

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
INSTITUTO COLOMBIANO DE DESARROLLO RURAL - INCODER

GUÍA PRÁCTICA DE PISCICULTURA EN COLOMBIA



SUBGERENCIA DE PESCA Y ACUICULTURA

**MARÍA CLAUDIA MERINO ARCHILA
GUSTAVO SALAZAR ARIZA
DIANA GÓMEZ LEÓN**



INCODER
Instituto Colombiano de Desarrollo Rural

República de Colombia
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural



Subgerencia de Pesca y Acuicultura
Grupo de Ordenamiento

GUÍA PRÁCTICA DE PISCICULTURA EN COLOMBIA
"Una valiosa herramienta para el usuario"

MARÍA CLAUDIA MERINO ARCHILA
GUSTAVO SALAZAR ARIZA
DIANA GÓMEZ LEÓN

Bogotá, D.C.
2006

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

MINISTRO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
ANDRÉS FELIPE ARIAS LEIVA

INSTITUTO COLOMBIANO DE DESARROLLO RURAL
INCODER

GERENTE GENERAL
LUIS ORTIZ LÓPEZ

SUBGERENTE DE PESCA Y ACUICULTURA
JULIÁN BOTERO ARANGO

COORDINADOR GRUPO ORDENAMIENTO
SANDRA EMILIA MUÑOZ TORRES

FOTOGRAFÍAS:
MARÍA CLAUDIA MERINO
GUSTAVO SALAZAR ARIZA

DISEÑO DE CARÁTULA Y CONTRACARÁTULA:
MARÍA CLAUDIA MERINO
NOHORA ESPERANZA TRUJILLO

Autores:

María Claudia Merino Archila: Profesional Especializado, Subgerencia Pesca y Acuicultura.
mmerino@incoder.gov.co

Gustavo Salazar Ariza: Profesional Especializado, Subgerencia Pesca y Acuicultura.
gsalazar@incoder.gov.co

Diana Gómez León: Profesional Especializado, Oficina Asesora de Planeación.
dgomez@incoder.gov.co

ISBN: 958-3-8172-1

2



Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Doctor Ricardo González Alarcón, Biólogo Marino Piscicultor, quien con sus aportes a través de información técnica, comentarios y revisión del texto contribuyó a enriquecer el contenido de este documento.

Al doctor Javier Álvarez Barrera, Biólogo Marino, Presidente de la Asociación de Acuicultores de los Llanos Orientales, Acuioriente, por el suministro de información.

A las doctoras Piedad Victoria, del Grupo de Investigaciones; Sandra Emilia Muñoz y María Doris Escobar, del Grupo de Ordenamiento de la Subgerencia de Pesca y Acuicultura del Incoder, por la revisión del texto y corrección de estilo.

A la doctora Nohora Esperanza Trujillo, del Servicio de Información Geográfica del Incoder, por su colaboración en el diseño de la carátula y la contracarátula.

A los doctores Leonel Ceballos, de Corpoamazonia, Miguel Angel Landínez, de la U. Nacional de Colombia, Javier Alvarez, Ana Milena Moncada, de Asoacuícola y María Doris Escobar, por facilitar algunas fotos.



Contenido

	Pág.
PRESENTACIÓN	
I. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PISCICULTURA	10
1. TIPOS DE PISCICULTURA	10
1.1. Piscicultura según la tecnología aplicada y el manejo dado por el hombre	10
1.1.1. Extensiva	10
1.1.2. Semiintensiva	10
1.1.3. Intensiva	11
1.1.4. Superintensiva	12
1.2. Piscicultura según el número de especies cultivadas	12
1.2.1. Monocultivo:	12
1.2.2. Policultivo:	12
2. EL AGUA	13
2.1. Calidad del Agua	
2.2. Cantidad de agua	16
3. CONSTRUCCIÓN DE ESTANQUES EN TIERRA	17
3.1. El suelo, la topografía y la selección del lugar	17
3.2. Cómo construir el estanque	18
3.2.1. Estructuras de los estanques	19
3.2.2. Instrucciones para la construcción	19
3.2.3. Conducción del agua	20
4. PREPARACIÓN Y MANEJO DE ESTANQUES	23
4.1. Limpieza y desinfección	23
4.2. Fertilización	23
5. SIEMBRA DE ALEVINOS	26
6. ALIMENTACIÓN	27
6.1. Alimentación natural mediante fertilización	27
6.2. Alimentación natural con Dietas Suplementarias	28
6.3. Alimentación mediante dietas completas	28
7. ESPECIES APROPIADAS PARA EL CULTIVO	29
7.1. Trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	30
7.1.1. Producción de alevinos	31
7.1.2. Etapas del Cultivo	32
7.2. Carpa (<i>Cyprinus carpio</i>)	35



	Pág.
7.3. Tilapias	37
7.3.1. Tilapia plateada (<i>Oreochromis niloticus</i>)	37
7.3.2. Tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>)	38
7.3.3. Producción de alevinos	38
7.3.4. Sistemas de cultivo y densidad de siembra	40
7.3.5. Etapas del cultivo	42
7.4. Cachamas blanca (<i>Piaractus brachypomus</i>) y negra (<i>Colossoma macropomum</i>)	43
7.4.1. Producción de alevinos	43
7.4.2. Etapas de cultivo	45
7.5. Yamú (<i>Brycon siebenthalae</i>)	47
7.5.1. Producción de alevinos	47
7.5.2. Etapas de cultivo	47
8. PISCICULTURA INTEGRADA A OTRAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS	48
9. ENFERMEDADES DE LOS PECES	51
9.1. Prevención de enfermedades	52
9.2. Tipos de enfermedades	53
9.2.1. De origen infeccioso o patógeno	53
9.2.2. De origen nutricional	54
9.2.3. Por problemas del agua en calidad, contaminación o manejo	54
9.3. Tratamientos curativos	55
10. PRÁCTICAS GENERALES DE MANEJO DEL CULTIVO, COSECHA Y CONSERVACIÓN DEL PESCADO	56
10.1. Manejo del cultivo	56
10.2. Cosecha	59
10.3. Conservación del pescado	60
10.3.1. Enhielado:	60
10.3.2. Secado-Salado:	60
10.3.3. Ahumado	61
II. ASPECTOS ECONÓMICOS, FINANCIEROS E INSTITUCIONALES DE LA PISCICULTURA	
11. LA PISCICULTURA EN PEQUEÑA Y GRAN ESCALA CON TILAPIA, CACHAMA Y TRUCHA	62
11.1. La piscicultura en pequeña escala	63
11.2. La piscicultura como industria en mayor escala	65
11.2.1. Trucha	66
11.2.2. Tilapia en jaulas	68
11.2.3. Cachama y Tilapia en estanques	70
12. MERCADO	72
13. SERVICIOS DE APOYO A LA ACUICULTURA	76
14. MARCO INSTITUCIONAL DEL SECTOR	77
III. BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXO 1. TRÁMITE PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS DE CULTIVO	80



Presentación

La acuicultura es la actividad que se dedica al cultivo de organismos acuáticos en estanques, piletas y lagos naturales o artificiales, realizada mediante técnicas adecuadas controladas por el hombre. Dentro de la industria del sector agropecuario constituye un renglón significativo en la producción de proteínas, minerales y otros elementos fundamentales en la dieta humana, razón por la cual contribuye en medida importante a la seguridad alimentaria y a la mitigación de la pobreza en muchos países en desarrollo. A nivel mundial es la actividad del sector que más crecimiento ha tenido en las últimas dos décadas gracias a que ha permitido obtener notables beneficios nutricionales, sociales y económicos debido a su fácil explotación y rentabilidad.

La PISCICULTURA es el renglón de la acuicultura relacionado con la cría y engorde de peces. El éxito de la actividad piscícola depende de un buen manejo, tanto del recurso agua como de los peces, la calidad genética, una alimentación balanceada, estricta sanidad, apropiados métodos de conservación y transporte y adecuados canales de comercialización para el producto final.

Colombia tiene mucho potencial para el desarrollo de la acuicultura puesto que cuenta con una gran diversidad de especies hidrobiológicas, además de una gran extensión de área terrestre (1'141.748 km²) y marítima (988.000 km²) en las que existen zonas adecuadas para adelantar acuicultura tanto continental como marina, con topografías apropiadas, variados pisos térmicos, temperaturas estables durante el año y disponibilidad de recursos hídricos que permiten el cultivo de diferentes especies acuáticas.

La actividad ha tenido un crecimiento continuo en el país durante los últimos 20 años, destacándose que este ha sido más significativo en la acuicultura de pequeña y mediana escala. La disminución de los recursos pesqueros del medio natural en mares, ríos y ciénagas, la cual se acentúa año tras año debido principalmente a la contaminación, al deterioro ambiental y a la sobrepesca, contribuye a incentivar la producción acuícola en Colombia (Figura 1 y Tabla 1).



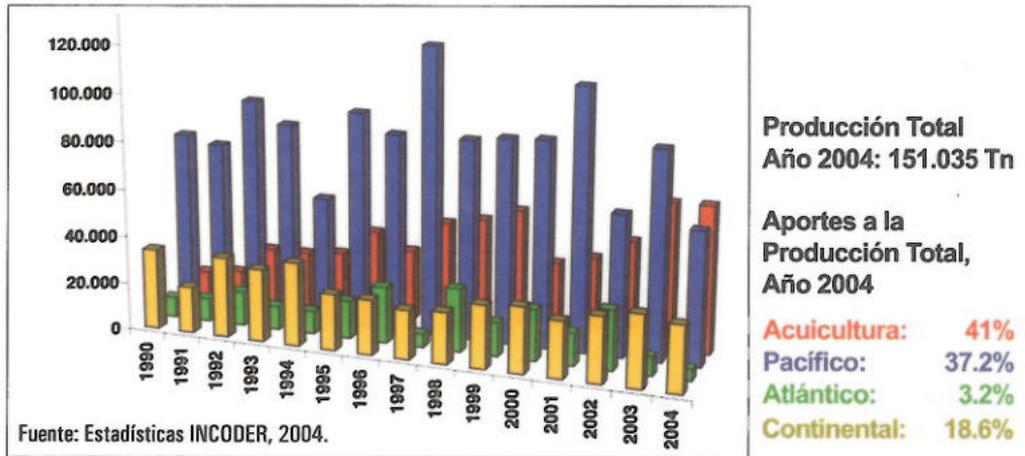


Figura 1. Producción pesquera y de acuicultura, período 1990 - 2004.

Tabla 1. Producción de acuicultura por especies (1996-2003) en toneladas

ESPECIES	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
PECES								
Bocachico	3,00	317,74	1.202,86	1.311,11	1.473,90	2.060,63	2.064,67	2.671,52
Cachama	6.154,00	12.131,17	12.335,31	13.445,48	6.511,12	6.922,56	7.872,64	12.022,90
Carpa	83,00	285,18	794,56	866,07	877,26	786,71	418,06	1.350,62
Otros		211,54	403,47	439,79	348,72	773,77	1.445,09	792,00
Tilapia	14.025,00	16.112,34	18.203,73	19.842,06	10.175,97	11.990,90	15.223,84	24.186,38
Trucha	4.506,00	7.822,55	6.481,48	7.064,81	2.253,88	2.048,90	1.931,04	4.248,31
TOTAL PECES	24.771,00	36.880,51	39.421,40	42.969,32	21.640,85	24.583,48	28.955,33	45.271,72
CRUSTÁCEOS								
Camarón	5.221,00	6.907,20	7.466,32	9.227,53	10.000,00	10.939,00	15.103,00	16.503,00
MOLUSCOS								
Ostras	10,00		15,00	16,35	18,00	10,00	6,48	
TOTAL	30.002,00	43.787,72	46.902,72	52.213,21	31.658,85	35.532,48	44.064,81	61.774,72

Fuente: Estadísticas INCODER, 2004.

De estas figura y tabla se deduce que en las últimas dos décadas, mientras la producción pesquera, especialmente la continental, ha disminuido notoriamente, la producción por acuicultura (marina y continental) presenta un crecimiento del 76,03%, representando en el año 2004 el 41% de la oferta de recursos pesqueros en nuestro país, mostrándose como una actividad económica promisoriosa y altamente contribuyente a la seguridad alimentaria.

Históricamente, las principales especies cultivadas han sido las truchas, tilapias, cachamas, carpas y camarones, pero en los últimos años se ha venido desarrollando la acuicultura con otras especies de agua dulce y marinas tales como el yamú (*Brycon siebenthalae*), el bocachico (*Prochilodus spp*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), la ostra de mangle (*Crassostrea rhizophorae*), algunos pectínidos

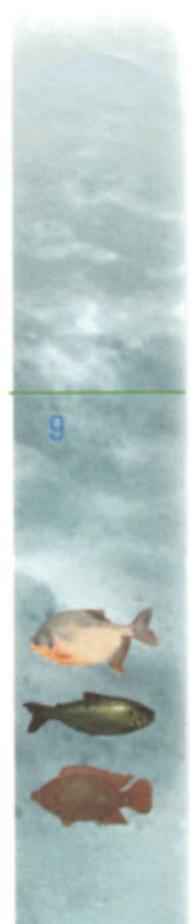


(*Argopecten sp* y *Nodipecten sp*), los pargos palmero (*Lutjanus annalis*) y lunarejo (*Lutjanus guttatus*) y el sábalo (*Tarpón atlanticus*), cuyos paquetes tecnológicos se encuentran en diferentes etapas de implementación.

En años recientes se han involucrado a la Piscicultura los conceptos de Producción Limpia y Desarrollo Sostenible, los cuales persiguen objetivos similares. El primero consiste principalmente en hacer EFICIENTES los cultivos optimizando los procesos, con el fin de garantizar las mayores producciones con las mínimas pérdidas, el menor deterioro del Medio Ambiente y la MEJOR RELACIÓN COSTO/BENEFICIO; el segundo se refiere al desarrollo de la actividad de tal manera que se garantice la conservación de la tierra, el agua y los recursos genéticos, sin la degradación del ambiente y con tecnologías apropiadas, económicamente viables y socialmente aceptables (FAO, 1999).

El INCODER pretende que esta cartilla sea de mucha utilidad tanto para productores como para capacitadores en el desarrollo de la acuicultura en nuestro país.

Luis Ortiz López
Gerente General
Incoder



I. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PISCICULTURA

1. TIPOS DE PISCICULTURA

La piscicultura se clasifica según la tecnología aplicada y el manejo dado por el hombre y según el número de especies cultivadas, así:

1.1. Piscicultura según la tecnología aplicada y el manejo dado por el hombre

1.1.1. Extensiva

Es el cultivo de peces a baja densidad (1 pez por cada 5-10 m²), generalmente en una gran extensión de espejo de agua con poco o ningún recambio de agua, con alimentación natural y una mínima inversión de capital. Es común el uso de cuerpos de agua ya existentes como jagüeyes, lagunas o represas (Figura 2). El hombre tiene poco o ningún control sobre el cultivo, limitándose a la siembra y la cosecha de los animales. El resultado es una muy baja producción por unidad de área, pero con buena rentabilidad.



Figura 2. Piscicultura extensiva.

1.1.2. Semiintensiva

Este tipo de cultivo es realizado con 2 a 4 peces por m², utilizándose preferiblemente estanques de 200 a 2.500 m² o mayores, aun cuando los pequeños productores a menudo construyen estanques más chicos (Figura 3); se aplica abono para producir alimento natural y se suministra alimento concentrado y productos agrícolas suplementarios como frutas, semillas, hojas de bore y otros. Requiere bajo recambio de agua (5-15% día) y manejo de la tasa de alimentación de acuerdo con la edad de los peces. La producción es del orden de 10 a 25 toneladas por hectárea/año. Este tipo de piscicultura es el más empleado en Colombia, por cuanto el nivel de inversión es relativamente bajo y el manejo es básico, es decir, sin aplicación de tecnologías o controles muy sofisticados.





Figura 3. Estanques de pequeños productores donde se realiza piscicultura semiintensiva.

Una variación de este sistema de cultivo es el uso de corrales, que son encerramientos en malla de 2 ó 3 m de altura, pegada al fondo y sostenida con palos para conservar la forma; esta estructura, que puede tener de 0.5 a 2 hectáreas, se coloca en áreas de grandes extensiones como lagos, lagunas, ciénagas, etc., protegidas de las fuertes corrientes (Figuras 4 y 5). Las especies a utilizar deben ser nativas de la cuenca (río) en donde se realice el cultivo, por cuanto se corren riesgos de rupturas en la malla, lo que propiciaría el escape de peces al medio natural; la densidad y alimentación son las mismas del sistema semiintensivo.



Figuras 4 y 5. Corrales para cultivo de peces.

1.1.3. Intensiva

Es el cultivo de peces mediante un manejo tecnificado con altas densidades (5 a 20 peces por m^2); el diseño y la construcción de las instalaciones deben estar acordes con la tasa de recambio de agua requerida (mínimo un 30% diariamente), pudiéndose utilizar algún sistema de aireación u oxigenación, especialmente en las etapas finales del engorde (Figuras 6 y 7). La alimentación es únicamente con concentrado, suministrado manual o mecánicamente; es necesario monitorear constantemente la calidad del agua en los estanques y el estado de sanidad de los animales. Requiere una alta inversión de capital, la cual se recupera con las producciones obtenidas, que son del orden de 50 -150 toneladas por hectárea/año.





Figura 6. Estanques de productores industriales, donde se realiza acuicultura intensiva.



Figura 7. Sistema de aireación del agua utilizado en piscicultura.

1.1.4. Superintensiva

Este sistema es utilizado principalmente en jaulas flotantes en lagos o embalses, pues necesita un alto nivel de recambio de agua (500% por minuto), con uso exclusivo de alimento concentrado; se manejan densidades del orden de 60 peces/m³ en cultivos de trucha y 120 - 160 peces/m³ en cultivos de tilapias. La inversión de capital es considerablemente alta, alcanzándose producciones entre 800 y 1.000 toneladas por hectárea/año (Figura 8).



Figura 8. Cultivo superintensivo de peces en jaulas flotantes.

1.2. Piscicultura según el número de especies cultivadas

1.2.1. Monocultivo

Cultivo de una sola especie en un cuerpo de agua.

1.2.2. Policultivo

Cultivo de varias especies en un mismo estanque; este sistema optimiza el aprovechamiento del espacio y del alimento, incrementando la producción y disminuyendo la conversión alimenticia y, por lo tanto, los costos. En este cultivo se escoge una o dos especies como principales, que es (son) la(s) que tiene(n) un mayor número de ejemplares sembrados, y una o varias especies secundarias, de las que se siembra un menor número; el cultivo es manejado con base en los requerimientos de la(s) especie(s) principal(es).



En Colombia las combinaciones más utilizadas son las siguientes:

- Tilapia (nilótica o roja)+ Cachama
- Tilapia (nilótica o roja) + Cachama + Carpa
- Tilapia (nilótica o roja) + Cachama + Bocachico
- Tilapia (nilótica o roja) + Carpa
- Cachama + bocachico
- Cachama + yamú + carpa

2. EL AGUA

Biológicamente, el agua está compuesta por bacterias fotosintéticas, microorganismos saprófitos (bacterias, hongos y parásitos), fitoplancton y zooplancton; químicamente, además del hidrógeno y del oxígeno, contiene minerales, metales y contaminantes, los cuales son específicos de cada región (UNESCO, WWAP, 2003). Los parámetros de calidad del agua ÓPTIMOS varían con la especie a cultivar y la tecnología de cultivo empleada.

2.1. Calidad del Agua

El agua para usar en acuicultura puede tener diferentes orígenes como nacederos, quebradas, ríos, lagunas, embalses, aguas lluvias o aguas subterráneas; las provenientes de acueductos municipales son las menos recomendadas por cuanto en la mayoría de los casos son tratadas con cloro, el cual es perjudicial para los peces, y además son costosas.

Para lograr un buen desarrollo en los cultivos acuícolas el agua tiene que cumplir con un mínimo de propiedades químicas, físicas y biológicas acordes con la especie a utilizar. En términos generales, la mayoría de las aguas de nacimientos y quebradas del país son aptas para emplearlas en piscicultura; una manera básica de conocer previamente si una fuente de agua se puede usar es observando que no presente mal olor, sabor ni color y si en ella viven normalmente peces, cangrejos, camarones, ranas y otros organismos acuáticos (INPA - Gobernación de Cundinamarca, 2002). Es de primordial importancia que la fuente no reciba contaminación por fumigación, beneficiaderos de café, alcantarillas, curtiembres, efluentes de industrias, etc. Sin embargo, para confirmar su calidad es conveniente realizar los exámenes físico-químicos en laboratorio, cuyos resultados deben analizarse con los parámetros biológicos y microbiológicos, de tal manera que el conjunto de todos indicará si el agua reúne las condiciones apropiadas para permitir el desarrollo y crecimiento de los peces; estas buenas condiciones tienen que controlarse y mantenerse durante todo el cultivo.

