: Muchos lagos se utilizan para actividades recreativas, como la

pesca, la navegación, el kayak y la natación. Además, la belleza escénica de los lagos a menudo los convierte en destinos turísticos populares.

Origen: Los lagos pueden tener orígenes diversos. Algunos se forman por procesos glaciares, mientras que otros pueden ser creados por la actividad tectónica o volcánica. También existen lagos artificiales construidos por el ser humano para varios fines, como la regulación del agua, la producción de energía hidroeléctrica o la irrigación.

En el contexto de la acuicultura, los lagos juegan un papel crucial al proporcionar hábitats acuáticos diversos y productivos que respaldan la cría controlada de organismos acuáticos. Los lagos son ecosistemas de agua dulce que varían en tamaño y características, y su importancia en la acuicultura radica en varios aspectos clave.

Ríos

Los ríos son cursos de agua naturales que fluyen en una dirección específica, desde áreas más altas hacia áreas más bajas, eventualmente desembocando en un océano, mar, lago o en otro río. Estos cuerpos de agua desempeñan un papel crucial en la hidrología de la Tierra y son una característica fundamental de los paisajes terrestres. Aquí hay algunas características clave de los ríos:

Flujo Continuo: A diferencia de los cuerpos estancados de agua, como los lagos, los ríos tienen un flujo continuo de agua que se desplaza en una dirección determinada. El movimiento del agua es impulsado por la gravedad y otros factores topográficos.

Curso: El curso de un río se refiere a la trayectoria que sigue desde su origen (fuente) hasta su desembocadura. Los ríos pueden tener cursos rectos o meandriformes, dependiendo de la topografía del terreno.

Caudal: Es el volumen de agua que destila por el río en un período dado y se mide generalmente en metros cúbicos por segundo. El caudal puede variar estacionalmente debido a las condiciones climáticas, como las lluvias o el deshielo.

Afluentes y Efluentes: Los ríos pueden recibir agua de afluentes, que son arroyos o ríos más pequeños que fluyen hacia el río principal. Por otro lado, los efluentes son los puntos donde el río descarga agua, ya sea en otro cuerpo de agua o en el mar.

Cuenca Hidrográfica: La cuenca hidrográfica de un río refiere al área de tierra que drena agua hacia ese río en específico. Es delimitada por las divisiones topográficas llamadas divisorias de aguas.

Erosión y Sedimentación: Los ríos representan un importante papel en la erosión del paisaje y el transporte de sedimentos. A medida que fluyen, pueden desgastar las rocas y transportar los sedimentos aguas abajo, depositándolos en otras áreas.

Usos: Los ríos tienen una gran importancia para las actividades humanas. Se utilizan para la agricultura mediante la irrigación, como fuentes de agua potable, para generar de energía hidroeléctrica, y también como vías de transporte.

Hábitats Ecológicos: Los ríos albergan diversos hábitats acuáticos y ribereños, proporcionando un entorno vital para numerosas especies de plantas y animales. Los ecosistemas fluviales son ricos en biodiversidad.

Importancia Cultural: Muchas civilizaciones antiguas y actuales han florecido a lo largo de ríos importantes. Los ríos a menudo han sido fundamentales para el desarrollo económico, social y cultural de las comunidades.

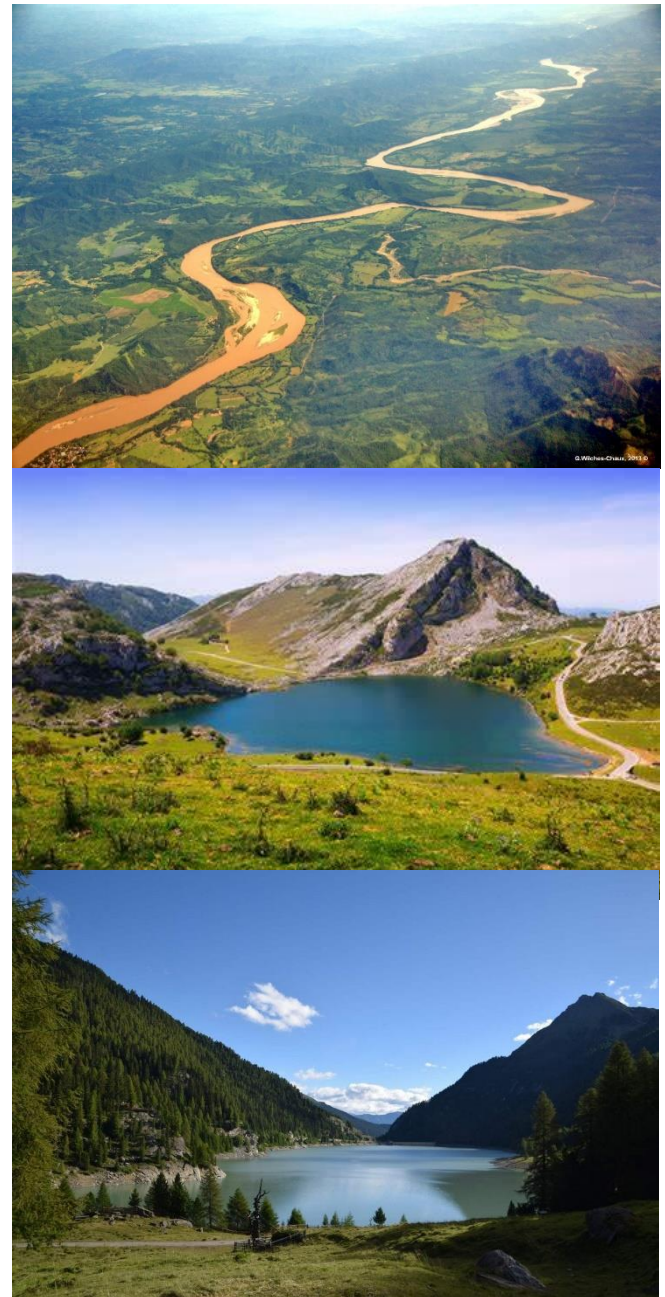


Figura 5

Ríos y lagos

<https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&ccid=RCN%2>

Principales parámetros de calidad del agua

Las propiedades del agua engloban los aspectos físicos, químicos y orgánicos que intervienen en la crianza de fauna acuática. En la acuicultura de peces y camarones, las estrategias de gestión tienen como objetivo conservar las condiciones adecuadas del entorno, incluyendo la concentración de nutrientes, la proliferación de algas y la densidad de siembra. La producción agrícola se ve impactada por factores físicos asociados al clima y al tiempo, siendo esencial diferenciar entre ambos. La selección del sitio y la especie cultivada son determinantes en la planificación y gestión de proyectos agrícolas. Mantener las condiciones ambientales óptimas es crucial para maximizar la producción.

Componentes químicos del agua

Los elementos químicos presentes en el agua son esenciales para entender su estructura y su influencia en algunos procesos biológicos y ambientales. El agua, cuya fórmula química es H_2O , la compone 2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno, lo que la caracteriza y define sus propiedades fundamentales.

En cuanto a la composición porcentual, el oxígeno representa aproximadamente el 88.8% de la masa del agua, mientras que el hidrógeno constituye el 11.2%. Esta proporción de elementos es responsable de las características distintivas del agua, como su capacidad para disolver sustancias y su elevado punto de ebullición.

Además de los compuestos básicos, el agua puede contener diversas sustancias disueltas, como iones minerales. Estos iones incluyen calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+), potasio (K^+), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), y cloruro (Cl^-). Las concentraciones de estos iones varían según la fuente de agua y tienen un impacto significativo en su calidad y usos específicos, como el consumo humano o la irrigación agrícola.

Es fundamental considerar los criterios que miden la calidad del agua definidos por entidades reguladoras como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental (EPA) para determinar si el agua es adecuada para diversos usos.

Temperatura

La temperatura de una sustancia indica la cuanta energía posee; aquellas con temperaturas más altas tienen más energía. En entornos acuáticos naturales, los cambios de temperatura son gradualmente debido al alto calor específico del agua. Los peces y camarones, son animales de sangre fría, no logran regular su temperatura interna y adoptan la temperatura del agua circundante como propia.

Su temperatura corporal influye en su metabolismo y ritmo de crecimiento. En climas tropicales, prosperan mejor a temperaturas de 25-32°C, pero por debajo de 23°C tienen un desarrollo lento.

Temperaturas superiores a 32°C aceleran el metabolismo, aunque el agua caliente tiene menos capacidad para retener oxígeno. Los estanques se calientan durante el día por la radiación solar, afectando especialmente la superficie. Los peces pueden evitar altas temperaturas nadando en aguas más profundas. No toleran cambios abruptos de temperatura, crucial durante el transporte. Incluso una diferencia de 5°C puede causar estrés o mortalidad, destacando la necesidad de aclimatación para adaptarse a nuevas condiciones de agua. El cambio repentino de temperatura es especialmente evidente al transferir animales de aguas frías a aguas más cálidas.

Luz

Uno de los parámetros esenciales a monitorear en sistemas acuícolas es la luz, ya que ejerce un papel clave en todos los procesos biológicos y en la productividad del ecosistema acuático.

Importancia en la Acuicultura

-Intensidad Lumínica: La cantidad de luz disponible en un sistema acuícola impacta directamente la fotosíntesis de organismos fotosintéticos, como el fitoplancton y las algas. Una adecuada intensidad lumínica es crucial para mantener niveles óptimos de producción primaria, que sustentan toda la cadena alimentaria acuática.

-Duración de la Luz: La duración diaria afecta los ciclos biológicos y comportamientos de los organismos acuáticos. Los cambios en la duración del día pueden influir en la reproducción, alimentación y actividad general de los peces y otros organismos.

-Espectro de Luz: La composición espectral de la luz también es relevante. Diferentes organismos pueden responder de manera única a diferentes longitudes de onda de luz. Por lo tanto, comprender y controlar el espectro de luz puede optimizar las condiciones de crecimiento.

Color

El color del agua es una medida de la intensidad y tonalidad de la luz absorbida y dispersada por las partículas y sustancias presentes en ella. Puede variar desde claro hasta oscuro, y diferentes tonalidades pueden indicar la presencia de compuestos orgánicos y minerales.

-Fuentes de Color: El color del agua puede deberse a varios factores, como la presencia de materia orgánica en disgregación, taninos, pigmentos naturales y minerales disueltos. La variabilidad en el color puede ser indicativa en el agua de variaciones en la composición química y biológica.

-Impacto en la Producción Acuicola: Niveles inusuales de color en el agua pueden afectar negativamente a los organismos acuáticos. La presencia de compuestos orgánicos coloreados puede influir en la calidad del agua y perturbar la fotosíntesis, la visibilidad y la salud general de los peces y camarones cultivados.





Turbidez

Se refiere a la medida de la opacidad o claridad del agua debido a partículas suspendidas, como sedimentos, materia orgánica y microorganismos. Altos niveles de turbidez pueden afectar de forma negativa el bienestar de la fauna acuática y alterar el equilibrio del ecosistema.

-Impacto en la Producción Primaria: La presencia de partículas en suspensión puede reducir el ingreso de la luz, perturbando la fotosíntesis de fitoplancton y algas. Esto, a su vez, puede disminuir la producción primaria, un componente esencial de la cadena alimentaria acuática.

-Influencia en la Alimentación y Comportamiento: La turbidez también puede afectar la visibilidad de los organismos acuáticos, influyendo en sus patrones de alimentación y comportamiento. Esto puede tener consecuencias en el porcentaje de crecimiento y en la eficacia de conversión alimentaria en peces y camarones cultivados.

Oxígeno disuelto

En la acuicultura, los peces y camarones requieren disuelto en el agua para la respiración el oxígeno molecular, y la concentración de oxígeno disuelto es crucial. La temperatura del agua representa un indicativo de la capacidad de retención de oxígeno, siendo más problemático en épocas cálidas. Además, la solubilidad del oxígeno disminuye con la altitud debido a la baja presión atmosférica, y la salinidad también afecta negativamente esta capacidad. En resumen, los desafíos con bajos niveles de oxígeno son más frecuentes en climas cálidos, altitudes elevadas y aguas más salinas, todos factores que inciden en la solubilidad del oxígeno en el medio acuático.

-La fotosíntesis: realizada por plantas verdes y algas, proporciona oxígeno molecular al agua y a la atmósfera terrestre. En la atmósfera terrestre, el oxígeno (O_2), generado principalmente por la acción fotosintética de plantas verdes, incluyendo algas tanto terrestres como acuáticas, se encuentra en menor proporción en comparación con el nitrógeno (N_2). Todos los organismos que dependen del oxígeno para sus procesos metabólicos o aeróbicos, lo usan en la respiración aeróbica durante toda su vida. La fotosíntesis no solo produce oxígeno, sino que también utiliza dióxido de carbono para sintetizar carbohidratos. En ambientes acuáticos utilizados en acuicultura, la actividad fotosintética de las algas constituye la fuente vital de oxígeno, y las algas son una fuente natural esencial de alimento para algunas especies de peces.

La transmisión representa un papel fundamental, ya que el aire contiene una concentración mayor de oxígeno en comparación con el agua. A una temperatura de saturación de 10°C, el agua posee aproximadamente 11 mg de oxígeno/litro, mientras que el aire tiene alrededor de 260 mg de oxígeno por litro. La difusión puede suministrar oxígeno al estanque en cualquier momento del día, a diferencia de la fotosíntesis, que solo contribuye durante las horas de luz.

