

Piscícola



Manual de Gestión del recurso hídrico

Cuando proteges el agua, proteges la vida

Manual de Producción y Consumo Sostenible
Gestión del Recurso Hídrico

Piscícolas

Cultivo de Trucha y Tilapia

Convenio 1506 – 93

Aunar esfuerzos para el monitoreo y seguimiento a usuarios objeto de tasa retributiva y la infraestructura de descontaminación, que se enmarcan las políticas de GIRH, producción y consumo sostenible

Alejandro González Valencia Director General Corantioquia	Natalia Echavarría Nicolás Atehortúa Olga Tobón Investigación CNPMLTA
Juan David Ramírez Soto Subdirector Calidad Ambiental Corantioquia	Olga Tobón Textos
Diana Jaramillo Sebastián López Gómez Carlos David Rodríguez Edgar de Jesús Vélez Gloria Cecilia Araque Supervisores Convenio	Comunicaciones CNPMLTA Diseño y Diagramación Edgar Vélez Revisión

2016

Tabla de contenido

1	1. Introducción
2	2. Plan nacional para el desarrollo de la acuicultura sostenible en Colombia
6	3. Marco Jurídico
	3.1 Registros y tramitación para el funcionamiento establecimientos de acuicultura
	3.2 Bases de la normatividad colombiana en temas ambientales
	3.3 Normatividad en usos del agua, vertimientos y residuos sólidos
16	4. Diagnóstico del sector
	4.1 Producción piscícola en Antioquia
	4.2 Cultivo de trucha
	4.3 Cultivos de tilapia
	4.4 Cultivo de truchas y tilapias en los municipios jurisdicción de Corantioquia
	4.5 ¿Cuál es el origen de la contaminación en las piscícolas?
37	5. Medidas para evitar la contaminación y hacer uso eficiente de los recursos naturales
	5.1 Control del suministro de alimento
	5.2 Buenas prácticas para el uso eficiente del agua
	5.3 Sistemas de recirculación de agua
	5.4 Uso y manejo de sedimentos
52	6. Anexos
	6.1 ANEXO 1. Límites permisibles piscícolas
	6.2 ANEXO 2. Modelo de cálculo tasas retributivas
	6.3 ANEXO 3. Módulos de consumo y factor de vertimiento
	6.4 Módulos de consumo de agua y factor de vertimiento
	6.4.1 Metodología cálculo de módulos de consumo
66	7. Bibliografía

Listado de Tablas y Figuras

TABLAS

- | | |
|----|--|
| 14 | 2.1 Ejes de desarrollo ambiental y sanidad para una acuicultura sostenible en Colombia |
| 19 | 4.1 Producción piscícola en Antioquia |
| 19 | 4.2 Sistemas de producción en Antioquia |
| 20 | 4.3 Área utilizada por especies en Antioquia |
| 20 | 4.4 Balance de alimento y agua |
| 25 | 4.5 Balance consumo de alimento – generación de sedimento |
| 28 | 4.6 Indicadores de consumo de agua, alimento – generación de sedimentos, a partir del balance de masa y agua |
| 31 | 4.7 Suministro de alimento en cada etapa del desarrollo |
| 36 | 4.8 Balance de masa y agua en cultivo de tilapia – 40.000 alevines |
| 39 | 4.9 Consumo de alimento – generación de sedimentos |
| 42 | 4.10 Indicadores de consumo de agua – generación de sedimentos – tilapia |
| 31 | 4.11 Indicadores de contaminación producción de trucha |
| 36 | 4.12 Factores de vertimiento plantas de sacrificio de peces |
| 39 | 5.1 Producción de sedimentos con y sin control de la alimentación en cultivo de trucha |
| 42 | 5.2 Producción de con y sin control de la alimentación en cultivos de tilapia. |
| 31 | 5.3 Recomendaciones para el uso eficiente del agua en el proceso |
| 36 | 5.4 Tiempo necesario para alcanzar un peso promedio de 300g, iniciando con un peso de 110g |
| 42 | 5.5 Impacto por el menor tiempo de producción |

FIGURAS

- | | |
|----|--|
| 16 | 3.1 Esquema del marco normativo vigente que regula la acuicultura y la pesca en Colombia |
| 21 | 3.2 Ruta normativa para realizar la acuicultura hasta la exportación |
| 23 | 4.1 Cadena productiva de la acuicultura |
| 23 | 4.2 Balance de masa y agua modelado para una producción de 10 toneladas de trucha |
| 24 | 4.3 Balance de consumo de alimento – generación de sedimentos |
| 24 | 4.4 Tanques de reproducción |

FIGURAS

- | | |
|----|---|
| 21 | 4.5 Balance de alimento y agua en cultivo de tilapia |
| 23 | 4.6 Balance de consumo de alimentos – generación de sedimentos |
| 23 | 4.7 Descripción del proceso de sacrificio de truchas |
| 24 | 4.8 Proceso de sacrificio de tilapia |
| 28 | 4.9 Tanques de secado lodos de las piscinas de engorde |
| 28 | 5.1 Ciclo del nitrógeno |
| 28 | 5.2 Sistema de recirculación – cultivo en tanques independientes |
| 21 | 5.3 Sistema de recirculación de agua, cultivo en tanques en serie |
| 23 | 5.4 Sistema recirculación de agua – cultivo de tilapia |
| 23 | 5.5 Frecuencia de mantenimiento |
| 24 | 5.6 Esquema del tanque propuesto |
| 28 | 5.7 Esquema sistema lavado |
| 28 | 6.1 Puntos de instalación de vertederos |

1. Introducción

En el marco del componente de Producción y Consumo Sostenible del convenio N° 1506-93 suscrito entre CORANTIOQUIA y Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales (CNPMLTA), el cual tiene por objeto “Aunar esfuerzos para el control, monitoreo y seguimiento de descontaminación hídrica en el marco de las políticas de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y Producción y Consumo Sostenible”, a partir de las visitas técnicas y el seguimiento realizadas a las piscícolas en los Municipios de la jurisdicción de CORANTIOQUIA, se elabora el presente manual de con el objeto de impulsar el desarrollo de procesos de cría, engorde y beneficio que impulsen a los productores a proteger, preservar y cuidar el medio ambiente para conseguir la sostenibilidad ambiental, social y económica de las piscícolas del Departamento.

El manual hace énfasis en la gestión del recurso hídrico con el objeto de apoyar a las piscícolas al cumplimiento de la normatividad de vertimientos de aguas residuales, de la resolución 631 de 2015 y el cálculo del pago de las tasas retributivas.

Igualmente se hace un resumen de la legislación colombiana con respecto a la actividad acuícola en el país, la cual es muy importante para la formalización de esta actividad, teniendo en cuenta que esta actividad ha sido definida por el Gobierno de Colombia como una actividad de alta prioridad y que además es una actividad en la cual se involucran especies de peces nativos y exóticos que requieren manejo especial. Por lo anterior se creó en el 2011 [decreto 4181 de 2011] la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP.



2.

Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia

La acuicultura ha sido definida por el Gobierno de Colombia como una actividad de alta prioridad razón por lo cual se creó en el 2011 (decreto 4181 de 2011) la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP que, en conjunto con la Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR, promueven el desarrollo sostenible de la actividad.

En este contexto, en el 2014 con la asistencia técnica de la Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) se formuló el Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible – PlaNDAS.

Visión del desarrollo sostenible de la acuicultura en Colombia

En el año 2023 la acuicultura colombiana se habrá desarrollado de manera exitosa en ambientes continentales y marinos, mediante la aplicación de una política integral. Estará conformada por un sistema de prácticas plenamente sostenibles en lo ambiental, incluyentes, participativas en lo social y altamente competitivas; se habrá consolidado como uno de los importantes pilares del desarrollo rural, la seguridad alimentaria del país y habrá alcanzado importantes niveles de penetración en los mercados internos y externos, con productos de alta calidad e inocuidad.

Ejes de desarrollo del plan nacional de acuicultura sostenible

El plan nacional de acuicultura sostenible establece 9 ejes de desarrollo, se describen a continuación los ejes de desarrollo para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y Mejoramiento de la Sanidad, bioseguridad, bienestar animal, calidad e inocuidad alimentaria en el Subsector de la Acuicultura Nacional asociados a la acuicultura, que son los ejes a los cuales apuntan las recomendaciones de producción y consumo sostenible que se desarrollan en este manual, para ampliar esta información consultar el PLAN PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA SOSTENIBLE – AUNAP (Asociación Nacional de Acuicultura y pesca).



Principios del plan Nacional de acuicultura sostenible

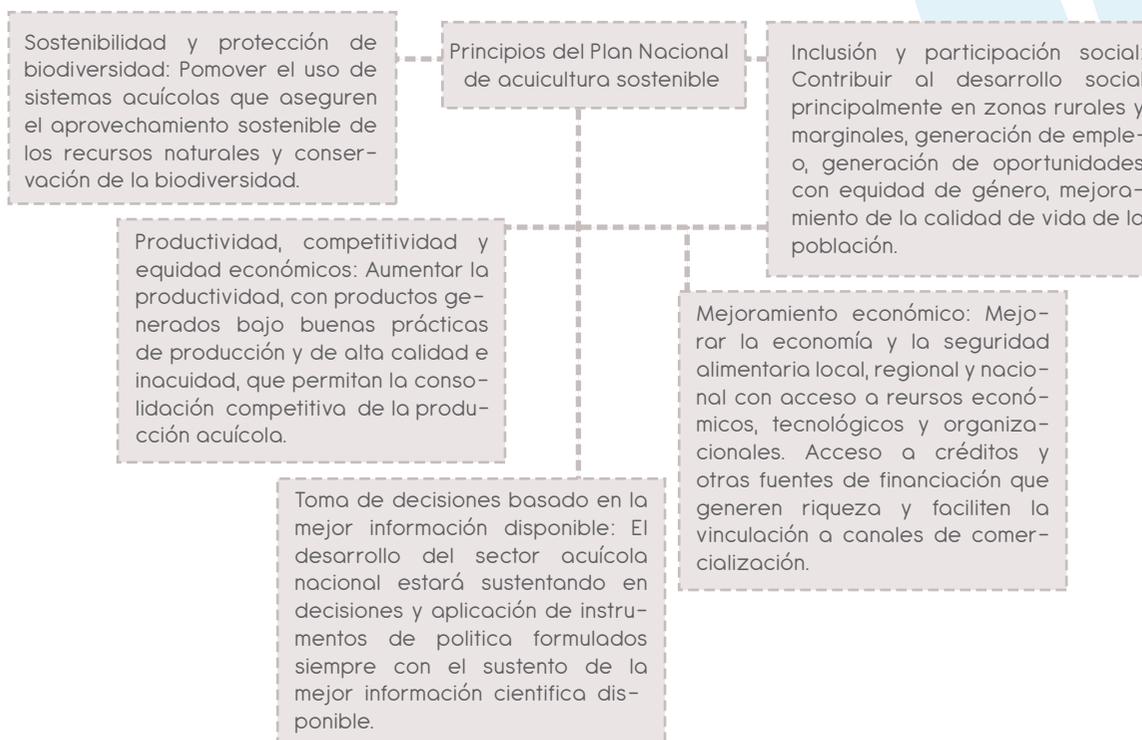


Tabla 2.1

Ejes de desarrollo ambiental y sanidad para una acuicultura sostenible en Colombia

Objetivos estratégicos	Líneas estratégicas
APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS NATURALES ASOCIADOS A LA ACUICULTURA	
Determinar líneas de base ecológicas y monitorear ambientalmente los ecosistemas con uso acuícola	Acuerdo nacional para el establecimiento de líneas de base ecológicas y monitoreo ambiental de ecosistemas acuáticos con aprovechamiento acuícola.
	Zonificación de áreas con aptitud acuícola en el marco del ordenamiento territorial
	Estimación de la capacidad de carga acuícola en los cuerpos de agua y cuencas hidrográficas en zonas del país aptas para realizar la actividad y aplicación de medidas para su manejo sostenible.
	Formulación e implementación de Planes de Ordenamiento de la Pesca y la Acuicultura (POPA) en cuerpos de agua con vocación para la actividad.

	Revisión y actualización de la capacidad de carga y del POPA del embalse de Betania.
Conservar el patrimonio genético de especies nativas cultivadas.	Expedición y aplicación de protocolos y medidas de bioseguridad como requisito para el establecimiento de cultivos de especies nativas en cuencas o territorios diferentes a las de su origen.
	Establecimiento del análisis de riesgo e impacto ambiental como requisito para la introducción de nuevas especies exóticas y de organismos vivos modificados al país.
	Utilización de tecnologías acuícolas para apoyar la gestión integral de recursos pesqueros.

MEJORAMIENTO DE LA SANIDAD, BIOSEGURIDAD, BIENESTAR ANIMAL, CALIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA EN EL SUBSECTOR DE LA ACUICULTURA NACIONAL ASOCIADOS A LA ACUICULTURA	
Crear e Implementar mecanismos de bioseguridad para la prevención, diagnóstico y control de enfermedades.	Actualización del Diagnóstico regionalizado del estado de la sanidad acuícola nacional.
	Fortalecimiento de la Red Nacional de Diagnóstico de Sanidad en Acuicultura y vigilancia epidemiológica de la actividad.
	Creación del Programa Nacional de vigilancia, prevención, control y erradicación de enfermedades.
	Fortalecimiento de la capacidad operativa del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA para el análisis, prevención y control enfermedades en acuicultura y de la inocuidad de los productos acuícolas.
Promover la creación y aplicación de medidas de bienestar animal.	Promoción de medidas prácticas de bienestar animal
Asegurar la calidad, la inocuidad alimentaria y la trazabilidad de los productos de la acuicultura.	Aseguramiento de la calidad de los productos y subproductos de la acuicultura.
	Aseguramiento de la inocuidad, la trazabilidad de insumos y productos de la acuicultura.



En el plan de desarrollo se hace énfasis en la formalización de los acuicultores de recursos limitados – AREL, que nacieron en el país gracias a programas de fomento o diversificación productiva impulsados por el gobierno nacional, como fueron el Programa de Desarrollo Rural Integrado – DRI en la década de los 80 y el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – PRONATTA, a finales de los 90; hoy en día, la mayoría de estos pequeños productores ingresan en la acuicultura por iniciativa personal.

Las AREL y las microempresas son las que han aportado el mayor ritmo al crecimiento de la actividad acuícola en el país, quienes complementan sus actividades agropecuarias con el cultivo de peces, fundamentalmente para el consumo familiar y algunos excedentes que comercializan a nivel local. Una característica de ambos tipos de productores es la carencia de recursos para su autosostenibilidad y desarrollo.

Este MANUAL DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO SOSTENIBLE, brinda opciones encaminadas al mejoramiento de la actividad acuícola en Antioquia aportando recomendaciones para la reducción del consumo de agua y a su vez reducir la carga contaminante en las aguas residuales, mejorando el desempeño ambiental de las piscícolas, en el marco del plan nacional para el desarrollo de la acuicultura sostenible en Colombia.

3.

Registros y tramitación para el funcionamiento establecimientos de acuicultura

La Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP, creada mediante decreto 4181 de 2011, es la entidad competente en temas de Acuicultura y Pesca desde el 1 de enero de 2012.