Las propiedades físicas del agua como la temperatura y la turbidez, deben estar dentro del rango apropiado para la especie en cultivo y ser lo más estables posible, evitando cambios bruscos; es conveniente mantener baja la turbidez por materiales en suspensión, pues un exceso de ellos disminuye la penetración de los rayos solares, impidiendo la fotosíntesis y, por lo tanto, provocando disminución de los niveles de oxígeno disuelto; la concentración de materiales en suspensión no debe sobrepasar los 80 mg/l en los estanques.



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

El oxígeno disuelto es un factor a tener muy en cuenta, ya que una baja drástica en su concentración conduce rápidamente a la muerte de todos los peces del cultivo; las bajas concentraciones de oxígeno crónicas también producen efectos muy negativos sobre los peces, como inapetencia, baja resistencia a enfermedades y bajo aprovechamiento del alimento. El nivel de oxígeno disuelto varía mucho entre el día y la noche; durante el día, los animales respiran consumiendo el oxígeno existente y las plantas realizan la fotosíntesis, produciendo oxígeno, pero durante la noche, tanto los animales como las plantas consumen oxígeno, por lo que los niveles de este parámetro pueden llegar a ser muy bajos en la madrugada. Hay otras circunstancias que disminuyen el contenido de oxígeno en el agua como son las altas densidades de siembra, el aumento de la temperatura, presencia de materia orgánica en descomposición (heces, alimento no consumido, animales muertos, hojas, etc.), sólidos en suspensión y los días nublados, entre otros. La concentración de oxígeno disuelto es superior en el agua que entra a los estanques que en la salida de los mismos, debido a la respiración de los peces y las plantas y a la descomposición de la materia orgánica; teniendo esto en cuenta, la concentración de este parámetro en el agua de salida en cultivos de aguas cálidas debe ser superior a 4 ppm y en cultivos de aguas frías, mayor a 7 ppm.

El dióxido de carbono (CO_2) es el producto de la respiración de los animales y las plantas pero también es utilizado para la fotosíntesis por parte de estas últimas; sin embargo, puesto que es un compuesto ácido, niveles altos ocasionan bajas de pH, lo que puede ocurrir en estanques con mucho fitoplancton, especialmente en las noches. Concentraciones por encima de 20 ppm de CO_2 ocasionan letargia e inapetencia por cuanto la sangre pierde su capacidad para capturar el oxígeno.

El pH se relaciona con la concentración de iones hidrógeno en el agua, siendo el rango apropiado entre 6.5 y 8.0. Valores muy altos o muy bajos en el pH conducen a la muerte de los peces; valores menos extremos ocasionan disminución del crecimiento, inapetencia y alteran el metabolismo reproductivo; adicionalmente, cuando el pH es ácido (menor de 7), las branquias se afectan produciendo problemas de respiración y cuando es básico (mayor de 7), se incrementa la toxicidad del amonio para los peces.

La dureza (concentración de iones calcio y magnesio) es importante por la estabilidad que le da al sistema acuático; son aceptables aguas con dureza entre 50 y 300 mg/l (6 ppm) de carbonato de calcio, siendo blandas las aguas con menos de 75 mg/l, medianamente duras las que tienen entre 75 y 150 mg/l y duras las que tienen concentraciones superiores; las aguas medianamente duras son las más adecuadas para piscicultura, mientras que durezas muy bajas (menos a 20 ppm) afectan los procesos reproductivos y de crecimiento.

La alcalinidad (concentración de carbonatos y bicarbonatos) está relacionada con la dureza y es importante por cuanto su presencia en valores adecuados mantiene la estabilidad en el pH; el rango ideal es entre 100 y 200 ppm y lo mejor es que se mantenga en niveles similares a la dureza, pues así el pH es más estable.



Los compuestos nitrogenados son producto de la excreción de los animales y de la descomposición de la materia orgánica. De estos compuestos, los que afectan a los peces son el amonio y los nitritos. El amonio, en su forma no ionizada (NH_3) es tóxico, especialmente cuando el pH y la temperatura son altos y el oxígeno es bajo; se debe mantener inferior a 0.1 ppm, ya que valores más altos afectan la respiración, el crecimiento, y la resistencia a enfermedades, además de causar lesiones en los órganos de los peces. Los nitritos (NO_2^-) son un paso intermedio entre el amoniaco NH_4^+ y los nitratos (NO_3^-) y son muy tóxicos por lo que se tienen que mantener menores a 0.1 ppm.

Los fosfatos (PO_4^-) generalmente son ocasionados por exceso de alimentos concentrados; actúan como fertilizantes por lo que pueden ocasionar exceso de fitoplancton, lo que conlleva a una baja de oxígeno especialmente en las horas de la noche. En medios ácidos es tóxico y su valor adecuado es entre 0.6 y 1.5 ppm.

El control de la calidad del agua es parte integral de las actividades diarias de la piscicultura; como ya se mencionó, si cualquiera de los factores físico-químicos se altera a valores no apropiados para la especie en cultivo, los peces cambian su metabolismo, pierden el apetito, disminuyen la tasa de crecimiento y/o son más vulnerables a contraer enfermedades y a morir. Por lo anterior, deben controlarse los parámetros físico-químicos del agua de cultivo, para lo cual es conveniente tener en cuenta las siguientes recomendaciones (Bernier, 2003; Iregui, 2004; Solla):

Para disminuir la turbidez:

- Aplicar 35 – 40 mg/l de alumbre (sulfato de aluminio), cuidando que si la alcalinidad es baja, debe encalarse para elevarla.
- Aplicar 2.000 – 4.000 kg/ha de paja seca o 2.000 kg/ha de estiércol de animales

Para mantener adecuados niveles de oxígeno:

- Mantener bajos los sólidos en suspensión (decantación, filtros)
- Aumentar la tasa de recambio de agua
- Colocar aireación mecánica (caídas de agua, chorros, aireadores)
- Controlar el suministro de alimento
- Manejar adecuadas densidades de siembra

Para prevenir y controlar la acumulación de cantidades indeseables de CO_2 se sugiere:

- Mantener un mínimo de alcalinidad total de 20 ppm
- Aplicar 1.68 mg/l de hidróxido de calcio por cada mg/l de CO_2 a eliminar
- Prevenir la estratificación termal utilizando aireación mecánica
- Realizar intercambios de agua

Para aumentar la dureza y la alcalinidad se recomienda:

- Agregar cal (dolomita, viva o muerta) rociada uniformemente sobre todo el fondo del estanque.



Para disminuir la dureza y la alcalinidad se recomienda:

- Agregar arcilla de zeolita en polvo en el sistema de filtración.

Para la prevención y control del amonio se sugiere:

- Limitar el suministro de alimento
- Controlar el pH del agua, evitando valores cercanos a pH 8
- Mezclar las aguas mediante aireación mecánica cuando los valores de pH se incrementan
- Hacer intercambios de agua con aguas de mejor calidad.

Para prevenir la toxicidad de los nitritos es conveniente:

- Evitar concentraciones altas de amonio
- Limitar el consumo de alimento
- Mantener la dureza alta
- Hacer recambios de agua

Para prevenir y controlar el deterioro del agua resultado de los desechos de la alimentación y exceso de materia orgánica se recomienda:

- Optimizar el suministro de alimento
- Utilizar alguicidas o sulfato de cobre (0.1 ppm por cada 10 ppm de alcalinidad) que reducen la cantidad de fitoplancton y las espumas que se producen en los estanques.
- Hacer recambios de agua.

2.2. Cantidad de agua

En acuicultura, lo más práctico y económico es que el agua llegue por gravedad a las instalaciones (estanques de cultivo, piletas, incubadoras, etc.), pues el "bombeo" incrementa notoriamente los costos de producción. Igualmente, es conveniente que el agua esté disponible todo el tiempo como mínimo en un caudal suficiente para proporcionar una cantidad que asegure la reposición de las pérdidas ocurridas por filtración y evaporación y para establecer un programa de recambio que mantenga en óptimas condiciones los parámetros fisicoquímicos; es indispensable conocer la cantidad de agua disponible (litros por segundo o minuto) tanto en invierno como en verano, para poder proyectar con precisión el tamaño de la piscicultura por montar y determinar la posibilidad de trabajar en forma intensiva, semiintensiva o extensiva.

Cuando se cuenta con una corriente (caño, quebrada, etc.), el caudal de agua es calculado de la siguiente manera:

- a. Se determina el área promedio del cauce, lo cual se obtiene de multiplicar el ancho promedio por la profundidad promedio, cifra que se expresa en m^2 .
- b. Se calcula la velocidad de la corriente poniendo algún material flotante (corcho, pedazo de madera, hojas, etc.) sobre la superficie del agua y se mide la distancia recorrida en un tiempo determinado (metros recorridos por segundo).



- c. Se multiplica el área por la distancia recorrida para determinar el volumen (en m^3) de agua que pasa en un determinado tiempo y se divide por segundos para calcular el caudal en m^3/s .

Para aforar el agua conducida por tubería, se recoge el agua en un balde o caneca que tenga previamente marcada su capacidad (en litros); de esta forma es posible medir la cantidad de agua colectada en un determinado tiempo (por ejemplo, 10 l/minuto).

3. CONSTRUCCIÓN DE ESTANQUES EN TIERRA

Los estanques son la infraestructura más utilizada para el cultivo de peces. Los estanques en tierra tienen una serie de ventajas sobre los estanques en cemento, como son que la mano de obra y la inversión inicial por metro cuadrado son más bajas, que tienen una mayor capacidad para mantener el equilibrio ecológico y, sobre todo, que pueden usarse terrenos de baja calidad productiva para cultivos agrícolas. Para construir los estanques es necesario tener en cuenta:

3.1. El suelo, la topografía y la selección del lugar

El suelo para implementar un cultivo de peces debe ser lo más impermeable posible, por lo que los más recomendados para construir estanques en tierra son los suelos arcillosos o aquellos que tengan un contenido mínimo del 30% de arcillas (Mojica y Villaneda, 2001); los suelos con características arenosas o rocosas no convienen para piscicultura.

Para analizar si un suelo es apto para la construcción de estanques existen dos pruebas sencillas:

- Una muestra de suelo del área donde estarán los estanques es humedecida con un poco de agua y amasada formando una bola que se lanza al aire; si al caer la bola no se rompe o agrieta sino más bien permanece compacta, indica que este suelo contiene una cantidad adecuada de arcilla y es impermeable en buen grado. Es necesario realizar esta prueba en varios puntos dentro del área seleccionada.
- Otro método es hacer uno o dos huecos (calicatas) de 50 x 50 cm de boca y 60 a 80 cm de profundidad, que son llenados con agua, reponiendo aquella que se ha infiltrado durante un día; si al día siguiente cada uno de ellos conserva más de la mitad del agua, el suelo es apto para construir estanques en tierra; de lo contrario, es mejor escoger otro sitio o calcular los costos para la impermeabilización del terreno con arcilla o geomembrana.

La topografía es importante para determinar el sitio en donde quedarán mejor ubicados los estanques y, de esa manera, aprovechar al máximo las condiciones naturales sin necesidad de transformaciones importantes que afecten la rentabilidad de la inversión.

Es conveniente que el terreno elegido esté lo suficientemente alejado de la margen de la fuente de agua para que las instalaciones no sean afectadas con los caudales



máximos invernales (desbordes o inundaciones), que el sitio sea despejado para que los rayos del sol lleguen libremente y que tenga el suficiente desnivel con la fuente para que los estanques puedan ser llenados y desocupados por gravedad.

De la topografía depende si se puede o no construir un estanque piscícola y su costo, pues en un terreno muy inclinado la construcción de estanques resulta muy costosa por las adecuaciones que hay que hacer para que sean resistentes, mientras que en terrenos muy planos es necesario invertir en la adecuación de los mismos para generar el desnivel para los desagües. La topografía que presenta las mejores características es la ondulada con pendientes no superiores al 5% (Mojica, 2001), pues requiere menor excavación y aprovecha mejor los desniveles para los drenajes.

Según la topografía y la forma de captación, los estanques son:

- De represamiento: construidos en un terreno inclinado por donde pasa una corriente de agua, en cuya parte baja se hace un jarillón o muro de contención en tierra y palos o en concreto; en estos estanques no es posible controlar los volúmenes de agua, por lo que su manejo es complicado e inseguro.
- De derivación: son estanques ubicados en terrenos aledaños a la fuente (caño, río, laguna), de tal manera que el agua es conducida al cultivo por manguera o canal abierto. La toma de agua se realiza por medio de una bocatoma que permite regular el caudal que entra a las instalaciones.

Para seleccionar definitivamente el lugar dónde establecer una piscicultura es necesario, adicionalmente, tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- No escoger zonas susceptibles de inundaciones ni con alto riesgo de desastres.
- El sitio debe estar alejado de aquellos cultivos que requieran fumigaciones aéreas o manuales.
- Debe estar lo más cerca posible a una casa de habitación, con el propósito de evitar las pérdidas por robos.

3.2. Cómo construir el estanque

Las dimensiones de los estanques dependen de la topografía, la calidad del terreno, la cantidad de agua por manejar, el sistema de cultivo por aplicar y la etapa en la que el mismo se encuentre. La forma más adecuada para facilitar el manejo de los estanques es la rectangular (en una relación largo/ancho de 3 a 1), por cuanto es la que garantiza un mejor recambio de agua en todos los lugares del estanque; además, los estanques rectangulares ocupan menos espacio que los cuadrados o los circulares y la cosecha en ellos se realiza más fácilmente.

El sitio escogido ha de tener el suficiente desnivel para facilitar el drenaje. La capa superficial del terreno (suelo que contiene materia orgánica) se debe remover antes de iniciar la excavación de los estanques; la forma más económica de construcción es excavar la mitad de la profundidad deseada y utilizar la tierra así extraída para construir el resto de las paredes o diques.



3.2.1. Estructuras de los estanques

Los estanques están conformados por los diques, por el fondo y por las instalaciones para la entrada y salida del agua (Figura 9).



Figura 9. Estructuras de los estanques en tierra
(Tomada de Ramírez, 2003).

Los diques tienen que quedar bien contruidos por cuanto son las estructuras que soportan todo el trabajo y "peso" del agua; deben construirse de forma trapezoidal, constando de una cima, un talud o pendiente y una base (Figura 10); las dimensiones de los diques dependen del tamaño del estanque, del volumen de agua y del tipo de suelo: estanques más grandes tendrán diques más anchos y con pendientes menos inclinadas para que resistan mejor la presión del agua y el efecto de erosión causado por el viento (olas).

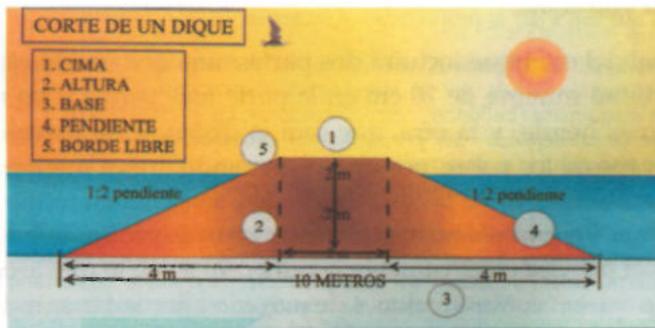


Figura 10. Esquematización del dique de un estanque
(Tomada de Ramírez, 2003).

3.2.2. Instrucciones para la construcción

La adecuada construcción de un estanque incluye los siguientes pasos:

- Señalizar el terreno con estacas.
- Descapotar el terreno (retirar la capa vegetal, incluyendo las raíces de árboles), hasta 1-2 m alrededor, porque si ese material queda formando parte de los



diques, posteriormente se descompone quedando el vacío y ocasionando filtraciones difíciles de corregir.

- c. Marcar con cuerdas y estacas el perímetro del estanque y los bordes internos de los diques (tanto la base como la cima) e indicar los sitios donde estarán ubicadas la entrada y salida del agua (parte panda y parte profunda), las cuales se ubicarán en posiciones opuestas para garantizar el paso del agua por todo el estanque.
- d. Dependiendo del tamaño, el estanque podrá ser hecho a mano o con maquinaria (bulldozer o retroexcavadora). La construcción inicia utilizando la tierra que se excava del centro del estanque para conformar los terraplenes, poniéndola en las orillas poco a poco, por capas de un espesor de 20-30 cm que se compactan (con pisón, rana o con la máquina) para que el terraplén quede firme y no exista riesgo de filtraciones o derrumbes (Figura 11).



Figura 11. Conformación de las paredes de los estanques.

- e. Dejar el fondo del estanque con una inclinación del 1-2% para desocuparlo totalmente a voluntad.
- f. La altura final del estanque incluirá dos partes: una que será la capa de agua, con una profundidad mínima de 70 cm en la parte más panda y no mayor de 1.5 m en la parte más honda, y la otra, que será la distancia de protección para evitar reboses y escape de los peces, por ejemplo, cuando llueve fuertemente, la cual va desde el nivel del agua hasta la cima del dique y será como mínimo de 30 cm. No es conveniente que los estanques tengan más de 1.5 m de profundidad promedio, pues hasta ese nivel penetra efectivamente la radiación solar, lo que asegura que en esa capa de agua existen concentraciones de oxígeno adecuadas para la supervivencia de los peces, más no ocurre lo mismo de ahí hacia abajo (Argumedo, 2000).
- g. Reforzar las paredes de la parte externa de los diques apisonando fuertemente y luego colocando pasto del retirado al principio, en todo el talud externo, en la cima y en la zona de protección, para evitar la erosión.

3.2.3. Conducción del agua

La conducción del agua en un estanque consta de las adecuaciones para el suministro y para el drenaje.



3.2.3.1. Suministro

Es muy conveniente que el suministro de agua a un estanque sea por gravedad, pues es el método más económico. Las estructuras que son necesarias son:

- **Bocatoma:** debe ser construida en madera, piedra o concreto, de un tamaño acorde con el máximo caudal requerido en el cultivo (reposición de agua, recambio, llenado de estanques y de otras instalaciones), de tal manera que soporte el paso de las crecientes de invierno; la toma de agua tiene que ser contracorriente y contar con un sistema de filtrado para evitar que peces u otros animales, piedras o material vegetal ingresen en la tubería de conducción.
- **Desarenador:** si el agua por utilizar tiene gran cantidad de sólidos en suspensión, es necesario construir un desarenador (tanque o estanque) cuyas dimensiones dependen del tamaño del cultivo (caudal de agua máximo), en donde son decantados y filtrados los sólidos suspendidos.
- **Conducción:** normalmente se hace por canal abierto o por tubería. El canal abierto se construye de manera artesanal en guadua o más tecnificado en cemento (Figuras 12 y 13), con una pendiente de 0.5 a 1% y las paredes inclinadas ($30^\circ - 45^\circ$) para evitar la erosión; las medidas del canal son calculadas según el máximo caudal de agua que vaya a conducir, siendo esta la mayor cantidad de agua que requiera toda la instalación en un momento dado.



Figuras 12 y 13. Canal abierto para conducción de agua a los estanques, en guadua y en cemento.

Es conveniente que la tubería de PVC o polietileno sea enterrada para evitar el deterioro ocasionado por el sol y el agua o por el paso de animales y debe llegar al estanque de tal manera que la boca del tubo se ubique entre 30 y 40 cm por encima de la superficie del agua (Figura 14).





Figura 14. Tubería de suministro de agua a un estanque en tierra.

3.2.3.2. Drenaje

Son fabricados en madera, concreto (monje) o PVC; el método más sencillo es la instalación de tubería de PVC dispuesta en L que mediante un codo móvil permite girar el tubo vertical y manejar a voluntad la altura del agua en el estanque; la capacidad del tubo de salida tiene que ser dos o más veces mayor que la de la tubería de entrada del agua para prevenir desbordamientos cuando llueve fuertemente y poder tener un rápido vaciamiento (Figura 15). Para recambiar el agua del fondo del estanque, que es la que menos calidad tiene, se coloca encima del primer tubo otro de mayor diámetro y a mayor altura que el nivel del agua; para evitar el escape de peces se pone una malla en el tubo de desagüe. Siempre que el desnivel del terreno lo permita, es útil construir una caja de pesca cerca al tubo de desagüe, que sirve para facilitar la cosecha de los peces.