La actividad fotosintética es vital para introducir oxígeno al agua, pero esta contribución es limitada a las horas diurnas. Durante la tarde, en días soleados, el estanque puede superar su capacidad máxima de oxígeno, llevando a la supersaturación y favoreciendo la difusión del oxígeno al aire.

No obstante, la difusión presenta limitaciones debido a la densidad del agua y a la velocidad reducida con la que las moléculas de oxígeno se desplazan en el medio acuoso. El viento y las olas ayudan a aumentar la transferencia de oxígeno al aire y promueven la circulación del agua, mejorando la oxigenación por difusión. Los modelos de aireadores en acuicultura se basan en estos principios.

En resumen, la fotosíntesis aumenta la concentración de oxígeno durante el día, siendo más notoria en la tarde y en las aguas superficiales. Factores como la fertilidad del agua, la radiación solar y la composición del fitoplancton influyen en la cantidad de oxígeno producido. La precipitación estacional y la turbidez del agua afectan la fotosíntesis, mientras que los animales indican la deficiencia de oxígeno, boqueando en la superficie o buscando oxígeno atmosférico cuando es insuficiente en el agua.

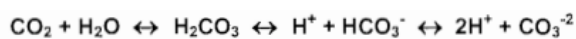
Criterios para gestionar los niveles de oxígeno disuelto en la acuicultura:

- Promover y mantener un crecimiento controlado de algas en el estanque, ya que el fitoplancton proporciona oxígeno y sirve como fuente natural de alimento para peces y camarones.
- Evitar el crecimiento excesivo de algas; el agua debe mantener un tono verdoso. Aunque las algas son beneficiosas, la turbidez ocasionada por la arcilla en suspensión es perjudicial.
- Prevenir la formación de una película de algas en la superficie del tanque, ya que podría obstruir la luz y afectar la fotosíntesis, reduciendo así los niveles de oxígeno disponibles.
- Impedir la introducción de agua con altas concentraciones de arcilla en suspensión, ya que esto puede limitar la penetración de la luz y afectar negativamente la fotosíntesis.
- Estar capacitado para situaciones de emergencia relacionadas con los niveles de oxígeno; en casos críticos, renovar el agua del estanque con mayor concentración de oxígeno.
- Diseñar la técnica de drenaje para que el agua del fondo se descargue inicialmente, ya que contiene menos oxígeno y una mayor concentración de desechos.
- Monitorear de manera cuidadosa los niveles de oxígeno durante la madrugada y en las etapas finales del ciclo de producción, dado que las fluctuaciones naturales pueden causar bajos niveles de oxígeno después de la medianoche. Factores que afectan la fotosíntesis pueden provocar mortalidad por déficit de oxígeno, afectando primero a los organismos de mayor tamaño.

Ph

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua, expresada por la fórmula $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$. Un pH de 7 se considera neutro. Valores inferiores a 7 indican acidez, con una alta concentración de protones, mientras que valores superiores a 7 indican alcalinidad, con baja concentración de protones. La presencia de dióxido de carbono (CO_2) actúa como ácido al acumularse, disminuyendo el pH del agua y aumentando la cantidad de protones.

Reacción de CO_2 en el agua:



Durante el día, las algas realizan la fotosíntesis utilizando dióxido de carbono (CO_2), lo cual disminuye su concentración en el agua y, como resultado, aumenta el pH del agua. En horas nocturnas, en ausencia de fotosíntesis, la respiración de los organismos aeróbicos incrementa la concentración de CO_2 hasta la mañana siguiente. Los valores más bajos de pH en un estanque se registran en las primeras horas de la madrugada. En resumen, la fotosíntesis diurna eleva el pH, mientras que la respiración nocturna reduce el pH.

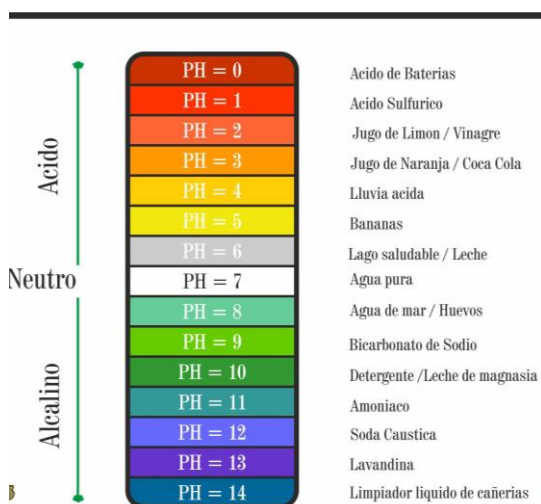


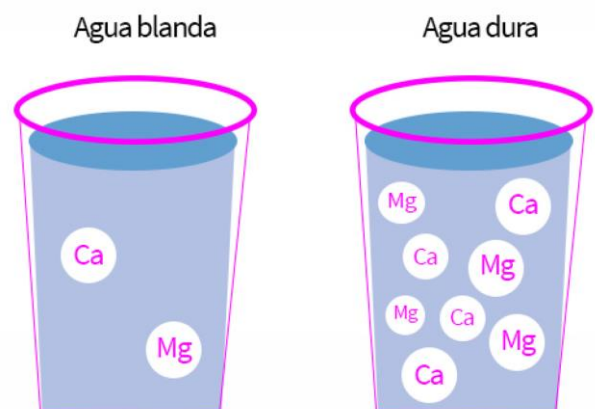
Figura 6
pH
<https://lab--biofisica.blogspot.com/2016/02/funcionamiento-del-equipo.html>

Dureza

Se refiere a la concentración iónica bivalente total, especialmente los de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), medida en miligramos por litro de carbonato de calcio. Esta dureza proviene principalmente de la disolución de piedra caliza en las fuentes naturales de agua. Aunque el rol exacto de estos iones en la producción de pescados y crustáceos no está completamente entendido, son esenciales para la productividad de los ecosistemas acuáticos.

La alcalinidad y la dureza del agua suelen ser similares debido a la disolución de minerales de rocas y suelos, lo que introduce calcio, magnesio, bicarbonato y carbonato en proporciones similares. Los niveles óptimos de alcalinidad y dureza para la producción de peces deberían estar entre 20 y 300 mg/l para cada parámetro.

El bicarbonato, presente en cantidades similares a la alcalinidad y dureza, es crucial para regular el pH de los estanques acuícolas. Este compuesto puede actuar tanto como ácido como base, dependiendo de las condiciones del medio, ayudando así a mantener un pH equilibrado en los reservorios utilizados para la acuicultura.



Amoníaco

El amoníaco o amonio no ionizado (NH_3) es un subproducto fundamental de la asimilación de proteínas en peces, crustáceos y otros organismos acuáticos, así como de la descomposición bacteriana de materia orgánica en ambientes acuáticos. Derivado de la desaminación de aminoácidos, el NH_3 presenta una alta toxicidad para la vida acuática.

En el agua, la presencia de amoníaco incrementa la demanda de oxígeno en los tejidos de peces y camarones, impacta negativamente en sus branquias, y reduce la eficiencia del transporte de oxígeno en la sangre. La exposición extensa y subletal al amoníaco incrementa la vulnerabilidad a enfermedades. El ciclo biogeoquímico del nitrógeno en los sistemas acuícolas es similar al de los suelos agrícolas.

En comparación con animales terrestres, que convierten el NH_3 en diversos desechos nitrogenados menos tóxicos, los peces y camarones pueden excretar directamente amoníaco, que se disuelve rápidamente en el agua debido a su alta solubilidad. El amoníaco en el agua puede existir en dos formas: no ionizado o ionizado como amonio, y su proporción es afectada por el pH y la temperatura. A elevadas densidades de siembra y con alimentos ricos en proteínas, puede acumularse amoníaco en el agua, siendo eliminado por procesos biológicos, remoción de desechos sólidos mecánicamente o dilución mediante cambios de agua en el sistema.

Sólidos

Uno de los parámetros clave que influyen en esta calidad es la concentración de sólidos presentes en el agua. Los sólidos se pueden dividir en dos categorías principales: sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos totales (SDT).



Por otro lado, los SDT comprenden minerales y compuestos disueltos en el agua, como sales, nutrientes y productos químicos. La existencia de altas concentraciones de sólidos disueltos totales (SDT) puede comprometer la salud de los organismos acuáticos y disminuir la eficiencia de la producción en acuicultura. Es esencial monitorear y mantener niveles adecuados de SST y SDT para garantizar un entorno acuático saludable.

En el contexto de la explotación acuícola, los niveles apropiados de sólidos pueden variar según la especie cultivada y las prácticas específicas de la granja. Sin embargo, existen algunas pautas generales que se deben seguir para mantener la calidad del agua en un rango óptimo. Los sólidos suspendidos totales deben mantenerse en niveles bajos para evitar la obstrucción de las branquias de los organismos acuáticos y garantizar una óptima eficiencia de alimentación.

En cuanto a los sólidos disueltos totales, se deben controlar los niveles de sales y nutrientes para evitar la acumulación excesiva. La sobrecarga de nutrientes puede resultar en la propagación de algas y bacterias, esto afectaría negativamente la calidad del agua y la salud de la fauna.

La monitorización regular de las propiedades del agua, incluyendo la medición de sólidos suspendidos y disueltos, es esencial en las explotaciones acuícolas. Además, la ejecución de prácticas de manejo sostenible, como la adecuada gestión de residuos y la elección cuidadosa de los lugares de cultivo, contribuirá a conservar la calidad del agua en niveles óptimos para el desarrollo saludable de los organismos acuáticos y el éxito a largo plazo de la explotación acuícola.





CUESTIONARIO

CAPÍTULO II

CUESTIONARIO CAPITULO II

¿Qué es la acuicultura y cuál es su propósito principal, según el texto?

- a) Cultivo de organismos acuáticos para obtener alimentos y otros derivados.
- b) Práctica de pesca en ambientes controlados.
- c) Conservación de especies marinas en su hábitat natural.

¿Cuál es el principal objetivo de las estrategias de gestión en acuicultura de peces y camarones?

- a) Promover la sobrepoblación de algas.
- b) Preservar las condiciones químicas y biológicas adecuadas en el entorno acuático.
- c) Reducir la concentración de nutrientes en el agua.

¿Qué factores relacionados con el tiempo afectan la producción agrícola, según el texto?

- a) Latitud y temperatura promedio anual.
- b) Duración de la luz y espectro de luz.
- c) Concentración de sólidos suspendidos totales.

¿Qué parámetro ambiental es esencial para comprender la composición del agua y su impacto en procesos biológicos?

- a) Oxígeno disuelto.
- b) Temperatura.
- c) Componentes químicos del agua.

¿Cómo influye la temperatura en los peces y camarones en climas tropicales?

- a) Prosperan mejor a temperaturas inferiores a 23°C.
- b) Tienen un desarrollo lento a temperaturas de 25-32°C.
- c) No se ven afectados por cambios abruptos de temperatura.

¿Por qué es importante la luz en la acuicultura?

- a) Afecta directamente la temperatura del agua.
- b) Contribuye a la producción primaria y al desarrollo de organismos acuáticos.

c) Controla la turbidez del agua.

¿Cuál es la función principal de la difusión en el suministro de oxígeno al agua en acuicultura?

- a) Aportar oxígeno durante las horas de luz.
- b) Mantener la concentración de oxígeno durante la noche.
- c) Favorecer la circulación del agua en estanques.

¿Cómo afecta la fotosíntesis a la concentración de oxígeno en el agua durante el día?

- a) La disminuye.
- b) La aumenta.
- c) No tiene impacto.

¿Cuál es la medida del pH neutro en el agua?

- a) 5.
- b) 7.
- c) 9.

¿Por qué es esencial controlar la concentración de amoníaco en el agua en acuicultura?

- a) Para promover la fotosíntesis.
- b) Para evitar daños en branquias y reducción de la capacidad de transporte de oxígeno.
- c) Para mejorar la visibilidad del agua.



03

BASES BIOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ACUICOLAS

BASES BIOLÓGICAS DE LAS PRINCIPALES ESPECIES ACUICOLAS



Figura 7

Color característico de la trucha arcoíris

<https://issuu.com/lcamues/docs/manual-basico-para-el-cultivo-de-trucha-arco-iris-/6>

Biología y anatomía de la trucha

La trucha, un pez de la familia Salmonidae, ha sido introducida en varios países, incluido Ecuador, con fines acuícolas y recreativos. La especie más comúnmente cultivada en Ecuador es la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Aunque no es originaria de América del Sur, se ha adaptado con éxito a ciertas regiones de Ecuador debido a sus condiciones climáticas y ecosistemas acuáticos adecuados.

En Ecuador, la trucha se ha convertido en una especie de importancia tanto en la acuicultura como en la pesca deportiva. Se han establecido piscifactorías y granjas acuícolas en diversas áreas del país para la producción comercial de trucha arcoíris. Estas instalaciones aprovechan los recursos hídricos locales y proporcionan un suministro constante de este pez de agua fría.

A pesar de no ser nativa de Ecuador, la trucha ha demostrado adaptarse bien a las condiciones de ciertas regiones montañosas del país, especialmente en las zonas andinas donde se encuentran las granjas acuícolas. La demanda de trucha fresca y de calidad ha llevado al desarrollo de prácticas sostenibles de cultivo que buscan minimizar el impacto ambiental y garantizar la calidad del producto final.