El esquema normativo marco vigente que regula la acuicultura y la pesca en Colombia se muestra en la Figura 3.1

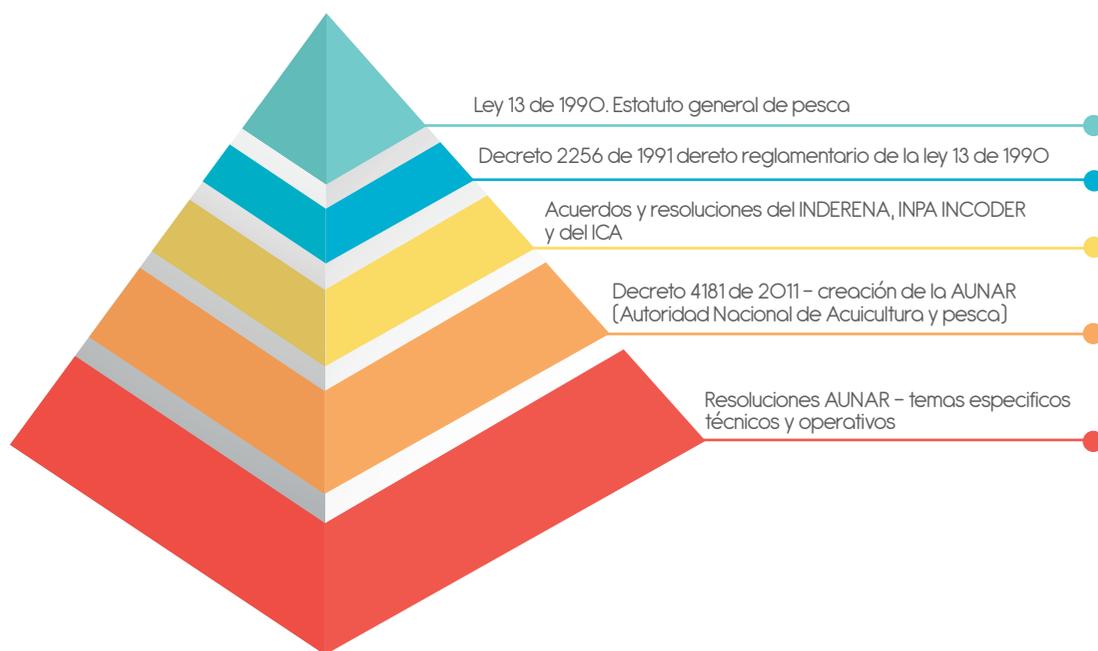


Figura 3.1
Esquema del marco normativo vigente que regula la acuicultura y la pesca en Colombia

La Ley 13 de 1990 o Estatuto General de Pesca y su Decreto reglamentario 2256 de 1991 establecen que es la Autoridad Pesquera la entidad que otorga permisos para realizar actividades pesqueras, entre las cuales está contemplada la acuicultura.

El artículo 91 del decreto reglamentario dice que “Para realizar la acuicultura comercial se requiere permiso. Para su obtención, el interesado deberá presentar ante el Instituto Nacional de Pesquisas de Amazonia-INPA (hoy Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca -AUNAP) solicitud con los requisitos que este señale”.

Para obtener el permiso de cultivo, el interesado debe realizar los siguientes trámites ante la AUNAP:

1 Presentar la carta de solicitud del requerimiento, la cual debe contener:

- a) Nombre e identificación del solicitante, de su representante legal o apoderado, si fuere el caso.
- b) Nacionalidad del solicitante
- c) Dirección, teléfono y domicilio del solicitante
- d) Clase y término del permiso solicitado
- e) Área donde se realizarán las actividades

2 Anexar los siguientes documentos:

a). Plan de actividades realizado y firmado por un Biólogo, Biólogo Marino, Ingeniero Pesquero o por un profesional en carreras afines demostrable con el pensum académico. Éste debe contener:

- Nombre e identificación del solicitante, de su representante legal o apoderado, si fuera el caso.
- Dirección, teléfono y domicilio del solicitante
- Área donde se realizará el cultivo
- Nombre e identificación de la fuente e identificación del permiso o concesión para su utilización, cuando se trate de bienes de uso público.
- Identificación del permiso o concesión para la utilización de terrenos, costas, playas, lechos de ríos o fondos marinos necesarios para el cultivo
- Especie o especies a cultivar

- Actividades que se adelantarán, tales como reproducción, levante, engorde procesamiento y comercialización
- Origen de la población parental (debe certificarse)
- Destino de la producción (% Nacional - % Internacional)
- Volumen anual por especie
- Tiempo del permiso

b). Certificado de registro en la Cámara de comercio: en el objeto social o actividad comercial debe estar implícita la actividad pesquera como una de sus finalidades.

- Para una sociedad certificado sobre constitución, vigencia y representación legal.
 - Para persona natural, certificado de inscripción en el registro mercantil.
- Para los dos casos no debe tener una vigencia mayor de 90 días de expedida.

c). Copia de la resolución de concesión de aguas

d). Copia de la resolución de uso del terreno o utilización de playas (ocupación de cauce)

e). Fotocopia de la matrícula o tarjeta del profesional que firma el plan de actividades

f). Planos de la finca, si fuere pertinente

g). Fotocopia de la cédula de ciudadanía del interesado o representante legal de la sociedad

h). Contrato de arrendamiento (si el predio no es de propiedad del solicitante)

i). Certificación del proveedor de semilla para el cultivo

El permiso de cultivo, tanto de peces de consumo como ornamentales, incluye la producción de alevinos, el engorde y la comercialización; si la empresa así lo solicita, la AUNAP incluye dentro del permiso de cultivo la realización de la fase de procesamiento.

En un comparativo entre las granjas reportadas por los Departamentos y la base de datos de la AUNAP, en Antioquia hay 3.767 acuicultores o granjas y solo hay 18 registradas en la AUNAP, lo que muestra que hay 0,48% de granjas con permisos¹.

En la Figura 3.2 se muestra la ruta normativa para realizar la acuicultura hasta la exportación.

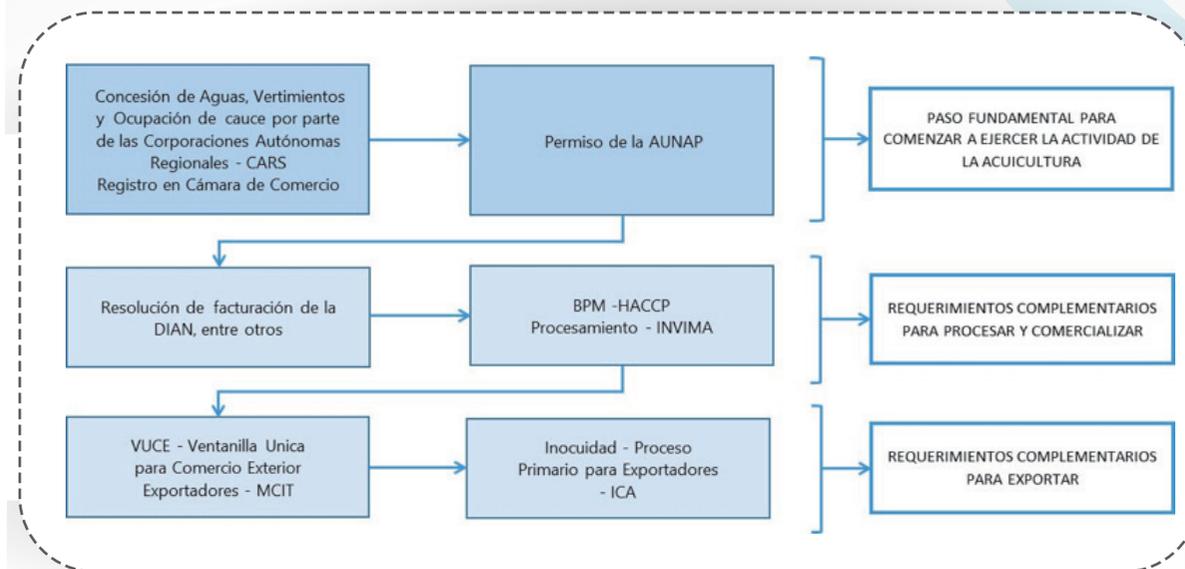


Figura 3.2
Ruta normativa para realizar la acuicultura hasta la exportación

Bases de la normatividad colombiana en temas ambientales

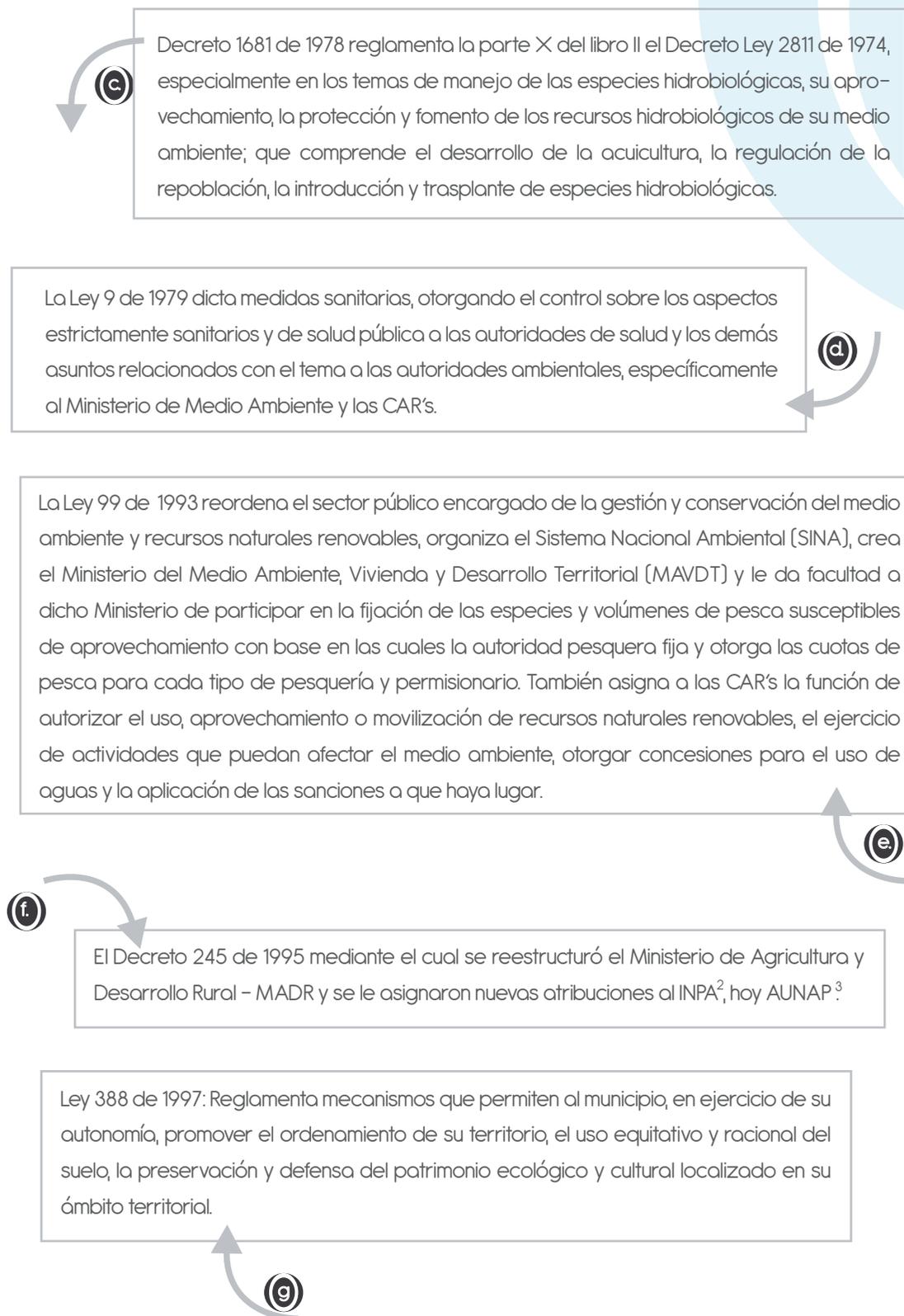


La Constitución Política de Colombia de 1991, en su artículo 79 consagra el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y a participar en las decisiones que afectan el ambiente, con el correspondiente deber del Estado de proteger su diversidad e integridad, mediante la conservación de las áreas de especial importancia ecológica y el fomento de la educación.

El Decreto 2811 de 1974 "dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente".



¹ Diagnóstico del estado de la acuicultura en Colombia, página 131



² Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura

³ Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca

El decreto 1220 de 2005, derogado por el Decreto 2041 de 2014 derogado a su vez por el Decreto 1076, capítulo 3, reglamenta Ley 99 de 1993 en relación con las licencias ambientales.



Artículo 2.2.2.3.2.2.

Competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) otorgará o negará de manera privativa la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades, numeral 16:

“La introducción al país de parentales, especies, subespecies, razas, híbridos o variedades foráneas con fines de cultivo, levante, control biológico, reproducción y/o comercialización, para establecerse o implantarse en medios naturales o artificiales, que puedan afectar la estabilidad de los ecosistemas o de la vida silvestre. Así como el establecimiento de zocriaderos que implique el manejo de especies listadas en los Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES)”.

Con Resolución O848 de 2008, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial- MAVDT declaró como especies exóticas invasoras, entre otras, las siguientes especies:



PECES	
Salmo trutta	Trucha común o Trucha europea
Onchorhynchus mykiss	Trucha arco iris
Oreochromis niloticus	Tilapia nilótica
Cyprinus carpio	Carpa
Micropterus salmoides	Perca americana
Oreochromis mossambicus	Tilapia negra
Trichogaster pectoralis	Gourami piel de culebra

El artículo segundo de la resolución O848 dice: "Prohíbase la introducción al país, con cualquier propósito, de especímenes de especies, subespecies, razas o variedades a que se refiere el artículo anterior".

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 40 y 45 de la Ley 13 de 1990 y el Artículo 46 el Decreto 2256 de 1991, "solamente se podrá efectuar la introducción al país de material parenteral de estas mismas especies cuando tengan como fin la realización de actividades piscícolas y/o acuícolas debidamente autorizadas por parte de la autoridad pesquera. En todo caso, dicha autoridad exigirá la implementación de medidas de bioseguridad relacionadas con el manejo y control de los establecimientos piscícolas y acuícolas existentes y los que llegaran a establecerse posteriormente". En los parágrafos 4 y 5 establece lo siguiente:

Parágrafo 4º.

No se podrá autorizar la introducción al país de parentales de especies, subespecies, razas o variedades foráneas que hayan sido declaradas como invasoras o potencialmente invasoras por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con el soporte técnico y científico de los Institutos de Investigación Científica vinculados al Ministerio.

Parágrafo 5º

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible podrá señalar mediante resolución motivada las especies foráneas, que hayan sido introducidas irregularmente al país y puedan ser objeto de actividades de cría en ciclo cerrado. Lo anterior sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar.

En tal sentido el INCODER, entonces Autoridad Pesquera, expidió la resolución 2424 de 2009, "Por la cual se establecen normas de ordenamiento para administrar la actividad de la acuicultura en el país, que permitan minimizar los riesgos de escape de especímenes de especies exóticas de peces de cuerpos de agua naturales o artificiales."

La resolución O207 de 2010 el MAVDT, modificó el artículo segundo de la resolución O848 de 2008 de la siguiente manera: "Prohíbase la introducción al país, con cualquier propósito, de especímenes de especies, subespecies, razas o variedades a que se refiere el artículo anterior. Tratándose de recursos pesqueros y de conformidad con lo dispuesto en los artículos 40 y 45 de la Ley 13 de 1990 y el Artículo 46 y 50

del Decreto 2256 de 1991, la autoridad pesquera no podrá autorizar la introducción al país de ovas embrionadas, larvas, post-larvas, alevinos y reproductores de estas mismas especies, salvo que tal autorización haya sido acordada previa y conjuntamente con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En todo caso, las especies que se introduzcan deberán tener como único fin la realización de actividades piscícolas y/o acuícolas debidamente autorizadas por parte de la autoridad pesquera la cual exigirá la implementación de medidas de bioseguridad relacionadas con el manejo, control de los establecimientos piscícolas y/o acuícolas existentes además las que llegaran a establecerse posteriormente, dando cumplimiento a lo señalado en la Resolución 2424 del 23 de noviembre de 2009 expedida por el INCODER”.