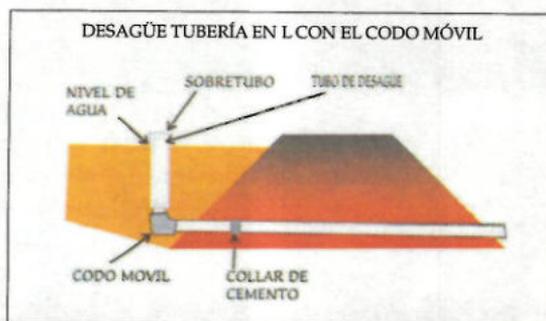


Figura 15. Esquema de la tubería de drenaje de un estanque en tierra (Tomado de Ramírez, 2003).

3.2.3.3. Laguna de oxidación y sedimentación

La laguna de oxidación es un estanque preferencialmente construido en tierra, ubicado en la parte final y más baja de la piscicultura, en donde son recogidas todas las aguas usadas en el cultivo antes de ser devueltas a la fuente; dicha laguna funciona como filtro biológico y como proceso depurador (purificador) del agua, pues allí se sedimentan materiales en suspensión y se degradan sustancias que pueden afectar el medio natural. Para su adecuado funcionamiento, la laguna debe tener mínimo el tamaño de una décima parte del espejo de agua de la granja piscícola y una profundidad mínima de 1.50 m.



4. PREPARACIÓN Y MANEJO DE ESTANQUES

Un estanque nuevo debe ser previamente "curado" (llenado y corregido de filtraciones) antes de la siembra. Si presenta filtraciones en muy poca cantidad, la siembra y cultivo de los animales favorece el sellado; las filtraciones intermedias se pueden corregir con apisonamiento manual y abonados fuertes (estiércol de gallina, vaca o cerdo) y vegetación (pasto, hojas de plátano cortadas), teniendo la precaución de desocuparlo antes de sembrar los animales para evitar el exceso de abono y posteriormente llenarlo; cuando tienen filtraciones graves es necesario el uso de maquinaria y/o adición de sellantes (por ejemplo, bentonita) para arreglarlos.

Un estanque ya usado debe ser preparado para el nuevo cultivo de la siguiente manera:

4.1. Limpieza y desinfección

Después de las cosechas es conveniente eliminar el exceso de fango del engorde anterior, cuidando de dejar un poco para incentivar la productividad primaria para el nuevo cultivo; el estanque vacío se deja al sol por lo menos tres días para eliminar organismos indeseados (Figura 16). Si el cultivo anterior presentó enfermedades y mortalidades, se aplicará al estanque cal viva en una proporción de 500 kg/ha (si el pH del suelo es neutro) y de 1.000 a 2.000 kg/ha (si el pH del suelo es ácido); el estanque tiene que estar vacío pero aún húmedo (Wedler, 1998) en el momento de la aplicación y luego de 3 días al sol se inicia el llenado.



Figura 16. Estanque limpiado y en proceso de desinfección.

4.2. Fertilización

Es conveniente fertilizar los estanques para incrementar rápidamente la productividad primaria (producción de plancton), lo cual mejora las condiciones biológicas y suministra parte del alimento para los alevinos por sembrar y para los peces filtradores (Figura 17).

Se aplican fertilizantes orgánicos e inorgánicos o una mezcla de los dos tipos para lograr las proporciones adecuadas de los elementos más importantes para la producción de fitoplancton como son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). La fertilización de los





Figura 17. Esquemática de los efectos de la fertilización en estanques de tierra.

estanques debe ser controlada, ya que al agregar abonos se está variando la composición química y por ende la biológica del estanque; un desbalance en cualquiera de estos parámetros causa alteraciones en el sistema acuático y desórdenes fisiológicos en los peces, por lo que, para aplicar estos compuestos, se debe establecer cuál es la deficiencia por subsanar (por ejemplo, si el problema es falta de nitrógeno, se puede utilizar urea, pues contiene un 45% de nitrógeno) y la cantidad por aplicar. La frecuencia de aplicación se ajusta de acuerdo con las características del sitio de cultivo, pues el requerimiento varía con factores como la edad de los estanques, la alcalinidad del agua y el pH del suelo; por ejemplo, los estanques viejos que tienen aguas con alcalinidades mayores a 40 ppm y suelos con pH mayor a 6 responden más rápidamente a los procesos de fertilización.

Los abonos orgánicos más usados son el estiércol de animales de campo, los cuales se aplican generalmente a razón de 1.000-2.000 kg/ha de gallinaza, 500-2.500 kg/ha de estiércol de cerdo o 2.000 a 3.000 kg/ha de estiércol de vaca, en una sola aplicación, una semana antes de la siembra en los estanques de levante y de engorde. Si el agua es muy clara, la aplicación se repetirá hasta 3 veces, con dos semanas de diferencia. Los fertilizantes inorgánicos (10-30-10, triple 15, etc.) se aplican de acuerdo con la composición de los mismos y con las necesidades del sitio, pero en términos generales puede ser de 15-30 kg/ha.

Otro tipo de abonos orgánicos son los abonos verdes, que son plantas terrestres o acuáticas recién cortadas, las cuales activan la producción primaria en los estanques en su descomposición; se deben sumergir en el agua, preferiblemente amarradas en grupos, y retirar sus desperdicios cuando se empiezan a podrir.

Si el pH del terreno y de las aguas es ácido, la fertilización es mejorada aplicando cal agrícola o cal dolomita, para lo cual es conveniente medir el pH del agua en la fuente y en el estanque para calcular la cantidad adecuada. Se aplican de 2.000 a 2.500 kg/ha después de la cosecha y limpieza del estanque y antes del llenado; si se ha usado cal viva, no es recomendado utilizar la cal agrícola. Si el terreno es neutro o básico, no es conveniente la aplicación de cal, pues el pH del agua se eleva considerablemente y produce daño a los peces por cultivar, caso en el cual es mejor utilizar solo abonos orgánicos.



De los alimentos concentrados consumidos por los peces, entre el 80 y el 85% de los nutrientes son liberados nuevamente al agua como parte de la materia fecal y la orina; los compuestos excretados incluyen fosfatos, amonio y CO_2 , los cuales promueven también la formación del fitoplancton, presentándose ocasiones en las que este es tan abundante que consume el oxígeno del agua en mayor cantidad que los mismos peces; en estas circunstancias, generalmente las bacterias, otros microorganismos y el zooplancton también son tan abundantes que igualmente consumen grandes cantidades de oxígeno. Estos procesos producen un deterioro crítico en la calidad del agua, presentándose los problemas de baja de oxígeno disuelto que se manifiestan en las horas de la madrugada.

Una forma para establecer si un estanque está suficientemente fertilizado es midiendo la turbidez causada por el plancton con un disco Secchi, que es un círculo de algún material pesado (de 30 cm de diámetro), pintado en cuadrantes, dos de ellos blancos y dos negros, que es sumergido en el estanque hasta que se deja de ver (Figuras 18 y 19). La profundidad adecuada en que se debe ver el círculo es entre 30 y 50 cm; si es mayor de 50 cm, el agua está muy transparente y el estanque requiere fertilización; si es menor de 30 cm, el agua tiene poca transparencia por exceso de abonamiento y por lo tanto es necesario hacer recambio de agua prontamente.



Figura 18. Método para el uso del disco Secchi (Tomada de Ramirez, 2003).

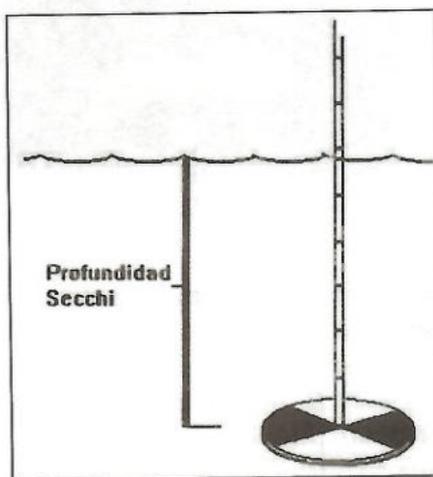


Figura 19. Esquema de un disco Secchi.

Los estanques deben ser adecuadamente preparados para garantizar que haya plancton (alimento natural) suficiente para alimentar los alevinos, trabajo que se hace con máximo 7 días de anticipación a la siembra de los peces, para evitar el desarrollo de larvas de insectos, especialmente de libélulas u odonatas (Figura 20), pues son grandes consumidoras de alevinos de peces.



Figura 20. Larva de libélula, gran consumidora de alevinos de peces.



5. SIEMBRA DE ALEVINOS

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para prevenir pérdidas en los cultivos de peces es realizar una correcta siembra de los alevinos, pues los cambios bruscos en la calidad del agua producen traumatismos y desbalances metabólicos que ocasionan grandes mortalidades.

Los peces pequeños se alistan para el viaje hasta los estanques de cultivo dejándolos un par de días sin alimento, para que desocupen su tracto digestivo y así evitar daños en el agua del transporte por presencia de heces; esta manipulación y ayuno hacen que los animales estén débiles, razón por la cual es muy importante tratarlos con sumo cuidado y atención (Figuras 21 y 22).



Figuras 21 y 22. Alevinos de carpa y tilapia con tamaño adecuado para la siembra.

Los alevinos generalmente son transportados en bolsas plásticas con oxígeno puro y selladas para garantizar que los peces resistan el tiempo del viaje (Figura 23); estas bolsas van dentro de cajas para protegerlas de impactos y cambios de temperatura; debe evitarse que el agua del despacho sea calentada (con el sol o con el motor del vehículo), pues la elevación de la temperatura baja el contenido de oxígeno en el agua, lo que puede ocasionar mortalidades.



Figura 23. Sistema de transporte en bolsas plásticas con oxígeno.



Al llegar, las bolsas sin abrir se colocan en el estanque esperando hasta que la temperatura interna se iguale con la del agua del estanque (aproximadamente en 15-20 minutos); luego se agrega lentamente, agua del estanque al agua de la bolsa para que se equilibren los demás factores fisicoquímicos; finalmente, los peces son liberados en el estanque.

6. ALIMENTACIÓN

Una forma de garantizar buenos resultados en cultivos piscícolas es suministrar alimento en calidad y cantidad adecuados, es decir, alimentos balanceados que cubran todos los requerimientos nutricionales de los peces, de tal manera que crezcan rápida y sanamente. Un alimento balanceado está compuesto por cantidades apropiadas de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, nutrientes indispensables para el crecimiento, formación de tejidos y demás procesos metabólicos de los animales.

En piscicultura se pueden utilizar tres métodos de alimentación: alimentación natural suministrada mediante fertilización, alimentación natural con dietas suplementarias y alimentación con dietas completas.

6.1. Alimentación natural mediante fertilización

Esta alimentación se basa en la estimulación de la producción de plancton en los estanques (Figura 24), mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos o inorgánicos de la manera como se explicó anteriormente; para tomar la decisión de qué tipo de fertilizante utilizar es conveniente saber que los inorgánicos inducen principalmente la producción de fitoplancton, mientras que los fertilizantes orgánicos lo hacen especialmente con las bacterias y pequeños organismos del zooplancton. Se puede utilizar este método de alimentación sólo en cultivos extensivos o semiintensivos, en los cuales la cantidad de animales por producir es poca y el alimento natural es suficiente para ellos.

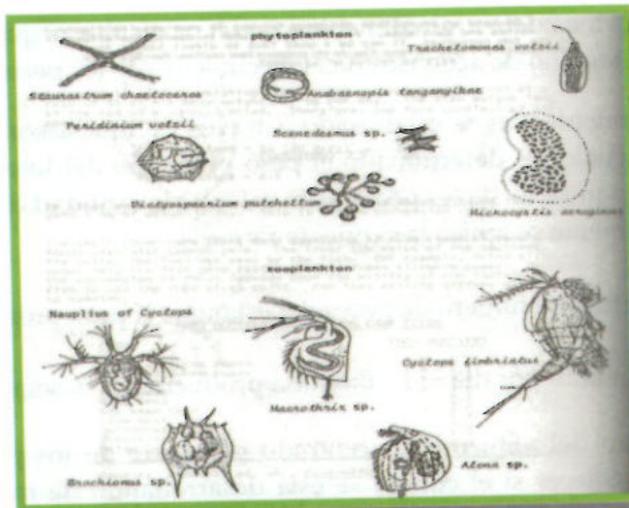


Figura 24. Algunos organismos del plancton que sirven de alimento a los peces.



6.2. Alimentación natural con Dietas Suplementarias

En cultivos semiintensivos a bajas densidades es posible bajar los costos de producción mediante la fertilización de los estanques para producir alimento natural y el reemplazo de parte del alimento concentrado con productos agrícolas como bore, ramio, hojas de yuca, frutas como la papaya, guayaba, aguacate, plátano y mortiños, semillas de maíz, sorgo, trigo, soya y tortas oleaginosas (coco y palma africana). Estos últimos tienen que suministrarse únicamente en la cantidad que esté siendo consumida por los peces (no más) y los desperdicios deben ser retirados del estanque para evitar que descompongan el agua.

6.3. Alimentación mediante dietas completas

En cultivos intensivos o superintensivos se emplean únicamente alimentos concentrados para peces, que son raciones balanceadas que tienen un mayor costo, pero que garantizan un crecimiento adecuado, pues contienen todos los nutrientes que requieren los peces. El contenido proteico del alimento, la cantidad, el tamaño de la partícula y el número de comidas o raciones por suministrar al día son ajustados a medida que los animales van creciendo. Este alimento es fabricado industrialmente en dos presentaciones, que son la forma peletizada y la forma extrudizada, siendo esta última más ventajosa por cuanto es más fácil de digerir por los peces y su estabilidad en el agua es mayor.

El requerimiento de proteínas es inversamente proporcional a la edad del pez, por esto cuando los animales están pequeños se alimentan con un alto contenido de proteínas, en cantidades diarias superiores al 5% de su peso, dividiendo la ración diaria en 4 a 8-10 comidas dependiendo de la especie, lo cual permite que aprovechen mejor el alimento y queden menos desperdicios. Posteriormente se suministra alimento con menos proteína, en menor proporción y dividiendo la ración en 2 ó 3 dosis repartidas en el transcurso del día; la alimentación se reparte los 7 días de la semana. Los alevinos deben ser alimentados con partículas pequeñas y estas se incrementarán en tamaño de acuerdo con el crecimiento de los peces.

El ajuste de la alimentación es establecido a través de muestreos (mínimo uno cada mes) en los cuales es determinado el peso promedio del lote de engorde y revisado el estado sanitario de los peces. Para calcular la cantidad de alimento por suministrar diariamente se aplica la siguiente fórmula:

1. Biomasa Productiva = Número de peces del estanque X peso promedio
2. Cantidad de Alimento por día = Biomasa productiva X % según el peso

El aprovechamiento del alimento concentrado por parte de los peces debe ser calculado para establecer si el cultivo se está desarrollando de manera efectiva y rentable, indicador que se denomina Conversión Alimenticia. Este cálculo se efectúa de la siguiente manera:



$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{PA}}{\text{GP}}$$

donde:

PA: peso total del alimento suministrado en un período de tiempo determinado.

GP: ganancia de peso del lote de animales en cultivo, durante ese período.

Conversiones alimenticias eficientes dan cifras entre 1 y 2 a 1 (1 - 2: 1), lo que quiere decir que es eficiente un cultivo cuando por cada 1 a 2 kilogramos de alimento suministrado se produce 1 kilogramo de pescado.

Es conveniente suministrar el alimento temprano en la mañana o en las horas de la tarde, cuando la temperatura del agua no es muy alta y las concentraciones de oxígeno son adecuadas y acostumar a los peces a comer en sitios determinados de fácil acceso para ellos, lo cual permite observar su comportamiento, principalmente si están comiendo o no; si no lo están haciendo, se suspenderá el alimento por ese día, caso en el que se deberá determinar la causa de la inapetencia para prevenir problemas.

En algunas pisciculturas, especialmente truchiculturas de mediana y gran escala, se acostumbra usar "autoalimentadores", que son recipientes generalmente de forma cónica en los que se pone el alimento concentrado para que los peces coman "a voluntad"; el uso de estos equipos tiene la ventaja de que los animales consumen únicamente la cantidad de comida que desean, sin que haya desperdicio de la misma (Figura 25).

Es necesario guardar el alimento concentrado en lugares frescos y secos para evitar su deterioro y utilizarlo máximo un mes después de comprado, pues algunos nutrientes se degradan luego de ese tiempo; además, un alimento concentrado contaminado con hongos debe ser desechado, pues estos son sumamente tóxicos para los peces.

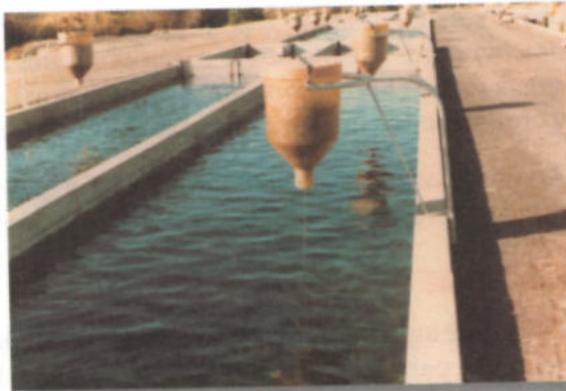


Figura 25. Autoalimentador para cultivos de peces.

7. ESPECIES APROPIADAS PARA EL CULTIVO

Una especie es adecuada para ser cultivada cuando reúne las siguientes características:

- Buena aceptación en el mercado.
- Rápido crecimiento, alcanzando la talla comercial en el menor tiempo posible.
- Aceptación de alimentos suministrados, ya sean granos, subproductos de la agroindustria, forrajes y/o alimentos concentrados.



- Tolerancia a altas densidades de siembra.
- Tolerancia a niveles bajos de oxígeno disuelto y otras condiciones de calidad del agua adversas.
- Una disponibilidad permanente de alevinos.
- Resistente a parásitos y enfermedades.
- Fácil manejo: resistencia al manipuleo en siembras, traslados, cosechas, manejo de reproductores.
- Rentabilidad en el cultivo.

Los peces no regulan su temperatura corporal, por lo que para elegir la especie a cultivar es necesario conocer la temperatura del agua de la granja, ya que hay peces que se desarrollan en aguas frías, otros en aguas templadas y otros lo hacen bien en aguas templadas y cálidas. De acuerdo con este factor, en Colombia son cultivadas principalmente las siguientes especies:

En aguas frías, con temperaturas entre 9 y 18°C, se cultiva la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

En aguas templadas, con temperaturas entre 18 y 24°C, son cultivadas principalmente las carpas común y espejo (*Cyprinus carpio* y *C. carpio* var. *specularis*), pero también las tilapias roja (*Oreochromis spp*) y plateada (*Oreochromis niloticus*); estas especies presentan mejor desarrollo en aguas cálidas.

En aguas cálidas, con temperaturas superiores a los 24°C, se utilizan varias especies como son las tilapias roja y plateada, las cachamas blanca y negra (*Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum*), las carpas, el bocachico (*Prochilodus sp*), el yamú (*Brycon siebenthalae*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*) y otras especies menos conocidas como la dorada (*Brycon moreii*).

A continuación se describen en forma general los sistemas de cultivo de las principales especies utilizadas en nuestro país.

7.1. Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Especie de aguas frías, originaria de Norteamérica. Requiere 9-12°C de temperatura del agua para la producción de alevinos y 12-18°C para el engorde, siendo su desarrollo óptimo en aguas con temperatura entre 14 y 16°C, lo cual en Colombia corresponde a zonas ubicadas por encima de 1.800 msnm.

Especie de hábitos carnívoros, consumidora de invertebrados (insectos, crustáceos, moluscos, lombrices) y pequeños peces, por lo cual requiere ser alimentada con un concentrado rico en proteína animal. Las hembras tienen su primera madurez sexual al año y medio y los machos al año, presentándose un mayor crecimiento en las hembras (Figura 26).



Figura 26. Ejemplar adulto de trucha arco iris.



La trucha es una especie muy delicada y sensible y el éxito de su cultivo depende de la estabilidad de factores como la cantidad y calidad del agua, la densidad de siembra, la uniformidad en los tamaños, el manejo y la alimentación.

Los principales departamentos del país en donde se produce esta especie son Antioquia, Cauca, Boyacá, Cundinamarca, Nariño, Santander, Norte de Santander, Quindío y Risaralda. También se realizan cultivos en jaulas flotantes en lagos naturales y represas de aguas frías como son las lagunas de Tota (Boyacá) y La Cocha (Nariño).

7.1.1. Producción de alevinos

Para la reproducción de las truchas son utilizados padrotes mantenidos en estanques y separados por sexos, con densidades inferiores a 10 kg/m³ y temperaturas entre 16 y 18°C. Los estanques deben estar limpios y el agua tiene que ser de muy buena calidad, con un oxígeno disuelto superior a 7 ppm.