Reino	Animalia		
Filo	Chordata		
Subfilo	Vertebrata		
Superclase	Gnathostomata		
Clase	Actinopterygii		
Orden	Salmoniformes		
Familia	Salmonidae		
Género	<i>Oncorhynchus</i>	<i>Salmo</i>	<i>Salvelinus</i>
Especie	<i>mykiss</i>	<i>Trutta</i>	<i>Namaycush</i>
			<i>Fontinalis</i>
			<i>Fontinalis timagami</i>

Los parámetros biológicos de la trucha son fundamentales para comprender su ciclo de vida y garantizar un manejo adecuado en entornos acuáticos. Aquí se presentan algunos de los parámetros biológicos más relevantes:

Crecimiento y Desarrollo:

La trucha experimenta un crecimiento rápido durante sus primeros años de vida.

El crecimiento está influenciado por elementos como la temperatura del agua, la disponibilidad de alimentos y la genética.

Hábitos Alimenticios:

La trucha es carnívora y se nutre de insectos acuáticos, crustáceos, peces pequeños y otros organismos acuáticos.

Sus hábitos alimenticios varían a lo largo de su vida, desde el consumo de insectos en las etapas más jóvenes hasta la predación de peces más grandes en la edad adulta.

Longevidad:

La vida útil de la trucha depende de diversos factores, pero muchas especies pueden vivir varios años en condiciones silvestres.

En entornos acuícolas, la vida útil puede variar según las prácticas de manejo y el

Temperatura del Agua:

La trucha prefiere aguas frías y bien oxigenadas. En el país, se encuentran comúnmente diversos tipos de cuerpos de agua, tanto lentos como rápidos, ubicados a altitudes superiores a 3,000 msnm. La persistencia y longevidad de la especie dependen de que la temperatura acuática oscile entre los 5 y 18 °C, pero pueden tolerar variaciones inversas a estos rangos. La temperatura del agua afecta significativamente su metabolismo, alimentación y reproducción.

Tasa de Crecimiento:

La tasa de desarrollo se altera según la especie y las condiciones ambientales.

Se mide a través de la ganancia de peso en un período específico y puede ser influenciada por la propiedad del agua y la dieta.

Migración:

Algunas especies de trucha realizan migraciones estacionales, moviéndose aguas arriba o abajo de los ríos para desovar o encontrar mejores condiciones alimenticias.

Salud y Enfermedades:

La trucha puede verse afectada por diversas enfermedades, como infecciones parasitarias, bacterianas y virales.

La salud de las poblaciones de truchas se monitorea de cerca en operaciones acuícolas para prevenir y controlar enfermedades.

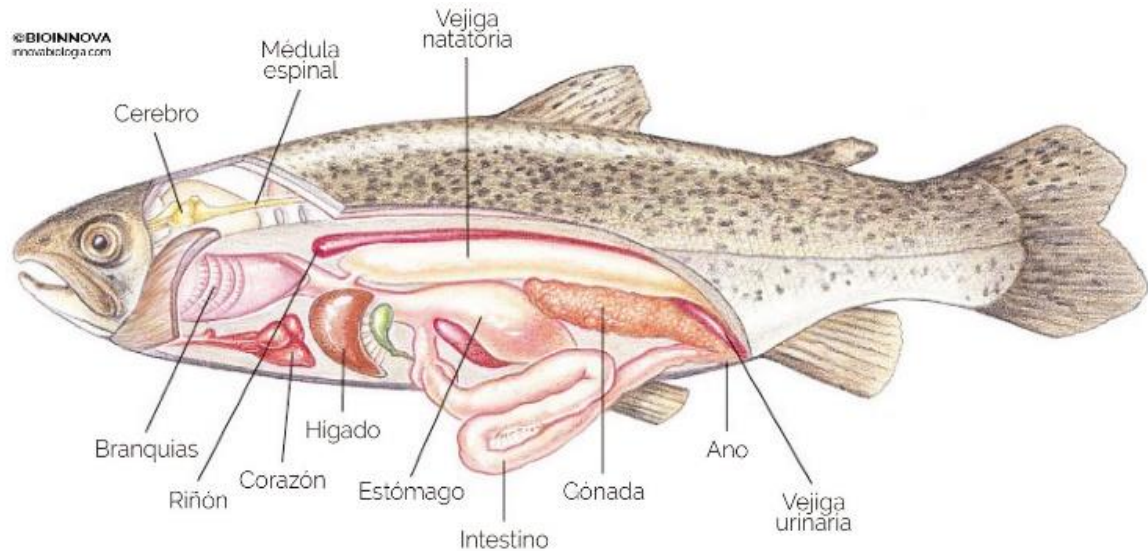


Figura 8

Anatomía interna de la trucha

<https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>

Anatomía Externa

La trucha exhibe un cuerpo elongado y espeso, con un engrosamiento central y puntas afiladas en la cabeza y la cola. La trucha, debido a su naturaleza como pez veloz y nadador, posee una forma aerodinámica caracterizada por una silueta tipo torpedo sin protuberancias innecesarias, lo cual minimiza la firmeza al agua. El opérculo se encuentra adherido al cuerpo, los ojos están empotrados en las cuencas sin destacar, y las aletas están ubicadas en depresiones del cuerpo. Su piel produce una fina capa de mucus que le otorga una superficie lisa y resbaladiza. La trucha exhibe variaciones significativas en tamaño según su entorno, aunque alcanza la madurez sexual a longitudes que oscilan entre 18 y 20 cm.

El cuerpo se divide en tres zonas distintas:

Región Cefálica (Cabeza): Se extiende desde la parte frontal hasta la porción posterior del opérculo.

Región Troncal (Tronco): Se ubica desde la porción posterior del opérculo incluso el ano.

Región Caudal (Cola): Se extiende desde la parte posterior de la región troncal hasta el extremo de la aleta caudal, incluyendo el pedúnculo caudal.

La piel de la trucha es viscosa y muestra los contornos de sus escamas en el tronco y la cola, mientras que la cabeza tiene una piel lisa sin escamas. Destaca una línea lateral visible a lo largo de los lados del cuerpo, que actúa como un órgano sensorial para detectar movimientos y vibraciones en el agua. Este órgano, llamado línea lateral, es crucial para que el pez evite colisiones, se oriente en corrientes y localice presas a través de neuromastos receptores. Además, la piel contiene melanóforos negros que forman manchas redondas. Anatómicamente, la epidermis contiene glándulas mucosas y células pigmentarias. Las escamas se encuentran en la dermis, bajo la epidermis, y son placas óseas casi circulares con capas de sustancia ósea depositadas en anillos concéntricos que muestran el crecimiento anual y estacional. Estos anillos presentes en las escamas, así como estructuras similares en los otolitos, ofrecen información sobre la edad del pez.

Las escamas de la trucha están dispuestas de manera imbricada, superponiéndose como tejas en un tejado, con solo una mínima fracción de cada escama visible bajo la epidermis y el resto oculto por las escamas anteriores.

La trucha ingiere alimentos a través de la boca, utilizando mucus con enzimas para facilitar la deglución. El alimento pasa a la faringe y luego al estómago en forma de U, donde tiene lugar la digestión gástrica. Una válvula pilórica regula el tránsito hacia el intestino, comenzando con el duodeno, que forma un bucle y se extiende hacia atrás hasta el ano. La porción posterior del intestino tiene una mucosa con pliegues anulares que aumentan la superficie de absorción. Los ciegos pilóricos, conectados al duodeno, contienen glándulas que secretan enzimas que favorecen la absorción de lípidos y la digestión de nutrientes, ampliando la superficie del tracto intestinal.

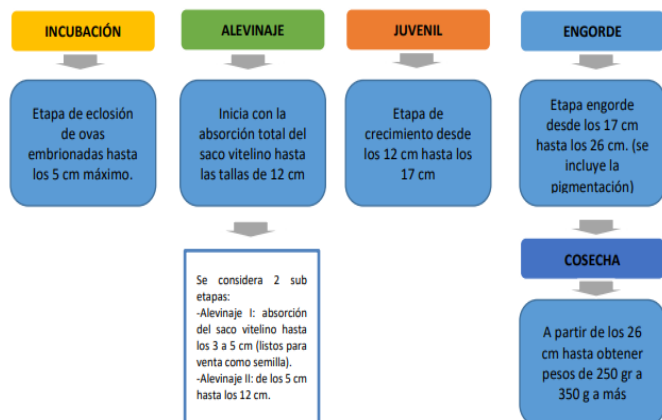
El éxito o fracaso en el cultivo de truchas depende significativamente del suministro adecuado de agua, en técnicas de cantidad como de calidad. En el contexto de las estanquerías, es fundamental considerar los cambios de agua cada hora en las unidades productivas, ya que esto facilita la determinación de la carga máxima y la producción en cada tanque de reserva. Estas particularidades están estrechamente relacionados con variables como la temperatura, el nivel de oxígeno y algunas particularidades específicas.

Rangos de los principales parámetros de agua de cultivo para la crianza de la trucha

PARÁMETRO	RANGO
Temperatura (°C)	Reproducción e incubación 9 °C - 12 °C
	Alevinos 10 °C - 12 °C
	Crecimiento 10 °C - 17 °C
Oxígeno disuelto (mg/L)	Todo el proceso: Mayor a 5.0 ppm
	Alevino: Mayor a 7.0 mg/L
	Crecimiento: Mayor a 5.5 mg/L
Amonio (mg/L NH ₃)	Menor a 0.02 mg/L
pH	6.5 – 9.0
Dureza (mg CaCO ₃)	Mayor a 200 mg/L
Dióxido de Carbono	Menor a 10 mg/L

Cultivo de la trucha

El ciclo de vida de este pez abarca varias etapas, desde su nacimiento hasta la madurez sexual. Aquí se describen las principales fases en el desarrollo:



Nutrición

ALIMENTO BALANCEADO

El alimento equilibrado se refiere a una combinación de ingredientes cuidadosamente diseñada para cubrir las necesidades nutricionales específicas de un animal, considerando aspectos como su etapa metabólica, edad, peso y período reproductivo. Este conjunto de ingredientes pasa por métodos que aumentan la disponibilidad de los nutrimentos esenciales. Es crucial que estos alimentos cumplan con estrictos estándares de inocuidad, calidad y preservación ambiental.

Tipo de Alimento Balanceado	Estadio de la Trucha	Presentación
Pre Inicio	Alevino	Gránulos/pellets
Inicio	Alevino	Gránulos/pellets
Crecimiento	Juvenil	pellets
Engorde o acabado	Adulto/joven	pellets
Reproductores	Reproductor	pellets

La superación en la producción de truchas está intrínsecamente ligado a la eficacia en el cultivo, especialmente en lo que respecta a la manipulación del alimento y las estrategias de nutrición. La calidad y porción suministrada desempeñan un papel crucial en el rendimiento del cultivo.

Características del Alimento

El alimento balanceado está diseñado para proporcionar los nutrientes esenciales que sustentan funciones como el crecimiento, la reparación, la respuesta inmunológica y el mantenimiento de la especie.

Estas características varían según la etapa fisiológica, la edad y el peso del animal. Es necesario que cumplan con estrictas normas de inocuidad, calidad y preservación ambiental.

Los alimentos deben tener un aroma agradable, una textura firme y un color homogéneo. Además, deben estar separados de infestaciones, alteraciones o particularidades anómalas como grumos o moho, según se detalla a continuación:

Requisitos	Estadios				
	Pre-Inicio	Inicio	Crecimiento	Engorde o Acabado	Reprod.
Proteína Cruda, (% min)	45	45	42	40	40
Grasa (%min)	8	8	8	8	8
Humedad, (% máx.)	14	14	14	14	14
Cenizas, (% máx.)	15	15	12	12	12
Fibra Cruda, (% máx.)	3	3	4	4.5	4.5
Carbohidratos (%máx.)	25	25	25	25	25

SANIDAD, BIOSEGURIDAD Y PATOLOGÍA

Un aspecto crucial para lograr un cultivo exitoso de recursos acuícolas es la prevención y la vigilancia de las patologías que pueden surgir en cualquier etapa productiva.

Estas enfermedades resultan del desequilibrio entre tres factores principales: huésped, ambiente y patógeno, lo que genera costos biológicos y económicos.

Mantener un equilibrio adecuado entre los factores ambientales y la gestión de los peces es fundamental para asegurar la salud de los peces durante el cultivo. Los acuicultores deben prestar especial atención al mantener la calidad del agua y la gestión de los peces, disminuyendo el estrés en todas las etapas de producción. Esto se logra a través de prácticas como la alimentación adecuada, manipulación cuidadosa y la implementación de Buenas Prácticas Acuícolas. Estas medidas son cruciales para mantener condiciones óptimas en el cultivo y reducir el riesgo de patologías.