Con la resolución O976 de 2010, el MAVDT modificó el artículo segundo de la Resolución 207 de 2010, el cual quedó así: Artículo 2o. “Prohíbese la introducción al país, con cualquier propósito, de especímenes de especies, subespecies, razas o variedades a que se refiere el artículo anterior. Tratándose de las especies Trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*), Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) y Carpa (*Cyprinus carpio*), se podrá autorizar el ingreso al país de ovas embrionadas, larvas, postlarvas y alevinos de estas mismas especies, cuyo único fin sea la producción de carne para el consumo humano, mediante la realización de actividades de piscicultura, debidamente autorizadas por parte de la autoridad pesquera adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, conforme con lo establecido en la Ley 13 de 1990 incluyendo el Decreto Reglamentario 2256 de 1991, la cual exigirá la implementación de medidas de bioseguridad relacionadas con el manejo y control de los establecimientos de piscicultura existentes e inexistentes con posibilidad de establecerse posteriormente;,, dando cumplimiento a lo señalado en la Resolución 2424 del 23 de noviembre de 2009, expedida por el Instituto Colombiano de Desarrollo Rural-INCODER o la norma que la modifique o sustituya. La autoridad pesquera suministrará un reporte semestral al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, sobre las importaciones autorizadas”



Normatividad en usos del agua, vertimientos y residuos sólidos

	NORMA	OBJETO	NORMAS DEROGADAS Y MODIFICADAS
USOS DEL AGUA	Decreto 1076 de 2015 CAPÍTULO 4. Registro de usuarios del recurso hídrico.	Establece todo lo relativo a permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos dados al recurso hídrico.	Deroga el decreto 1541 de 1978. Igualmente se deroga el decreto 303 de 2012 que reglamenta parcialmente el art. 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974., en relación con el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico.
	Decreto 1076 de 2015 CAPÍTULO 6 Tasas por utilización del agua.	Por el cual se reglamentó el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.	Deroga el decreto 155 de 2004
	Ley 373 de 1997	Fija obligaciones sobre ahorro y uso eficiente de agua a quienes administran y/o usan el recurso hídrico.	
VERTIMIENTOS	Decreto 1076 de 2015: CAPÍTULO 3 Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Deroga el decreto 3930 de 2010. Deroga partes del decreto 1594 de 1984 que no había sido derogados por el 3930.
	Resolución 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones".	
	Decreto 1076 de 2015: CAPÍTULO 7 Tasas retributivas por vertimientos puntuales al agua.	Por el cual se reglamentó la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones	Deroga el Decreto 2667 de 2012

	Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.	
RESIDUOS SÓLIDOS	Decreto 605 del 27 de marzo de 1996	Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994 en relación con la prestación Del servicio público domiciliario de aseo.	
	Decreto 1713 de 2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	
	Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	
	Ley 430 de 1996	Reglamenta en materia ambiental lo referente a desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	
	decreto 1076 de 2015: TÍTULO 6 - RESIDUOS PELIGROSOS, Capítulos 1 y 2, Anexos 1 y 2 y 3.	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Derogado por el	Deroga el Decreto 4741 de 2005
USO DEL SUELO	Ley 388 de 1997	Reglamenta mecanismos que permiten al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial.	

4.

Díagnóstico del sector



La acuicultura en Colombia se inició a finales de los años 30 del siglo pasado, cuando fue introducida la trucha arco iris *Onchorhynchus mykiss* con el fin de repoblar las lagunas de aguas frías de la región Andina con una especie íctica de mayor valor económico que los nativos. Posteriormente, a finales de los 70 se introdujeron las tilapias *Oreochromis* sp y a principios de los años 80 se iniciaron trabajos con algunas especies nativas, principalmente con las cachamas blanca *Piaractus brachipomus* y negra *Colossoma macropomum*, con el fin de fomentar actividades encaminadas a diversificar las fuentes de ingreso de los pequeños productores campesinos.

Para finales de los años 80 el país contaba con varias estaciones piscícolas que abordaron la investigación y el fomento del cultivo de tilapias, truchas y de algunas especies nativas como cachamas blanca y negra, bocachicos y bagres, como el bagre rayado, el mapurito *Callophrys macropterus* y el yaque *Leiarius marmoratus*; de estas últimas hasta ahora sólo se ha consolidado el cultivo de la cachama, aunque en los últimos años el cultivo extensivo de bocachico en pequeños cuerpos de agua o en policultivo con especies exóticas se está extendiendo rápidamente.



La cadena productiva de la acuicultura se compone de 5 eslabones, los cuales se observan en la Figura 4.1,

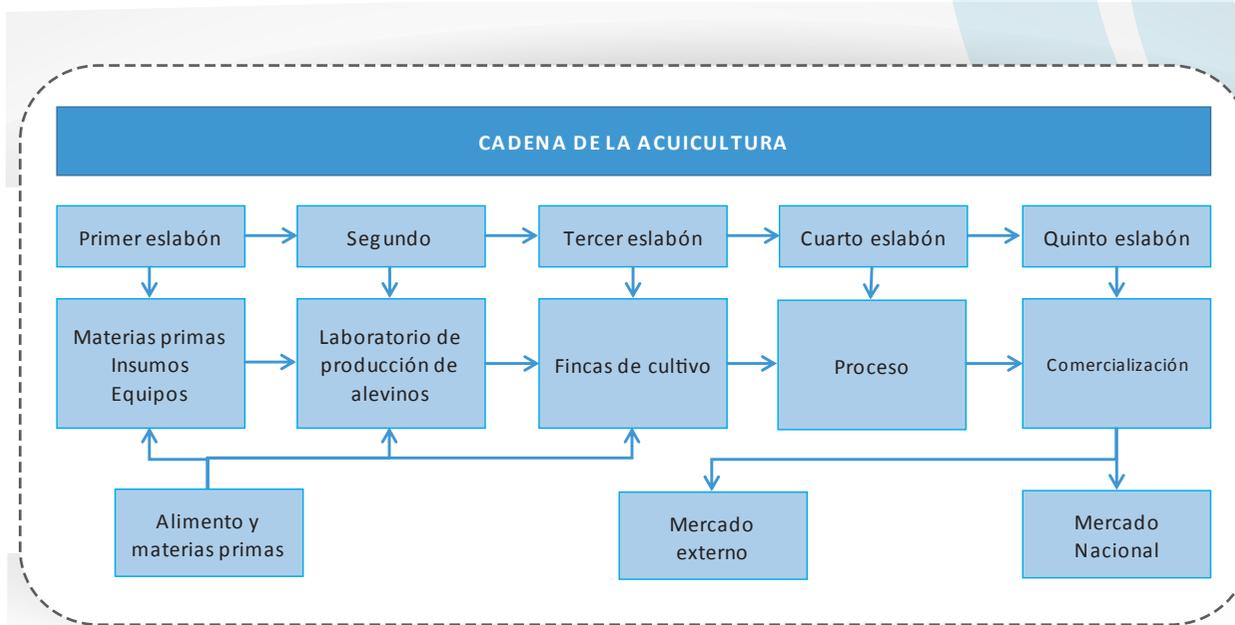


Figura 4.1 Cadena productiva de la acuicultura

La producción acuícola en los Municipios de la Jurisdicción de CORANTIOQUA se concentra principalmente en los Municipios de Jardín y Belmira, con cultivos de trucha, Sopetrán y San Jerónimo con Tilapia, la cual es de consumo local.

Producción piscícola en antioquia

En el 2011, la producción de piscicultura en Colombia se desarrolló principalmente en dos sistemas de cultivo: en estanques y en jaulas o jaulones; en la Tabla 4.1 se presenta la producción de la piscicultura en Antioquia por especies y sistemas de producción durante ese año.

Tabla 4.1 Producción piscícola en Antioquia

Sistema de producción	Toneladas/año					Total
	Tilapia roja	Tilapia plateada	Cachama	Trucha	Otras especies continentales	
Estanques	1.744	0	809	1.501	20	4.074
Jaulas y jaulones	5					5
Total Antioquia	1.749	0	809	1.501	20	4.079
Total Nacional	38.393	10.040	15.923	5.631	4.172	74.159
% de participación en el mercado nacional	5%	0%	5%	27%	0,5%	6%

En la Tabla 4.2 se observa que la producción piscícola en Antioquia se hace en estanques y las especies de mayor producción son la Tilapia Roja y la Trucha con más de 1.500 Toneladas al año y la cachama con 809 toneladas. La producción en trucha corresponde al 27% de la producción nacional, mientras que la tilapia y la cachama es de un 5%.

La producción se hace principalmente en estanques en 411 granjas que usan 37 Ha de espejo de agua, en estas granjas hay 586 estanques sin usar que corresponden a 9 Ha, cabe resaltar que el sistema de producción en jaulas y jaulones es muy bajo.

Tabla 4.2 Sistemas de producción en Antioquia

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN		
ESTANQUES		
		% del total en Colombia
No. De granjas	411	6
No. De estanques utilizados	2.033	10
Área en espejo de agua (Ha) utilizada	37	2
No. De estanques no utilizados	586	8
Área en espejo de agua (Ha) no utilizada	9	0,02
JAULAS Y JAULONES		
No. De granjas	4	4,26
No. De estanques utilizados	48	0,22
Área en espejo de agua (Ha) utilizada	0,39	0,5
No. De estanques no utilizados	11	0,2
Área en espejo de agua (Ha) no utilizada	0,16	0,04

En resumen, el área cultivada por especies en Antioquia es baja con respecto a la otros Departamentos, en trucha están cultivados 3.862 m² de 119.128 m² (3,24%) cultivados en Colombia y en Tilapia 1.370.781 m² de 13.452.868 cultivados en Colombia (10,18%).

Especie	Área de cultivo (m ²)	% del total en Colombia
Bocachico	85.600	9,20%
Cachama	20.626	0,56%
Tilapia	1.370.781	10,19%
Trucha	3.862	3,24%
Total Granjas	1.480.869	7,18%





De acuerdo con lo anterior para producir un kilo de tilapia se requieren 1,27 m² de área de cultivo, mientras que para producir un kilo de trucha se necesitan 388 m², esto indica que la Tilapia es un cultivo menos intensivo que la trucha.

Antioquia cuenta con dos empresas certificadas por el INVIMA para la exportación con la certificación HACCP/ APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control): Piscícola El Rosario con capacidad de producir 450 Ton/mes de Tilapia y truchas Belmira con capacidad de producir 80 Ton/mes.

En los Municipios de la Jurisdicción de CORANTIOQUIA las granjas visitadas en el convenio se dedican a la producción de trucha y Tilapia, por lo cual en este manual se centra en los cultivos de trucha con las respectivas plantas de beneficio.



Cultivo de Trucha

Las truchas son peces de la subfamilia Salmoninae, dentro de la familia de los salmónidos; el nombre se usa específicamente para peces de tres géneros de dicha subfamilia: *Salmo*, que incluye las especies del Atlántico, *Oncorhynchus*, que incluye las especies del Pacífico, y *Salvelinus*.

Las truchas se encuentran normalmente en aguas frías y limpias de ríos y lagos distribuidos a lo largo de Norteamérica, el norte de Asia y Europa. Varias especies de trucha fueron introducidas en el siglo XIX en la Patagonia. También han sido introducidas en Australia y Nueva Zelanda, además de los Andes venezolanos, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, por pescadores aficionados, desplazando a los peces autóctonos.

El éxito del cultivo de la trucha depende de varios factores como son la cantidad y calidad del agua, la densidad de siembra, la uniformidad en los tamaños, el manejo y la alimentación (DINARA, 2010).

La cantidad y la calidad del agua son los factores más importantes a tener en cuenta para el cultivo de la trucha, necesitándose un nivel de oxígeno superior a 7.0 ppm en la entrada de los tanques y no inferior a 5.0 ppm en la descarga, el pH debe estar entre 7 y 8.5 y la temperatura óptima para el engorde es de 15° C (Corral, et al 2000).

Etapas del cultivo

ALEVINAJE:

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de siembra \geq 5.0 cm hasta alcanzar los 10 cm con peso promedio de 12.0 g aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses dependiendo de la temperatura del agua.

En esta fase, los alevinos son alimentados de manera balanceada, especial para el inicio, con una proporción del 45% de proteína, suministrándole una cantidad aproximada entre rangos del 3 - 7% de su biomasa dependiendo la talla y la temperatura promedio del agua de cultivo.

JUVENIL:

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 10 cm hasta alcanzar los 17 cm, con peso promedios de 68.0 g, aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 02 meses, en condiciones normales de crianza.

En esta fase, son alimentados de forma que se incentive su crecimiento, dicha alimentación esta posee alrededor de 40% de proteína, suministrándole una cantidad aproximada al 3,5% de su biomasa, con raciones distribuidas entre 04 veces diarias.

ENGORDE:

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm., equivalente a un peso promedio de 250 g (tamaño plato). Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses.

En esta fase, siguen siendo alimentados de manera balanceada con concentrados tipo engorde, que contienen alrededor de 35% de proteína, suministrándole una cantidad equivalente al 1.5% de su biomasa, con raciones distribuidas entre 02 a 04 veces diarias. La mortalidad estimada para todo el proceso productivo se encuentra en el rango del 3% al 5% bajo condiciones normales de crianza.

Balance de masa y agua en cultivos de trucha

Basados en un modelo de producción de trucha expuesto en el Manual de crianza de Trucha en ambientes convencionales⁴, se hace el balance de masa que permitirá determinar el indicador de consumo de agua en el cultivo de trucha. Igualmente se hace el balance del suministro de alimento, con base en el cual se determina la producción de sedimentos por las heces de los peces y por el desperdicio de alimento que no se consume.

Las bases de cálculo para el balance y los resultados del balance son mostrados en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Balance de alimento y agua

	ALEVINAJE	JUVENIL	ENGORDE	COSECHA
Temperatura media anual del agua de cultivo	11 °C	11 °C	11 °C	
Proyección de Producción / Siembra, (Toneladas)	10			
Unidades	40.000	39.600	39.204	38.812
Mortandad estimada	1%	1%	1%	
Talla media (cm)	5	10	17	26
Peso medio (g)	1,5	12	68	260
Biomasa (Kg)	60	475	2.666	10.000
Volumen útil de los estanques (m3)	8	40	99	
Carga inicial (Kg/m3)	7,5	11,9	26,9	
Densidad inicial (Unid./m3)	5.000	990	396	
Recambios de Agua/hora (R/A/H), (día = 24 Horas)	3	1	1	
Volumen de agua en un día m ³	576	960	2.376	
Consumo total etapa alevinaje 3 meses (90 días), m3	51.840	57.600	213.840	
Caudal en litros/seg	6,7	11	27,5	
Suministro de alimento promedio 3 meses	3,80%	2,00%	1,50%	
Frecuencia de alimentación Cada hora	24	4	2	
Total consumo alimento en tres meses (Ton)	4,9	2,3	7,2	

En la Figura 4.2 se muestra el balance de masa modelado para producir 10 Toneladas de trucha y en la Figura 4.3 el balance de consumo de alimento – generación de sedimentos.