La temperatura adecuada del agua para realizar la reproducción y levante de alevinos es entre 9 y 12°C y el pH entre 7 y 8.5. Cuando los padrotes están maduros sexualmente, se obtienen los huevos y el semen por extrusión teniéndose un promedio de 1.000 a 1.500 huevos por kilo de peso de la hembra, según la edad (Corantioquia et al., 2003); los huevos fertilizados son colocados en incubadoras (verticales u horizontales, Figura 27) con un flujo del agua de 1.5 a 2.5 l/minuto por cada 10.000 ovas, las cuales deben mantenerse completamente limpias y a oscuras; la incubación tiene una duración aproximada de 30 días.

La larvicultura es realizada en canales y el caudal de agua por utilizar depende de la temperatura y del tamaño de los peces, variando entre 5 y 40 l/minuto para 10.000 alevinos; es conveniente mantener la temperatura estable durante los 16 a 20 días que dura el proceso, luego de lo cual los pececitos son trasladados a piletas o a estanques. Con esta metodología se produce un porcentaje igual de alevinos hembras y machos; teniendo en cuenta que en truchas las hembras crecen más rápido que los machos, la utilización de estos alevinos para el engorde no conduce a los mejores resultados, por lo que es mejor adelantar cultivos monosexo de hembras.



Figura 27. Incubadoras para huevos y larvas de trucha arco iris y salmón.

En Colombia es posible adquirir ovas embrionadas importadas y alevinos producidos con este tipo de ovas, los cuales garantizan poblaciones cercanas al 100% de hembras y libres de enfermedades; en este caso el piscicultor tiene que disponer de las instalaciones para completar los procesos de incubación y alevinaje.



7.1.2. Etapas del Cultivo

7.1.2.1. Alevinaje

Este proceso va desde los 2 hasta los 7-9 cm de longitud de los peces, utilizándose piletas de cemento o fibra de vidrio, circulares o rectangulares; en el caso de estas últimas, el tamaño más usado es de 6 m x 0.80 m x 0.60 m (largo, ancho, alto). Es necesario realizar esta etapa en lugares protegidos de la luz solar directa.

La biomasa por mantener es de máximo de 7-8 kg/m³, según el tamaño de los alevinos. En esta etapa son requeridos entre 5 y 70 l de agua/min para 10.000 alevinos, cantidad que depende del tamaño de los peces, la densidad de siembra utilizada y la temperatura. Se suministra alimento concentrado con 50% de proteína, en una proporción diaria del 6% de la biomasa al principio y 4% al final y repartido en 12 a 16 raciones por día.

Periódicamente los peces son seleccionados por tamaños, con el fin de separar cabezas y colas y evitar el canibalismo; es recomendable realizar la manipulación de alevinos antes de alimentar y sin radiación solar.

7.1.2.2. Engorde

El engorde inicia cuando los alevinos tienen 7-9 cm y finaliza cuando alcanzan talla comercial, con pesos de 200 a 500 g, en un tiempo entre 7 y 15 meses, dependiendo de la temperatura del agua; en promedio alcanzan un peso de 300 g en 9 meses. El agua debe ser filtrada, con el fin de evitar que llegue cualquier tipo de material que afecte a los peces; además, es indispensable conocer los parámetros fisicoquímicos del agua en los estanques, principalmente el oxígeno disuelto, la temperatura y el pH, para mantenerlos dentro de los rangos adecuados y garantizar el buen estado de los peces y el óptimo desarrollo del cultivo; el oxígeno disuelto debe ser superior a 7 ppm en el agua que entra a los tanques y no inferior a 5.5 ppm en la descarga; el pH adecuado es entre 7 y 8.5 y la temperatura ideal del agua es de 15°C. Una mortalidad del 6% en este período es normal.

Esta etapa es llevada a cabo en estanques (rectangulares o circulares) en tierra, en piedra, recubiertos en geomembrana o en concreto o en jaulas flotantes (en lagunas o embalses); los tanques rectangulares tienen la ventaja de que ocupan menos espacio, pero son menos eficientes, especialmente en lo relacionado con el aseo, pues tienen que ser sometidos a adecuadas limpiezas en forma periódica para eliminar los sedimentos y restos de alimento; los tanques circulares ocupan mayor espacio, pero son más eficientes por cuanto la corriente circular elimina los residuos.

Los estanques construidos en concreto son más costosos que los de tierra, pero sobre todo en cultivos de altas densidades ofrecen ventajas como son una vida útil larga, bajos costos de mantenimiento, resistencia a los grandes flujos de agua, mejores condiciones sanitarias, fácil manejo y mayor capacidad de carga. El tamaño de estanques en concreto más utilizado es de 10 a 25 m de largo x 1 a 2.5 m de ancho x 1 m de profundidad (Figuras 28 y 29).





Figura 28. Estanques en cemento.

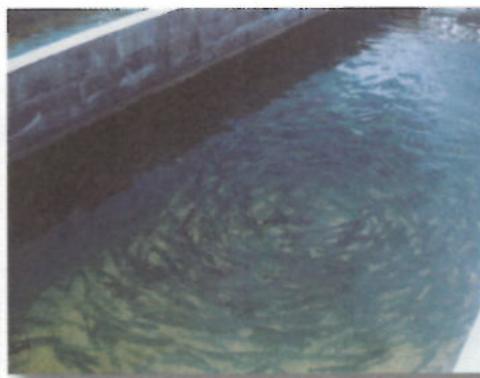


Figura 29. Engorde de truchas en piletas de cemento.

Las jaulas son empleadas en lagos, lagunas, embalses o grandes reservorios, con profundidades mayores a 3-4 m.

El caudal de agua tiene que ser constante, el flujo uniforme por todo el estanque, incluyendo el fondo, y la cantidad depende del tamaño de las truchas y de la temperatura, necesitándose como mínimo una renovación completa del agua cada hora; en términos generales, en engorde son requeridos 900 l/min. por tonelada de pescado. Estrictos procesos de manejo, limpieza, alimentación y selección por tallas contribuirán a obtener buenos resultados.

La tabla 2 muestra el caudal necesario para un cultivo de truchas relacionado con la temperatura y el tamaño de los peces, y la tabla 3 muestra las densidades a las que se pueden engordar las truchas de acuerdo con su tamaño.

Tabla 2. Caudal para 10.000 truchas, relacionado con la temperatura del agua y el tamaño de los peces

Longitud de las truchas (cm)	Caudal mínimo necesario para 10.000 truchas, según la temperatura del agua (litros/minuto)			
	10° C	12° C	15° C	17° C
6	35	40	45	55
8	80	90	100	125
10	140	165	195	235
12	215	265	315	380
14	335	415	485	575
16	465	580	700	840
18	680	800	930	1.140
20	950	1.150	1.340	1.600
22	1.280	1.450	1.680	2.000
24	1.575	1.740	1.970	2.300
26	1.900	2.075	2.300	2.625

Fuente: Rosado y Erazo (2001), Solla S.A. (1998).



Tabla 3. Densidades de siembra adecuadas para el levante de truchas en estanques de concreto

Tamaño de las truchas		Densidad de siembra	
Longitud (cm)	Peso (g)	Ejemplares/m ³	Kilos/m ³
3	0.4	10.000	4.0
4	0.9	4.400	4.0
5	1.5	3.000	4.5
6	2.9	2.600	7.5
8	5.1	2.000	10.2
10	12	1.500	18.0
12	22	1.200	26.4
14	33	900	29.9

Fuente: Montagut (Comunicación personal), 2005.

Generalmente se emplea alimento extrudizado (flotante), pues mejora la conversión alimenticia y disminuye los residuos nitrogenados en los estanques. La cantidad de alimento diaria está directamente relacionada con el tamaño de los peces y con la temperatura del agua (Tabla 4).

Tabla 4. Alimentación recomendada para el engorde de truchas

Peso promedio por trucha (gr)	Kilos de alimento por suministrar diariamente por cada 50 kilos de truchas			
	Temperatura (°C)			
	11	13	15	17
4.6	1.155	1.609	1.968	1.600
11.4	0.955	1.325	1.625	1.315
22.9	0.835	1.091	1.418	1.156
40.5	0.693	0.911	1.178	0.965
52.1	0.638	0.889	1.091	0.880
98.6	0.691	0.967	1.178	0.959
141.7	0.618	0.858	1.047	0.860
197.2	0.553	0.771	0.945	0.769
266.8	0.502	0.698	0.858	0.696
302.4	0.480	0.669	0.822	0.671
348.9	0.465	0.680	0.785	0.640
412.4	0.429	0.596	0.727	0.592
453.6	0.415	0.575	0.698	0.571

Fuente: Solla S.A. (1998).

La velocidad de crecimiento de las truchas varía de acuerdo con la temperatura del agua en la que se realiza el cultivo, presentándose diferencias muy notorias ante pequeños cambios de este parámetro (Tabla 5); es significativo que cuando la temperatura sobrepasa los 15°C, la tasa de crecimiento de los animales disminuye.



Tabla 5. Influencia de la temperatura del agua en el crecimiento de la trucha arco iris

Temperatura del agua (°C)	Peso inicial (g)	Peso por trucha (g) Cada 30 días de cultivo						
		30	60	90	120	150	180	210
11	4.6	8.3	19.5	34.2	62.0	92.2	139.8	199.4
13	4.6	11.5	25.4	47.6	87.0	130.4	192.0	294.1
15	4.6	14.0	33.0	58.0	100.0	159.0	237.0	338.0

Fuente: Montagut (Comunicación personal), 2005.

Es conveniente efectuar muestreos de los peces cada quince días o cada mes, para determinar el peso promedio; la densidad en los cultivos (en kg/m³), el porcentaje de proteína en el alimento, la cantidad de alimento y el número de veces en que se suministra dicho alimento varían a medida que los peces crecen, información que es presentada en la tabla 6. La conversión alimenticia adecuada no debe ser superior a 1.5 a 1.6 : 1.

Tabla 6. Caracterización de las etapas de cultivo en truchas (con temperaturas entre 14 y 17°C)

ETAPA	ALEVINOS	DEDINOS	LEVANTE	ENGORDE
Peso promedio peces (g)	0.5 a 5	6 a 30	31 a 100	101 en adelante
Densidad (kg/m ³)	10	30	40	40
% de proteína en alimento	50	45	43	40
Alimento diario (% de biomasa)	6% al inicio, 4% al final	4% al inicio, 2.6% al final	2.6% al inicio, 2.4% al final	2.4% al inicio, 1.2% al final
Número de comidas/día	16	12	8	8

Fuente: INCODER, 2005.

En estas condiciones es posible producir alrededor de 30-40 kg/m³/año. Una vez finalizado el cultivo, el sacrificio de los peces debe ser rápido, para lo cual se emplea corriente eléctrica o choque térmico mediante la utilización de hielo, evitando el deterioro de la carne.

7.2. Carpa (*Cyprinus carpio*)

Pez originario de Asia Central, cultivado en casi todo el mundo. Es una especie rústica, prolífica, fácil de criar y resistente a problemas de calidad de agua, como son escasez de oxígeno y bajos niveles de contaminación. Es omnívora, se nutre principalmente de plancton y de organismos que viven en el fondo de los estanques, como son larvas de insectos, gusanos y moluscos; también acepta el alimento concentrado y productos de la finca como bore, frutas, semillas, lombrices y gusanos, entre otros.





Figura 30. Carpa espejo.

En el país es cultivada solo una especie, con dos presentaciones de color (plateada y roja) y cuatro variedades, las cuales se diferencian por la disposición de las escamas en el cuerpo: La Carpa espejo (Figura 30) presenta una sola fila de escamas en el dorso del cuerpo; la Carpa común es completamente escamada; la Carpa de Israel posee escamas de diferentes tamaños en el cuerpo, y la Carpa desnuda no posee más que unas pocas escamas localizadas en la base de las aletas.

Alcanza su madurez sexual a partir de los 6 meses, reproduciéndose naturalmente en temperaturas superiores a 18°C. Dos veces al año la hembra deposita un promedio de 100.000 huevos por kilo de peso, los cuales después de ser fecundados por el macho se adhieren a la vegetación existente hasta la eclosión; la sobrevivencia es muy baja, generalmente del 30%.

En Colombia su monocultivo es realizado principalmente en zonas templadas, en las que ninguna de las otras especies tiene buen desarrollo; en zonas calientes se utiliza como especie secundaria en policultivos, especialmente con tilapias y/o cachamas como especies principales, de tal manera que, por su hábito alimenticio, la carpa utilice el alimento que hay en el fondo del estanque.

En monocultivos de carpas en climas templados a fríos, la densidad de siembra por utilizar es de 1-2 carpas/m², alcanzando de 500 a 700 g en un año; en la tabla 7 se presentan los datos generales sobre densidades de siembra y alimentación, de acuerdo con la experiencia de los autores.

Tabla 7. Caracterización de las etapas de monocultivo de Carpas, en clima templado

ETAPA	LEVANTE	ENGORDE
Peso promedio peces (g)	2 a 60	60 en adelante
Densidad (peces/m ²)	4-6	1-2
% de proteína en alimento	32-28	28-24
Alimento diario (% de biomasa)	6% al inicio, 4% al final	4% al inicio 1.2% al final
Número de comidas/día	3-4	2



En policultivos en climas cálidos con tilapias y/o cachamas como especies principales, estas últimas se siembran en densidades de 1 a 2 peces por m², dejando a elección del piscicultor el porcentaje de cada una de ellas, según su preferencia, y sembrando una carpa por cada 8-12 m². Por ejemplo, en un estanque de 1.000 m² se pueden sembrar 1.000 tilapias, 1.000 cachamas y 83 a 125 carpas; o se pueden sembrar 1.500 tilapias, 500 cachamas e igual número de carpas o al contrario, es decir, 1.500 cachamas, 500 tilapias y el mismo número de carpas.

Como se dijo inicialmente, este sistema el cultivo se maneja de acuerdo con los requerimientos de la o las especies principales, es decir, que la alimentación, la calidad y cantidad de agua y demás aspectos deben ser los adecuados para las cachamas y tilapias. En estas condiciones es posible obtener carpas de 0.8 a 1.5 kg en 6 meses de cultivo, además de las producciones esperadas de las otras dos especies.

7.3. Tilapias

Con el nombre de tilapias o mojarras se conocen a dos de las más importantes especies de peces comerciales en Colombia: la tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) y la tilapia roja (*Oreochromis spp*), las cuales son de origen africano con un rango óptimo de temperatura del agua para cultivo de 25 a 30°C. Son peces rústicos, resistentes a medios adversos como bajas concentraciones de oxígeno, cambios de temperatura y de salinidad, por lo que pueden vivir en aguas dulces, salobres e incluso en el mar.

Naturalmente se alimentan principalmente de fitoplancton y en estado juvenil también consumen larvas de insectos; aceptan perfectamente alimentos concentrados, y como alimento suplementario hojas y cepa de bore, hojas de yuca, ramio y harinas.

Uno de los grandes inconvenientes que presentan para su cultivo es que se reproducen a partir de los 2-3 meses de cultivo, teniendo 6 a 9 desoves por año, produciendo cada hembra aproximadamente de 200 a 300 huevos por kilo, lo que ocasiona altas biomásas (exceso de individuos) en los estanques, lo que afecta negativamente el crecimiento y la conversión alimenticia, disminuyendo gravemente la productividad y la rentabilidad de los cultivos. Dado que los machos presentan un crecimiento superior a las hembras, normalmente se engordan en cultivos monosexo (solo machos).

En Colombia los principales lugares de producción de tilapias son los departamentos del Huila (45% de la producción nacional), Tolima, Valle del Cauca, Antioquia, Santander y Meta (30% de la producción nacional entre estos). De la producción del Huila, el 70% proviene de los cultivos intensivos en jaulas que se realizan en el embalse de Betania y el resto proviene de estanques en tierra.

7.3.1. Tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia plateada es conocida también como mojarra lora, mojarra plateada o tilapia nilótica (Figura 31); es filtradora de fitoplancton y en cultivo su comportamiento es omnívoro, siendo la rusticidad y la alta resistencia a enfermedades sus principales características, condiciones que la convierten en una excelente especie para programas de fomento y extensión rural.





Figura 31. Ejemplar de mojarra plateada.

Tiene buen crecimiento, superando los 800 g/año con producciones superiores a 40 t/ha/año en estanques; variedades mejoradas presentan cifras superiores, haciéndola atractiva especialmente para la producción de filetes para el mercado nacional o para exportación.

7.3.2. Tilapia roja (*Oreochromis spp*)

Es el pez más cultivado en Colombia, a donde llegó a comienzos de los 80. Se conoce también como mojarra roja, mojarra cardenal y pargo rojo de agua dulce. Es un híbrido resultado del cruce entre 2, 3 ó 4 especies del género *Oreochromis* (Figura 32). Tiene crecimiento de más de 600 g/año, con rendimientos de más de 600 t/ha/año en cultivos superintensivos (en jaulas) y tolera amplios rangos de salinidad. Posee una coloración atractiva, buena proporción carne/hueso (adecuada para filetear) y pocos huesos; es bien recibida por los grandes mercados en presentación entera o en filetes, ya sea fresca o congelada.

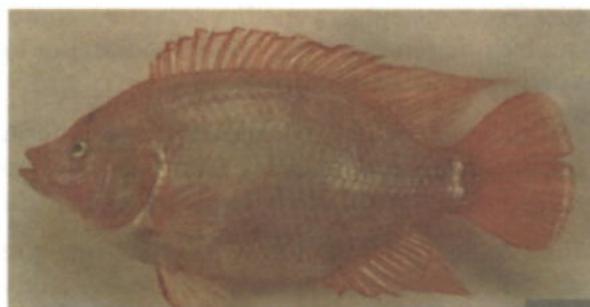


Figura 32. Ejemplar adulto de tilapia roja.

Actualmente se cultiva en estanques, piletas, raceways o jaulas, dependiendo del grado de tecnología y del nivel de inversión.

7.3.3. Producción de alevinos

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para lograr producir cantidades importantes de alevinos de tilapias es el manejo de los reproductores; cuando no están en proceso de reproducción, los padrotes deben tenerse separados por sexos, suministrándoles alimento comercial con más del 30% de proteína y 2% de la biomasa/día, con revisiones periódicas de su estado ictiosanitario.

Para iniciar el proceso reproductivo se colocan hembras y machos en estanques de tierra de no más de 500 m², con densidades de 3-5 animales/m², en proporción



de 3 hembras por 1 macho. Luego de 10 días aproximadamente hay larvas en las orillas de los estanques, las cuales se deben colectar máximo cada 2 ó 3 días, para garantizar que todos los individuos sean de menos de 1 cm. El número de larvas recolectadas depende del tamaño y la edad de las hembras, de su buen estado físico y de las buenas condiciones del agua. Una técnica más avanzada para la obtención de alevinos es colectar los huevos fecundados, extrayéndolos de la boca de las hembras, donde ellas los incuban naturalmente (Figura 33) y trasladándolos a incubadoras, lo que permite un mayor control de las condiciones de su desarrollo para obtener mayores sobrevivencias.



Figura 33. Incubación bucal de los huevos embrionados y larvas en las tilapias.

Deben trabajarse poblaciones monosexo, pues los machos de tilapia tienen mejores características para el engorde. Existen tres formas para conseguir las poblaciones monosexo:

- Sexaje (separación de hembras y machos) manual, con animales de más de 10 cm; el macho presenta 2 aberturas, el ano y el poro urogenital (uretra), a diferencia de la hembra, la cual presenta 3, el ano, el oviducto y la uretra. Estas diferencias son difíciles de ver a simple vista, pero aplicando un poco de azul de metileno se hacen más notorias (Figura 34); este método es poco práctico cuando son manejados miles de animales por lote.

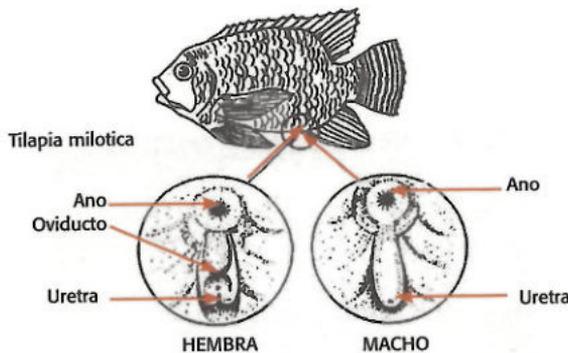


Figura 34. Diferenciación sexual de hembras y machos de tilapias.

- Hibridación, cruce entre especies con cepas puras; el más utilizado es el cruce de machos de *Oreochromis aureus* por hembras de *O. niloticus*.



- Reversión sexual, aplicación de hormonas andrógenas durante el primer mes de vida. Para aplicar este método, que es el más utilizado en Colombia, se recolectan las larvas con un máximo 1 cm de longitud, para garantizar el mayor porcentaje de reversión sexual, el cual puede ser entre 85 y 96%.