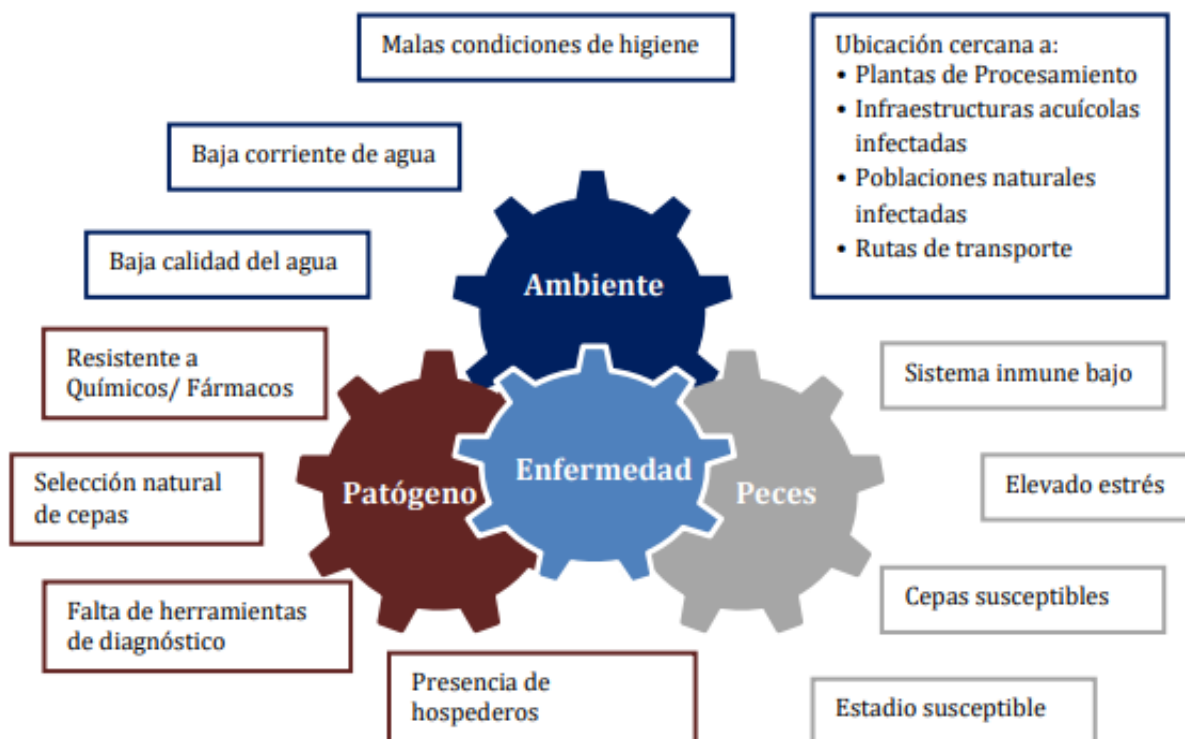


Figura 35. Factores que intervienen en la ocurrencia de enfermedades en peces
 Fuente: Adaptado de Bobadilla & Oidtmann, Chapter 5: Integrated Pathogen Management Strategies in Fish Farming ¹¹

Biología y anatomía de la tilapia

La tilapia es un grupo de peces de agua dulce que corresponden a la familia Cichlidae y son conocidos por su importancia en la acuicultura global. Su origen se encuentra en los territorios tropicales y subtropicales de África, pero debido a su adaptabilidad y valor comercial, la tilapia se ha introducido en diversas partes del mundo. A continuación, se presenta la clasificación taxonómica de la tilapia:

Nivel Taxonómico	Categoría
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Subfilo	Vertebrata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género	Tilapia

El término "tilapia" originalmente designaba un género de peces nativos de África y el Medio Oriente. Estas variedades se dividieron en tres grupos de acuerdo a sus patrones reproductivos y ahora las más importantes para la acuicultura pertenecen al género Oreochromis.

Estos animales se caracterizan por la incubación bucal materna de embriones y larvas. Las tilapias resisten efectivamente a enfermedades y parásitos, y su carne clara y firme es de excelente sabor y textura, con un rendimiento de filete del 33% al 36% del peso vivo. Además, son eurihalinas, adaptándose bien a ambientes de agua salina y salobre.

Se ha logrado su aclimatación a entornos de agua de mar con salinidad máxima de 36,000 ppm para su cultivo. Aunque la reproducción espontánea en las instalaciones es una ventaja, su facilidad para reproducirse sin necesidad de condiciones especiales puede presentar desafíos en la gestión del engorde del pez.

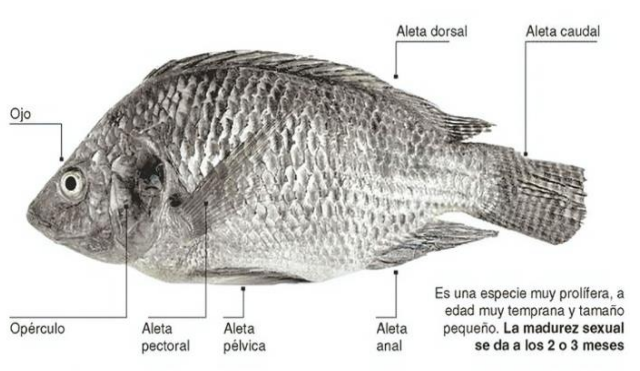


Figura 9
Anatomía externa de la tilapia
<https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuacultura-tilapia>

La anatomía externa de la tilapia muestra dos premaxilas alrededor de la boca, con dientes adaptados para raspar algas y microorganismos. Las aletas dorsal y anal tienen espinas que pueden ser peligrosas al manipular los peces. El sexo de los ejemplares adultos puede determinarse al comparar la morfología de sus orificios genitales, y se observa que los machos crecen más rápido que las hembras.

La tilapia, clasificada como un pez herbívoro, se alimenta principalmente de fitoplancton y presenta adaptaciones para consumir algas y otros alimentos naturales, así como una aceptación de alimentos artificiales.

Su dentadura especializada y branquiespinas les permiten raspar y filtrar partículas en el agua, triturándolas en la faringe. Con un sistema digestivo largo, secretan ácido clorhídrico para desdoblar los alimentos, siendo diurnos y alimentándose continuamente durante las horas de luz.

La deposición del sistema digestivo se calcula tome alrededor de 12 horas, aceptando alimento también durante la noche en condiciones de cultivo.

Requerimientos nutricionales

Las tilapias, peces con branquiespinas para filtrar agua y obtener su alimentación de algas y microorganismos acuáticos, mecánicamente desintegran los alimentos en la faringe mediante dientes faríngeos. La longitud del intestino, de 6 a 8 veces el cuerpo del pez, facilita la absorción del alimento triturado. En tilapias, se ha observado una sección de intestino con pH reducido.

Las recomendaciones de proteína en dietas para tilapias varían según el tamaño, siendo de 50% para alevines, 35-40% para peces de 30 a 100 g, y 25-35% para peces mayores de 100 g. La caseína, harina de pescado, harina de soya, torta de maní y levaduras son fuentes ricas en proteína y utilizadas frecuentemente en la alimentación.

La energía digestible y proteína se relacionan de manera específica en las dietas para la tilapia, variando con el tamaño del pez. Las tilapias procesan eficazmente las grasas y proteínas, pero no digieren adecuadamente los alimentos con alto contenido de fibra, como la harina de alfalfa y la pulpa de café. La relación entre energía digestible y proteína disminuye con el aumento del tamaño del pez.

Recomendaciones frecuentes para la nutrición de tilapia:

- ✓ Proporcionar alimento a los animales acuáticos a igual hora y de la misma manera diariamente para establecer rutinas alimenticias.
- ✓ Se sugiere alimentar al cultivo al menos dos veces al día, por la mañana (7-9 a.m.) y por la tarde (3-4 p.m.), para optimar la eficiencia en la utilización del alimento.
- ✓ Observar y estudiar a los peces para conocer sus patrones de actividad y alimentarlos en los momentos más propicios.
- ✓ Calcular cuidadosamente la cantidad de alimento basándose en datos periódicos de la población del cultivo.
- ✓ Comprar solo la cantidad de alimento concentrado que se utilizará en un mes para evitar la pérdida de valor nutritivo y dificultades con hongos, insectos y roedores.
- ✓ Evitar la alimentación si los animales boquean en la superficie del reservorio.
- ✓ Preferir brindar alimento en condiciones óptimas en cuanto a la calidad del agua; reducir o suspender la alimentación en condiciones adversas.

Biología y anatomía del camarón

La clasificación taxonómica de *Litopenaeus vannamei* se describe en términos veterinarios de la siguiente manera:

Litopenaeus vannamei pertenece al Reino Animalia y al Filo Arthropoda, caracterizado por la presencia de apéndices articulados, exoesqueleto y cuerpos segmentados. Dentro de este filo, se clasifica en el Subfilo o Clase Crustácea, que engloba artrópodos mayormente acuáticos. Estos crustáceos tienen un exoesqueleto formado por quitina saturada con sales de calcio, conocido como caparazón. Poseen 2 pares de antenas y apéndices birrámeos, es decir, apéndices con dos ramas articuladas en sus extremos. Su cuerpo está estructurado en un cefalotórax fusionado que envuelve la cabeza y el tórax, y un abdomen que comúnmente se denomina cola.

Litopenaeus vannamei se ubica en el Orden Decapoda, una categoría que abarca artrópodos crustáceos de gran relevancia económica para los humanos y desempeña un papel crucial en la ciencia de la ecología de diversos sistemas acuáticos, principalmente en entornos marinos. Los decápodos se caracterizan por tener cinco pares de patas ambulatorias, las cuales exhiben una marcada diferenciación entre ellas. Este grupo incluye diversas especies como camarones, langostas y cangrejos, con alrededor de 9000 especies conocidas.

Nivel Taxonómico	Categoría
Reino	Animalia
Filo	Arthropoda
Subfilo/Clase	Crustacea
Orden	Decapoda
Infraorden	Pleocyemata
Superfamilia	Penaeoidea
Familia	Penaeidae
Género	Litopenaeus
Especie	Litopenaeus vannamei

Biología

El crecimiento del camarón está vinculado al proceso de muda, donde debe desprenderse de su exoesqueleto antiguo para expandir su cuerpo y permitir la formación de uno nuevo. Este crecimiento es discontinuo, con frecuencia de mudas que varía según el tamaño y velocidad de crecimiento. Las larvas mudan en ciclos de 30 a 40 horas, juveniles de *P. vannamei* cada 5 días, y adultos cada 15 hasta 21 días.

La periodicidad de la muda aumenta con la temperatura del agua, pero puede interferir con la respiración normal, llevando a asfixia o muerte en condiciones subóptimas. Los camarones recién mudados son vulnerables a depredadores y a ataques de otros camarones del cultivo, por lo que tienden a esconderse en el sedimento hasta que el nuevo exoesqueleto se endurece, proceso que toma unas horas.

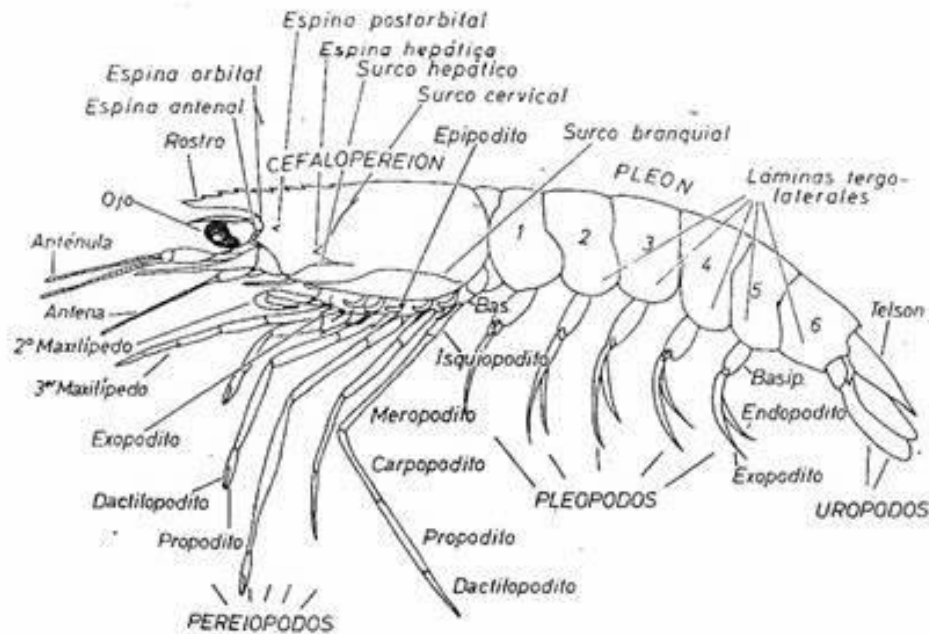


Figura 10

Anatomía del camarón

<https://acuaculturasiglo21.blogspot.com/2012/02/partes-del->

En su entorno natural, los camarones penéidos son omnívoros oportunistas, consumiendo una variedad de alimentos como algas, perifiton, bentos y materia orgánica. En sistemas de cultivo extensivo, desempeñan el papel de carnívoros al alimentarse de pequeños crustáceos, anfípodos y poliquetos tanto en el agua como en el depósito del estanque (bentos).

En América, el cultivo del camarón de mar se realiza tradicionalmente en estanques excavados en playones o áreas de suelo salado. Los playones, que generalmente carecen de vegetación, se inundan 2 veces al mes durante las mareas altas de la luna llena y nueva. Estos terrenos tienen una topografía específica diseñada como áreas de arsenal de sedimentos, caracterizadas por ser extremadamente planas y con poco desnivel. Los estanques cimentados en estos playones típicamente tienen una extensión de agua que oscila entre 15 y 30 hectáreas, con una profundidad promedio inferior a un metro.