⁴ MANUAL CRIANZA DE TRUCHA en ambientes convencionales Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES – PERÚ

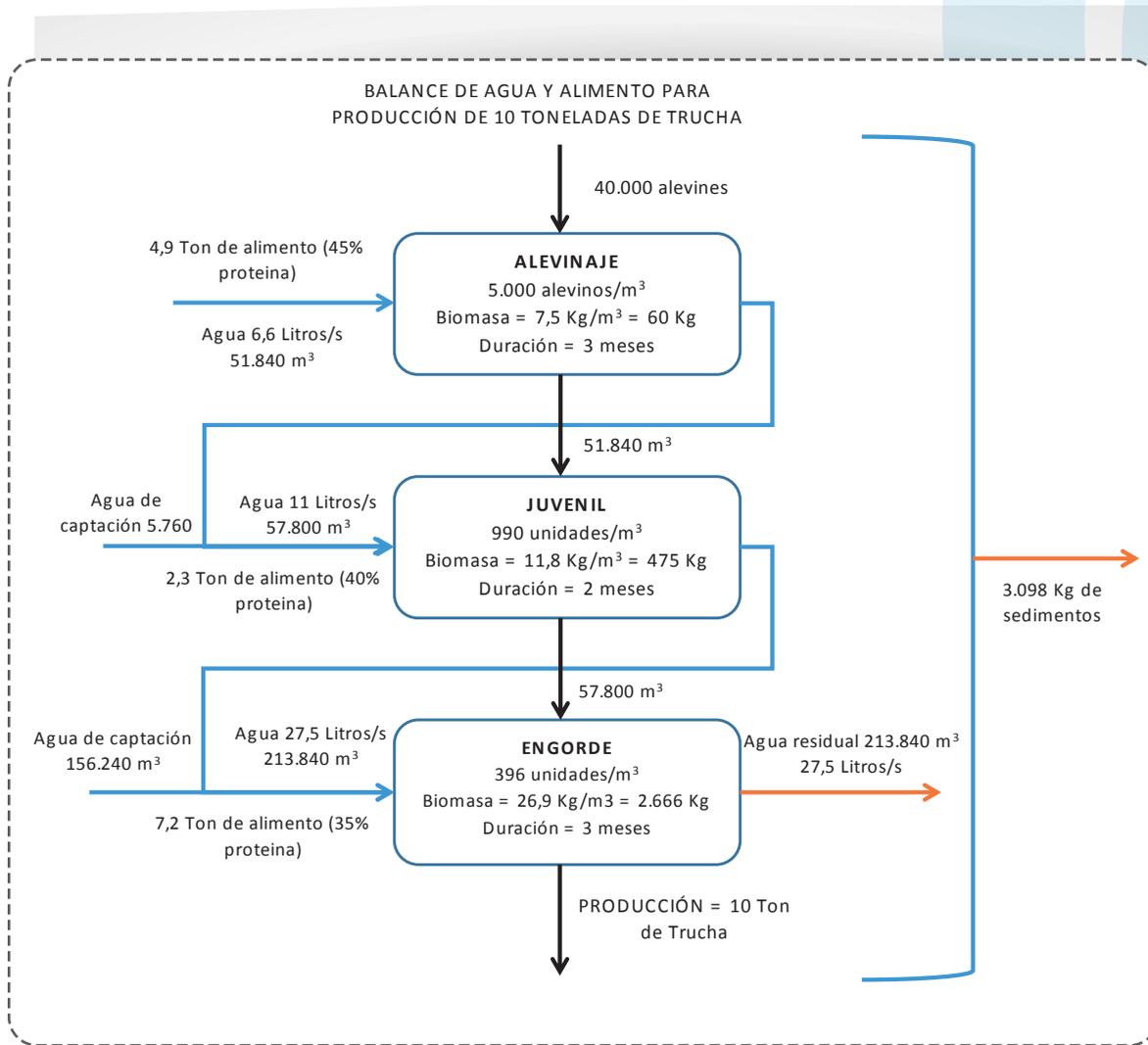


Figura 4.24.2
Balance de masa y agua modelado para una producción de 10 Toneladas de trucha

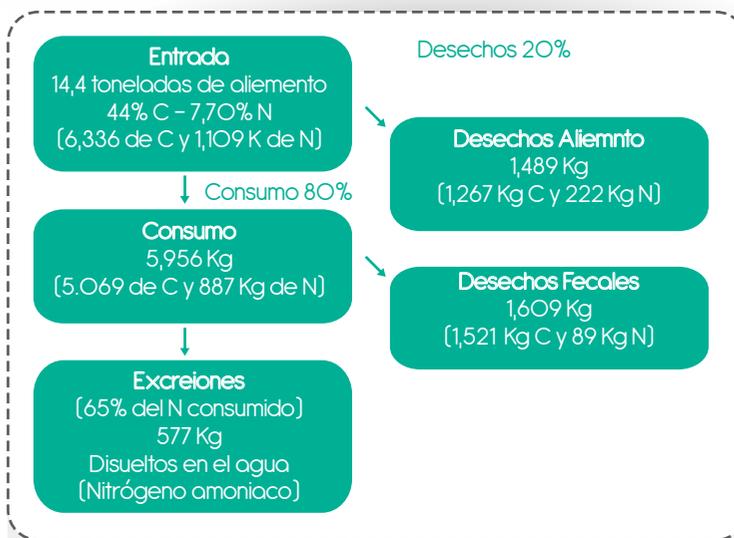


Figura 4.34.3 Balance de consumo de alimento - generación de sedimentos⁵

⁵ <http://www.fao.org/docrep/003/t0697s/t0697s03.htm> - ACUICULTURA COSTERA Y MEDIO AMBIENTE

En la Tabla 4.5 se muestra el resumen del balance de consumo de alimento y generación de sedimentos.

Tabla 4.5 Balance consumo de alimento - generación de sedimento

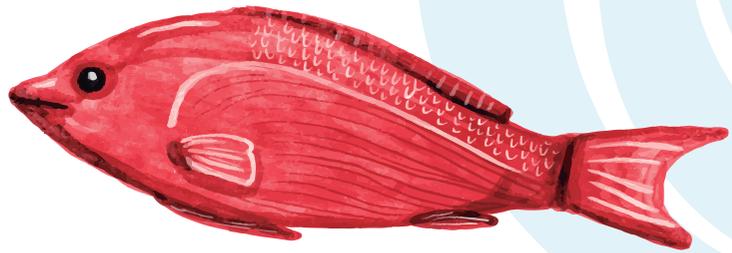
BALANCE ALIMENTO - PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS					
ALIMENTO CONSUMIDO PARA 10 TONELADAS DE TRUCHA		14,4			
		Contenido (Kg)	Kg consumidos	Kg pérdidas	Kg desechos
Carbono	44%	6.336			
Nitrógeno	7,70%	1.109			
CONSUMO	80%		5.956		
Consumo carbono			5.069		
Consumo nitrógeno			887		
PÉRDIDAS DE ALIMENTOS	20%			1.489	
Pérdida carbono				1.267	
Pérdida nitrógeno				222	
DESECHOS FECALES					1.609
Carbono (30% del carbono consumido)	30%				1.521
Nitrógeno (10% del Nitrógeno consumido)	10%				89
EXCRECIONES (65% del N consumido)	65%	577	Kg de Nitrógeno amoniacal disuelto en agua		
Total sedimentos (Pérdidas de alimento + desechos fecales). Kg			3.098		

Los indicadores de consumo de agua, alimento y generación de sedimentos calculados con base en los valores de referencia se muestran en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Indicadores de consumo de agua, alimento - generación de sedimentos, a partir del balance de masa y agua

BALANCE MASA Y AGUA			
Producción Toneladas de trucha/año	10		
	Consumo m ³ /día	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)
ALEVINAJE	576	4,9	3.098
JUVENIL	384	2,3	
ENGORDE Y COSECHA	1.416	7,2	
TOTAL	2.376	14,4	
Caudal de agua captada	27,5	Litros/s	
Caudal de agua captada/Ton de trucha	2,75	Litros/s-Ton	
Producción de sedimentos	310	Kg/ton de trucha	

Cultivo de Tilapia



La Tilapia en comparación con otros peces, posee extraordinarias cualidades para el cultivo, como: crecimiento acelerado, tolerancia a altas densidades, adaptación a cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos, alta resistencia a enfermedades, además de contar con algunos atributos para el mercado, como: carne blanca de buena calidad, buen sabor, poca espina, buena talla, que le confiere una preferencia y demanda comercial en la acuicultura mundial

Etapas del cultivo

Selección de los Reproductores:

La edad promedio de los reproductores va entre los 10 y 20 meses de edad. Proviene de lotes seleccionados cuidadosamente, su alimentación debe ser baja en grasa para que, al llegar a la edad reproductiva, posean buena capacidad abdominal.

Los estanques de reproducción, deben tener un área adecuada que facilite la recolección de alevines y la cosecha. Estos estanques generalmente son exteriores para la fase de maduración de reproductores y desove. Monitorear una vez por semana el oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos y temperatura, para asegurar una producción alta y constante.



Para obtener una producción adecuada de larvas, se recomienda utilizar una proporción de 1 a 2 machos por cada 3 hembras, sin exceder 1 kg de biomasa/m³ ya que este exceso puede provocar una disminución de la puesta.

Figura 4.44.4 Tanques de reproducción⁶

⁶ Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad - SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo rural Pesca y alimentación de México

Recolección de las crías:

Una vez que los huevos han eclosionado, las larvas permanecen en la boca de la hembra mientras terminan de absorber el saco vitalino. Posteriormente se recolectan los lotes máximos cada 5 días para inducirlos a la fase de reversión, ya que hacerlo por un mayor número de días, implicaría problemas con la eficiencia de la hormona y pérdida de alevines en los estanques de reproducción por efectos de canibalismo.

La recolección de los alevines, se hace por la mañana, antes de alimentar a los peces. Se utilizan sistemas de redes muy finas, cucharas de anqueo y copos de tela mosquitera para evitar el maltrato de los peces y por consiguiente su mortalidad. Después de la pesca los alevines se pasan por un tamiz de 8 a 10 mm, los animales que no logren atravesarlo se descartan debido a la madurez actual, los que pasan por el tamiz, entran a proceso de reversión. Los alevines son empacados en bolsas plásticas con suficiente oxígeno.

Etapas de Desarrollo de la Tilapia

Siembra:

En la siembra se hace un conteo preciso de una muestra o del total de la cría (volumétrico, por peso o manual, es decir conteo individuo por individuo), el agua de las bolsas de transporte de alevines se debe mezclar por lo menos durante 30 minutos con el agua del estanque que se va a sembrar.

Crianza (alevín crecimiento):

La crianza de alevines con pesos entre 1 a 5 gramos, se realiza en estanques con densidad de 100 a 150 peces por m³, buen porcentaje de recambio de agua (del 10 al 15% día) y con aireación, mientras que para esta misma fase pero sin aireación, se sugiere densidades de 50 a 60 peces por m³ y recubrimiento total del estanque con malla antipájaros para controlar la depredación. Los alevines son alimentados con alimento balanceado conteniendo 45% de proteína, a razón de 10 a 12% de la biomasa distribuido entre 8 a 10 veces al día. En esta etapa el alevín pasa de 0,12 a aproximadamente 4,7 grs.

Pre-engorde:

: Esta comprendido entre los 5 y 80 gramos. Generalmente se realiza en estanques con densidad de 20 a 50 peces por m³, buen porcentaje de recambio de agua (5 a 10% día) y recubrimiento total de malla para controlar la depredación (en caso de que sean exteriores).

Los peces son alimentados con alimento balanceado cuyo contenido en proteína es de 30 o 32%, dependiendo de la temperatura y el manejo de la explotación. Se debe suministrar la cantidad de alimento equivalente del 3% al 6% de la biomasa, distribuidos entre 4 y 6 raciones al día.

Engorde:

Comprende la crianza de la tilapia desde los 80 - 100 gramos hasta el peso de cosecha de aproximadamente 325 gramos, se realiza en estanques con densidades entre 1 a 30 peces por m³.

En densidades mayores de 12 animales por m³ es necesario contar con sistemas de aireación o con alto porcentaje de recambio de agua (40 a 50%). En esta etapa, por el tamaño del animal, ya no es necesario el uso de sistemas de protección antipájaros. Los peces son alimentados con alimentos balanceados de 30 o 28% de contenido de proteína, dependiendo de la clase de cultivo (extensivo, semi-intensivo o intensivo), temperatura del agua y manejo de la explotación. Se sugiere suministrar entre el 1.2% y el 3% de la biomasa distribuida entre 2 y 4 dosis al día.

Balance de masa y agua en el cultivo de tilapia

Basados en los indicadores de consumo de agua por estanque del Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad⁷ e Inocuidad se hace el balance de masa y agua para una siembra de 40.000 alevines, que permitirá determinar el indicador de consumo de agua en el cultivo de tilapia.

Igualmente se hace el balance del suministro de alimento, con base en el cual se determina la producción de sedimentos por las heces de los peces y por el desperdicio de alimento que no se consume.

Para el balance de alimento se debe tener en cuenta que la transición de la dieta desde las etapas de juvenil hasta la de adulto es gradual, aunque también puede presentarse abruptamente. Las Tilapias normalmente son omnívoras, sin embargo, su alimentación cambia según la variedad, en la Tabla 4.7 se muestra el cambio de la alimentación/etapa y en la Tabla 4.8 el balance de masa y agua.

⁷ Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. - SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo rural Pesca y alimentación de México

Tabla 4.7 Suministro de alimento en cada etapa del desarrollo

Edad de la Tilapia (Días)	Etapas	Peso de la Tilapia (grs)	Cantidad de alimento (grs)
10 a 15	Alevín (crecimiento)	0,12	0,048
15 a 30	Alevín (crecimiento)	4,7	0,0047
30 a 45	Juvenil (crecimiento)	50	0,0025
45 a 60	Juvenil (crecimiento)	100	0,003
60 a 75	Adulto	150	0,003
75 a 90	Adulto	200	0,0036
90 a 105	Adulto (Engorde)	275	0,0046
105 a 120	Adulto (Engorde)	325	0,0052
120 a 135	Adulto (Engorde)	400	0,006
135 a 150	Adulto (Engorde)	450	0,0063
150 a 165	Adulto (Engorde)	500	0,0065
165 a 180	Adulto (Engorde)	550	0,0066
180 a 195	Adulto (Engorde)	600	0,0067

Tabla 4.8 Balance de masa y agua en cultivo de Tilapia - 40.000 alevines

BALANCE DE AGUA Y ALIMENTO	
Crianza (Crecimiento de alevines)	
Cantidad de alevines	40.000
Peso alevines (g/unidad)	1
Densidad inicial (Unid./m3)	60
Biomasa (Kg)	40
Periodo de crianza (días)	30
Volumen útil de los estanques (m3)	667
Recambios de Agua/hora (R/A/H), (día = 24 Horas)	6
Volumen de agua en un día m3	4.000
Caudal L/s	46
Alimento 45% proteína	
10 - 15 días peso de la Tilapia 0,12 gr (gramos/unidad)	0,048
15 - 30 días peso de la Tilapia 4,7 gr (gramos/unidad)	0,0047
Total alimento en etapa de crecimiento, Kg	63
Consumo de agua etapa de crianza (m3)	120.000
Pre-engorde (etapa juvenil)	
Cantidad de juveniles	39.200
Pesos juveniles (g/unidad)	5
Densidad inicial (Unid. /m3)	30
Biomasa (Kg)	196
Periodo de crianza (días)	30
Volumen útil de los estanques (m3)	1.307
Recambios de Agua/hora (R/A/H), (día = 24 Horas)	8
Volumen de agua en un día m3	10.453

Caudal L/s	121
Alimento 45% proteína con respecto a la biomasa	
30 - 45 días peso de la Tilapia 50 gr [gramos/unidad]	0,0025
45-60 días peso de la Tilapia 100 gr [gramos/unidad]	0,003
Total, alimento en etapa juvenil, Kg	6,5
Consumo de agua etapa juvenil (m3)	313.600

Engorde (adultos)	
Cantidad de adultos	38.416
Peso adulto (g/unidad)	80
Densidad inicial (Unid. /m3)	30
Biomasa (Kg)	3.073
Periodo de engorde (días)	135
Volumen útil de los estanques (m3)	1.281
Recambios de Agua/hora [R/A/H], [día = 24 Horas]	3
Volumen de agua en un día m3	3.842
Caudal L/s	44
Alimento 45% proteína con respecto a la biomasa	
60-75 días peso de la Tilapia 150 gr [gr/und]	0,003
75-90 días peso de la Tilapia 200 gr [gr/und]	0,0036
95-105 días peso de la Tilapia 275 gr [gr/und]	0,0046
105-120 días peso de la Tilapia 325 gr [gr/und]	0,0052
120 - 135 días peso de la Tilapia 400 gr [gr/und]	0,006
135 - 150 días peso de la Tilapia 450 gr [gr/und]	0,0063
150 - 165 días peso de la Tilapia 500 gr [gr/und]	0,0065
165 - 180 días peso de la Tilapia 600 gr [gr/und]	0,0066
180 - 195 días peso de la Tilapia 550 gr [gr/und]	0,0067
Total, alimento en etapa juvenil, Kg	252
Consumo de agua etapa engorde (m3)	518.616

Cosecha	
Cantidad de adultos	37.648
Peso adulto (g/unidad)	600
Total, producción (Toneladas tilapia en 6,5 meses)	23

En la Figura 4.5 se muestra el balance de masa modelado para producir 23 Toneladas de tilapia y en la Figura 4.6 el balance de consumo de alimento - generación de sedimentos.