7.3.4. Sistemas de cultivo y densidad de siembra

Actualmente existen tres sistemas de cultivo utilizados con tilapias: en estanques de tierra, en canales de cemento y en jaulas (Espejo y Torres, 2001).

7.3.4.1. Producción en estanques de tierra

Llevada a cabo en estanques de 300 a 2.000 m² (o mayores) y profundidad promedio de 1-1.5 m, con taludes 3:1 para evitar su deterioro (Figura 35). Los alevinos son sembrados de 1 a 5 g en densidades de 2-10 peces/m² y alimentados con concentrado con más de 24% de proteína. Requiere un recambio de agua de mínimo un 20% diario, el oxígeno disuelto debe ser mayor de 4 ppm y la dureza del agua no menor de 20 ppm. Con este sistema los animales alcanzan alrededor de 400 g en 6-7 meses de cultivo. La producción es de 20 a 40 t/ha/año. La mortalidad normal llega al 20%.



Figura 35. Cultivo intensivo de tilapias en estanques de tierra.

7.3.4.2. Producción en canales de cemento

Cultivo en tanques o canales de 100 a 1.000 m², requiriéndose grandes volúmenes de agua para recambio. Se siembran alevinos de 50 g, con una densidad final hasta de 100 peces/m², suministrando alimento de más del 30% de proteína, pues no hay consumo de alimento natural; se cosechan animales de 900 g, en 9 meses (Figura 36).



Figura 36. Cultivo de tilapia roja en canales de cemento.



7.3.4.3. Producción en jaulas

Son cultivos superintensivos, realizados en jaulas elaboradas con malla de nylon multifilamento, las cuales pueden ser pequeñas de 1.5 m X 1.5 m X 1 m de profundidad (2.25 m³) o jaulones de 22 a 26 m de diámetro por 2 a 4 m de profundidad (Figura 37); en este sistema los animales están inicialmente de 400 a 600 peces/m³, pasando de 10 a 150 g y, en una segunda etapa de engorde, en la que se utilizan densidades de 120 a 160 peces/m³, llegan a un peso final de alrededor de 400 g. La conversión alimenticia esperada es 1.7 a 2.1:1. La producción alcanza valores de 50-60 kg/m³ en 6-7 meses. La mortalidad total puede alcanzar el 30%.



Figura 37. Cultivo superintensivo de tilapias en jaulones.

El recambio de agua debe ser total 5 veces/minuto. Las jaulas se disponen de acuerdo con la corriente del sitio, manteniendo mínimo una distancia de 3 m entre ellas y 4 m al fondo; es necesario cubrirlas con malla liviana para evitar la predación por aves. Se suministra concentrado extrudizado (flotante) dentro de un marco de encierro, para evitar que la corriente de agua saque el alimento de la jaula antes de ser consumido (Figura 38). Debido al confinamiento y poco desplazamiento de los peces, el gasto energético y de proteínas es bajo y las ganancias en peso son altas.



Figura 38. Cultivo de tilapia roja en jaulas, véase el marco de encierro para el suministro de alimento extrudizado.



7.3.5. Etapas del cultivo

Este cultivo es realizado generalmente en tres fases: alevinaje, preengorde y engorde, pero algunos piscicultores lo hacen solo en dos, uniendo el alevinaje con el preengorde.

7.3.5.1. Alevinaje

Se lleva a cabo en estanques pequeños. Inicia con peces de 1 a 3 g con densidades de 30-50 peces/m², hasta un peso de 15 a 20 g, durante 55-60 días. Durante este tiempo es necesario alimentar con una tasa del 8 al 4% de la biomasa diariamente, con alimento del 40-45% de proteína y con una frecuencia de 4 a 6 veces al día; el agua debe estar bien fertilizada para que los peces aprovechen el alimento natural.

Luego de esta etapa los peces se sexan. Es importante mencionar que, aun cuando los alevinos hayan tenido el proceso de reversión sexual, es muy difícil garantizar que el 100% sean machos, por lo que, de ser posible, es conveniente sexar a mano para cultivar solo machos y evitar la reproducción.

7.3.5.2. Preengorde

Es el levante de animales desde 20 hasta 150 g, etapa que dura 3.5 meses aproximadamente, con densidades de 12 peces/m² y suministro de alimento con 30% de proteína en un porcentaje de biomasa entre 3.5 y 4%/día, entregado hasta 4 veces por día; la conversión alimenticia no debe ser superior a 1.5:1.

7.3.5.3. Engorde

Como en la fase de preengorde, el engorde es realizado en estanques más grandes, cultivando animales entre 150 y 400 g o más, con una duración de entre 2 y 3.5 meses y una densidad de 1.5 a 3-5 peces/m². Se alimenta con 24% de proteína en un porcentaje de la biomasa entre 3 y 2% al día teniendo una conversión alimenticia entre 1.4 a 2.0:1 antes del sacrificio se disminuye al 1% de la biomasa/día. Cuando el objetivo comercial son filetes, el cultivo requiere mayor tiempo para que los animales alcancen 600-1.000 g, de tal forma que cada filete pese entre 90 y 150 g.

En la tabla 8 se muestran datos sobre densidades de siembra y alimentación en las diferentes etapas del cultivo de tilapias.

Tabla 8. Caracterización de las etapas de cultivo de tilapias en estanques

ETAPA	ALEVINAJE	PREENGORDE	ENGORDE
Peso promedio peces (g)	1-3 hasta 15-20	20 hasta 150	150 hasta más de 400
Densidad (peces/m ²)	30 a 50	12	1-5
% de proteína en alimento	45-40	30	24
Alimento diario (% de biomasa)	8% al inicio, 4% al final	4% al inicio y 3.5% al final	3% al inicio, 2% al final
Número de comidas/día	4-6	4	2



7.4. Cachamas blanca (*Piaractus brachypomus*) y negra (*Colossoma macropomum*)

Las cachamas blanca (*Piaractus brachypomus*, Figura 39) y negra (*Colossoma macropomum*, Figura 40) son originarias de las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco. Presentan una serie de ventajas para su uso en acuicultura como son: muy poca exigencia en tecnología, lo que facilita su cultivo pues su manejo es rústico y simple, resistencia a bajas concentraciones de oxígeno, poca susceptibilidad a contraer enfermedades y resistencia a los parásitos, producción constante de alevinos, fácil alimentación, buen crecimiento y buena aceptación en el mercado. La cachama blanca es muy apetecida por el consumidor nacional por su coloración y por el tamaño pequeño de su cabeza, mientras que la negra tiene la ventaja de que crece más rápidamente. Son especies omnívoras, con capacidad para filtrar fitoplancton y zooplancton y se desarrollan muy bien en aguas con temperaturas entre 23 y 30°C.



Figura 39. Ejemplar adulto de cachama blanca.

En Colombia, las principales zonas de producción son los departamentos del Meta, Córdoba, Tolima, Santander, Caquetá, Valle, Putumayo y Antioquia.



Figura 40. Ejemplar adulto de cachama negra.

7.4.1. Producción de alevinos

Los reproductores se mantienen en estanques de tierra con densidades de no más de 12.5 kg/m², alimentados con concentrado comercial del 25 a 32% de proteína, en porcentaje de 1.5 a 2.5% de la biomasa/día, una vez al día.



Las especies no presentan dimorfismo sexual y los ejemplares deben ser separados por estados de maduración (desovados, en maduración y maduros). Es necesario revisar periódicamente el estado ictiosanitario, especialmente para controlar la presencia de parásitos, suministrando un recambio de agua suficiente y realizando traslados de estanques para promover la maduración sexual.

Las hembras de cachama blanca están aptas para la reproducción por primera vez a los 3 años y los machos a los 2, mientras que las cachamas negras maduran a los 4 y 3 años, respectivamente. Puesto que esta especie no se reproduce naturalmente en cautiverio, reunir hembras y machos en los mismos estanques incentiva la maduración sexual, haciendo que ellas produzcan huevos y los machos semen, momento en el cual se trasladan juntos a piletas circulares para inducir la reproducción; el desove es inducido mediante la aplicación de extracto de hipófisis de carpa u otros compuestos hormonales y ocurre de modo seminatural, provocando el desove y la fertilización de los huevos, que son recogidos mecánicamente por circulación del agua. La temperatura del agua debe estar entre 26 y 28°C y la dureza, superior a 25 ppm. Los huevos se pasan a incubadoras de flujo vertical tipo Woynarovich (Figura 41), siendo necesario mantenerlos en un suave movimiento ascendente de forma permanente. Luego de 13 a 18 horas, según la temperatura del agua, eclosionan las larvas, las cuales aprovechan su saco vitelino como reserva alimenticia hasta 4-5 días después de la eclosión, cuando completan su formación y consumen alimento vivo.



Figura 41. Incubadoras verticales tipo Woynarovich.

El alevinaje es realizado en estanques de tierra que previamente son preparados y abonados para garantizar la sobrevivencia de las larvas, recomendándose sembrar no más de 50-100 pececitos por m². A los 8 días de la siembra se inicia el suministro de alimento concentrado con 45% de proteína, 5 a 8 veces/día, hasta el despacho. La velocidad de crecimiento depende de la alimentación (alimento vivo e inerte) y de la densidad de siembra, principalmente; este proceso dura entre 2 y 3 semanas, tiempo en que alcanzan la talla de venta (2.5 cm) (Figura 42).





Figura 42. Alevinos de cachama, listos para iniciar etapa de levante (Tomada de López, 1994).

7.4.2. Etapas de cultivo

Para el cultivo, la temperatura adecuada es entre 23 y 30°C, el oxígeno disuelto, mayor de 3 mg/l, el pH entre 5.5 y 8 y la dureza, mayor de 25 ppm. Este se puede dividir en dos etapas, que son levante y engorde (Tabla 9).

7.4.2.1. Levante

Comienza con los alevinos que llegan a la granja con un peso entre 1 y 4 g y va hasta cuando los animales llegan a 60 g. Para aumentar la eficiencia de las instalaciones se usan estanques pequeños (entre 200 y 300 m²) con una densidad de siembra entre 30 y 50 alevinos/m². Estos son alimentados en una proporción del 8% de la biomasa al principio y 3.6% al final, dividiendo la ración diaria en 3 ó 4 comidas, lo cual permite que aprovechen mejor el alimento; finalmente, se seleccionan por tallas para el traslado a estanques de engorde.

7.4.2.2. Engorde

Una vez las cachamas han alcanzado los 60 g de peso, inician la etapa de engorde hasta los 400 gramos o más (Figura 43). Son utilizados estanques más grandes (1.000 m² o mayores), pues estos son más productivos. Cuando se trabaja con densidades de 2 a 4 peces/m² es necesario realizar un recambio total del agua en los estanques mínimo una vez por semana. Se alimentan con concentrado extrudizado, con un porcentaje de proteína decreciente con relación al tiempo de cultivo (Tabla 9); al inicio se suministra 2 veces al día y al terminar una sola vez al día, con un porcentaje de alimento diario entre el 3.7% al iniciar el cultivo y el 1.7% al terminar (Tabla 10). La conversión alimenticia adecuada es de 1.4 a 1.6:1. Además del alimento concentrado, son usados alimentos suplementarios tales como hojas de bore, ramio y yuca, frutas como la papaya, guayaba, aguacate, plátano y mortiños y semillas de maíz, sorgo, trigo y soya; no se recomienda suministrar frutas cítricas. Un 10% de mortalidad puede presentarse normalmente.





Figura 43. Ejemplar de cachama, adecuado para cosecha.

Tabla 9. Caracterización de las etapas de cultivo de la cachama en estanques

ETAPA	LEVANTE	ENGORDE
Peso promedio peces (g)	2 a 60	60 en adelante
Densidad (peces/m ²)	5-10	1.5-5
% de proteína en el alimento	45-38	32-24
Alimento diario (% de biomasa)	8% al principio, 3.6% al final	3.6% al inicio, 1.5-2% al final
Número de comidas/día	3-4	2

Fuente: González, R. (Comunicación personal), 2005.

Tabla 10. Crecimiento en peso y tasa de alimentación de la cachama. Guía para su cultivo semiintensivo con concentrado comercial del 45, 38, 32 y 24% de proteína

ETAPA DE CRECIMIENTO	DÍAS DE CULTIVO	PESO PROMEDIO ESPERADO POR EJEMPLAR (gr)	TASA DIARIA DE ALIMENTACIÓN (% de la biomasa)
LEVANTE	7	7	8.9
	14	14	7.6
	28	26	5.5
	42	40	4.6
	56	55	4.1
ENGORDE	70	91	3.7
	84	139	3.4
	98	190	3.1
	112	246	2.8
	126	305	2.4
	140	368	2.1
	154	433	1.8
	168	503	1.7

Fuente: González (2001).



De esta manera es posible obtener conversiones alimenticias entre 1.4:1 y 1.8:1. Con una densidad de siembra de 2 a 5 peces/m², el cultivo toma 6 meses para que cada animal alcance 500 g, siendo posible obtener más de 30 t/ha/año de carne, en dos ciclos de cultivo. El cultivo se puede prolongar por 30 días, aumentando el peso a 650 g promedio, con una tasa diaria de alimentación del 1.5%.

7.5. Yamú (*Brycon siebenthalae*)

Especie nativa de la cuenca del río Orinoco, que naturalmente realiza migraciones reproductivas permaneciendo en ambientes lóticos (corrientes de los ríos) en los que las condiciones fisicoquímicas de las aguas son óptimas, razón por la cual es un animal que requiere buena calidad de agua para su cultivo; tiene hábitos alimenticios omnívoros con preferencia hacia semillas, insectos, peces pequeños y acepta el alimento concentrado. Crece rápidamente, especialmente durante sus primeros meses de vida, se adapta fácilmente al cautiverio y tiene buena aceptación en el mercado; sin embargo, el yamú es una especie notoriamente nerviosa, por lo que su manejo debe ser adecuado para evitar problemas en su desarrollo (Figura 44).



Figura 44. Ejemplar adulto de yamú.

7.5.1. Producción de alevinos

Los animales llegan a su maduración sexual a los dos años de edad y, al igual que las cachamas, no se reproducen solos en cautiverio, por lo que es necesario inducir la reproducción con hormonas. El desove se realiza mediante extrusión de los huevos y del semen, en seco; posteriormente, las ovas fertilizadas son pasadas a incubadoras de flujo vertical, en donde ocurre la eclosión entre 12 y 14 horas después, según la temperatura del agua.

A las larvas se les debe suministrar alimento vivo, pues tienen hábitos caníbales desde muy temprano, razón por la cual, si les falta comida aun antes de terminar la reabsorción del saco vitelo, se atacan unas a otras, ocasionando altas pérdidas.

7.5.2. Etapas de cultivo

Las condiciones adecuadas para el cultivo son 25 a 30°C de temperatura del agua, oxígeno disuelto superior a 4 mg/l, pH entre 5.5 y 8; dureza mayor de 25 ppm. El cultivo puede realizarse en una sola etapa o se puede dividir en dos, que son levante y engorde (Tabla 11).



7.5.2.1. Levante

Esta etapa va desde el alevinaje hasta los 30 g de peso de los animales, fase que dura cerca de un mes, utilizando preferiblemente estanques de menos de 300 m² y densidades de siembra de hasta 10 animales/m² para evitar el canibalismo. La alimentación debe ser con alimento concentrado molido y posteriormente triturado, con 38-45% de proteína, en proporción del 8% de la biomasa al principio y 6% al final, dividiendo la ración diaria en 4 comidas.

7.5.2.2. Engorde

Esta etapa va desde los 30 g hasta los 400 g generalmente y dura cerca de 5 meses. Se usan estanques de más de 500 m². La densidad de siembra por utilizar depende de la calidad del agua debido a su necesidad de buena concentración de oxígeno, por lo que no se recomienda sembrar más de 2 peces/m², cuidando de tener recambio permanente de agua en los estanques. Se suministra alimento concentrado con 24 a 26% de proteína en proporción del 6% al iniciar el cultivo y el 1.5 a 2% al terminar, dividido en 2 raciones diarias (Tabla 11). Además de este alimento se pueden suministrar semillas o frutos de la finca en las cantidades que sean consumidas por los peces, es decir, que no queden desperdicios.

Tabla 11. Caracterización de las etapas de cultivo del yamú en estanques

ETAPA	LEVANTE	ENGORDE
Peso promedio peces (g)	2 a 30	30 en adelante
Densidad (peces/m ²)	Máximo 10	1-2
% de proteína en el alimento	38-40	24-26
Alimento diario (% de biomasa)	8% al principio, 6% al final	6% al inicio, 1.5-2% al final
Número de comidas/día	4	2

8. PISCICULTURA INTEGRADA A OTRAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

La piscicultura integrada a otros cultivos es una forma organizada y diversificada de la producción agropecuaria en donde el producto principal son los peces y los diferentes productos de la finca se utilizan como fuente de alimentos, fertilizantes e ingresos.

La integración de la piscicultura puede llevarse a cabo con cultivos agrícolas y con animales de campo. Un ejemplo de integración en la producción agropecuaria es el siguiente: el estiércol de los animales de la finca y el alimento por ellos desperdiciado



se usa directamente para los peces; el exceso de fango de los estanques deteriora el agua del cultivo, pero por el contrario es un abono de alta calidad para la agricultura; las plantas son adecuadas para alimentar a los peces y a los demás animales de campo (frutos, semillas, hojas, etc.); el agua que sale de los estanques fertilizada es ideal para regar los cultivos agrícolas, cuyos productos se usan para alimentar peces y demás animales de la finca (Figura 45).

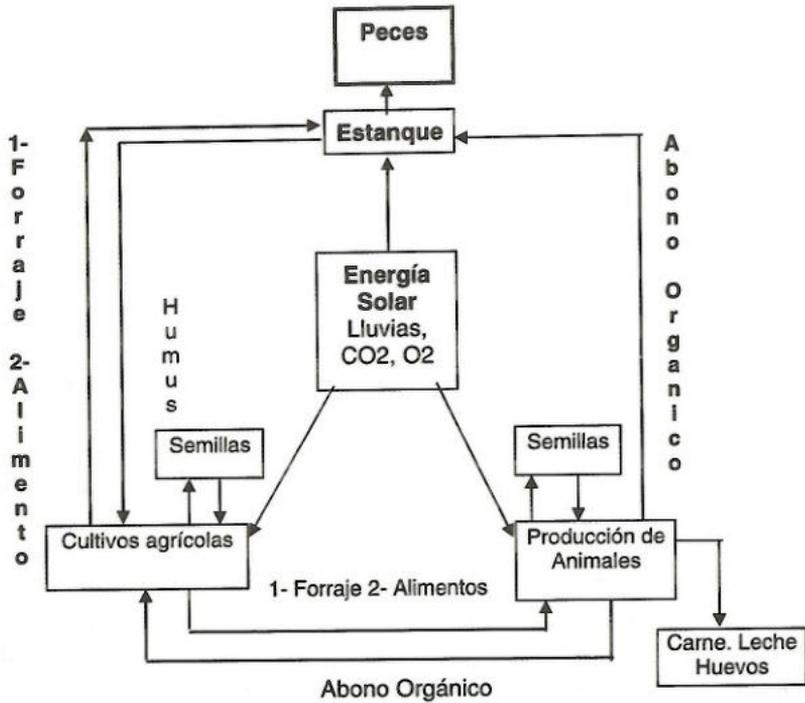


Figura 45. Esquema del reciclaje de materiales en una finca (Tomada de Merino, 2001).

Una adecuada integración entre las diferentes actividades agropecuarias en una granja permite una mejor utilización de la tierra y del agua, mejor distribución de la mano de obra y del equipo; el reciclaje de basuras y subproductos disminuye los gastos de operación en alimentos y fertilizantes y mantiene balanceado el ecosistema.

Realizar la piscicultura integrada con otras actividades agropecuarias tiene las siguientes ventajas:

- Manejo de ecosistemas artificiales sin desperdicios, ya que un subproducto o desecho de una actividad es aprovechado por otra.
- Incremento de la oferta de alimentos, contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población con escasos recursos económicos y disminuyendo los costos de producción, pues los peces consumen subproductos de la finca.
- Mejoramiento en la utilización del recurso agua.



- Generación de empleo, pues se necesita personal para manejar las distintas producciones agropecuarias de la finca.
- Incremento de la producción y el beneficio económico, al producir proteínas de origen animal y vegetal en un mismo espacio, disminuyendo los costos de los insumos (principalmente de alimento y fertilizantes) al optimizarse el uso de los recursos y el reciclaje de nutrientes.
- Disminución de los riesgos de la producción agropecuaria debido a la diversificación de la producción en las fincas.
- Mejora de las condiciones del suelo, pues está demostrado que la rotación entre la acuicultura y la agricultura con el tiempo incrementa su fertilidad.