Se utiliza agua de un estero para llenar los estanques mediante bombas axiales. Estas bombas son eficaces para elevar grandes volúmenes de agua a distancias verticales cortas sin generar excesiva presión. Además, se emplean bombas axiales con diámetros que oscilan entre 0.60 y 0.96 metros, capaces de bombear de 4,000 a 8,000 litros por minuto. Su velocidad de operación típica varía entre 100 y 300 rpm del eje, aunque este rango es demasiado lento para acoplar directamente a un motor eléctrico.

Nutrición

El monitoreo constante de la cantidad y consumo de alimento en los estanques de camarones es esencial.



Dado que los camarones son mayormente activos en horario nocturno (hábitos de 18:00 a 6:00 horas), se sugiere distribuir uniformemente el alimento al final de la tarde o temprano en la noche. Aunque esta recomendación no se sigue en muchas fincas camaroneras, brindar el alimento en diferentes fracciones diarias, hasta cuatro veces, generalmente resulta en una conversión más eficaz y menor costo de producción.

Los suministros artificiales para camarones tienen particularidades específicas y su composición y forma física deben ajustarse con el crecimiento de los camarones. La cantidad de alimento se adapta conforme los camarones se desarrollan, basándose en la biomasa del cultivo y los resultados de muestreos periódicos.

Se sugiere conservar un sistema de monitoreo constante de la aptitud del agua en cultivos de camarones. Es crucial medir la concentración de oxígeno disuelto (OD) dos veces al día, específicamente a las 6:00 a.m. y a las 3:00 p.m., y realizar evaluaciones del disco Secchi al mediodía como parte de estas medidas.

Parámetro	Post-Larvas	Juveniles	Fase de crecimiento	Engorde final
Peso camarones (g)	Hasta 0.35	0.35-4.00	4.0-18.0	18.0-23.0
Forma física ración	Triturada	Pelet	Pelet	Pelet
Tamaño partículas	Migas	2-3 mm	3-5 mm	3-5 mm
% de proteína	30-40	30-40	20-30	±20
% de lípidos	8	8	6	5
Energía bruta (kcal/kg)	3500	3500	3200	2800

Nuevas especies en acuicultura

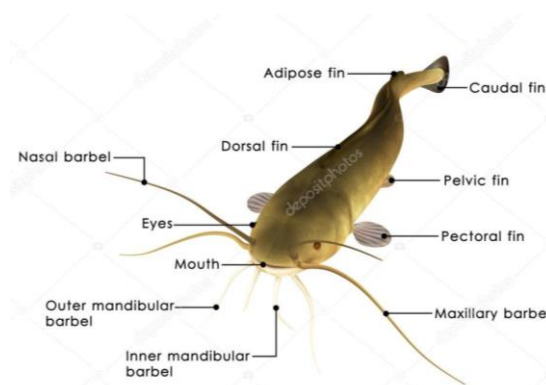
Bagre (*Squalius cephalus*)

Anatomía:

Cuerpo: Los bagres suelen tener cuerpos alargados y flexibles, con aletas pectorales y dorsales prominentes.

Cabeza: Presenta barbas táctiles llamadas "bigotes" o barbillones, que son órganos sensoriales utilizados para detectar alimentos y explorar el entorno.

Escamas: Algunas especies de bagres pueden carecer de escamas, teniendo una piel desnuda y resistente.



Biología:

Hábitat: Los bagres pueden habitar en una variedad de entornos acuáticos, desde ríos y lagos hasta aguas estancadas.

Alimentación: Muchas especies de bagres son omnívoras y se alimentan de una dieta diversa, que puede incluir insectos, crustáceos, peces pequeños y materia vegetal.

Reproducción: La reproducción de los bagres a menudo implica la puesta de huevos en áreas protegidas. Algunas especies de bagres cuidan sus nidos y crías.

Adaptaciones: Muchos bagres poseen adaptaciones fisiológicas, como un sentido del olfato bien desarrollado y órganos sensoriales especializados, que les permiten encontrar alimentos en ambientes con poca visibilidad.

Paiche (Arapaima gigas)

El paiche se distingue por tener sus órganos sexuales ubicados en la cavidad abdominal específicamente en el lado izquierdo. Esto significa que las hembras poseen únicamente un ovario funcional y un único testículo funcional en los machos. En su hábitat natural, la reproducción ocurre durante todo el año, siendo más intensa durante las temporadas de lluvias y el crecimiento del nivel del agua. Investigaciones en la Reserva Nacional Pacaya Samiria en Perú han demostrado que esta especie pone sus huevos durante todo el año, con más intensidad entre septiembre a diciembre. En la Reserva Mamirauá, ubicada en la región amazónica de Brasil, la reproducción es más intensa entre diciembre y mayo.



Figura 11

Paiche

<https://www.agroperu.pe/iiap-desarrolla-tecnologia-que-utiliza-la-glandula-hipofisis-del-paiche-para-reproduccion-de-otros-peces/>

El comportamiento reproductivo del paiche es sofisticado y comprende la alineación de parejas dominantes que protegen activamente su espacio contra otros individuos de su género y otros peces.

El paiche también construye nidos en áreas poco profundas con suelo sólido y libre de vegetación, preferiblemente a menos de un metro de profundidad. Estos nidos suelen tener unos 15-20 cm de profundidad y pueden alcanzar los 60 cm de diámetro. Durante el período de reproducción, la pareja es la encargada de cuidar los huevos, con el macho protegiendo las larvas y los alevines durante aproximadamente tres meses en áreas inundadas. Durante los primeros días de vida, los jóvenes se agrupan y nadan cerca de la cabeza del padre.

Las hembras consiguen la madurez sexual al alcanzar una longitud total de aproximadamente 185 cm, aunque en la Amazonía brasileña, algunas hembras parecen capaces de reproducirse a tamaños más pequeños, alrededor de 168 cm de longitud total. Además, generalmente las hembras son de mayor tamaño que los machos. En condiciones controladas, la reproducción del paiche comienza aproximadamente a los cinco años de edad.

El paiche es un pez carnívoro cuya dieta en su hábitat natural se basa especialmente en diversos géneros como carachamas, boquichico, yahuarachi, yulillas, mojarra, lisas y sardinas. Antes de consumir a su presa, aplica presión para inmovilizarla antes de engullirla. En entornos controlados, el paiche acepta tanto peces vivos como muertos, además de alimentos artificiales.

Cobia (Rachycentron canadum)

También conocido como esmedregal, bonito negro, pejeplato o bacalao, este pez que, pertenece a la única especie del género *Rachycentron* y a su vez es el único representante de la familia *Rachycentridae*.

Este pez se caracteriza por su cuerpo largo y estilizado, con un color oscuro en el dorso y los costados, que puede variar entre marrón y plateado.



Figura 12
Pez cobia

https://www.ecured.cu/Cobia#Caracter.C3.ADsticas_f.C3.ADsticas

Posee dos bandas plateadas notables a lo largo de los costados. Durante su juventud, presenta rayas horizontales alternas en blanco y negro que desaparecen con el tiempo y edad, resultando en un color marrón equivalente en los adultos. Tiene una cabeza amplia y plana, con una mandíbula inferior prominente. La primera aleta dorsal exhibe espinas cortas pero robustas, sin conexión por membrana. En los adultos, la aleta caudal se bifurca, siendo el lóbulo superior más largo que el lóbulo inferior. La aleta dorsal consta de entre 7 y 9 espinas y 31 radios blandos, mientras que la aleta anal tiene 2 espinas y 24 radios blandos. La cola presenta bordes oscuros y una franja blanca central. Puede alcanzar una longitud de hasta 2 m. y un peso de 68 kg, aunque normalmente mide alrededor de 1,1 m.

Este pez es un candidato ideal para la acuicultura gracias a su rápido crecimiento, logrando aumentar su peso entre 5 y 6 kg en tan solo un año. Su capacidad de adaptación al cautiverio es notable, y su carne se destaca por su agradable sabor y alto valor nutricional debido a la presencia de ácidos grasos polinsaturados de la familia $\omega 3$. Asimismo, demuestra una eficiente conversión del alimento.



CUESTIONARIO

CAPÍTULO III

CUESTIONARIO CAPITULO III

¿Cuál es la especie de trucha comúnmente cultivada en Ecuador?

- a) Trucha Namaycush
- b) Trucha Fontinalis
- c) Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)
- d) Trucha Salmo

¿Cuál es la clasificación taxonómica completa de la trucha?

- a) Reino: Animalia, Filo: Chordata, Clase: Actinopterygii, Orden: Salmoniformes, Familia: Salmonidae, Género: Salmo, Especie: Trutta
- b) Reino: Animalia, Filo: Chordata, Clase: Actinopterygii, Orden: Salmoniformes, Familia: Salmonidae, Género: Oncorhynchus, Especie: mykiss
- c) Reino: Animalia, Filo: Vertebrata, Clase: Salmonidae, Orden: Actinopterygii, Familia: Oncorhynchus, Género: mykiss, Especie: Salmonidae
- d) Reino: Chordata, Filo: Vertebrata, Clase: Actinopterygii, Orden: Salmoniformes, Familia: Oncorhynchus, Género: Salmonidae, Especie: mykiss

¿Cuál de los siguientes factores no influye en el crecimiento de la trucha?

- a) Temperatura del agua
- b) Disponibilidad de alimentos
- c) Color de la piel
- d) Genética

¿Cómo se reproduce la trucha?

- a) Vivípara
- b) Ovípara
- c) Ovovivípara
- d) Asexualmente

¿Qué tipo de hábitos alimenticios tiene la trucha?

- a) Herbívora
- b) Carnívora
- c) Omnívora
- d) Insectívora

¿Cuál es la preferencia de temperatura del agua para la trucha?

- a) 25-30 °C
- b) 18-22 °C
- c) 5-18 °C
- d) 10-15 °C

¿Qué información se puede obtener de los anillos en las escamas de la trucha?

- a) Temperatura del agua
- b) Edad del pez
- c) Tipo de alimentación
- d) Niveles de oxígeno

¿Cuál es una práctica importante para el éxito en el cultivo de truchas?

- a) Bajas temperaturas del agua
- b) Alta densidad de población
- c) Suministro adecuado de agua
- d) Uso de agua salina

¿Cuál es la etapa en el ciclo de vida de la trucha que se describe como la madurez sexual?

- a) Alevín
- b) Adulto
- c) Parr
- d) Juvenil

¿Cuál es la principal característica de la piel de la trucha?

- a) Escamosa
- b) Viscosa

- c) Áspera
- d) Peluda

¿Cómo se llama el proceso de muda en los camarones?

- a) Desprendimiento
- b) Deslizamiento
- c) Exfoliación
- d) Ecdisis

¿En qué parte del cuerpo de la tilapia se encuentran las barbas táctiles?

- a) Aletas
- b) Cola
- c) Cabeza
- d) Dorso

¿Cuál es una característica distintiva del paiche?

- a) Órganos sexuales en el lado izquierdo
- b) Dos bandas plateadas en los costados
- c) Aletas dorsales conectadas por membrana
- d) Dieta herbívora

¿Cuál es la recomendación para alimentar a los cultivos de camarones?

- a) Alimentar solo una vez al día
- b) Distribuir el alimento varias veces al día
- c) Alimentar solo en la mañana
- d) No es necesario monitorear la cantidad de alimento

¿Por qué el pez Cobia es considerado un candidato ideal para la acuicultura?

- a) Por su piel escamosa
- b) Por su lenta tasa de crecimiento
- c) Por su dificultad para adaptarse al cautiverio
- d) Por su rápido crecimiento y alta calidad nutricional



04

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ACUICOLA

NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ACUÍCOLA

La alimentación acuícola aborda la forma en que los organismos acuáticos reciben los nutrientes esenciales. Existen diversos métodos de alimentación, como la alimentación artificial, la alimentación por lotes y la alimentación ad libitum.

Alimentación Artificial: Involucra el uso de alimentos formulados que contienen nutrientes esenciales. La cantidad y frecuencia de la alimentación deben adaptarse a las necesidades específicas de cada especie y etapa de desarrollo.

Alimentación por Lotes: Implica suministrar una cantidad específica de alimento en momentos programados. Es eficaz para controlar la cantidad de alimento consumido y reducir el desperdicio.

Alimentación por Satiación: Los peces tienen acceso continuo al alimento, y se espera que consuman según sus necesidades. Es importante monitorear el comportamiento alimentario para evitar el exceso.

Alimento vivo para peces

La inclusión de alimentos vivos en la dieta de los peces es esencial para proporcionar una nutrición completa y variada. Estos alimentos no solo son ricos en nutrientes esenciales, sino que también estimulan el comportamiento natural de caza de los peces. Aquí hay más detalles sobre algunos alimentos vivos comúnmente utilizados en la acuicultura:

Artemia



Figura 13

Artemia

<https://www.ecured.cu/Artemia>

Descripción: Pequeños crustáceos salinos también conocidos como camarones de salmuera.

Beneficios: Rica fuente de proteínas y ácidos grasos esenciales. Favorece el desarrollo de la pigmentación y mejora la tasa de crecimiento en peces jóvenes.

Uso: Se utilizan comúnmente para la alimentación de alevines y larvas debido a su tamaño adecuado.