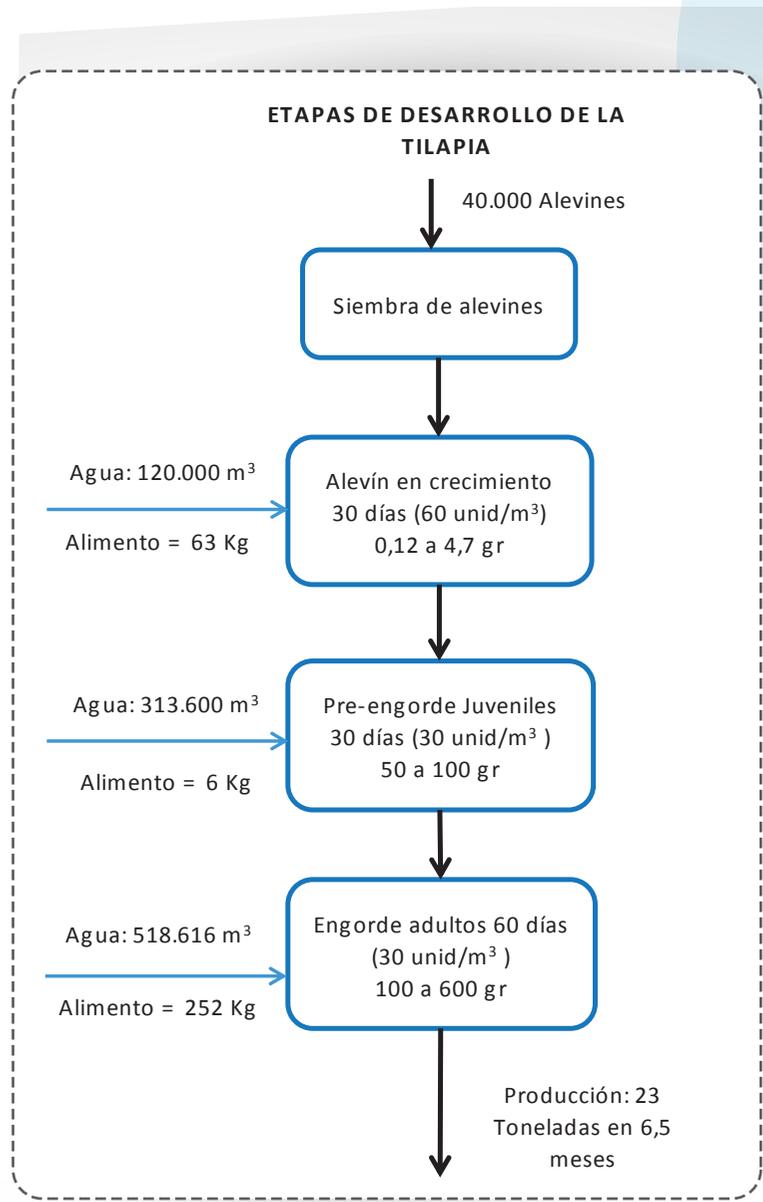


Figura 4.54.5 Balance de alimento y agua en cultivo de Tilapia

BALANCE ALIMENTO - PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS					
ALIMENTO CONSUMIDO PARA 23 TONELADAS DE TILAPIA		321,2	Kg		
		Contenido (Kg)	Kg consumidos	Kg pérdidas	Kg desechos
Carbono	44%	141			
Nitrógeno	7,70%	25			
CONSUMO	80%		133		
Consumo carbono			113		
Consumo nitrógeno			20		
PÉRDIDAS DE ALIMENTOS	20%			33	
Pérdida carbono				28	
Pérdida nitrógeno				5	
DESECHOS FECALES					36
Carbono (30% del carbono consumido)	30%				34
Nitrógeno (10% del Nitrógeno consumido)	10%				2
EXCRECIONES (65% del N consumido)	65%	13	Kg de Nitrógeno amoniacal disuelto en agua		
Total sedimentos (Pérdidas de alimento + desechos fecales). Kg			69		

Tabla 4.9 Consumo de alimento - generación de sedimentos

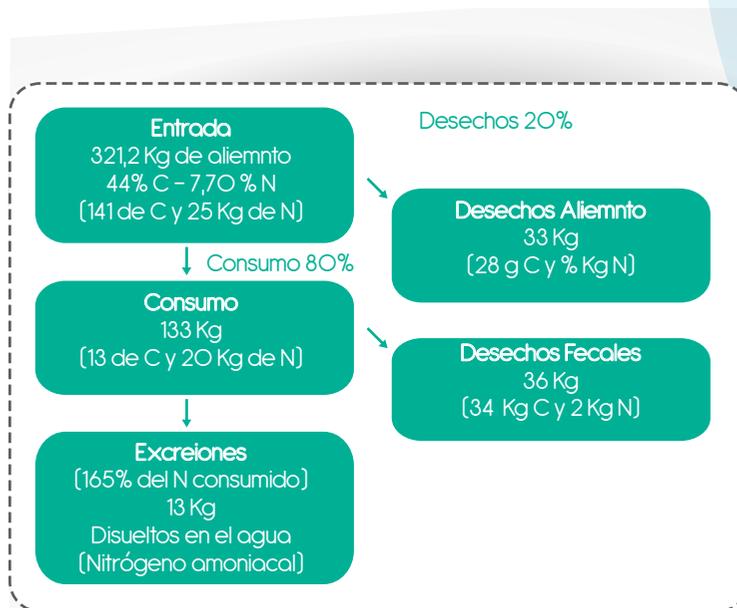


Figura 4.64.6 Balance de consumo de alimentos - generación de sedimentos⁸

Los indicadores de consumo de agua, alimento y generación de sedimentos calculados con base en los valores de referencia se muestran en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10 Indicadores de consumo de agua - generación de sedimentos - Tilapia

BALANCE MASA Y AGUA			
Producción Toneladas de tilapia	23		
	Consumo de agua	Alimento (Kg)	Producción
CRianza	120.000	63,2	69
PRE-ENGORDE (JUVENIL)	313.600	6,5	
ENGORDE Y COSECHA	518.616	251,5	
TOTAL	952.216	321,2	
Caudal de agua captada/día L/s	212	Litros/s	
Caudal de agua captada/Ton de Tilapia	9,2	Litros/s-Ton	
Producción de sedimentos	3	Kg/ton de tilapia	

⁸ <http://www.foo.org/docrep/OO3/tO697s/TO697SO3.htm> - ACUICULTURA COSTERA Y MEDIO AMBIENTE

Vertimientos de aguas residuales de piscícolas

Los indicadores de referencia de cargas contaminantes de DQO, DBO5, N, P y SST muestran que la contaminación generada depende de diferentes factores, el más importante es la frecuencia y el suministro del alimento, cuando el alimento es ofertado en exceso se vuelve desecho y se sedimenta, aumentando las pérdidas ocasionando un aumento en la concentración de la materia orgánica en el sedimento y en el agua, aumentando la DBO, el N y el P en el vertimiento, además de que se aumentan los costos de producción.

Tabla 4.11 Indicadores de contaminación producción de trucha⁹

Parámetro	gramos/kg -24 h		
Demanda química de Oxígeno -	11,5 (*)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	2,7 (*)	1,6 a 4,6 (*)	1,9 a 5,7 (***)
Fósforo total -P	0,05 (*)	0,05 (**)	0,13 a 0,18 (***)
Sólidos suspendidos SST	0,9 (*)		
Nitrógeno - N		0,4 a ,0,8	0,1 a 1,4 (***)

(*) Bergheim et al. (1982)
 (**) Selmer-Olsen
 (***) Markham (1978)

En el anexo 3 se describen los procedimientos para el cálculo de los indicadores de consumo (Modulo de consumo), de vertimiento (factor de vertimiento), los formatos para la toma de datos para que las granjas hagan un seguimiento al consumo y a los vertimientos, de acuerdo a los resultados tomen medidas para mejorar los indicadores, los módulos de consumo y los

Cultivo de truchas y tilapias en los municipios jurisdicción de Corantioquia

La mayor cantidad de trucheras en la jurisdicción de CORANTIOQUIA están localizadas en los Municipios de Jardín y Belmira además los cultivos de Tilapia en Sopestrán y San Jerónimo,

⁹ <http://www.fao.org/docrep/003/t0697s/t0697s03.htm>

se hicieron visitas técnicas a cuatro trucheras en el Municipio de Jardín y dos de Tilapia en los municipios de Sopetran y San Jerónimo.

En general las trucheras compran alevinos en laboratorios de otras ciudades e inician el cultivo en la etapa de alevinaje uniendo en los mismos estanques la etapa juvenil y de engorde, todas tienen planta de beneficio del pescado, las de tilapia inician desde la etapa de reproducción.

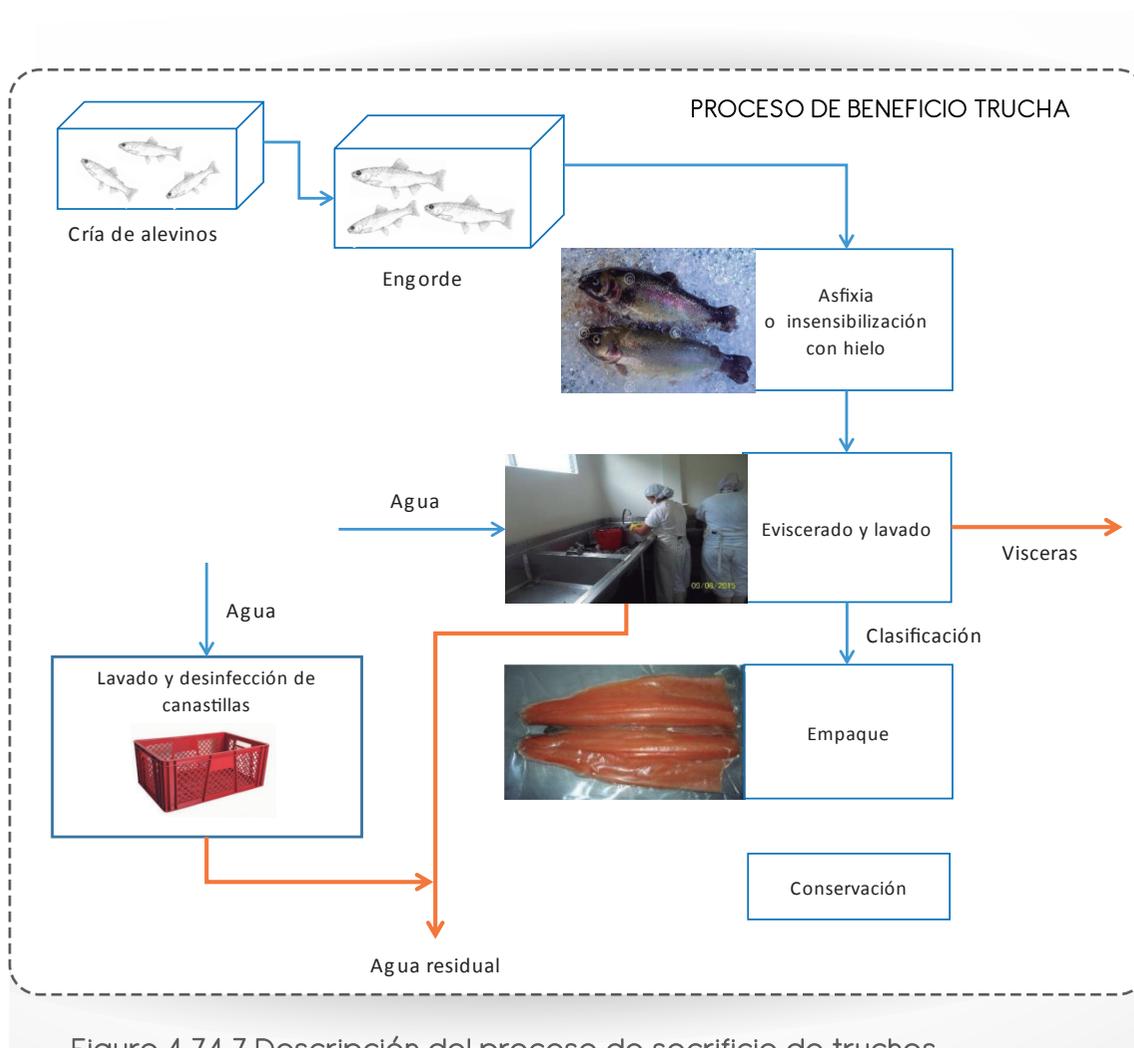


Figura 4.74.7 Descripción del proceso de sacrificio de truchas

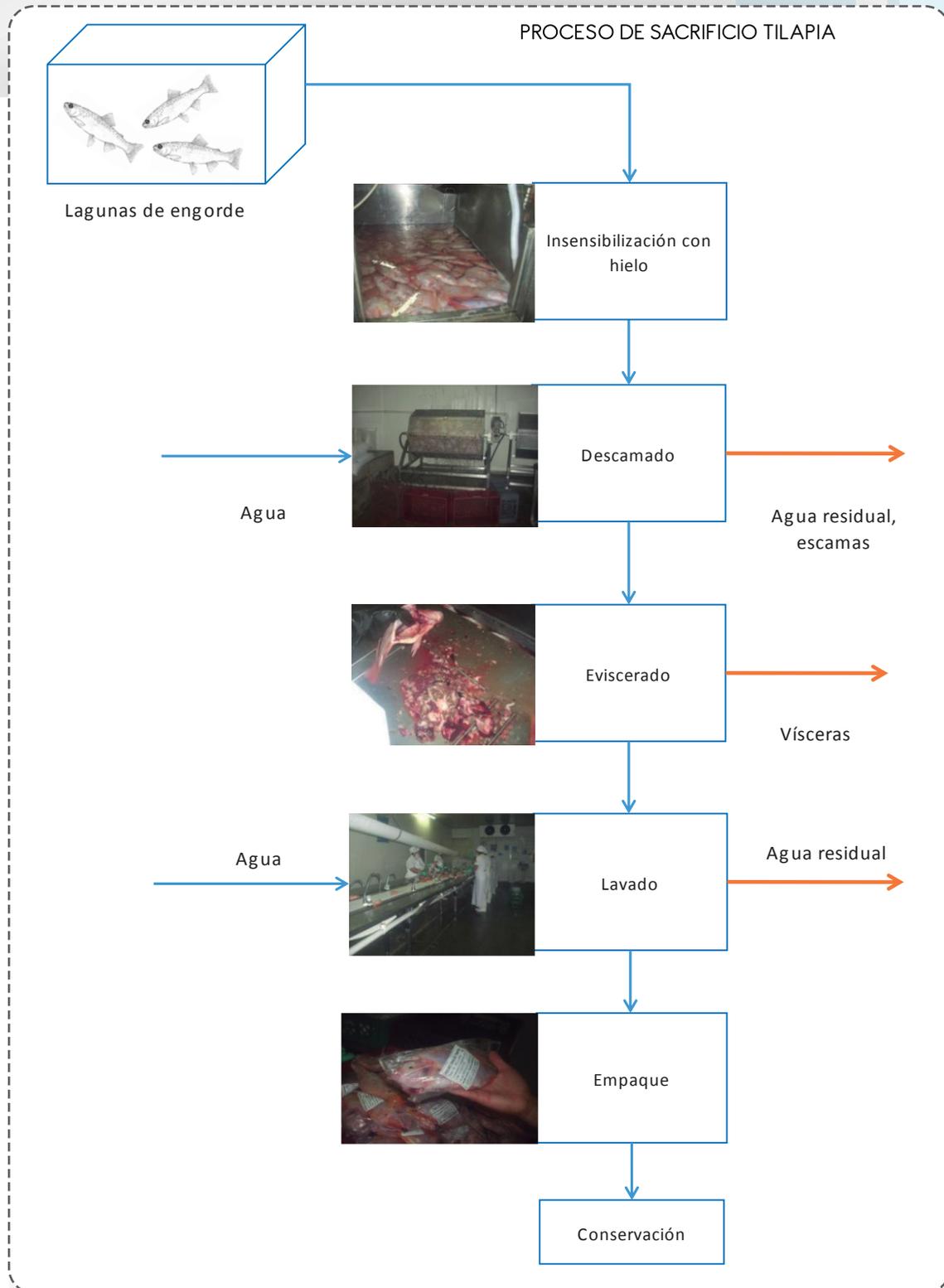


Figura 4.84.8 Proceso de sacrificio de Tilapia



Fosas de disposición de vísceras

En el proceso de sacrificio de trucha tilapia se consume agua en el lavado de los peces, eviscerado, en la limpieza y desinfección de las canastillas de transporte de pescados y la planta de sacrificio.