Realizar cultivos de peces y productos agrícolas (especialmente en el caso del arroz) reduce el uso de herbicidas y fertilizantes, pues los peces pueden consumir las plagas de las plantas y las excretas de los peces aumentan el contenido de nutrientes del agua y del suelo (FAO, 2000).

Una eficiente integración peces-animales se da cuando los peces aprovechan completamente los organismos que son producidos en el estanque con la fertilización con estiércol. Por eso lo mejor es utilizar especies omnívoras, detritívoras y filtradoras como son las tilapias, las carpas, los bocachicos y las cachamas, pues ellas son capaces de consumir el plancton y el detritus producido.

La integración peces-patos es un modelo rentable de producción por cuanto estos últimos consumen renacuajos, sapos pequeños e insectos (como larvas de libélula), que son alimentos naturales de los patos y que tienen altos niveles de proteína, erradicando de paso muchos predadores de larvas y alevinos de peces; en este caso, el alimento por suministrar para el cultivo de las aves puede contener menor cantidad de proteínas, lo cual disminuye su costo. Por su parte, los patos normalmente desperdician entre el 10 y el 20% del alimento que se les suministra, porcentaje que es aprovechado por los peces, a la vez que su estiércol incrementa la productividad del estanque, que es aprovechado como alimento por dichos peces (Figura 46).

50



Figura 46. Integración peces-patos.

Cuando se maneja la piscicultura integrada con otros animales de campo se recomienda no mantener más de 10.000 pollos, 15 cerdos (Figura 47) y 90 patos por hectárea de estanques; de esta manera es posible producir entre 5.000 y 8.000 kg/ha/año de peces con una inversión económica muy baja, por cuanto el alimento concentrado se compra para los animales terrestres, mientras que sus desperdicios y el alimento no utilizado son aprovechados por los peces, junto con las plantas, los granos y los subproductos agrícolas obtenidos en la granja.



Figura 47. Integración peces-cerdos.

9. ENFERMEDADES DE LOS PECES

El medio acuático abarca una amplia variedad de parámetros y prácticamente todos ellos influyen en el bienestar de los peces, siendo esenciales para su crecimiento y reproducción; si los parámetros alcanzan valores fuera del rango normal para cada especie, se presentan enfermedades, pues la capacidad de autodefensa de los animales se reduce con el aumento del estrés.

Un pez sano presenta unas características típicas que permiten al piscicultor conocer su condición, como son:

- Reacción de fuga: el pez huye cuando se le acerca gente o ante movimientos o ruidos fuertes
- Coloración y nado normales
- Apetito: un pez sano puede dejar de comer por uno o máximo dos días, pero no por más.

Por el contrario, cuando los peces están enfermos presentan algunos síntomas comunes como son: se agrupan cerca a la entrada de agua o al desagüe, no huyen ante situaciones extrañas, presentan boqueo, señales nerviosas, nado en espiral, vertical o de lado, caen al fondo suavemente, se frotan contra el fondo o los lados del estanque, falta de apetito, coloración negruzca o más oscura de lo normal, heridas abiertas en el cuerpo con sangre o con pus, puntos pequeños en la piel,



aletas deshilachadas o moteadas, opérculos abiertos, branquias pálidas o con mucus abundante, ojos salidos, ano hinchado y enrojecido, abdomen inflado y manchas blancas en la piel (Figuras 48 y 49).



Figura 48. Alevino de cachama enfermo.
(muy delgado y con las aletas dañadas)



Figura 49. Peces con bacteriosis;
nótese las aletas deshilachadas.

9.1. Prevención de enfermedades

El adagio “Es mejor prevenir que curar” es muy válido en piscicultura, porque el proceso de tratar a los animales eleva los costos y además, cuando una enfermedad se manifiesta de manera clara, generalmente es demasiado tarde pues ocasiona grandes mortalidades; la mayoría de los brotes de enfermedades en los peces cultivados pueden atribuirse a cría o manejo inadecuados.

Es necesario evitar situaciones causantes de estrés como son la mala calidad del agua, los cambios extremos de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, dureza, salinidad, etc.), la contaminación, el exceso de abonamiento, las excesivas densidades, el mal manejo, la deficiente nutrición (la comida tiene que ser limpia, fresca, bien balanceada y en la cantidad adecuada) y los tratamientos exagerados con sustancias químicas. Cuando los factores ambientales se alteran, los patógenos oportunistas proliferan e invaden al pez, pues encuentran el medio propicio para su alta multiplicación; aun cuando el patógeno sea altamente agresivo, se requieren la combinación del estrés ambiental y la lesión para precipitar la enfermedad en la práctica de la acuicultura. La piel lacerada es una ruta fácil de entrada de los patógenos al pez, más que la piel intacta o el tracto digestivo.

Igualmente, es necesario prevenir la entrada de enfermedades infecciosas (producidas o contagiadas) ocasionadas por otros peces que ingresen a las pisciculturas de forma voluntaria o no. Se deben colocar filtros en las entradas de agua de los cultivos para evitar el ingreso de organismos que puedan contagiar enfermedades, predar los animales en cultivo o competir por alimento con los peces cultivados.

Luego de cada cosecha, los estanques vacíos requieren desinfección mediante la exposición a los rayos solares por tres días o, si se presentaron enfermedades en el cultivo anterior, mediante la aplicación de cal viva a los estanques húmedos, en proporción de 1.500 a 2.000 kg/ha, con posterior secado al sol; igualmente,



es necesario desinfectar los implementos de manejo de los peces (redes de pesca, baldes, incubadoras, piletas, etc.), sobre todo cuando hay problemas de enfermedades y mortalidades, lo cual se hace con alguno de los siguientes productos y dosis:

- Formol: 30 a 50 l de formol (formol del 37-40%) por 1 m³ de agua, por 15-20 minutos
- Cloro: 20-30 ml de hipoclorito de sodio por 1 m³ de agua, por 40-60 minutos
- Yodo: 0.5 l de yodo orgánico en solución de pH 7 por 1 m³ de agua, por mínimo 30 minutos.

9.2. Tipos de enfermedades

Los peces son afectados por enfermedades de tres tipos:

9.2.1. De origen infeccioso o patógeno

Son las producidas por parásitos, bacterias, hongos y virus. Los peces conviven en equilibrio con estos organismos en el medio natural, pero cuando son alteradas negativamente las condiciones de cultivo como, por ejemplo, cuando la temperatura, la alimentación o el manejo no son los adecuados, cuando hay gran cantidad de materia orgánica en los estanques o cuando se usan altas densidades de siembra, los organismos externos proliferan y provocan enfermedades que atacan a los peces en la piel, branquias, ojos, músculos, órganos internos, sistema digestivo o en la sangre y ocasionan cambios en su comportamiento.

Las enfermedades de origen bacteriano se transmiten principalmente por contacto directo con peces infectados (enfermos y muertos) o con alimento fresco contaminado. Los signos clínicos y las lesiones suelen variar presentándose letargia, dificultad en la natación y nado errático, severa curvatura del cuerpo y rigidez dorsal, exoftalmia y opacidad corneal; se evidencia la relación de las bacteriosis con condiciones ambientales adversas y mala calidad del agua como son la alta temperatura, bajo oxígeno disuelto, salinidad, altas concentraciones en amonio, nitratos o nitritos y sólidos suspendidos totales, así como factores de manejo.

Otro tipo de enfermedades infecciosas son las ocasionadas por parásitos externos o internos, los cuales pueden ser microscópicos y de mayor tamaño; algunos de los más peligrosos parásitos afectan las branquias de los peces, impidiendo su respiración, provocando anemia por la pérdida de sangre por las constantes heridas en los filamentos branquiales y mortalidad por asfixia. Otros afectan la piel, ocasionando heridas y laceraciones que conducen posteriormente a la presentación de enfermedades bacteriales y micóticas (hongos) difíciles de curar. Otros parásitos afectan los órganos internos de los peces provocando pérdida del apetito, anemia por ulceración del tracto digestivo o simplemente dando mal aspecto al pescado que va al mercado, como es el caso de los peces con gusanos en la musculatura.

Es importante recordar que mantener adecuados la calidad del agua y los parámetros de densidad y alimentación en los cultivos son los primeros pasos para prevenir el ataque de parásitos en las pisciculturas.



9.2.2. De origen nutricional

Producidas por dietas mal balanceadas o suministro de alimento en cantidad y periodicidad inadecuadas, lo cual causa deficiencias nutricionales que conllevan a un pobre crecimiento, pérdida de peso, malformaciones de los huesos, ceguera, color oscuro, baja mortalidad y pérdida del equilibrio, entre otros. Por su parte, alimentos mal elaborados o mal almacenados pueden contener hongos, los cuales causan intoxicación en los peces, problema que repercute principalmente en el hígado (Figura 50). En etapas tempranas del crecimiento, es de suma importancia tener en cuenta el tamaño de la partícula del alimento concentrado, de tal manera que se garantice que la misma sea de menor tamaño que la boca de los alevinos por alimentar.



Figura 50. Ejemplar de trucha afectado por hepatoma (hígado inflamado) por problema alimenticio.

9.2.3. Por problemas del agua en calidad, contaminación o manejo

9.2.3.1. Por calidad del agua

- Causas de orden físico:
 - Turbidez: una gran cantidad de partículas en suspensión en el agua de los estanques ocasiona que estos no tengan una buena productividad primaria, lo cual influye en la alimentación de los peces que consumen plancton. El aumento de partículas en suspensión ocasiona problemas a nivel de branquias y estimula el crecimiento de hongos.
 - Temperatura: cuando la temperatura de cultivo no es óptima para los peces (exceso de frío o exceso de calor) hay bajo rendimiento, que se refleja en falta de apetito y estrés, lo que conlleva a una deficiencia en el sistema inmunitario y los hace más débiles, facilitando que contraigan enfermedades.
- Causas de orden químico:
 - pH: el pH óptimo se encuentra entre 7 y 8.5, dependiendo de la tolerancia de cada especie; el pH muy alto (alcalino) causa daño en las branquias y deshilachamiento y pudrición de las aletas, mientras que el pH bajo (ácido) facilita que algunas sustancias nitrogenadas sean más tóxicas.
 - Gases disueltos: al igual que todos los animales, los peces no sobreviven si los niveles de oxígeno en la sangre no resultan suficientes para garantizar su



metabolismo. Poco oxígeno (ausencia crónica) causa en los peces la pérdida del apetito, que, por consiguiente, provoca deficiencias alimentarias; si la baja de oxígeno es aguda, en poco tiempo se llega a un estado de crisis del metabolismo que ocasiona daños irreparables o la muerte.

- Exceso de residuos nitrogenados tales como amonio, nitritos y nitratos que ocasionan afecciones crónicas como bajo crecimiento o intoxicación de los peces y su muerte.

Según Iregui, 2004, en Colombia las principales causas de morbi-mortalidad en las pisciculturas se pueden agrupar en cuatro categorías que se mencionan en orden de importancia: las debidas a desórdenes nutricionales, las infecciosas parasitarias, las infecciosas bacterianas y las producidas por mala calidad de las aguas. Aun cuando es difícil determinar la causa exacta de una enfermedad, según distintos investigadores internacionales, es más frecuente que se presenten enfermedades en peces sometidos a mala calidad de agua, lo cual se agrava si además hay malas condiciones alimenticias y altas densidades.

9.2.3.2. Por Contaminación

La contaminación es causada por sustancias tóxicas como agroquímicos o por exceso de materia orgánica. Los mismos productos que se utilizan para curar enfermedades pueden resultar tóxicos a los peces si son suministrados en altas dosis o por largo tiempo o, simplemente, porque la especie tratada es muy sensible al producto.

9.2.3.3. Por manejo

La manipulación de los peces debe ser adecuada para evitar la pérdida de escamas, mucus y piel, lo cual disminuye su resistencia a las enfermedades.

9.3. Tratamientos curativos

Si después de mantener todas las acciones tendientes a prevenir enfermedades en los cultivos alguna de ellas se presenta, es necesario adelantar los procedimientos adecuados para curar a los peces. En buena parte de los casos los problemas ocasionados por calidad de aguas son solucionados con un recambio fuerte de agua. Si el problema y/o mortalidad persisten, se procederá a determinar el agente que los causa y la aplicación de tratamientos curativos (previa recomendación del técnico).

Cuando el piscicultor encuentre algunos síntomas extraños en el comportamiento o en el cuerpo de los peces, deberá acudir al Profesional o Laboratorio técnico en Piscicultura más cercano para que le ayude a determinar la causa del problema, para lo cual es conveniente enviar muestras de los peces enfermos o moribundos, mas no muertos, pues en estos no es posible realizar un diagnóstico preciso.

Para llevar las muestras al laboratorio, los animales vivos recolectados, que idealmente serán un mínimo de 5 ejemplares, deben colocarse en bolsas plásticas con agua selladas con bandas plásticas, tal como se llevaron para la siembra en los estanques, y el productor deberá relacionar una información de las condiciones del cultivo (densidad, recambios de agua, estado de los estanques, etc.), de la calidad del agua, de la alimentación suministrada, del comportamiento de los animales, de los



problemas presentados y de los tratamientos realizados, datos que serán utilizados para efectuar el diagnóstico.

Una vez obtenido el diagnóstico preciso, se procederá a realizar los tratamientos curativos adecuados.

Para parásitos externos, los siguientes productos y dosis son los más utilizados:

- Sal común: 3 a 5 kg por 1 m³ de agua del estanque por 10-15 horas.
- Formol y sal: 20 ml de formol por cada m³ de agua de cultivo, más 5 kilos de sal de mar por cada 100 m² del área del estanque, dos veces, con 3 días de intervalo.
- Sulfato de cobre: 0.5 a 1 g por m³, dependiendo de la dureza del agua (con durezas de menos de 80 ppm aplicar 0.5 g/m³ y con durezas de 80 a 150 ppm aplicar 1 g/m³; con durezas mayores pierde su efectividad), cada 2 a 3 días.
- Verde de Malaquita y formol: 1.2 g de verde de malaquita por 10 m³ de agua más 25 ml de formol por m³, durante 24 horas, dos veces, con un día de intervalo.

En enfermedades de origen bacteriano deben ser determinados y eliminados los factores causantes de la baja resistencia de los peces y, según la gravedad del caso, usar antibióticos ÚNICAMENTE cuando sea estrictamente necesario y bajo recomendación técnica, ya que con ellos se corre el grave riesgo de producir microbios resistentes, es decir, bacterias que posteriormente no serán atacadas por los antibióticos, con gravísimas consecuencias para la instalación afectada y para los consumidores de pescado.

Para la aplicación de los tratamientos es conveniente tener algunos cuidados, como son:

- Aplicar y terminar los tratamientos por lo menos tres semanas antes del consumo de los peces.
- Realizarlos de 6:30 a 7:00 a.m. o de 5:30 a 6:00 p.m., de modo que no haya incidencia de luz solar, pues algunos productos son más tóxicos cuando es mayor la temperatura.
- Preparar las mezclas de los tratamientos en recipientes plásticos.
- Rebajar el agua en el estanque, para usar menos droga y disminuir los costos.
- Para la aplicación de tratamientos debe cerrarse la entrada y salida del agua en el estanque y vigilar el comportamiento de los peces.

56

10. PRÁCTICAS GENERALES DE MANEJO DEL CULTIVO, COSECHA Y CONSERVACIÓN DEL PESCADO

10.1. Manejo del cultivo

Para lograr el buen manejo de una piscicultura es FUNDAMENTAL llevar registros con los datos de todos los procesos; en la tabla 12 se muestra la información más importante para tener en cuenta. Normalmente, la producción se organiza por lotes,



Tabla 12. Registro de cultivo de peces por estanque

Fecha de muestreo	Días de cultivo		Peso promedio (g)	Ganancia en peso (g)	Incremento en biomasa (kg)	Alimento utilizado						Conversión alimenticia	Mortalidad				
	Período	Acumulado				Tipo	% proteína	% de la biomasa	Frecuencia alimentación (#/día)	Cantidad /día (kg)	Cantidad período (kg)		Acumulado (kg)	# animales	%		
Observaciones																	

Especies
 No. de peces sembrados (por especies)
 Densidad de siembra
 Peso promedio inicial por especie (g)

Piscicultor
 Estanque No.
 Area (m2)
 Fecha de siembra



siendo necesario registrar datos como fecha de siembra y muestreos, densidades, peso inicial y ganancias de peso, alimentación suministrada (calidad y cantidad), conversión alimenticia, mortalidades y observaciones acerca del agua (calidad y tasa de recambio) y de los peces (traslados, enfermedades, etc.), lo cual permitirá mejorar permanentemente las producciones y la rentabilidad del cultivo.

Se debe planificar previamente el uso de las instalaciones (cada uno de los estanques, bodegas, beneficiadero, etc.), la realización de siembras, traslados, cosechas, sacrificios y entregas de producto, de tal forma que se visualicen con anterioridad los requerimientos de insumos, utensilios, material de apoyo y planta de personal y, en consecuencia, el capital de trabajo requerido para desarrollar el proyecto.

El piscicultor debe adoptar diariamente la rutina de revisar todos los estanques, determinando las condiciones generales de cada uno para detectar los pequeños cambios que pueden darse e indicar problemas. Se debe observar la entrada y salida de agua de cada estanque para asegurar su correcto funcionamiento y cuando la época del año lo demande (poca agua disponible y/o exceso de radiación solar), revisar los peces en la madrugada, buscando síntomas de anoxia (boqueo) para mejorar el recambio de agua o suministrar aireación mecánica.

No es conveniente que los estanques de cultivo contengan plantas acuáticas como buchón, azolla, y otras hierbas, pues estas impiden el intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. Caso contrario sucede con la laguna de oxidación en la cual deben colocarse plantas acuáticas flotantes, pues estas ayudan en la retención de material en suspensión; estas plantas no deben cubrir más de la mitad del área de la laguna.

Cuando se quiere establecer una piscicultura de tamaño mediano o mayor, es necesario programar como mínimo cosechas mensuales, por lo que, puesto que la mayor parte de los cultivos son a 6 meses, se debe contar con 6 estanques o más, de tal manera que se puedan realizar siembras y cosechas mensualmente.

El proceso de alimentación de los peces debe ser supervisado de forma constante para conocer si los animales están comiendo o no; tanto el alimento concentrado como los productos agrícolas suplementarios se suministran únicamente en la cantidad que esté siendo consumida por los peces y los desperdicios deben ser retirados del estanque para evitar daño del agua. El tamaño del pellet (partícula del concentrado) debe ser correspondiente con el tamaño de los peces durante todo el cultivo. Es importante recordar siempre que el mayor costo variable en la piscicultura es el de la comida y cualquier desfase en este aspecto conllevará a pérdidas económicas.

Es necesario realizar muestreos periódicamente para ajustar las dietas de manera eficiente, es decir, que sean representativos de la población del estanque (mínimo un 5%) y que los animales sean manejados de tal forma que se ocasione el menor estrés posible, para lo cual la pesca debe efectuarse en momentos en que los rayos del sol no sean fuertes, pesar los peces en agua, no en seco, no dejarlos en la malla de pesca fuera del agua y en general tratarlos de tal manera que no se deteriore su salud.



10.2. Cosecha

Cuando los peces alcanzan el tamaño comercial deseado se realiza la captura, para lo cual se usan redes de pesca, canastillas y balanza. La cosecha de un estanque se puede hacer en dos etapas: en una primera pesca se recoge la mitad de la población, procurando capturar los animales más grandes de tal manera que en la segunda, quince días después, se recolecte el resto de los animales, los cuales logran alcanzar mejores tallas en ese tiempo.

Antes de la cosecha final, el nivel del agua en el estanque se baja a la mitad o un poco más para facilitar el proceso; para la captura, la red es llevada lentamente de un extremo a otro del estanque (o hacia la caja de pesca) para encerrar los peces, evitando maltratarlos, dejarlos expuestos al sol y que se sequen, luego de lo cual los animales deben ser lavados para eliminar el lodo (Figuras 51, 52 y 53). Todo el proceso debe realizarse en



Figuras 51, 52 y 53. Cosecha en estanques. Los peces por cosechar están dentro del agua.



el menor tiempo posible para evitar que se deteriore la carne. En cultivos tecnificados la muerte de los peces es provocada por medio de choque térmico (colocándolos en una pileta con hielo) o con electricidad. Luego se efectúa la evisceración (extracción de todas las vísceras y branquias) y el lavado con agua potable, dejando el producto perfectamente limpio en agua con hielo, listo para la conservación.