Daphnia



Figura 14

Daphnia

https://www.ecured.cu/Pulga_de_agua

Descripción: Crustáceos de agua dulce, también llamados pulgas de agua.

Beneficios: Alta en proteínas y ácidos grasos omega-3. Adecuada para peces de agua dulce y peces jóvenes.

Uso: Su tamaño varía, lo que permite alimentar a peces de diferentes tamaños. Se pueden cultivar fácilmente en tanques.

Lombrices de Tierra



Figura 15

Lombriz de tierra

https://www.ecured.cu/Lombriz_de_tierra

Descripción: Gusano de tierra común, anélido.

Beneficios: Excelente fuente de proteínas y fácil de criar en ambientes controlados.

Uso: Apreciadas por peces carnívoros. Pueden alimentar peces de mayor tamaño.

Cyclops



Figura 16

Cyclops

<https://www.sciencephoto.com/media/367172/view>

Descripción: Pequeños crustáceos que pertenecen al grupo de los copépodos.

Beneficios: Rico en proteínas y ácidos grasos esenciales. Adecuado para una variedad de especies de peces.

Uso: Se utilizan en la alimentación de peces de agua dulce y salada. Su tamaño los hace ideales para alevines.

Mysis



Figura 17

Mysis

<https://www.sciencephoto.com/media/512331/view>

Descripción: Pequeños crustáceos parecidos a los camarones.

Beneficios: Alta en proteínas y ácidos grasos esenciales. Mejora la coloración y promueve el crecimiento.

Uso: Adecuado para peces de agua dulce y salada. Popular en la alimentación de peces ornamentales.

Consideraciones de los alimentos vivos

Crianza Casera: Muchos de estos alimentos vivos se pueden criar en entornos controlados, lo que permite a los acuicultores producir su propio alimento de manera sostenible.

Diversificación Dietética: La inclusión de alimentos vivos en la dieta proporciona una dieta más completa y puede mejorar la salud general de los peces.

Precauciones: Es crucial garantizar la propiedad y la higiene de los suministros vivos para evitar la introducción de patógenos a los sistemas acuícolas.



CUESTIONARIO

CAPÍTULO IV

CUESTIONARIO CAPITULO IV

¿Cuáles son los principales nutrientes esenciales que se deben proporcionar a los organismos acuáticos según el texto?

- a) Calcio y hierro
- b) Proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales
- c) Fibra y antioxidantes
- d) Ácidos grasos y carotenoides

¿Por qué son esenciales las proteínas en la dieta acuícola según el texto?

- a) Para desarrollar membranas celulares.
- b) Para el desarrollo y crecimiento muscular.
- c) Para la pigmentación de los peces.
- d) Para proporcionar energía.

¿Qué función cumplen los lípidos en la alimentación de organismos acuáticos?

- a) Desarrollo muscular.
- b) Aportan energía y son vitales para el desarrollo de membranas celulares.
- c) Fuente principal de energía.
- d) Mejoran la coloración de los peces.

¿Cuál es la importancia de la alimentación por lotes en acuicultura?

- a) Proporcionar alimentos vivos.
- b) Controlar la cantidad de alimento consumido y reducir el desperdicio.
- c) Estimular el comportamiento natural de caza.
- d) Mejorar la salud intestinal de los peces.

¿En qué consiste la alimentación por satiación según el texto?

- a) Suministrar una cantidad específica de alimento en momentos programados.
- b) Proporcionar alimentos formulados.
- c) Permitir a los peces tener acceso continuo al alimento.

d) Controlar la cantidad de alimento consumido.

¿Cuál es uno de los beneficios de utilizar Artemia en la alimentación de peces jóvenes?

a) Mejora la coloración.

b) Desarrolla membranas celulares.

c) Estimula el comportamiento de caza.

d) Favorece el desarrollo de la pigmentación y mejora la tasa de crecimiento.

¿Cuál de los siguientes alimentos vivos es adecuado para peces de agua dulce y peces jóvenes?

a) Lombrices de tierra.

b) Copepodos.

c) Mysis.

d) Artemia.

¿Por qué se menciona la crianza casera de alimentos vivos en el texto?

a) Para reducir costos.

b) Para mejorar la salud general de los peces.

c) Para aumentar la pigmentación.

d) Para prevenir enfermedades.

¿Cuál es la función de los copepodos en la alimentación acuícola según el texto?

a) Mejorar la coloración de los peces.

b) Desarrollar membranas celulares.

c) Contribuir a la salud intestinal de los peces.

d) Estimular el comportamiento de caza.

¿Qué precauciones se deben tomar al usar alimentos vivos en la acuicultura según el texto?

a) No es necesario tomar precauciones.

b) Garantizar la calidad y la higiene para evitar la introducción de patógenos.

c) Asegurar un acceso continuo al alimento.

d) Utilizar alimentos vivos de cualquier origen.



05

MANEJO DE CULTIVOS ACUICOLAS

MANEJO DE CULTIVOS ACUICOLAS

La densidad de siembra en la acuicultura es un elemento crucial que impacta concisamente en la producción y salud de los organismos cultivados, como la trucha, tilapia y camarón de agua dulce. Aquí se presenta un enfoque científico sobre su influencia en la producción acuícola:

Trucha (Género: *Oncorhynchus*)

El proceso de cultivo de peces pasa por varias etapas:

Fertilización e incubación de huevos: Se colocan huevos fecundados en incubadoras con flujo de agua vertical y temperatura controlada (8-12°C). La siembra de ovas cubre el 70% del área de la incubadora con un caudal específico. Se requiere un alto nivel de oxígeno (>95% de saturación) y un pH óptimo (6.7 a 8) para la eclosión. El flujo de agua no debe ser turbulento para no dañar las ovas.

Etapla larval: Los peces son vulnerables durante esta etapa que dura de 15 a 30 días. Se alimentan del saco vitelino hasta que pueden consumir alimento externo. Se recomienda una dieta inicial de balanceado pulverizado y se alimentan de 10 a 12 veces al día. Las larvas se colocan en tanques de cultivo y se alimentan hasta que alcanzan una longitud de 3 a 4 cm.

Etapla de alevines: Los peces tienen una longitud de 5 a 10 cm y un peso de 12 g. Se recomienda una densidad de siembra de 25 a 50 alevines por metro cuadrado durante 3 meses. Se alimentan con balanceado pre-inicial e inicial con 45% de proteína, de 8 a 10 veces al día.

Etapla de juveniles: Tienen una talla entre 10 y 17 cm y un peso de 68 g durante 2 meses. Se debe ofrecer alimento de crecimiento con 40% de proteína, distribuido 4 veces al día.



Etapla de engorde: Los peces tienen una talla media de 17-26 cm y un peso de 250 g (considerada talla comercial) durante 3 meses. Se alimenta de compuestos balanceados de engorde rico en proteína (35%) de 2 a 4 veces al día.

Densidad Óptima:

Especies Comunes: Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Densidad Adecuada: Varía según la etapa de crecimiento. Por ejemplo, en estanques de preengorde, densidades iniciales de 2,000 a 5,000 alevines por hectárea son comunes.

Impacto en la Producción: Una densidad adecuada evita la competencia excesiva por alimento y espacio, promoviendo tasas de crecimiento óptimas.

Factores a Considerar:

Tamaño del Estanque: La relación entre el tamaño del estanque y la cantidad de peces es crucial para conservar la calidad del agua y disminuir el estrés.

Calidad del Agua: La sobrepoblación puede conducir a problemas de oxígeno y acumulación de desechos, afectando negativamente la salud de la trucha.

Tilapia (Género: Oreochromis)

Densidad Óptima:

Resumen de las fases de producción de tilapia en una finca comercial

Fase (Duración)	Densidad Siembra (peces/m ²)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Mortalidad esperada (%)
Reproducción (18-24 días)	0.1 kg	---	0.01	??
Reversión del sexo (25-30 días)	2000 a 5000	0.01	0.15 a 0.40	40 a 60
Pre-engorde (60-90 días)	10 a 20 o más	0.30	40 a 60 o mayor	30 a 40
Engorde 1 (2-3 meses)	10 a 100	60-120	200 a 250	5 a 10
Engorde 2 (6 meses o más)	4 o más	225	600 a 1000	3 a 10

Especies Comunes: Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), Tilapia azul, (*O. aereus*), Tilapia de Java (*O. mossambicus*) y tilapia roja floridiana.

Factores a Considerar:

Para que un proyecto acuícola sea exitoso, es fundamental contar con una fuente de agua confiable que pueda ser dirigida a las unidades de producción, idealmente utilizando canales o tuberías que funcionen por gravedad. Esta fuente de agua puede proceder de ríos, arroyos, manantiales naturales, lagos u otros cuerpos de agua naturales. Aunque el agua de lluvia también puede ser aprovechada, su fiabilidad es menor en comparación con otras fuentes.

Es crucial que el agua sea rica en oxígeno, de calidad química adecuada y libre de contaminantes como agroquímicos. La temperatura ideal para la tilapia, un pez común en la acuicultura, está entre 20 y 32°C. En ocasiones, puede ser necesario usar fuentes de oxígeno adicionales como aireadores de paleta o blowers, dependiendo del tipo de cultivo y las condiciones del agua disponibles.

Camarón de Agua Dulce (Género: Macrobrachium)

Densidad Óptima:

En las fases iniciales de proceso de las larvas de camarón (zoea I-VI), se puede manejar una densidad de hasta 100 larvas por litro. Sin embargo, a partir del estadio VI, se requiere reducir la densidad a 40-50 larvas por litro para evitar una baja supervivencia debido al aumento del canibalismo y la incidencia de enfermedades. El recuento de larvas se realiza mediante volumetría, aumentando la aireación para mejorar la distribución de las larvas en el tanque. Posteriormente, se toman 10 muestras en diversas ubicaciones del tanque, se cuenta el número de larvas en cada una y se calcula un promedio por muestra, que se ajusta al volumen total del tanque.

Especies Comunes: *Macrobrachium rosenbergii*.

Impacto en la Producción:

Densidades apropiadas evitan la competencia excesiva y permiten un monitoreo eficiente de la salud de los camarones.

Factores a Considerar:

Calidad del Suelo: En sistemas de cultivo en estanques, la calidad del suelo es esencial para evitar la acumulación de desechos y garantizar un ambiente saludable.

Consideraciones Generales:

El agua utilizada en la reproducción de especies de agua dulce debe cumplir con estándares de calidad específicos en términos fisicoquímicos. Es crucial que la temperatura se mantenga entre 26°C y 32°C, y que la salinidad no exceda el 1.3%. El nivel de oxígeno disuelto debe rondar los 6 mg/l, el cual puede variar según factores como la temperatura, la salinidad y la cantidad de material en suspensión. Además, el pH debe mantenerse dentro de un rango de 7.5 a 8.5, mientras que los niveles de amoníaco y nitritos no deben superar 0.5 y 0.1 ppm, respectivamente.

Uso de fertilizantes en la producción

acuícolas

Los fertilizantes desempeñan un papel crucial en la producción acuícola, contribuyendo al enriquecimiento de nutrientes esenciales en el agua para promover el crecimiento de fitoplancton y zooplancton, base alimentaria para muchos organismos acuáticos. Aquí se abordan las estrategias, ventajas y desventajas del uso de abonos en la producción acuícola:

Estrategias Comunes de Fertilización

Fertilización Inorgánica:

Ejemplos: Urea, fosfato, sulfato de amonio.

Fertilización Orgánica:

Ejemplos: Residuos orgánicos, estiércol.

Fertilizante	Ventajas	Desventajas
Urea	- Rápida liberación de nitrógeno.	- Puede provocar cambios en el pH.
Fosfato	- Esencial para el desarrollo óseo.	- Exceso puede causar eutrofización.
Sulfato de Amonio	- Suministra nitrógeno y azufre.	- Potencial para acidificar el agua.
Residuos Orgánicos	- Mejora la estructura del suelo.	- Liberación lenta de nutrientes.
Estiércol	- Aporta materia orgánica valiosa.	- Necesita descomposición antes de ser efectivo.

Ventajas del Uso de Fertilizantes en la Producción Acuícola

Estimulación del Fitoplancton:

Los fertilizantes suministran los nutrientes precisos para el crecimiento del fitoplancton, base de la cadena alimentaria acuática.

Aumento de la Producción Secundaria:

Un aumento en el fitoplancton beneficia a los consumidores primarios, como zooplancton y camarones, mejorando la producción acuícola.

Optimización del Sistema Acuícola:

La fertilización bien gestionada puede optimizar los sistemas acuícolas, mejorando la producción y la eficacia de los recursos.