Las vísceras en unas plantas de trucha se mezclan con los lodos de las trampas de grasas en canecas plásticas y se usan para alimentar ganado, en otras se recogen en baldes y se entierran en una fosa.

los peces nacidos bajo reproducción indeseada son llevados a la compostera donde se mezclan con aserrín y se irrigan con bacterias para hacer compost, para su uso en cultivos e investigaciones; las escamas son almacenadas en costales a la espera de una disposición adecuada o aprovechamiento.

Para obtener el factor de vertimiento se hicieron caracterizaciones de las aguas residuales de dos plantas de sacrificio de truchas y en dos de Tilapia.

En el anexo 3 se muestra el formato para el registro de los datos de caracterización de los vertimientos el cual puede ser usado para las caracterizaciones para presentar auto declaración de tasa retributiva y para el cálculo de factores de vertimiento.

Los factores de vertimiento obtenidos para las plantas de sacrificio en Antioquia son los siguientes:

compostera

Tabla 4.12 Factores de vertimiento plantas de sacrificio de peces

	FV DBO ₅ Kg/Kg de pescado	FV SST Kg/Kg de pescado
Truchera 1	0,011	0,008
Truchera 2	0,29	0,41
Tilapia 1	0,0004	0,0001
Tilapia 2	0,0084	0,0012

Los factores de vertimiento de las trucheras son calculados con vertimientos directos a las fuentes de agua, en las de Tilapia a aguas descargadas después de las plantas de tratamiento.

MANEJO DE SEDIMENTOS:

En uno de los cultivos se observa un buen manejo de los sedimentos, para la recolección en los tanques de engorde se instaló una malla para separar la materia fecal de los peces. Esta es aspirada hacia unos tanques de secado para luego ser usadas como abono para las plantas.



Figura 4.94.9 Tanques de secado lodos de las piscinas de engorde

Los balances de masa y agua muestran que el principal impacto de las piscícolas es debido a la producción de sedimentos con altos contenidos de materia orgánica y a los altos consumos de agua; las cargas contaminantes en el agua residual son relativamente bajas, por ejemplo, en la producción de 80 Kg de trucha, Producción promedio de una granja en Jardín se generan 0,21 Kg/día de DBO₅ (tomando como valor de referencia 2,7 gramos [Bergheim 1982] por Kg - día de DBO₅),

Debido a que todas las piscícolas en los Municipios de Antioquia (Jurisdicción de CORANTIOQUIA) hacen el proceso de sacrificio, los vertimientos de estas plantas son otra fuente de contaminación.

5.

Medidas para evitar la contaminación y hacer uso eficiente de los



Control del suministro de alimento

De acuerdo con los balances de masa y agua la producción de sedimentos es uno de los más relevantes impactos ambientales de las piscícolas, si no se hace un control adecuado de la alimentación cumpliendo con una debida oferta de alimento, se ocasiona el aumento de sedimentos con mayores contenidos de carbón y nitrógeno que aumentan la carga orgánica en el vertimiento de las aguas de los estanques.

El aumento de sedimentos se debe a que los peces toman la cantidad de alimento que se requiere para el crecimiento y digiere lo necesario, al aumentar las cantidades de alimento, el alimento se desperdicia y se convierte en sedimento y se aumentan los desechos fecales, en la Tabla 5.1 a manera de ejemplo, se muestra que en un ciclo de producción de trucha se duplica la oferta de alimento y no se controla frecuencia con la que se suministra se puede cuadruplicar la producción de sedimentos.

Tabla 5.1
Producción de sedimentos con y sin control de la alimentación en cultivo de trucha

BALANCE MASA				
Producción Toneladas de trucha/año	10			
	Alimentación controlada		Alimentación no controlada	
	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)
ALEVINAJE	4,9	3.098	17,3	10.887
JUVENIL	2,3		4,6	
ENGORDE Y COSECHA	7,2		28,8	
TOTAL	14,4		50,6	
Producción de sedimentos Kg/tonelada de trucha	310		1.089	

Los cultivos de tilapia tienen un menor impacto por sedimentos que los de trucha, pero igualmente, si la oferta de alimento no es controlada la producción de sedimento también aumenta, por ejemplo, si se duplica la oferta de alimento en cada etapa y no se hace un buen control de la frecuencia con la que se debe suministrar, se duplica la generación de sedimentos, ver Tabla 5.2. Tabla 5.2 Producción de con y sin control de la alimentación en cultivos de tilapia.

BALANCE MASA				
Producción Toneladas de Tilapia/año	23			
	Alimentación controlada		Alimentación no controlada	
	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)	Alimento (Ton)	Producción sedimentos (Kg)
ALEVINAJE	63,2	69	126,5	138
JUVENIL	6,5		12,9	
ENGORDE Y COSECHA	251,5		503,1	
TOTAL	321,2		642,5	
Producción de sedimentos Kg/tonelada de trucha	3		6	

No hacer un adecuado control en el suministro de alimento, además de que conlleva pérdidas económicas por su desperdicio, aumenta la generación de sedimentos, lo que aumenta los costos de tratamiento y disposición de los sedimentos. Igualmente, el alimento no digerido aumenta la carga orgánica de contaminación en el vertimiento de aguas residuales

Buenas prácticas para el uso eficiente del agua

Las buenas prácticas de ahorro y uso eficiente de agua para las piscícolas están enfocadas principalmente a las plantas de beneficio, en la tabla 5.1 se muestran algunas recomendaciones para ello.

Tabla 5.3 Recomendaciones para el uso eficiente del agua en el proceso¹⁰

RECOMENDACIÓN	BENEFICIO	ACTIVIDADES A REALIZAR
RECOMENDACIONES GENERALES		
Establecer un plan de monitoreo del consumo de agua por etapa del proceso	Establecimiento de una línea base de consumo de agua. (ver anexo 3, módulos de consumo)	Definir un instrumento para el registro de consumo de agua
		Instalar medidores de consumo u otro instrumento de medición de agua
		Registrar el consumo mensual de agua (recibos y lecturas mensuales de los medidores) en las entradas y salidas de cada etapa del proceso
Implementar un plan de ahorro y control del uso del agua.	Reducción de los costos por el uso eficiente de agua en el proceso. Reducción en el volumen de aguas residuales a tratar.	Analizar los registros del plan de monitoreo y realizar un balance de agua para identificar puntos críticos de consumo
		Definir los requerimientos de agua por cada etapa del proceso.
		Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo del sistema de distribución de agua (limpieza y reparaciones)
		Sellar o desmontar las llaves de agua que son prescindibles
		Fomentar entre los empleados el desarrollo de buenas prácticas para la reducción del consumo de agua
		Identificar y eliminar las causas del consumo excesivo por etapa del proceso (fugas, malas prácticas, fallas en el equipo, entre otras)
		Realizar acciones de concientización para los empleados (campañas, rotulación charlas para el uso eficiente del agua: mantener llaves de agua cerradas, etc.).
Instalar válvulas de control para minimizar el consumo de agua (válvulas de resorte, sensores o temporizadores en todas las llaves, etc.).		

¹⁰ Manual de PML en producción de Tilapia - Centro Nacional de PML de Honduras

RECOMENDACIONES ESPECIFICAS		
Implementar una metodología de limpieza en seco en las áreas que lo permitan (procesamiento, empaque, etc.)	Reducción del consumo De agua en las actividades de limpieza de la planta.	Identificar las áreas del proceso en dónde se presenta el derrame de materiales, exceso de polvo, etc.
		Establecer procedimientos de limpieza en seco en las áreas identificadas.
		Capacitar al personal en los procedimientos y controlar su ejecución.
		Asignar un responsable que recolecte, en lo posible, el derrame de materiales (concentrados, escamas, desechos de filete, lubricantes, combustibles, etc.)
Implementar procedimientos y tecnologías eficientes de lavado	Reducción del consumo De agua debido a la disminución en el tiempo y frecuencia de lavado de la planta	Clasificar y disponer adecuadamente los materiales que han sido recolectados, para reutilizarlos y realizar su disposición final.
		Seleccionar y adquirir la tecnología apropiada de acuerdo a las condiciones económicas de la empresa (pistolas de presión y cierre automático en las mangueras, hidrolavadoras etc.).
		Implementar la tecnología adquirida (establecer el procedimiento y capacitar al personal en el procedimiento de lavado, etc.).
Aplicar un sistema de recirculación o de reciclaje de las aguas de los estanques y lagunas de producción (Ver numeral 5.2) y de las aguas de lavado e higienización que salen del proceso.	Reducción en el consumo de agua por la reutilización de las aguas de las lagunas y de las aguas de lavado e higienización. Reducción en el volumen de agua residual a tratar.	Monitorear y verificar la efectividad de la tecnología adquirida.
		Con base en el plan de monitoreo, calcular el volumen de agua de las lagunas y de los estanques y las aguas de lavado e higienización que se puede recircular o reciclar. (Ver Anexo 3, cálculo de módulos de consumo).
		Conducir los efluentes no reutilizables hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales para su tratamiento y descarga acorde a la resolución O631 de 2015).
		Diseñar el sistema de recirculación (revisar diagrama de flujo, elaborar planos, etc.). (Ver numeral 5.2)
		Separar a través de canales y tuberías, las aguas de las lagunas y los estanques de las aguas de lavado e higienización y las que se puedan reutilizar.

		Monitorear y verificar la efectividad del sistema de recirculación o de reciclaje de las aguas de las lagunas y de las aguas de lavado e higienización.
Implementar buenas prácticas en el proceso productivo para el uso eficiente del agua.	Reducción del consumo de agua	Analizar y verificar la posibilidad de minimizar las operaciones de lavado de la planta de beneficio.
		Automatizar el proceso de limpieza de equipos, instalaciones y accesorios con sistemas de CIP (Clean in Place por sus siglas en inglés, que son básicamente sistemas automáticos de recirculación y lavado)
		Analizar e implementar operaciones continuas en lugar de operaciones por lotes, que requieren poco espacio e involucran menos consumo de agua.

Parámetros y alternativas de uso eficiente del agua

Ahorro de agua estimado por uso de pistolas industriales

Diámetro de tubería (pulgadas)	Tiempo de lavado sin pistola (minutos)	Volumen de agua utilizado (litros)	Tiempo de lavado con pistola (minutos)	Volumen de agua utilizado (litros)	Ahorro (Litros)
1/2	5	66	4	53	13
3/4	5	84	4	67	17
1	5	264	4	211	53
1 1/2	5	1.135	4	1.068	67

Uso de mangueras hidrolavadoras a presión

Beneficios	Costo de implementación
Se reduce el consumo de agua para operaciones de lavado de la planta en un 85%, reduciendo así también la cantidad de efluentes.	 <p>Manguera Hidrolavadora</p>
	 <p>Hidrolavadora de alta presión Usos: Lavado de áreas de proceso.</p>

Tipos de grifería para lavamanos y pocetas

Tipo de grifo	Ahorro agua %
1. Con pulsador	65
2. Con palanca	70
3. Con sensor	68



1.



2.



3.

Pérdidas de agua por fugas

Situación	Pérdida en Litros/día
Grifo goteando	80
Chorro fino de agua de 1.6 mm	180
Chorro grueso de agua de 3.2 mm	350
Chorro completo de 4.8 mm	6000 Litros/min25

Sistemas de recirculación de agua

Las actividades piscícolas en el Departamento de Antioquia consumen grandes volúmenes de agua/día que afectan la disponibilidad futura del recurso agua y que afecta a los usuarios del recurso en la zona donde se desarrolla la actividad e incluso es una amenaza para la sostenibilidad de la propia granja piscícola, por esta razón los productores deben usar nuevos métodos de aprovechamiento de agua.

Al recircular el agua, se ahorra este recurso; se utilizan espacios pequeños de terreno y se controlan las condiciones de calidad del agua además de facilitar una mejor prevención y control de enfermedades.¹¹

El tratamiento del agua para la recirculación busca eliminar sustancias inertes, destruir gérmenes patógenos y facilitar intercambios de gas entre la fase líquida y la gaseosa.

Las etapas de un sistema de recirculación de agua son:

- Circulación de agua
- Remoción de sólidos
- Nitrificación (Filtro biológico)
- Desinfección
- Aireación (oxigenación)

¹¹ Sistemas de Recirculación de Agua para la Acuicultura en el estado de Hidalgo. -Ing. Rigoberto Engel Ugalde

☐ Diseño del sedimentador

la sedimentación es una tecnología sencilla para el dimensionamiento se sugiere el siguiente método (Tchobanoglous - 2000):

- Calcular el área superficial necesaria bajo condición de caudal promedio.
- Determinar las dimensiones del área superficial para una relación largo-ancho de 4 a 1.
- Determinar la carga superficial y el tiempo de retención para caudal medio.
- Determinar la carga superficial y el tiempo de retención para caudal pico.
- Calcular la velocidad de arrastre.

☐ Diseño filtros biológicos

Para determinar las dimensiones y características apropiadas de los filtros biológicos se debe tener la siguiente información:

- Edad de los peces
- Cantidad de alimento suministrado en el último día de estancia en la etapa de crecimiento
- El porcentaje de proteína en el alimento y el volumen total de agua en los estanques donde se encuentran los organismos
- Los pasos fundamentales para el diseño de filtros biológicos en aguas frías, de 10 a 22 °C (propicias para la trucha arco iris) es el siguiente (Segovia, 2009):
 - ° Determinar la producción de nitrógeno amoniacal (PNAT)
 - ° Calcular el volumen de arena requerido para metabolizar el PNAT
 - ° Seleccionar la altura de la cama de arena y altura de filtro
 - ° Determinar el área del biofiltro
 - ° Obtener las velocidades de agua para separar las partículas de arena
 - ° Calcular la tasa de flujo de agua para separar el lecho de arena
- En agua más cálida para tilapia, carpa, bagre o camarón (25 a 32 °C) se usan los siguientes pasos (Segovia, 2009):
 - ° Calcular el requerimiento de oxígeno disuelto
 - ° Calcular la tasa de flujo requerida en tanques para satisfacer la demanda de oxígeno.
 - ° Calcular la tasa de recambio del sistema de recirculación
 - ° Calcular la producción de nitrógeno amoniacal total (PNAT).
 - ° Calcular el área del medio filtrante necesaria para remover la PNAT.
 - ° Calcular el volumen de medio filtrante requerido basado en el área asociada al medio que se va a usar.
 - ° Calcular el área del biofiltro
 - ° Calcular la altura del biofiltro a partir del área y el volumen de medio filtrante.