10.3. Conservación del pescado

Después de la muerte, el pescado se deteriora en poco tiempo, pues se altera su calidad, pierde su valor nutritivo como alimento y se vuelve no comestible más rápido que otros alimentos. Existen técnicas de preservación y procesamiento que implican reducción en la temperatura (enfriamiento y congelación), tratamiento térmico (conservas, cocción y ahumado), reducción del contenido de agua (secado, salado y ahumado) y cambios en el ambiente del almacenamiento (empaquete y refrigeración), que pueden bajar la velocidad a la que se produce el deterioro y así permitir que el pescado se distribuya y comercialice en todo el mundo (FAO, 2000).

Cuando no se comercializa el pescado fresco y no hay disponibilidad de refrigeración o congelación inmediata, existen varios métodos para conservar el producto, siendo los más utilizados el enhielado y el secado-salado.

10.3.1. Enhielado:

El pescado eviscerado se rodea completamente con hielo picado en proporción de 2 partes de hielo por 3 de pescado; el contacto directo con el hielo desmejora la calidad del producto, por lo que es conveniente aislarlo en bolsas de polietileno o con hojas de plátano. En estas condiciones, el pescado debe conservarse en cajas isotérmicas (de icopor u otro material aislante, las cuales tienen un orificio por donde sale el agua sobrante) hasta su venta.

10.3.2. Secado-Salado:

Para aplicar este método es necesario desangrar primero el pescado, para lo cual se eviscera y corta en capas de máximo 3 cm de grosor y luego se deja por 30 minutos en salmuera suave (una libra de sal por 15 l de agua por cada 8 kg de pescado), removiéndolo de vez en cuando. Posteriormente se inicia el proceso de salado en un recipiente plástico con un hueco en el fondo que permita la salida del agua, utilizando 4 kg de sal por cada 10 kg de pescado; se pone una capa de sal en el fondo del recipiente y encima se agregan por capas el pescado y la sal hasta un máximo de un metro de altura, dejando la última capa completamente cubierta de sal, luego de lo cual se tapa con una tela para evitar contaminación y se deja así por 5 a 7 días en un lugar fresco, seco y ventilado. Luego se efectúa el secado al sol y al viento en una superficie permeable, separando uno a uno los pescados hasta que se sequen completamente, que es cuando, haciendo presión con un dedo, no se quedan huellas en la carne. Por ningún motivo debe permitirse que el producto se humedezca, por lo



que, especialmente en las noches, debe resguardarse de la lluvia. Este proceso dura entre 5 y 10 días, dependiendo del tamaño de los pescados.

10.3.3. Ahumado

El pescado debe ser conservado en salmuera por 2 horas y posteriormente secado, para luego ser puesto en el ahumador, el cual consiste en una especie de torre que puede ser de lata y tablas o de ladrillo, en cuyo fondo se deposita la madera que será utilizada para el cocinado; el pescado entero, si es pequeño, o cortado en trozos, si es grande, se pone en bandejas arriba de la madera que está en combustión lenta y sin llama, en un proceso que dura entre 5 y 12 horas, dependiendo de la temperatura. No deben usarse maderas resinosas, para evitar que el pescado adquiera mal sabor.

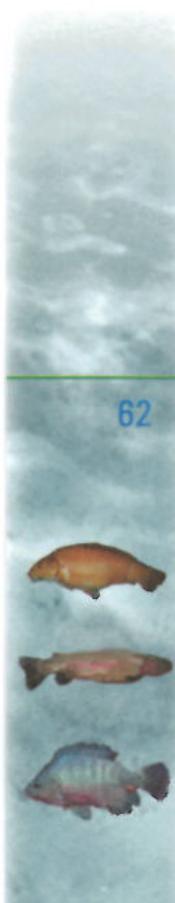


II. ASPECTOS ECONÓMICOS, FINANCIEROS E INSTITUCIONALES DE LA PISCICULTURA

11. LA PISCICULTURA EN PEQUEÑA Y GRAN ESCALA CON TILAPIA, CACHAMA Y TRUCHA

Puesto que los procedimientos realizados en la piscicultura son tan diversos y dependen tanto de las especies por cultivar como de los sistemas que se empleen, es difícil sugerir un modelo de proyecto que se adapte a todas las situaciones particulares de los cultivos, o de los grandes y pequeños productores; sin embargo, para tomar una decisión de inversión adecuada, se enumeran los aspectos que pueden facilitar la formulación e implementación de estos proyectos:

1. Definir el tipo de inversión: que puede ser de subsistencia, de carácter social (pequeña escala) o de carácter comercial (gran o mediana escala).
2. Definir los aspectos técnicos de las instalaciones: tipo de cultivo, producciones, tamaño estanques, conducción aguas, etc.
3. Realizar la estimación de los costos de inversión:
 - Capital para la implementación de infraestructura y los medios de trabajo: Terreno, ingeniería y proyectos, construcción de estanques y otras instalaciones, vehículos, equipo, implementos y herramientas.
 - Programar los costos de operación sobre una base anual: Semilla, alimento, fertilizantes, mano de obra, energía, seguros y servicios técnicos, administración, mano de obra, transporte, comunicaciones, mercadeo y contingencias.
 - Calcular el capital de trabajo para hacer frente a los costos de operación antes de que se reciban ingresos en efectivo.
4. Desarrollar una previsión del movimiento anual de caja: Tener disponibilidad de recursos para emergencias e imprevistos, calcular los ingresos del proyecto basados en una proyección de ventas y luego deducir los costos de operación. El movimiento anual de las operaciones de caja podrá indicar cómo financiar el proyecto a corto, mediano y largo plazo.
5. Capital: Determinar si se cuenta con suficientes recursos propios o si se requieren fuentes de financiación y su costo (intereses y pagos).



Tanto el tipo de inversión como el tamaño del proyecto están condicionados a la capacidad económica del inversionista; esto quiere decir que para obtener mayor utilidad, será necesario disponer de más capital de inversión.

11.1. La piscicultura en pequeña escala

En la piscicultura en pequeña escala el productor no necesariamente está en busca de las utilidades en la inversión; en algunos casos el beneficio que se espera es el de asegurar una alimentación apropiada o unos ingresos razonables que mejoren la calidad de vida del campesino promedio. Este tipo de piscicultura generalmente se realiza en estanques pequeños (Figura 54).

El capital y los costos de operación de esta actividad no presentan la relevancia que tiene en el cultivo de carácter comercial; por ejemplo, la mano de obra es realizada por los miembros de la familia, se utilizan como alimento productos de la finca y/o residuos domésticos, no invierten en adquisición de terreno, sino que adaptan parte de su finca para dicha actividad, etc.; adicionalmente, los productos generalmente se comercializan a nivel local, lo cual mejora el precio de venta. Es común que los pequeños productores tengan otras ocupaciones en sus fincas, por lo que solo ocupan parte de su tiempo en esta actividad; en estas condiciones, la mayoría de los beneficios de la operación quedan para el piscicultor.



Figura 54. Estanques para piscicultura de pequeña escala.

En las Tablas 13 y 14 se presentan ejemplos de pequeños cultivos de tilapia y cachama en estanques de tierra, ubicados en el Departamento del Meta, en los que se observa la variedad en los resultados económicos que se pueden obtener de estas producciones; los costos en estos ejemplos están asociados con la distancia de la finca a centros de distribución y con la inseguridad pública en el sitio de la obra.



Tabla 13.

Características de los modelos de cultivo de tilapia y cachama en el Departamento del Meta

Ejemplo de un cultivo de Tilapia	Ejemplo de un cultivo de Cachama
3 estanques en tierra de 1.000 m ² c/u.	3 estanques en tierra de 1.000 m ² c/u
Densidad de siembra 4/m ² (12.000 alevinos).	Densidad de siembra 2/m ² (6.300 alevinos).
Tasa de mortalidad del 20%.	Tasa de mortalidad del 10%.
Producción neta de 3.2 toneladas de carne.	Producción neta de 2.5 toneladas de carne.
Ciclo de 7 meses (una sola cosecha).	Ciclo de 6 meses (una sola cosecha).

Tabla 14.

Estructura de costos de cultivos de tilapia y Cachama en pequeña escala, en estanques en tierra en el Departamento del Meta (año 2004)

COSTOS INFRAESTRUCTURA ESTANQUES EN TIERRA-Tilapia		COSTOS INFRAESTRUCTURA ESTANQUES EN TIERRA-Cachama	
Factor	Valor Total	Factor	Valor Total
Terreno y adecuación estanques	7.429.000	Terreno y adecuación estanques	7.429.000
Implementos (Chinchorro, baldes, balanza, etc.)	1.569.000	Implementos (Chinchorro, baldes, balanza, etc.)	1.569.000
TOTAL COSTOS DE INFRAESTRUCTURA	8.998.000	TOTAL COSTOS DE INFRAESTRUCTURA	8.998.000

COSTOS OPERACIÓN - CULTIVO TILAPIA		COSTOS OPERACIÓN - CULTIVO CACHAMA	
Factor	Valor Total	Factor	Valor Total
Alevinos	1.020.000	Alevinos	535.500
Alimento	8.048.152	Alimento	5.186.160
Mano de obra alimentación	446.250	Mano de obra alimentación	226.800
Transporte	351.960	Transporte	226.800
Mantenimiento canales y otros	119.000	Mantenimiento canales y otros	85.000
Preparación (cal, abono, mano de obra aplicación)	87.375	Preparación (cal, abono, mano de obra aplicación)	87.375
Cosecha y beneficio (empaques y transporte)	300.859	Cosecha y beneficio (empaques y transporte)	229.950
Costos fijos *	1.597.395	Costos fijos *	1.115.653
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	11.970.991	TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	7.693.238



ANÁLISIS FINANCIERO		ANÁLISIS FINANCIERO	
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	11.970.991	TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	7.693.238
INGRESOS GENERADOS	13.687.800	INGRESOS GENERADOS	9.072.000
RESULTADO (Ganancia o Pérdida)	1.716.809	RESULTADO (Ganancia o Pérdida)	1.378.762
INDICADORES DE RESULTADO		INDICADORES DE RESULTADO	
RENTABILIDAD	12.54%	RENTABILIDAD	15,20%
producción kilos	3.259	producción kilos	2.520
costo de producción por kilo	3.673,2	costo de producción por kilo	3.052,9
precio de venta promedio/kilo	4.200	precio de venta promedio/kilo	3.600

* Los costos fijos incluyen: Depreciación activos (número de meses), Costo de oportunidad de la tierra y activos, Administración 2% de los Costos Variables, derechos de agua y costos financieros.

Fuente: Encuestas piscicultores. Observatorio Competitividad Agro cadenas Colombia.

Cálculos financieros: INCODER - Subgerencia de Pesca y Acuicultura.

Se observa que en el cultivo de tilapia el costo total fue de \$11,9 millones para una producción de pequeña escala de 3.2 toneladas por ciclo, con costo unitario de \$3.673/kg y precio de venta en el mercado local de \$4.200/kg. Con respecto al cultivo de cachama, el resultado del ejercicio indica que el costo total fue de \$7.7 millones, con una producción por ciclo de 2.5 toneladas y costo unitario de \$3.053/kg, con precio de venta de \$3.600/kg.

11.2. La piscicultura como industria en mayor escala

La piscicultura en mayor escala presenta características propias de las operaciones industriales como son: un mayor desembolso de capital, administración centralizada y un grado de integración con los procesos de producción de semilla, producción de alimento concentrado, procesamiento y comercialización del producto.

Esta piscicultura se hace *necesariamente* para buscar un mejor retorno a la inversión (más utilidades); por lo tanto, se le da una gran importancia a minimizar riesgos, teniendo en cuenta aspectos tales como la vinculación de personas con amplia experiencia para diseñar las instalaciones y manejar la operación, evitar sitios de riesgo por desastres naturales o sociales y realizar un manejo apropiado de los recursos disponibles.

El tamaño de un proyecto de este tipo dependerá, además del capital disponible, del volumen deseado de la producción y del sistema de cultivo que se adopte (en estanques o en jaulas, en cultivo intensivo o extensivo, etc.). De igual manera, los costos de inversión variarán de acuerdo con el tamaño del cultivo, pues, por ejemplo, se puede requerir contratar vigilancia para cuidar las instalaciones, montar



infraestructura para producir alevinos, o comercializar producto ya procesado con óptima calidad, aspectos que harían necesario aumentar la inversión.

11.2.1. Trucha

Con relación a la trucha, la infraestructura utilizada más comúnmente son estanques en cemento (Figura 55); en las Tablas 15 y 16 se muestra un ejemplo de un cultivo a mediana escala ubicado en el Departamento de Santander, Municipio Piedecuesta, Vereda Planadas.



Figura 55. Estanques en cemento para cultivo de trucha.

Tabla 15. Características de un modelo de cultivo de trucha en el Departamento de Santander

Ejemplo de un cultivo de Trucha
16 estanques en cemento para 400 m ² : Alevinos: 4 de 8.0 m x 1.75 m x 1.2 m Dedinos: 3 de 8.7 m x 3.0 m x 1.3 m Engorde: 9 de 8.5 m x 2.45 m x 1.2 m
Densidad de siembra 80/m ² (31.900 alevinos).
Tasa de mortalidad del 15%.
Producción neta de 9.0 toneladas de carne.
Ciclo de 8 meses



Tabla 16. Estructura de costos de modelo de cultivo de trucha en estanques de cemento en el Departamento de Santander (año 2004).

COSTOS INFRAESTRUCTURA ESTANQUES EN CEMENTO	
Factor	Valor Total
Terreno y adecuación estanques	44.416.000
Implementos (Chinchorro, baldes, balanza, etc.)	4.295.000
COSTOS OPERACIÓN CULTIVO TRUCHA	48.711.000
Factor	Valor Total
Alevinos	5.582.500
Alimento	23.453.193
Mano de obra alimentación, mantenimiento canales, manejo sanitario, otros.	4.400.000
Transporte	3.240.000
Cosecha y beneficio (empaques, mano de obra)	1.399.500
Costos fijos *	12.102.841
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	50.178.034

ANÁLISIS FINANCIERO	
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	50.178.034
INGRESOS GENERADOS	77.850.000
RESULTADO (Ganancia o Pérdida)	27.671.966
INDICADORES DE RESULTADO	
RENTABILIDAD	35,55%
producción kilos	9.000
costo de producción por kilo	5.575
precio de venta promedio / kilo	8.650

* Los costos fijos incluyen: Depreciación activos (número de meses), Costo de oportunidad tierra y activos, Administración 2% CV, imprevistos, derechos de agua y costos financieros.

Fuente: Encuestas piscicultores, Observatorio Competitividad Agrocadenas Colombia
Cálculos financieros: INCODER - Subgerencia de Pesca y Acuicultura.



En el ejercicio anterior se observa que el cultivo de trucha requiere altos niveles de inversión por concepto de infraestructura, compra de equipos y alimento concentrado; sin embargo, este tipo de cultivo ofrece una rentabilidad atractiva para el inversionista (35.55% para este ejemplo), ya que el costo medio de producción de las 9 toneladas fue de \$5.575/kg y el precio de venta \$8.650/kg.

11.2.2. Tilapia en jaulas

En cuanto al cultivo superintensivo de tilapia en el embalse de Betania (Figura 56), Departamento de Huila, en las Tablas 17 y 18 se muestra un ejemplo de un cultivo a mediana escala con las siguientes características:

Tabla 17. Características de un modelo de cultivo de tilapia

Ejemplo de un cultivo de tilapia en jaulas flotantes n jaulas flotantes	
6 jaulas de 9x8x1 m (en guadua)	
Densidad de siembra 185/m ³ (80.000 alevinos)	
Duración del ciclo de 6 meses.	
Tasa de mortalidad 25%.	
Producción neta de 21,4 toneladas de carne	

Tabla 18. Estructura de costos del modelo de cultivo de tilapia en jaulas flotantes en el Embalse de Betania, Departamento del Huila (año 2004)

COSTOS INFRAESTRUCTURA JAULAS FLOTANTES	
Factor	Valor Total
Jaulas	10.951.200
Caseta vigilancia	3.500.000
Equipos y Herramientas	5.043.400
TOTAL	19.494.600

COSTOS DE OPERACIÓN CULTIVO DE TILAPIA EN JAULAS FLOTANTES	
Factor	Valor Total
Alevinos	5.600.000
Alimento	42.294.150
Mano de Obra Especializada	1.144.500
Mano de Obra no Especializada	3.733.332
Procesamiento	4.664.120
Combustible	900.000
Transporte	590.000
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	58.926.102



ANÁLISIS FINANCIERO	
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	58.926.102
TOTAL COSTO DE CAPITAL (Depreciación)	3.199.100
TOTAL INVERSIÓN ESTIMADA	62.125.202
INGRESOS GENERADOS	71.118.810
RESULTADO (Ganancia o Pérdida)	8.993.608
INDICADORES DE RESULTADO	
RENTABILIDAD	12,65%
Producción kilos	21.357
Costo de producción por kilo	2.908,9
Precio de venta promedio/ kilo (\$4.000 precio plaza menos comisión por comercialización)	3.330



Figura 56. Jaulas y jaulones para cultivo superintensivo de tilapia roja en el embalse de Betania.

En los datos presentados se observa que este tipo de cultivo de tilapias en jaulas flotantes elaboradas en guadua no requiere altos niveles de inversión por concepto de infraestructura y compra de equipos, ofreciendo una rentabilidad del 12.65% por ciclo de 6 meses (pudiendo ser mejorada con producciones escalonadas). Para la producción de 21.4 toneladas el costo medio de producción fue de \$2.909/kg, con precio de venta \$3.330/kg (el precio de venta que se tomó es el resultado del precio en plaza menos el porcentaje de comisión que cobran las empresas especializadas por la comercialización).



11.2.3. Cachama y Tilapia en estanques

Cada proyecto de piscicultura tiene condiciones propias que afectan tanto los valores de la construcción de infraestructura (por ejemplo: cercanía o lejanía de la fuente de aguas, vías de acceso, etc.), como los valores de la operación (distancia a sitio de venta, capacidad de refrigeración o congelamiento, disponibilidad de personal, etc.).

Las Tablas 19 y 20 presentan información de cultivos de tilapia y cachama en estanques de tierra, suministrados por una asociación que agrupa acuicultores del oriente del país; se hace referencia a cultivos de mediano nivel (2 hectáreas de espejo de agua) con producciones escalonadas.

Tabla 19. Características de los modelos de cultivo de tilapia y cachama en estanques de tierra, a mediana escala

Ejemplo de un cultivo de Tilapia	Ejemplo de un cultivo de Cachama
20.000 m ² de espejo de agua.	20.000 m ² de espejo de agua.
Densidad de siembra 5/m ² (100.000 alevinos).	Densidad de siembra 2.5/m ² (50.000 alevinos).
Tasa de mortalidad del 20%.	Tasa de mortalidad del 10%.
Producción neta de 36 toneladas de carne.	Producción neta de 22.5 toneladas de carne.
Ciclo de 8 meses	Ciclo de 6 meses

Tabla 20. Estructura de Costos de cultivos de Tilapia y Cachama a mayor escala

COSTOS INFRAESTRUCTURA ESTANQUES EN TIERRA-Tilapia		COSTOS INFRAESTRUCTURA ESTANQUES EN TIERRA-Cachama	
Factor	Valor Total	Factor	Valor Total
Terreno y adecuación estanques	69.454.000	Terreno y adecuación estanques	69.454.000
Implementos (Chinchorro, baldes, balanza, etc.)	1.283.000	Implementos (Chinchorro, baldes, balanza, etc.)	1.283.000
TOTAL COSTOS DE INFRAESTRUCTURA	70.737.000	TOTAL COSTOS DE INFRAESTRUCTURA	70.737.000



COSTOS OPERACIÓN CULTIVO TILAPIA		COSTOS OPERACIÓN CULTIVO CACHAMA	
Factor	Valor Total	Factor	Valor Total
Alevinos	8.000.000	Alevinos	4.000.000
Alimento	65.100.000	Alimento	44.658.600
Mano de obra alimentación	5.400.000	Mano de obra alimentación	3.600.000
Transporte	900.000	Transporte	600.000
Mantenimiento canales y otros	1.350.000	Mantenimiento canales y otros	900.000
Preparación (cal, abono, mano de obra aplicación)	200.000	Preparación (cal, abono, mano de obra aplicación)	200.000
Cosecha y beneficio (empaques y transporte)	3.420.000	Cosecha y beneficio (empaques y transporte)	2.137.500
Costos fijos (administración, depreciación de activos, costos financieros, etc.)	6.710.792	Costos fijos (administración, depreciación de activos, costos financieros, etc.)	4.072.084
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	91.080.792	TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	60.168.184

ANÁLISIS FINANCIERO		ANÁLISIS FINANCIERO	
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	91.080.792	TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	60.168.184
INGRESOS GENERADOS	144.000.000	INGRESOS GENERADOS	90.000.000
RESULTADO (Ganancia o Pérdida)	52.919.208	RESULTADO (Ganancia o Pérdida)	29.831.816
INDICADORES DE RESULTADO		INDICADORES DE RESULTADO	
RENTABILIDAD	36,75%	RENTABILIDAD	33,15%
Producción kilos	36.000	Producción kilos	22.500
Costo de producción por kilo	2.530.0	Costo de producción por kilo	2.674,1
Precio de venta promedio/kilo	4.000	Precio de venta promedio/kilo	4.000

Fuente: ACUORIENTE. Cálculos financieros: Incofer - Subgerencia de Pesca y Acuicultura.