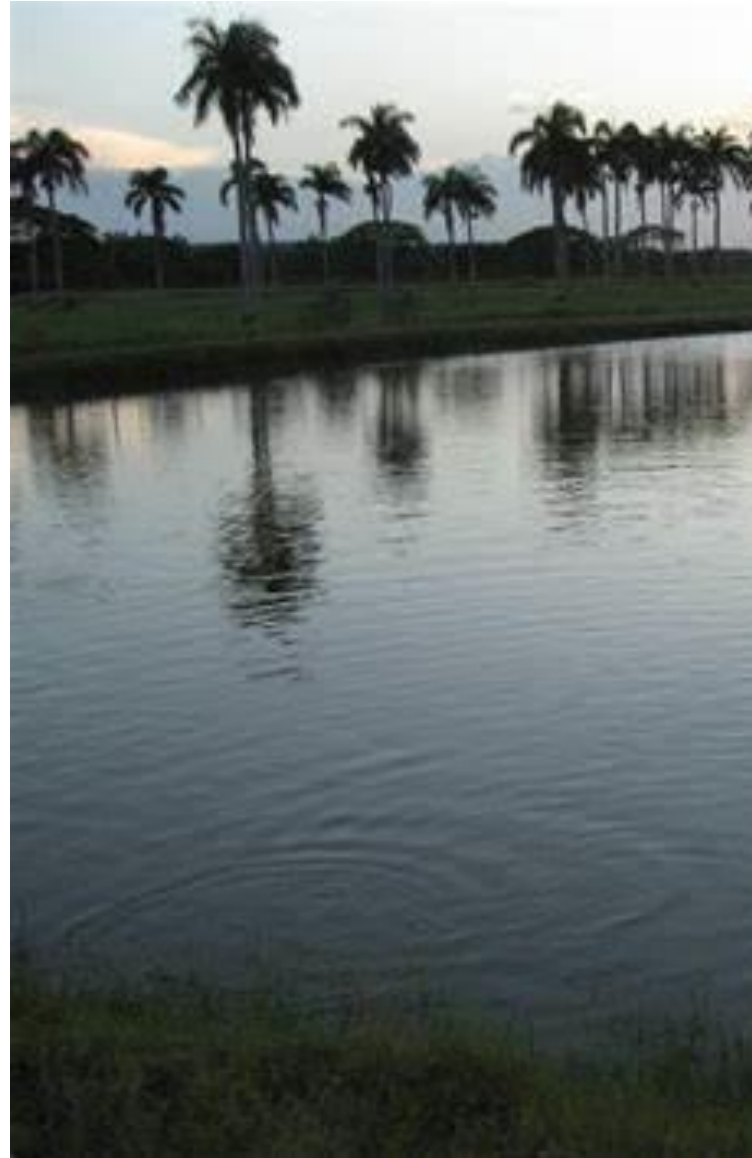
Desventajas de la utilización de Fertilizantes en la Producción Acuícola:

Eutrofización: El exceso de nutrientes puede llevar a la eutrofización, provocando crecimientos descontrolados de algas y afectando negativamente la calidad del agua.

Impactos Ambientales: El uso inadecuado de fertilizantes puede tener impactos ambientales nocivos, como la degradación de hábitats acuáticos.

Manejo y Monitoreo Constante Necesarios: La aplicación inapropiada puede resultar en desequilibrios y afectar el estado físico y fisiológico de los seres vivos que habitan en ambientes acuáticos, requiriendo un manejo y monitoreo constantes.

El uso de fertilizantes en la producción acuícola es una práctica común, pero su aplicación debe basarse en una comprensión sólida de los requisitos nutricionales y en la implementación de prácticas sostenibles para minimizar impactos ambientales negativos. El monitoreo constante y el ajuste adaptativo son esenciales para garantizar resultados positivos y sostenibles.





CUESTIONARIO

CAPÍTULO V

CUESTIONARIO CAPITULO V

¿Por qué la densidad de siembra es un elemento crucial en la acuicultura según el texto?

- a) Impacta la temperatura del agua.
- b) Influye en la calidad del suelo.
- c) Afecta directamente la producción y salud de los organismos cultivados.
- d) Mejora la eficiencia del cultivo.

¿Qué especie de trucha se menciona en el texto y cuál es una densidad adecuada en estanques de preengorde?

- a) Trucha arcoíris; 10 a 20 peces por metro cúbico.
- b) Trucha del Pacífico; 2,000 a 5,000 alevines por hectárea.
- c) Trucha arcoíris; 10 a 20 camarones por metro cuadrado.
- d) Trucha del Atlántico; 5,000 a 10,000 alevines por hectárea.

¿Por qué es crucial la relación entre el tamaño del estanque y la cantidad de peces en la cría de truchas?

- a) Para evitar el estrés en los peces.
- b) Para prevenir la competencia por alimento y espacio.
- c) Para mejorar la eficiencia del cultivo.
- d) Para reducir la temperatura del agua.

¿Cuál es un factor importante a considerar en la cría de tilapia en jaulas flotantes?

- a) Temperatura del agua.
- b) Tamaño del estanque.
- c) Calidad del suelo.
- d) Frecuencia de alimentación.

¿Por qué la temperatura del agua es un factor a considerar en la densidad de siembra de tilapia según el texto?

- a) Influye en la tasa metabólica de la tilapia.
- b) Afecta directamente la producción acuícola.
- c) Evita la competencia excesiva por alimento.
- d) Mejora la calidad del suelo.

¿Cuál es una especie común de camarón de agua dulce mencionada en el texto y cuál es una densidad óptima en sistemas intensivos?

- a) *Macrobrachium rosenbergii*; 10 a 20 peces por metro cúbico.
- b) Camarón de río (*Astacus fluviatilis*); 5 a 10 camarones por metro cuadrado.
- c) Langostino tigre (*Penaeus monodon*); 20 a 30 camarones por hectárea.
- d) *Macrobrachium rosenbergii*; 10 a 20 camarones por metro cuadrado.

¿Por qué es esencial la calidad del suelo en la cría de camarones en estanques?

- a) Para evitar la sobrepoblación.
- b) Para prevenir la acumulación de desechos.
- c) Para mejorar la eficiencia del cultivo.
- d) Para reducir la temperatura del agua.

¿Cuál es una consideración general mencionada en el texto sobre la densidad de siembra en la acuicultura?

- a) Monitoreo de la temperatura del agua.
- b) Relación entre el tamaño del estanque y la cantidad de peces.
- c) Crianza casera de alimentos vivos.
- d) Ajuste adaptativo a lo largo del ciclo de cultivo.

¿Cuáles son ejemplos de fertilizantes inorgánicos mencionados en el texto?

- a) Estiércol y urea.
- b) Residuos orgánicos y fosfato.
- c) Urea, fosfato y sulfato de amonio.
- d) Fertilización inorgánica y fertilización orgánica.

¿Cuál es una desventaja común del uso de fertilizantes en la producción acuícola según el texto?

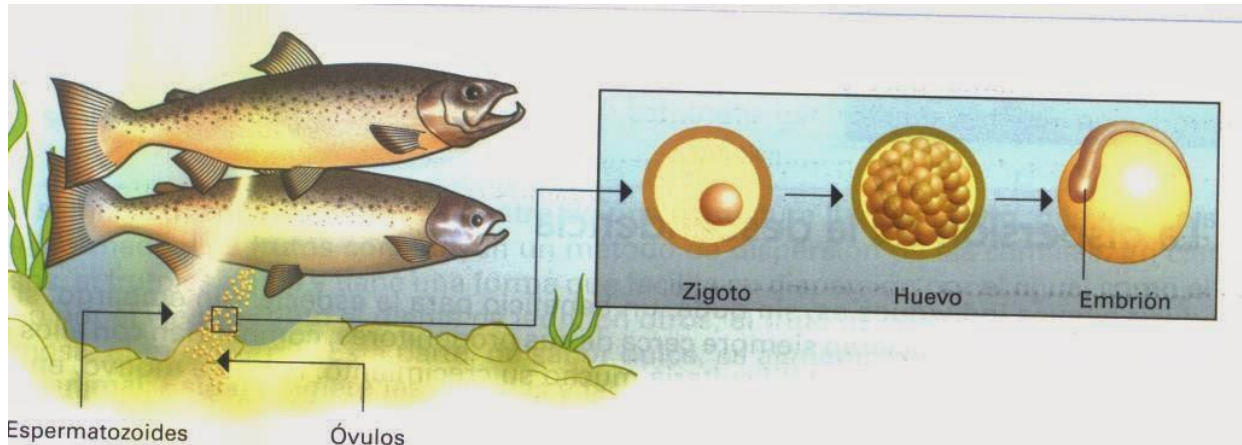
- a) Estimulación del fitoplancton.
- b) Mejora la calidad del suelo.
- c) Eutrofización.
- d) Monitoreo constante y ajuste adaptativo



06

REPRODUCCIÓN EN PECES

REPRODUCCIÓN EN PECES



Anatomía y procesos de reproducción en trucha

En el pez maduro sexualmente, las gónadas son notables, siendo los testículos y ovarios órganos pares. Los testículos, que suelen ser sinuosos, pueden extenderse a lo largo de la cavidad abdominal y cada uno está conectado a un conducto sexual que se divide en el seno urogenital para liberar los espermatozoides. Los ovarios, más grandes que los testículos, contienen cuantiosos óvulos de aproximadamente 4 mm de diámetro. Durante la maduración, los óvulos se liberan en el celoma y, a través de poros genitales en la pared anterior del seno urogenital, encuentran su salida al medio externo para la fecundación.

La trucha es una especie que se reproduce mediante fecundación externa y es ovípara. Las hembras consiguen la madurez sexual aproximadamente a los dos años, en cambio los machos lo hacen alrededor de año y medio. El desove típicamente comienza cuando las hembras alcanzan un tamaño de 30 cm y los machos de 25 cm, aunque estas cifras pueden verse afectadas por condiciones ambientales.

Su temperatura corporal se iguala a la del agua, siendo poiquilotermo, por lo que alteraciones abruptas de temperatura representan riesgos. Es una especie sensitiva a la contaminación del agua, la trucha es territorial y muestra diferencias en la forma del hocico entre hembras (maxilar superior redondeado y corto) y machos (hocico alargado).



Figura 18

Truchas macho y hembra

<https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2022/08/Manual-de-Trucha.pdf>

En ocasiones, se emplean hembras con inversión de sexo como reproductoras para asegurar una progenie exclusivamente femenina, la cual suele crecer más rápidamente. Los machos se pueden obtener mediante la administración de hormonas masculinas en el alimento desde la fase de ale

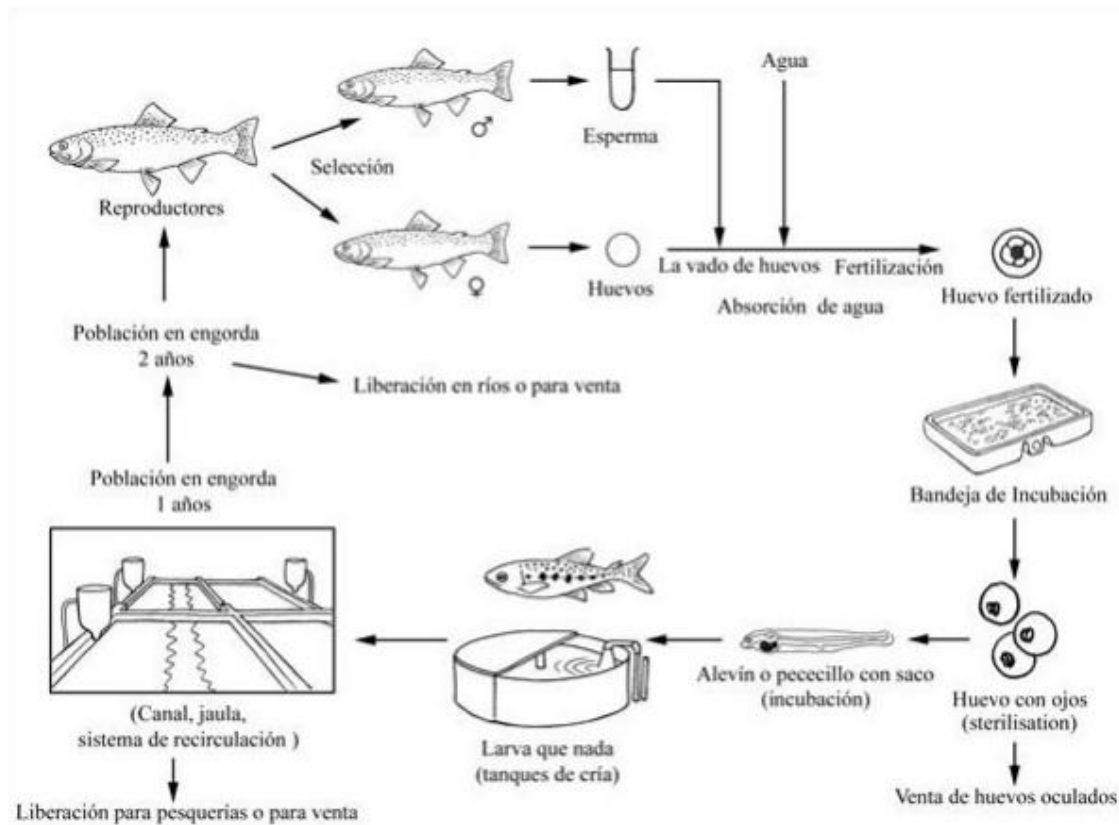


Figura 19

Manejo reproductivo de la trucha

<https://www.infocampo.com.ar/trucha-arcoiris-una-de-las-especies-acuicolas-de-mayor-importancia-en-la-argentina/>

Se evidencia una evidente disparidad en el compás de desarrollo entre los machos y las hembras de diversas especies de tilapia, en machos se experimenta un crecimiento más rápido, variando entre 1 a 5 gramos por pez al día, sujeto a factores como la temperatura del agua, la densidad de siembra, la alimentación y la calidad del agua. La genética de estos peces ha sido poco estudiada, y los peces extraídos directamente de entornos naturales en África a menudo crecen tan bien o incluso mejor que las tilapias "domesticadas". Coexiste una considerable vía para mejorar la producción de tilapias mediante técnicas de mejora genética.