En estos cultivos se observa que los costos unitarios de producción fueron de \$2.530/kg para tilapia y de \$2.674/kg para la cachama, que comparados con los ejemplos de pequeña escala en donde los costos unitarios de tilapia ascienden a \$3.673 y cachama \$3.053, los de mayor escala ofrecen mejor utilidad, determinando que a mayor producción los costos unitarios se reducen (economías a escala).

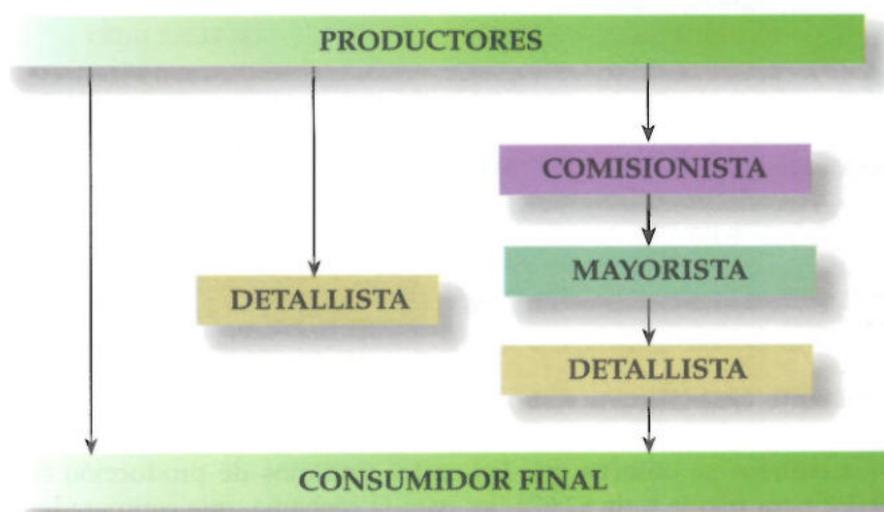


Para encontrar mayor eficiencia y comerciabilidad puede ser más provechoso para los acuicultores vincularse en empresas de carácter cooperativo o asociaciones y adoptar el concepto de los contratos de compra en los que las inversiones son hechas por intermedio de un organismo central de mercadeo que facilita fondos a los acuicultores individuales para que instalen y operen unidades de producción que aplican técnicas aceptables. Estas unidades funcionan como asociadas o afiliadas, que participan en las economías obtenidas por la producción central de semilla y alimentos y se benefician de la ayuda técnica competente que les proporciona la empresa que los asocia. Tales convenios permiten que la cooperativa o asociación aproveche enteramente las posibilidades de los mercados, ya que están en condiciones de garantizar un abastecimiento regular, puede hacer contratos de venta por adelantado y planificar una producción y mercadeo coordinados.

12. MERCADO

El mercado de los productos de la acuicultura en el país es muy variado y se realiza de acuerdo con el tamaño de las producciones y con la cercanía a las grandes ciudades. Generalmente, los pequeños productores venden su producción en el poblado más cercano o directamente en su finca (mercado local), generando un buen precio, pues llegan al consumidor final directamente. Los medianos o grandes piscicultores transportan los productos a las ciudades pequeñas cercanas o a los grandes centros urbanos a menor precio, debido a que manejan mayores volúmenes en forma periódica. También existe la intermediación por parte de comerciantes que compran el producto en las fincas, le hacen un corto acopio y lo entregan a los compradores. La comercialización se realiza en centrales de abastos, almacenes de cadena, hipermercados o almacenes pesqueros; algunas pisciculturas tienen puntos de venta directos al consumidor.

En el mercado de tilapia, cachama y bocachico actualmente se puede determinar los siguientes canales de comercialización:



En la Tabla 21 se presentan los precios promedio de venta de los principales productos acuícolas ofrecidos en los mercados mayoristas del país (precio/kg mínimo durante la semana del 20 al 26 de agosto de 2005).



Tabla 21. Precios Promedio de venta en los Mercados Mayoristas

Mercado	Trucha		Mojarra (Tilapia)		Cachama
	Entera Congelada	Entera Fresca	Congelada	Fresca	Fresca
Corabastos Bogotá	7.000	8.650	5.600	4.400	4.320
Medellín	8.200	8.200	6.750	6.700	
Paloquemao		10.333	4.600	6.500	5.800
Armenia		9.000	6.800		
Barranquillita			6.250		
B/manga			5.360		4.533
Bogotá. Guadalupe			6.100		
Cartagena			3.700		
Galería Alameda-Cali		10.433	6.367		
Cúcuta			7.500		
Honda			5.500		
Ibagué			7.000		7.000
Manizales		11.000	5.000		
Neiva		8.000	6.700		
Pasto		8.500			
Pereira		13.000	7.000		
Pereira. La 41			7.000		
San Gil			4.960		
Santa Helena-Cali			4.900		
Tunja		8.900	7.200		
Valledupar			3.500		
Villavicencio			7.000		5.000

Fuente: Corporación Colombia Internacional-Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario.

Los productos pesqueros se ofrecen en los mercados con la presentación y características que se muestran en la Tabla 22.



Tabla 22. Presentación y características de los productos pesqueros en los mercados del país

ESPECIES	TALLAS	EMPAQUE	PRESENTACIÓN
TILAPIA	Todas las tallas	A granel	Entera eviscerada
	Tallas entre 300-350 g	Bolsa plástica	Sin escama
	Tallas entre 250-500 g	Bandeja con protección	Sin escama
		Empacada al vacío	Entera eviscerada Filetes
CACHAMA	Mayores de 350 g	A granel	Entera eviscerada
	Todas las tallas	Bolsa plástica	Entera eviscerada
	Entre 300-600 g	Bandeja con protección	Sin escama
BOCACHICO	Tallas mayores de 500 g	En bolsa plástica	Entero, eviscerado
		A granel	

Con el avance de los mercados globalizados, el piscicultor debe tener muy en cuenta lo que el consumidor quiere, con el fin de que sus productos tengan buena aceptación y distribución; en la figura 57 se presentan los aspectos que los consumidores exigen en los productos que adquieren.

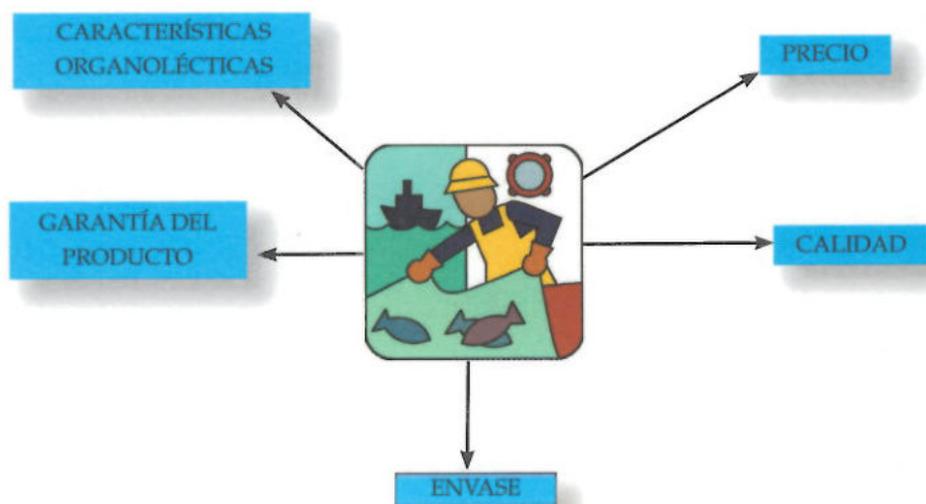


Figura 57. Aspectos exigidos por los consumidores en los productos



En este sentido, existen metodologías y sistemas que buscan garantizar el procesamiento y la elaboración de alimentos con calidad, tanto para el mercado interno como para el externo, los cuales son principalmente el montaje de las buenas prácticas de manufactura o manejo (BPM) y el sistema HACCP, cuyos fundamentos se describen a continuación.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las cuales se enfocan en la aplicación de acciones y métodos para evitar y prevenir la contaminación, alteración y deterioro de los alimentos para consumo humano.

Las BPM deben tenerse en cuenta en todos los niveles de manipulación y/o procesamiento de alimentos, tales como son el diseño de las instalaciones, equipos y utensilios y su mantenimiento, capacitación del personal y desarrollo de sus actividades, higiene y prevención de contaminación, sistemas de control de calidad de los productos, saneamiento, almacenamiento y comercialización. Las BPM son la base sobre la cual se diseña un sistema HACCP.

Sistema de Manejo de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control o HACCP (sigla en inglés)

El cual tiene que ver con la inocuidad y excelente calidad de los alimentos, requisito que actualmente exigen muchos países importadores de productos pesqueros. Un Plan de Manejo HACCP consiste en el establecimiento de un sistema que lleva a la identificación, evaluación y control de los riesgos (peligros) a los que se puede ver expuesto un alimento.

El sistema HACCP se basa en 7 principios:

- Llevar a cabo un análisis de riesgos: determinar cuáles son los peligros que conducen a la contaminación, ya sean de origen químico, físico o biológico.
- Determinar los puntos críticos de control (CCP): determinar dónde y cómo ocurre la contaminación en cualquier punto del proceso.
- Establecer los límites críticos: establecer los rangos en los cuales la contaminación no es aceptable, pues representa peligro para la salud humana.
- Establecer los procedimientos de monitoreo.
- Establecer las acciones correctivas.
- Establecer los procedimientos de verificación.
- Establecer la documentación, registros necesarios y trámites necesarios para que el sistema opere permanentemente.

Con estas metodologías se pueden llevar al mercado nacional o internacional productos alimenticios con la calidad necesaria para competir en cualquier nivel.

Con relación a las exportaciones, las especies que se producen para enviar al exterior son el camarón marino, que tiene como destino los Estados Unidos, Europa y Japón; la trucha, que se exporta a Estados Unidos y Europa; y la tilapia, que se



envía a Estados Unidos. Generalmente, el producto se exporta fresco, como en el caso de los camarones; entero o en corte mariposa, fresco o congelado, en el de las truchas; o en filete fresco o entero congelado, en el de tilapias.

Los organismos del Estado que intervienen en el proceso de exportación son el INCODER, como ente rector de la pesca y la acuicultura, que expide los permisos de cultivo y comercialización (incluyendo la exportación); la DIAN, que expide la Declaración de Exportación y la Autorización de Embarque, documentos que son registrados ante el Ministerio de Comercio Exterior; el INVIMA, responsable de la certificación de la inocuidad de los productos y del apoyo en el montaje de los sistemas HACCP y de buenas prácticas de manufactura BPM; y el ICA, que interviene en la expedición de los certificados sanitarios cuando se trata de la exportación de organismos vivos, como son la semilla de peces, postlarvas de camarón o peces ornamentales.

13. SERVICIOS DE APOYO A LA ACUICULTURA

El Estado tiene mecanismos, programas y servicios de apoyo a la producción en el sector rural y agropecuario, con los cuales se incentiva el desarrollo integral de las comunidades rurales. A continuación se mencionan algunos:

a) Crédito agropecuario

Tiene como objeto otorgar préstamos para atender los costos directos de los proyectos de producción, comercialización e infraestructura agropecuaria. Pueden ser beneficiarios del crédito los pequeños, medianos o grandes empresarios, propietarios o arrendatarios de tierra que en forma individual o asociativa presenten proyectos ante las entidades bancarias que trabajen con recursos de FINAGRO.

Los instrumentos para acceder al crédito son:

- Crédito asociativo y agricultura por contrato: está diseñado para los campesinos que se asocian alrededor de una organización o empresa responsable y con experiencia en aspectos de producción y comercialización agropecuaria y en donde exista un contrato de compraventa anticipada de la cosecha.
- Fondo Agropecuario de Garantías, FAG: facilita el acceso al crédito agropecuario a los campesinos que no cuentan con las garantías exigidas normalmente por los bancos. Pueden ser beneficiarios del FAG, las personas que deseen obtener préstamos para la producción agropecuaria con recursos del Banco Agrario u otro banco local y que no puedan ofrecer garantías por el 100% del valor del crédito.
- Incentivo a la Capitalización Rural, ICR: es un abono en dinero que el Gobierno Nacional hace a los créditos contraídos por los campesinos para inversión. El ICR puede ser hasta del 40% del valor del proyecto, según la inversión y el tipo de beneficiario: pequeño, mediano o grande.



b) Servicios Financieros

Las entidades bancarias del país sirven como intermediarias de las líneas de redescuento de FINAGRO, financiando el 100% de los créditos hasta \$5.370.000 para el pequeño productor; hasta el 80% para inversiones entre \$5.370.000 y \$29.169.208; hasta el 75% de los costos directos para créditos superiores a esta última cifra hasta 350 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV) y hasta el 60% de los costos directos para créditos hasta 1.250 SMMLV, con tasas de interés desde el DTF+4 efectivo anual (E.A.), hasta DTF + 8 E.A.

c) Alianzas Productivas

Es un programa del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) que vincula a los pequeños productores organizados con los comercializadores mediante alianzas productivas, en donde todos aportan, arriesgan y ganan. El MADR aporta recursos para realizar los estudios de preinversión para los mejores proyectos de alianza que se presentan en las convocatorias que abren periódicamente y cofinancia la inversión de alianzas seleccionadas hasta por el 40% del valor total del proyecto.

14. MARCO INSTITUCIONAL DEL SECTOR

En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) es el organismo oficial que dicta las políticas en materia de pesca y acuicultura y el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, INCODER, creado mediante decreto 1300 de 2003, es el ejecutor de esta política, a través de la Subgerencia de Pesca y Acuicultura, que tiene como funciones la administración, la investigación, el fomento, el ordenamiento y el control de las actividades pesqueras y acuícolas a nivel nacional. La ley 13 de 1990 (Estatuto General de Pesca) y su decreto reglamentario 2256 de 1991 determinan de manera general la normativa aplicada en el sector pesquero y acuícola.

Las pisciculturas deben obtener permiso de cultivo del INCODER, el cual cubija todas las actividades relacionadas que se desarrollan en la granja como pueden ser la reproducción, alevinaje, engorde, comercialización a nivel nacional e internacional, procesamiento, etc. (Anexo 1). Igualmente, el piscicultor debe obtener la concesión de aguas de parte de las Corporaciones Autónomas Regionales, CAR, y dar cumplimiento a lo estipulado por estas Corporaciones en materia normativa ambiental.



III. BIBLIOGRAFÍA

- ARGUMEDO, E.G. y H.M. ROJAS. 2000. Manual de Piscicultura con especies nativas. ACUICA. Florencia.
- BERNIER, I. 2003. Calidad del agua en Piscicultura. Bogotá.
- BOYD, C. 1996. Manejo de suelo y de calidad de agua en la acuicultura de piscinas.
- CORANTIOQUIA, DAMA (Antioquia), SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DE ANTIOQUIA, INCODER, ASOACUÍCOLA y CORNARE. 2003. Cartilla Técnico-Ambiental del Subsector Piscícola. P+L. Medellín.
- ESPEJO, C. y E. TORRES. 2001. Cultivo de las tilapias roja (*Oreochromis spp.*) y plateada (*Oreochromis niloticus*). En INPA. 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Segunda Edición.
- FAO. 1999. Desarrollo de la Acuicultura. Orientaciones técnicas para la pesca responsable. Roma.
- FAO. 2000. Los pequeños estanques, grandes integradores de la producción agropecuaria y la cría de peces. Roma.
- FAO. 2000. Utilización responsable del pescado. Roma.
- FDA/USDA/NACMCF. 1997. Hazard Analysis and Critical Control Point Principles and Application Guidelines.
- GONZÁLEZ, R. 2001. El cultivo de la cachama. En INPA. 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Segunda Edición.
- INCODER. 2005. Plegables de Cultivo de truchas, cachamas y tilapias. Bogotá.
- INPA - Gobernación de Cundinamarca. 2001. Plegables El cultivo de las mojarra roja y plateada. Bogotá.
- INPA - Gobernación de Cundinamarca. 2002. Acuicultura Rural de Pequeña Escala, ARPE, para el pequeño productor. Bogotá.
- IREGUI C., C.A. 2004. Manual de Sanidad Piscícola. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Grupo de Fisiopatología Veterinaria. Bogotá.



- IREGUI C., C.A. 2004. Primer mapa epidemiológico de las lesiones y enfermedades de los peces en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Grupo de Fisiopatología Veterinaria. Bogotá.
- LÓPEZ, M.I. 1994. Evaluación de la digestibilidad aparente de la torta de soya *Glycine max* (L) como ingrediente principal en la formulación de dietas en alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). Tesis Universidad Javeriana. Bogotá.
- MERINO, M.C. 2001. Piscicultura integrada a otras actividades agropecuarias. En INPA. 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Segunda Edición.
- MOJICAB., H.O. 2001. Manual de Piscicultura. Estanques piscícolas demostrativos en distritos de riego de pequeña escala. INPA, PRONATTA, INAT. Villavicencio.
- MOJICAB., H.O. y A.A. VILLANEDA J. 2001. Construcción de estanques. En INPA, 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Segunda Edición.
- MONTAGUT, C. Comunicación Personal. Asesor Truchas Belmira. Medellín.
- RAMÍREZ, A. 2003. Manual de Piscicultura. Proyecto productivo piscícola con la Asociación de Pescadores de Cabuyaro. INPA – PRONATTA. Villavicencio.
- ROSADO, R. y A. ERAZO. 2003. Aspectos básicos para el cultivo de la trucha arco iris. En INPA. 2001. Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá, Segunda Edición.
- SOLLA, S.A. Peces de Aguas Frías. Primera impresión.
- SOLLA, S.A. Aguas cálidas. Primera impresión.
- UNESCO WWAP. 2003. Agua para todos agua para la vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo. World Water Assessment Programme. París.
- WEDLER, E. 1998. Introducción en la Acuicultura con énfasis en los Neotrópicos. Primera Edición. Santa Marta.



ANEXO 1. TRÁMITE PARA LA OBTENCIÓN DE PERMISOS DE CULTIVO

Para obtener el permiso de cultivo por parte del INCODER, las empresas piscícolas deben presentar los siguientes documentos:

1. Solicitud escrita indicando información del solicitante.
2. Registro mercantil (certificado de registro en Cámara de Comercio) con vigencia no mayor de noventa (90) días y en su objeto social deberá aparecer la actividad acuícola como uno de sus fines.
3. Plan de actividades elaborado por un Profesional en Biología Marina, Biología Pesquera, Biología General, Ingeniería Pesquera, Tecnología Pesquera, Economía Pesquera, Derecho Pesquero o en general, por profesionales en carreras afines.

El Plan de actividades deberá contener la información técnica del cultivo como es el área donde se realizará, planos del área de la piscicultura, número de estanques y espejo de agua, principales parámetros fisicoquímicos de calidad de aguas ($T^{\circ}C$, O_2 , pH, dureza, etc.), especies por cultivar, origen de los reproductores, descripción de los principales aspectos técnicos de las actividades que se adelantarán tales como reproducción, levante, engorde, procesamiento y comercialización, producción y destino de la producción (Mercado nacional e internacional en %), prevención y manejo de enfermedades, aspectos ambientales.

4. Permiso o concesión para la utilización del agua por parte de la Corporación Autónoma Regional Ambiental correspondiente.
5. Certificado de libertad y tradición del predio o, en su defecto, contrato de arrendamiento por un tiempo igual o mayor al solicitado para el permiso.

El permiso de cultivo se otorgará hasta por diez (10) años.

Para la movilización de los productos pesqueros y acuícolas, el interesado deberá portar fotocopia auténtica de la resolución mediante la cual se le otorgó el permiso, el cual le será exigido por las autoridades civiles, militares y de policía, en cualquier momento.

Para efectos de control, los titulares de permiso para ejercer la actividad acuícola que comercialicen sus productos deberán presentar informes trimestrales de los productos comercializados, so pena de que previo el cumplimiento de las formalidades legales, se les revoque el permiso por incumplimiento de las obligaciones que exige el INCODER.





SUBGERENCIA DE PESCA Y ACUICULTURA
GRUPO DE ORDENAMIENTO
Centro Administrativo CAN, Bogotá, D.C.
PBX 3830444, ext 1335 y 1337, página web www.incoder.gov.co