En cuanto a la reproducción, las tilapias presentan diversos hábitos interesantes. En cautiverio, se hallan individuos adultos tan pequeños como 10 gramos.

Algunas especies protegen sus huevos en nidos contruidos en el fondo del agua ("substrate brooders"), mientras que otras practican la incubación bucal materna. La tilapia del Nilo, en particular, realiza un cortejo peculiar, donde el macho excava un nido y busca a una hembra receptiva. La hembra deposita los huevos en el nido, y el macho los fertiliza, recogiendo los en su boca. La incubación bucal, que dura de 12 a 15 días, es una adaptación que aumenta la supervivencia de los embriones y peces-larvas. En este período, la hembra no se alimenta significativamente. El número de huevos está relacionado con el cuadrado de la longitud de la hembra, con ejemplares más grandes depositando una cantidad proporcionalmente mayor de huevos en cada puesta.

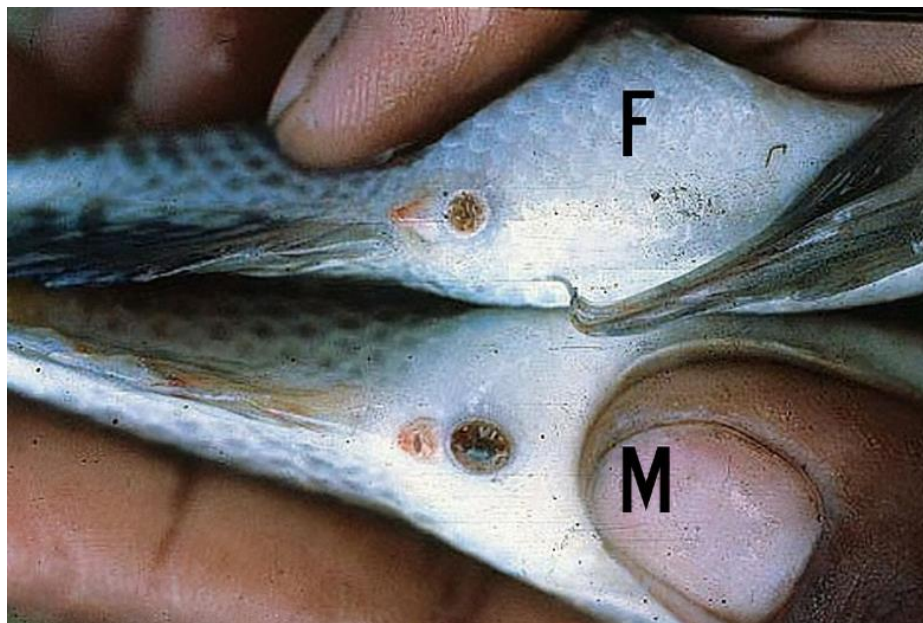


Figura 20

Diferencia genital de la tilapia

<http://industriairtawar.blogspot.com/2011/09/pembiakan-ikan-tilapia.html>

En condiciones de temperatura del agua por encima de 22°C, una hembra de tilapia es capaz de colocar huevos a intervalos de 4 a 6 semanas, siendo posible intervalos más cortos bajo condiciones óptimas. En algunos países, se practica un manejo intensivo de la reproducción de tilapia, donde los huevos fertilizados son retirados de la cavidad oral de las hembras habitualmente. Este proceso, conocido como remoción de huevos, tiene el propósito de disminuir el tiempo entre cada puesta. Además, los huevos pueden ser incubados artificialmente mediante diversas técnicas y equipos, que imitan el proceso natural que realiza la hembra. Estas incubadoras consisten en recipientes que reciben un flujo de agua oxigenada y limpia, asegurando un movimiento lento y constante de los huevos.

La tasa de mortalidad mencionada puede variar significativamente según las condiciones de la finca, como la destreza en el manejo de los cultivos, la presencia de aves depredadoras, ladrones, entre otros aspectos.

Objetivo:

Cosecha. El objetivo es exportar aproximadamente 10,000 libras de filete de tilapia mensualmente, lo que implica una cosecha de alrededor de 30,000 libras de peces vivos al mes. Cada pez, al alcanzar un peso final aproximado de 675 gr., contribuiría a una cosecha mensual de aproximadamente 20,000 peces.

Fase de engorde: Para garantizar una cosecha mensual de 20,000 peces, se requeriría introducir alrededor de 22,000 peces mensualmente al inicio de nuevos ciclos de engorde en la estación. Este procesamiento de datos considera una tasa de mortalidad del 10% durante esta etapa productiva final.

Etapa de pre-engorde: Para conservar una cosecha mensual de 20,000 peces durante esta fase, sería imperioso sembrar aproximadamente 30,000 peces al mes en la fase de pre-engorde. Se estima una mortalidad del 33% durante este período de 60 - 90 días.

Fase de reversión sexual: Esta etapa tiene una duración de aproximadamente 28 a 30 días, durante la cual la mortalidad de los peces jóvenes puede ser significativa, alcanzando hasta un 50% de la población. Para sembrar los 30,000 peces necesarios en la fase de pre-engorde, se requeriría sembrar 60,000 peces jóvenes en el período de reversión sexual al mes.

Reproducción: Cada hembra engendra cerca de 1 alevín por gramo de peso al mes. Para alcanzar una producción mensual de 60,000 alevines, debemos manipular alrededor de 60 kg en biomasa de hembras en los reservorios reproductivos.

Anatomía y procesos de reproducción en camarones

El desarrollo larvario de los camarones penéidos, que incluyen especies como *Litopenaeus vannamei*, pasa por varias etapas cruciales antes de convertirse en juveniles capaces de sobrevivir en su entorno acuático.



Figura 21

Etapas del camaron

<https://www.ecured.cu/Camar%C3%B3n>

Huevo: La vida comienza con la fertilización de los huevos, que son liberados por las hembras en el agua. Estos huevos son llevados por las corrientes y se encuentran en las capas superficiales del agua y eclosionan entre las 14-18h.

Nauplio: Tras la eclosión, las larvas emergen en forma de nauplios, que son pequeñas y tienen apéndices rudimentarios. Estas larvas nauplio son alimentadas principalmente por las reservas y continúan su desarrollo a medida que se desplazan con las corrientes; tarda de 36-48h pasar por las cinco subetapas de nauplio.

Zoea: Después de algunas mudas, las larvas nauplio se transforman en zoeas, caracterizadas por la presencia de apéndices más desarrollados y una forma corporal más definida. En esta etapa, comienzan a alimentarse activamente de fitoplancton y otros organismos microscópicos, esto dura unas 120h.

Mysis: La siguiente etapa es la mysis, donde las larvas adquieren una apariencia más similar a la de los camarones juveniles. Desarrollan apéndices más especializados para la alimentación y la natación, esta etapa dura de 72-96h aproximadamente.

Postlarva: Al llegar a la etapa de postlarva, los camarones penéidos son ahora similares a los juveniles, pero aún más pequeños. En este punto, se vuelven más activos en la búsqueda de alimentos y desarrollan las características distintivas de la especie a la que pertenecen, esta etapa tiene una duración variable de tiempo.



CUESTIONARIO

CAPÍTULO VI

CUESTIONARIO CAPITULO VI

¿Cómo se describe la anatomía de las gónadas en peces maduros sexualmente?

- a) Órganos singulares sin conexión.
- b) Órganos pares: testículos y ovarios conectados a conductos genitales.
- c) Gónadas sinuosas sin conexión a conductos genitales.
- d) Gónadas conectadas solo en hembras.

¿Cuál es el método de reproducción de la trucha y cuándo alcanza la madurez sexual?

- a) Vivípara; al año en hembras y año y medio en machos.
- b) Ovípara con fecundación interna; a los 2 años en hembras y año y medio en machos.
- c) Ovípara con fecundación externa; a los 2 años en hembras y año y medio en machos.
- d) Vivípara; a los 3 años en hembras y 2 años en machos.

¿Qué riesgos presenta la trucha debido a cambios abruptos de temperatura?

- a) Pérdida de territorio.
- b) Mayor agresividad.
- c) Posible riesgo de sobrepoblación.
- d) Amenaza para su temperatura corporal.

¿En qué consiste la reproducción en tilapia y cuál es un hábito interesante de algunas especies en cautiverio?

- a) Fecundación interna; construyen nidos en el fondo del agua.
- b) Fecundación externa; incubación bucal materna.
- c) Ovípara con fecundación externa; construyen nidos en el fondo del agua.
- d) Vivípara; incubación bucal materna.

¿Cómo afecta la temperatura del agua en la reproducción de tilapias según el texto?

- a) Acelera la maduración.

- b) Inhibe la fecundación externa.
- c) Influencia en la tasa de mortalidad.
- d) No tiene impacto.

¿Cuál es el propósito de la remoción de huevos en la reproducción intensiva de tilapia?

- a) Aumentar la temperatura del agua.
- b) Acortar el tiempo entre cada puesta.
- c) Reducir la mortalidad de los alevines.
- d) Estimular el cortejo peculiar.

Según los lineamientos de producción de tilapia, ¿cuál es la duración aproximada de la fase de reversión sexual?

- a) 10 a 12 días.
- b) 20 a 25 días.
- c) 28 a 30 días.
- d) 40 a 45 días.

¿Cuáles son las etapas del desarrollo larvario de los camarones penéidos mencionados en el texto?

- a) Huevo, Nauplio, Zoea, Postlarva.
- b) Huevo, Larva, Mysis, Juvenil.
- c) Zigoto, Nauplio, Mysis, Postlarva.
- d) Huevo, Zoea, Mysis, Juvenil.

¿Qué ocurre en la etapa de Mysis en el desarrollo larvario de camarones penéidos?

- a) Desarrollo de apéndices más especializados.
- b) Eclosión de los huevos.
- c) Transformación en juveniles.
- d) Fertilización de los huevos.

¿Cuál es el propósito de la fertilización de los huevos en los camarones penéidos?

- a) Incrementar la temperatura del agua.
- b) Asegurar una alimentación adecuada.
- c) Mejorar la supervivencia de los embriones.



BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Alcántara BF, Navas VM, Reyes RC, Chávez VC, Rodríguez CL, Tello MS, Chu-Koo F. 2010. Experiencias de reproducción inducida del paiche *Arapaima gigas* utilizando extracto de pituitaria de carpa (EPC) en el Centro de Investigaciones de Quistococha del IIAP. Libro de Resúmenes del Workshop Internacional Amazonía Occidental. Iquitos, Perú. 19-20p
- Bello, R., Gonzáles, L., La Grave, Y., Pérez, L., Prada, N., Salaya, J., & Santacana, J. 1989. Monografía sobre el cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) en Venezuela. Pages 144-167 in R. A. Hernández, editor. Primera Reunión Grupo de Trabajo, Junio 1988, Brasil.
- Bioinnova (2022). Anatomía de un vertebrado: Trucha arcoíris. Recuperado de <https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>
- Engle, C. R., & Leung, P. (2002). History and Overview of Aquaculture in the United States. In *Aquaculture in the 21st Century* (pp. 1-32). American Fisheries Society
- FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FONDEPES. 2004. Manual de cultivo de Gamitana. Lima-Perú. 106 pp
- Hillebrand, W. F., & Lundell, G. E. (1919). *Handbook of Chemical and Physical Calculations*. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Instituto Nacional de Pesca del Ecuador (INP). (2021). Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2020
- Lovatelli, A., Aguilar-Manjarrez, J., & Soto, D. (Eds.). (2013). Expanding mariculture farther offshore: technical, environmental, spatial and governance challenges. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 549. FAO
- Muir, J. F. (2015). Environmental risk assessment of genetically modified organisms: Vol. 1. A case study of Bt maize in Kenya. CABI
- Mungkung, R., Gjedrem, T., Vearasilp, T., & Na-Nakorn, U. (2008). Genetic improvement of tilapia in Asia: the 'GIFT' project. *Aquaculture Research*, 39(7), 701-710
- Nicolás A. (2024). ¿Puede explicar el PH? recuperado June 26, 2024, de www.tusclases.com.uy/questions/quimica/puede-explicar
- Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996). *Aquatic Chemistry: Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters* (3rd ed.). Wiley-Interscience.
- Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2009). Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(6), 294-302.
- Trewavas, E. (1983). Tilapiine Fishes of the Genera *Sarotherodon*, *Oreochromis*, and *Danakilia*. British Museum (Natural History).
- Tello, S.; Montreuil, V.; Maco, J.; Ismiño, R. & Sánchez, H., 1992. Bioecología de peces de importancia económica de la parte inferior de los ríos Ucayali y Marañon-Perú. *Folia Amazonica*, 2 04, 87-107.
- Tomalá, D.; Chavarría, J. & Escobar, B., 2014. Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno de

Colossoma macropomum en relación al peso corporal y temperatura del agua. Latino America Journal Aquaculture Research, 5 42, 971-979.

World Health Organization (OMS). (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. Recuperado de [URL].



INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO PELILEO

ISBN: 978-9942-686-48-0



Educación gratuita y de calidad