Los sistemas diseñados e instalados cultivos de trucha y engorde de peces en estanques en México se muestran a continuación¹²

¹² Sistemas de Recirculación de Agua para la Acuicultura en el estado de Hidalgo. -Ing. Rigoberto Engel Ugalde

SISTEMA PROPUESTO 1: Cultivo en tanques independientes

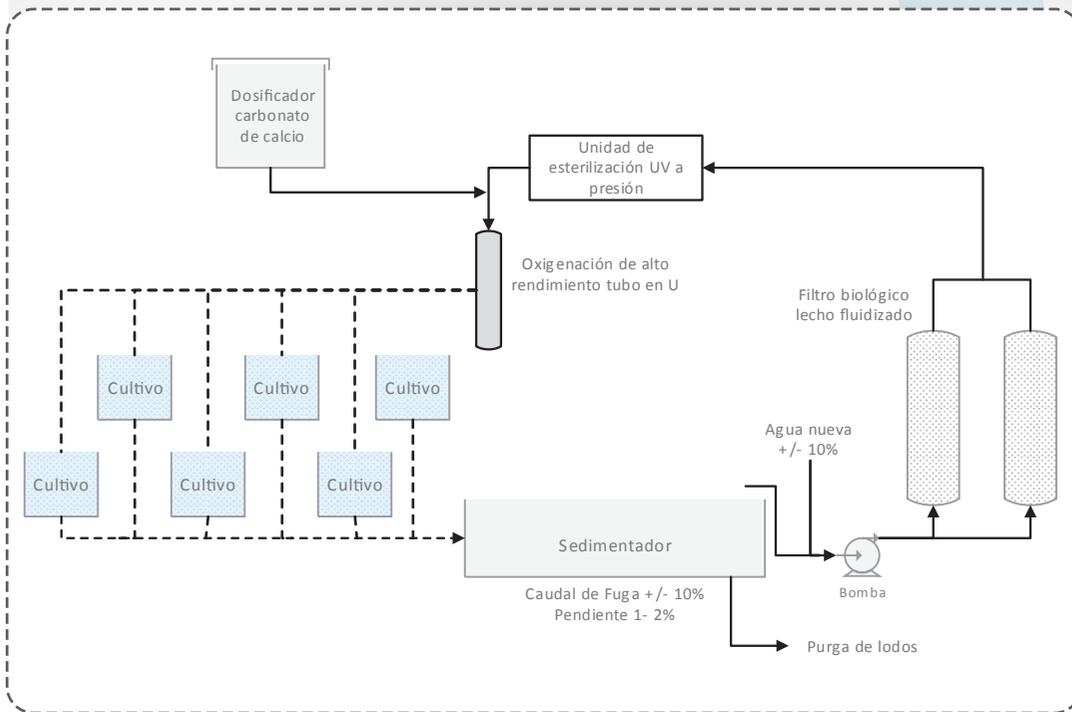


Figura 5.25.2 Sistema de recirculación - cultivo en tanques independientes

SISTEMA PROPUESTO 2: Cultivo en tanques en serie

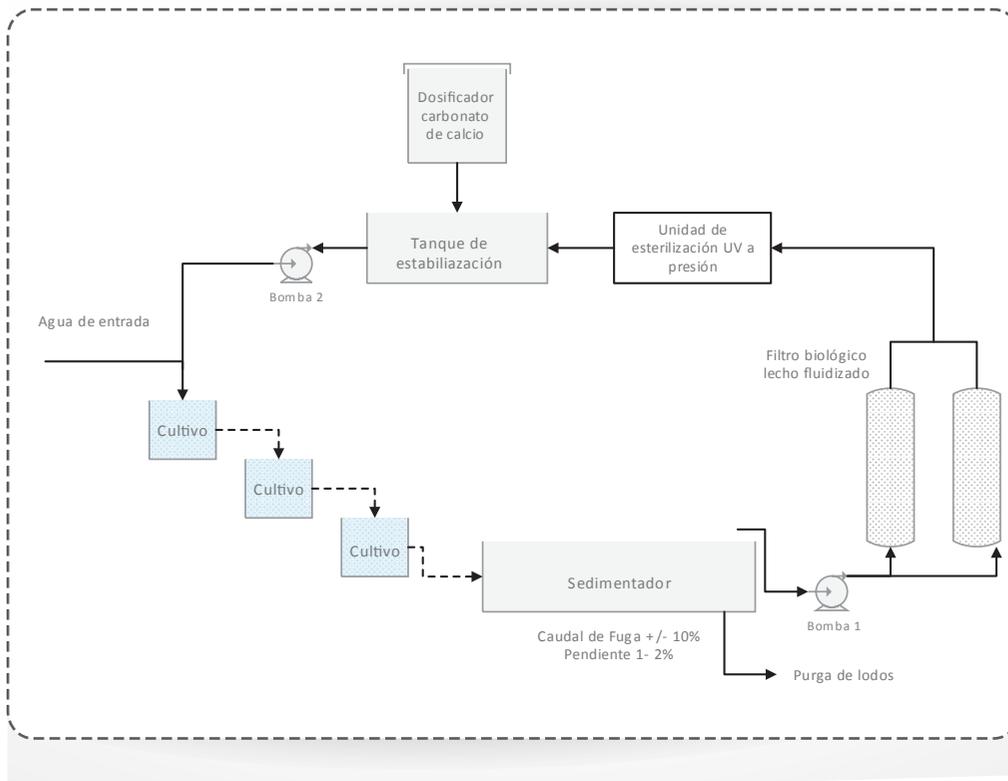


Figura 5.35.3 Sistema de recirculación de agua, cultivo en tanques en serie

SISTEMA PROPUESTO 3: Cultivo de tilapia

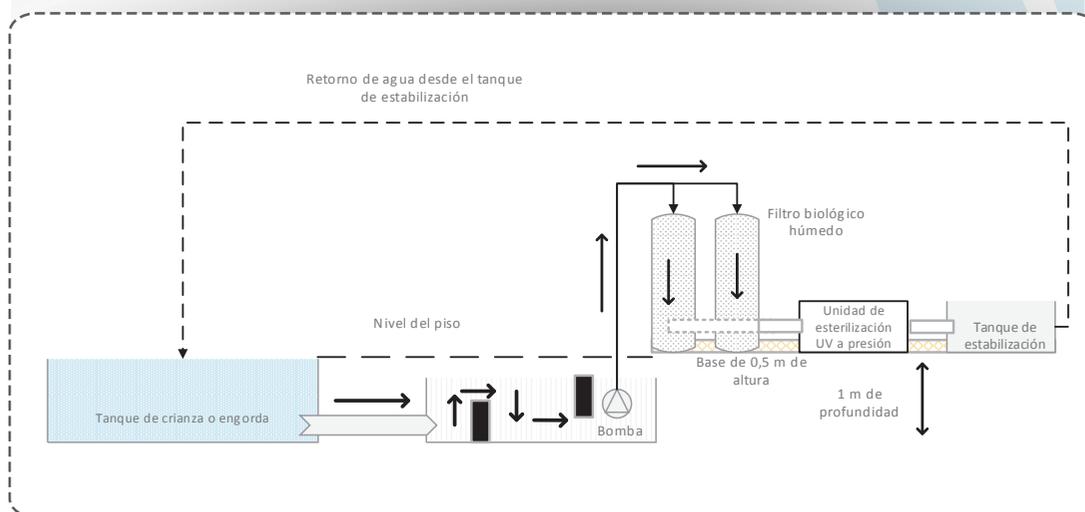


Figura 5.45.4 Sistema recirculación de agua – cultivo de Tilapia

Los ahorros de agua estimados con los sistemas de recirculación de agua instalados en México¹³ son en promedio el 80%, con este porcentaje a los cultivos de trucha visitados (para los cultivos de tilapia no hay información) en el marco del convenio de Producción y Consumo Sostenible–PyCS tendrían los siguientes ahorros de agua:

	Producción Ton/mes	Concesión (L/s)	Consumo de agua (m ³ /día)	m ³ /día de la concesión	Consumo con SRA m ³ /día
Módulo de consumo (Litros/s - Ton)	2,75	Calculado de los balances de masa y agua			
Piscicola 1	2,5	212	594	18.316,8	118,8
Piscicola 2	2,9	80	689	6.912,0	137,8

Las tasas por uso de estas piscícolas son muy bajas con relación a consumos calculados a partir del módulo de consumo, pero los sistemas de recirculación de agua ahorrarían un 80% en el costo de la tasa:

TASAS POR USO		
	Actual (\$/año)	Con Sistema de recirculación de agua (\$/mes)
Piscicola 1	\$ 183.902,40	\$ 36.780,48
Piscicola 2	\$ 213.326,78	\$ 42.665,36

¹³ Sistemas de Recirculación de Agua para la Acuicultura en el estado de Hidalgo. –Ing. Rigoberto Engel Ugalde

Ahora bien, el vertimiento con los Sistemas de recirculación de agua (SRA) igualmente se reduce en un 80%, las caracterizaciones realizadas a estas piscícolas dieron los siguientes resultados:

Parámetro	Concentración	Caudal L/s (actual)	Caudal L/s (SRA)
DBO ₅ mg/l	5	198	39,60
SST mg/l	7		
DBO ₅ mg/l	3	114	22,80
SST mg/l	7		

La tasa retributiva a pagar actualmente con respecto al caudal vertido con el SRA es la siguiente:

TASA RETRIBUTIVA						
	Actual		Con SRA		Actual	Con SRA
	Carga DBO ₅ (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	Carga DBO ₅ (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	(\$/año)	
Piscicola 1	85,54	119,75	17,11	23,95	\$ 5.918.684	\$ 1.183.737
Piscicola 2	29,55	68,9	5,91	13,79	\$ 2.555.400	\$ 511.080

Los ahorros año de las piscícolas es la siguiente:

	Ahorro en TR/año	Ahorro en TU/año	Ahorro/año
Piscicola 1	\$ 4.734.947	\$ 130.014,72	\$ 4.864.962
Piscicola 2	\$ 2.044.320	\$ 150.817,08	\$ 2.195.137

El ahorro por Tasa por uso y tasa retributiva es muy bajo, sin embargo, debido a que en las piscícolas no hay cultura de medición de caudales puede haber menor productividad y desperdicio de alimento que ocasiona costos más altos de producción, por lo cual para evaluar el costo/beneficio de la recirculación del agua en términos económicos las piscícolas deben implementar la medición de caudal como se indica en la metodología de cálculo del módulo de consumo.

En el análisis también debe tenerse en cuenta que algunas piscícolas tienen lagunas de oxidación para el tratamiento de aguas residuales y al implementar los sistemas de recirculación de agua las lagunas pueden convertirse en terrenos para construcción de lagunas de producción en el caso de los cultivos de Tilapia, para las trucherías es recuperación de áreas importantes de terreno que pueden ser utilizados para otras actividades agropecuarias.

Uso y manejo de sedimentos

La piscicultura es un medio eficiente para producir alimento de alta calidad, que involucra la interacción entre agua y sedimento; por esta razón, el manejo inadecuado de cualquiera de estos dos elementos puede perjudicar la sobrevivencia y crecimiento de las especies cultivadas. Se considera importante caracterizar el sedimento de estanques piscícolas y determinar algunos parámetros como la concentración de materia orgánica, pH, macro y micronutrientes, con el fin de definir un manejo sostenible que incluya su adecuada disposición, uso y manejo de los sedimentos que produce la actividad piscícola¹⁴

Uso y manejo de sedimentos

En los cultivos de trucha se estima que la producción de sedimentos es de 310 Kg/Tonelada de trucha y en Tilapia 3 Kg/Ton.

La producción de sedimentos es alta, en un estudio llevado a cabo en la Universidad del Cauca¹⁵, se encontró que la no extracción frecuente del lodo retenido en el estanque genera mayores usos de recurso hídrico, que, si bien las concentraciones de materia orgánica y nutrientes encontradas en los efluentes son bajas, la contaminación generada no es despreciable.

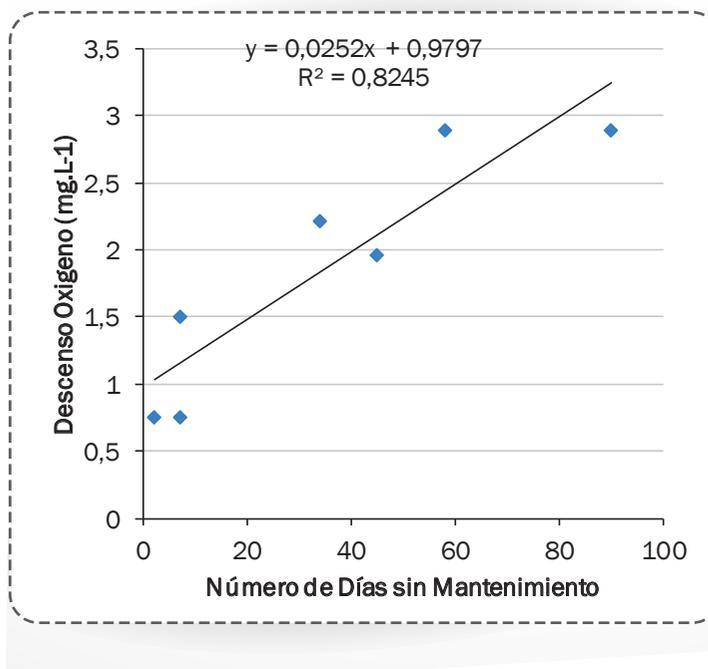


Figura 5.55.5
Frecuencia de mantenimiento

¹⁴ Uso y manejo de sedimentos provenientes de piscicultura como base para el manejo sostenible: revisión del tema, Julio A. González Acosta Biólogo Esp., MSc. Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, jogonzalez@unisalle.edu.co

¹⁵ Estanque MULTIPRO. Un Desarrollo Innovativo en la Producción de Trucha, J. E. Fernández Mera, Ph.D. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca, jefernandez@unicauca.edu.co, et-al.

Los resultados del diagnóstico conducen al diseño de un nuevo estanque, en el cual se logren lo siguiente:

- Control de los sólidos suspendidos
- Partículas sedimentadas al interior del estanque
- La estructura debe permitir que las partículas sedimentadas puedan ser trasladadas a una zona de almacenamiento
- Extracción del lodo debe ser realizada antes que los procesos de disolución y degradación se inicien.
- El método de extracción debe ser simple y no requerir de sistemas mecánicos complejos.
- El lodo extraído debe salir en forma separada del efluente principal.

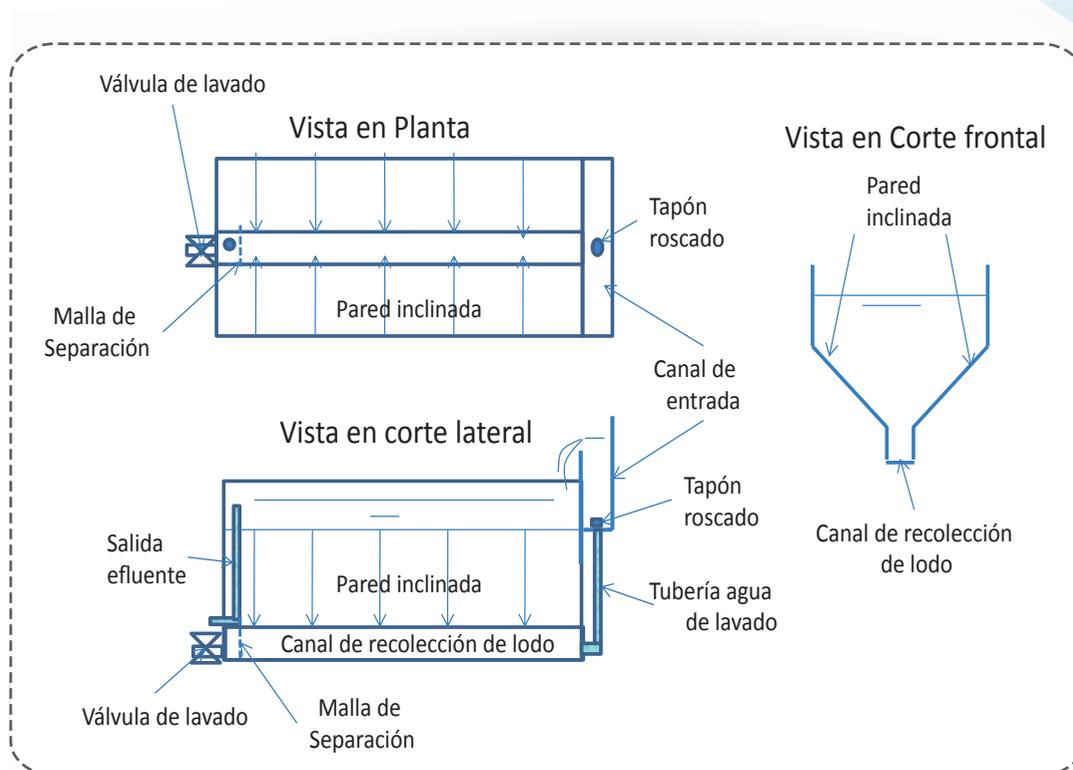


Figura 5.55.5 Frecuencia de mantenimiento

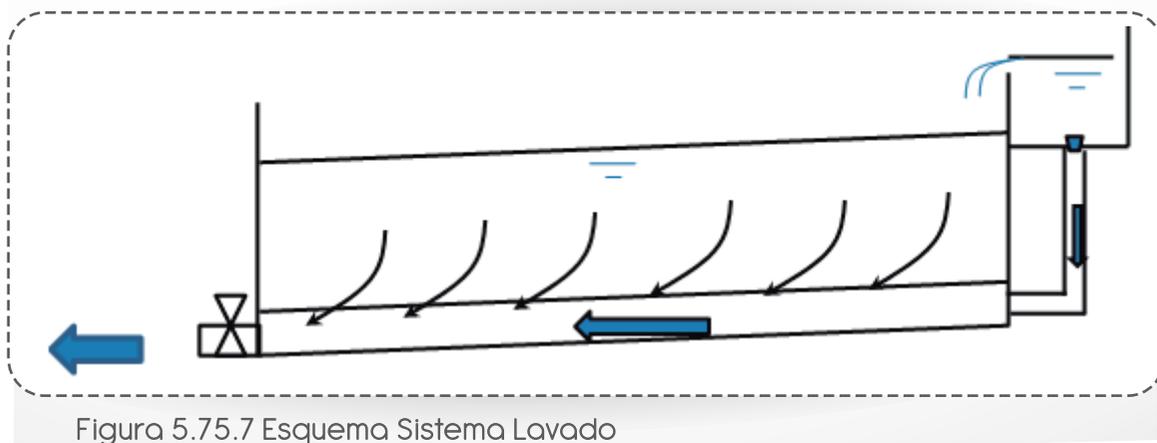


Figura 5.75.7 Esquema Sistema Lavado

Los estudios para determinar la inclinación de las paredes arrojaron los siguientes resultados:

- La menor acumulación de lodo en la pared se da en el ángulo de 60°, y la mayor en el ángulo de 30°.
- Angulo de 45° presenta condiciones intermedias entre otros dos ángulos de inclinación

Determinados los ángulos de inclinación de las paredes de los estanques se hizo una comparación del estanque propuesto con los estanques convencionales en una piscícola del departamento del Cauca, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 5.4 Tiempo necesario para alcanzar un peso promedio de 300g, iniciando con un peso de 110g

Estanque	Tiempo requerido (días)	Diferencia (días)
Prototipo	95.0	33.6
Convencional	128.6	

Reducción del 26.2% del tiempo

Tabla 5.5 Impacto por el menor tiempo de producción

Parámetro	Cantidad producida o utilizada por Estanque Prototipo	Cantidad producida o utilizada por Estanque Convencional	Carga no vertida o volumen no utilizado por Prototipo	
			Cantidad	% Reducción
SST [g]	208.8	563.6	354.7	62.9
NTK [g]	6.7	11.1	4.3	39.3
NAT [g]	6.1	8.0	1.9	23.4
PT [g]	4.9	10.8	5.9	54.4
Volumen de agua [m3]	21032	34528	13496	39.1

Conclusiones

- La utilización de un ángulo de inclinación de 45° en la pared permite el redireccionamiento del lodo sedimentado hacia el canal de fondo del estanque.
- La longitud del estanque hidrodinámicamente más apropiada para el arrastre de las partículas durante el lavado, corresponde a 11 m con una pendiente de fondo superior o igual al 1%.
- Es posible usar una longitud de hasta 15 m con una pendiente de fondo 1.4%, bajo estas condiciones se puede arrastrar partículas hasta de $1500 \mu\text{m}$.
- El periodo para extracción de lodo no mayor a 48 h puede llegar a reducir hasta el 92% del nitrógeno amoniacal, el 80% del N- NTK y el 97% del P-PT.

El estudio mostró que el estanque prototipo presenta grandes ventajas respecto del estanque convencional en concreto:

- Genera menores cargas contaminantes en el efluente en términos de sólidos suspendidos totales (62,9%), nitrógeno total Kjeldahl (39,3%) nitrógeno amoniacal (23,4%) y fósforo total (54,4%).
- Reducción en el uso del recurso hídrico (39.1%).
- Genera mayores tasas de crecimiento y por lo tanto reducción en los tiempos de cultivo.

Por permitir realizar el control de la contaminación generada por los sólidos en suspensión, reducir los tiempos de producción, además de optimizar el uso de recurso hídrico, se le reconoce a este tipo de estanque como multipropósito (MULTIPRO)

La implementación de la tecnología de estanques MULTIPRO, conjuntamente con sistemas de recuperación del lodo y tratamiento de los efluentes de lavado, en lugar de la tecnología tradicional de estanques en tierra o en concreto permitirá grandes avances en la producción ambientalmente sostenible de la trucha.

6.

Anexos

ANEXO 1

Límites permisibles piscícolas

La actividad de la acuicultura no se encuentra en ningún sector de la resolución por lo cual los límites permisibles de vertimiento de esta actividad se ubican en el capítulo 7, otras actividades.

Límites permisibles resolución 631 se 2015

	Unidades	SECTOR PISCICOLA (CAPITULO VII, OTRAS ACTIVIDADES)
GENERALES		
pH	Un. de pH	6 a 9
Demanda Química de oxígeno (DQO)	mg/l O ₂	150
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/l O ₂	50
Sólidos suspendidos totales	mg/l SST	50
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/l	1
Grasas y aceites	mg/l	10
COMPUESTOS DE FÓSFORO		
Fósforo total (P)	mg/l	Análisis y reporte
COMPUESTOS DE NITRÓGENO		
Nitrógeno total	mg/l	Análisis y reporte
OTROS PARÁMETROS PARA ANÁLISIS Y REPORTE		
Acidez Total (mg/l CaCO ₃), Alcalinidad Total (mg/l CaCO ₃), Dureza Cálctica (mg/l CaCO ₃), Dureza Total (mg/l CaCO ₃).		
Color real, medidas de absorbancia a las longitudes de onda de 436, 525, 620 nm		

ANEXO 2

Modelo de cálculo tasas retributivas

Decreto 2667 de 2012 – Tasas retributivas

Por medio de este decreto se reglamenta la tasa retributiva, por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales.

En sus artículos 4 y 5 establece las autoridades ambientales que son competentes para cobrar y recaudar la tasa retributiva. En su artículo 6 establece quienes están obligados a pagar la tasa retributiva.

En los artículos 8 y 9 establece metas globales, individuales y grupales de cargas contaminantes. En sus artículos 12 y 13 establece procedimientos para la fijación de metas globales de carga contaminante y el procedimiento de seguimiento y cumplimiento de esa meta.

En el artículo 18 establece el cálculo del monto a cobrar por concepto de tasa retributiva. En el artículo 19 establece los parámetros contaminantes que son objeto del cobro de la tasa y en el artículo 20 la destinación del recaudo. [República de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013].

► Cálculo tasas retributivas

Carga contaminante diaria (Cc):

Es el resultado de multiplicar el caudal promedio por la concentración de una sustancia, elemento o parámetro contaminante por el factor de conversión de unidades y por el tiempo diario de vertimiento del usuario, medido en horas por día, es decir:

$$C_c = Q \times C \times 0,0036 \times t$$

Cc = Carga contaminante en Kg/día,

Q = Caudal (Litros/s)

C = Concentración del elemento, sustancia o compuesto contaminante, en miligramos por litro (mg/l)

0.0036 = Factor de conversión de unidades (de mg/s a kg/h)

t = Tiempo de vertimiento del usuario, en horas por día (h)

Tarifa de la tasa retributiva (Ttr):

Para cada uno de los parámetros objeto de cobro, la autoridad ambiental competente establecerá la tarifa de la tasa retributiva (Ttr) que se obtiene multiplicando la tarifa mínima (Tm) por el factor regional (Fr), así:

$$T_{tr} = T_m \times F_r$$

Tarifa mínima de la tasa retributiva (Tm):

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establecerá anualmente mediante resolución, el valor de la tarifa mínima de la tasa retributiva para los parámetros sobre los cuales se cobrará dicha tasa, basado en los costos directos de remoción de los elementos, sustancia o parámetros contaminantes presentes en los vertimientos líquidos, los cuales forman parte de los costos de recuperación del recurso afectado.

Las tarifas mínimas de los parámetros objeto de cobro establecidas en la Resolución número 273 de 1997 actualizada por la Resolución número 372 de 1998, continuarán vigentes hasta tanto el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las adicione, modifique o sustituya.

TARIFA MÍNIMA TR A 2014	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	118,54 \$/Kg
Sólidos suspendidos totales (SST)	50,74 \$/Kg

► Factor Regional

Es un factor multiplicador que se aplica a la tarifa mínima y representa los costos sociales y ambientales de los efectos causados por los vertimientos puntuales al recurso hídrico.

Este factor se calcula para cada uno de los elementos, sustancias o parámetros objeto del cobro de la tasa y contempla la relación entre la carga contaminante total vertida en el periodo analizado y la meta global de carga contaminante establecida; dicho factor lo ajustará la autoridad ambiental ante el incumplimiento de la mencionada meta.

Los ajustes al factor regional y por lo tanto a la tarifa de la tasa retributiva, se efectuarán hasta alcanzar las condiciones de calidad del cuerpo de agua para las cuales fue definida la meta.

De acuerdo con lo anterior, el factor regional para cada uno de los parámetros objeto del cobro de la tasa se expresa de la siguiente manera:

$$FR_i = FR_o + \left(\frac{C_c}{C_m} \right)$$

Donde:

FR_{-1} = Factor regional ajustado, para el primer año del quinquenio $FR_{-1} = 1$

FR_{-0} = Factor regional del año inmediatamente anterior,

Para el primer año del quinquenio $FR_{-0} = 0$

C_c = Total de carga contaminante vertida por los sujetos pasivos de la tasa retributiva al cuerpo de agua o tramo del mismo en el año objeto de cobro expresada en Kg/año

C_m = Meta global de carga contaminante para el cuerpo de agua o tramo del mismo expresada en Kg/año.

La autoridad ambiental competente cobrará la tarifa de la tasa retributiva evaluando anualmente a partir de finalizado el primer año, el cumplimiento de la meta global del cuerpo de agua o tramo del mismo, así como las metas individuales y grupales.

El monto a cobrar a cada usuario sujeto al pago de la tasa dependerá de la tarifa mínima, el factor regional de cada parámetro objeto de cobro y la carga contaminante vertida, de conformidad con la siguiente fórmula:

$$MP = \sum_{i=1}^n T_{mi} \times F_{ri} \times C_i$$

Donde:

MP = Total Monto a Pagar.

T_{mi} = Tarifa mínima del parámetro i .

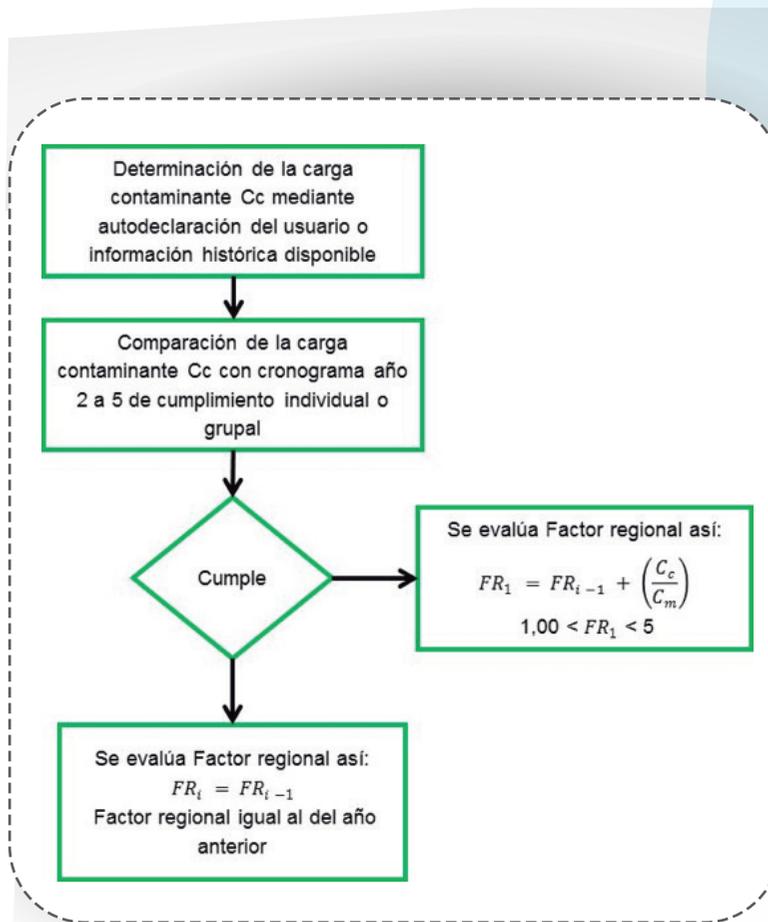
F_{ri} = Factor regional del parámetro i aplicado al usuario.

C_i = Carga contaminante del parámetro i vertido durante el período de cobro.

n = Total de parámetros sujetos de cobro.

CORANTIOQUIA en el acuerdo 441 de 2013 define la meta global, metas individuales y grupales de carga contaminante para los parámetros DBO5 y SST, en los cuerpos de aguas o tramos de los mismos en su jurisdicción, para el periodo 2014-2018".

Para el cálculo del Factor regional para años 2 a 5 del Quinquenio [2014 - 2018] se sigue el siguiente procedimiento:



ANEXO 3

Modulos de consumo y factor de vertimiento

Módulos de consumo de agua y factor de vertimiento¹⁶

Módulo de consumo:

Es la cantidad de agua que se requiere para el desarrollo de una actividad o la obtención de un producto. Sirve para determinar los caudales o volúmenes de agua que se asignan a personas naturales o jurídicas para el desarrollo de sus actividades domésticas, agropecuarias, industriales, comerciales o de otro tipo; así mismo, sirve como criterio para determinar potenciales de ahorro y uso eficiente del recurso.

Factor de vertimiento:

Se define como la carga contaminante generada por unidad de producción en el sector industrial o por usuario en el sector de servicios. A partir de este se podrán definir criterios para cumplir con las metas de reducción de contaminantes.

¹⁶ Metodología cálculo de módulos de consumo y factor de vertimientos Área Metropolitana del Valle de Aburrá - Diciembre de 2010

Metodología cálculo de módulos de consumo

Para obtener los módulos de consumo del proceso de minería se deben seguir los siguientes pasos:

Recopilar información

Revisión de la información histórica de consumos de agua y vertimientos de la empresa o en su defecto hacer una minuciosa recopilación de información secundaria que permita preparar diagramas de procesos y balances de agua preliminares. Muchas veces no es posible tener datos precisos, sin embargo, se requiere, en la medida de lo posible, tener una buena aproximación al estado actual del consumo de agua y del vertimiento generado.

Diagrama del proceso

Se hace un diagrama del proceso identificando cada una de las etapas donde se consume el mayor volumen de agua y se generan los vertimientos más significativos. Se deben presentar las fuentes de agua utilizada (pozo, quebrada, planta de tratamiento propia, acueducto, etc.).

Variables que inciden en el consumo de agua y el vertimiento

Existen muchas variables propias de cada proceso, que inciden directamente en el volumen de agua consumida o en la carga contaminante generada. Se deben identificar aquellas que requieren registrarse o medirse de tal manera que se logre cuantificar su importancia en el uso eficiente del agua. Adicionalmente, existen variables que no son susceptibles de control y sin embargo influyen en el proceso. Lo anterior implica que las mediciones de módulos de consumo tendrán un mayor grado de incertidumbre.

► Medición de consumos de agua

La medición es la herramienta básica del control, la cual sirve de guía para alcanzar eficazmente los objetivos planteados con el mejor uso de los recursos disponibles. Una buena medición permitirá obtener mejores resultados en el proceso de medición y reducirá el tiempo requerido para conocer los módulos de consumo.

Etapas del proceso a medir ◀

Para seleccionar la etapa a la cual se le medirá el módulo de consumo o factor de vertimiento, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

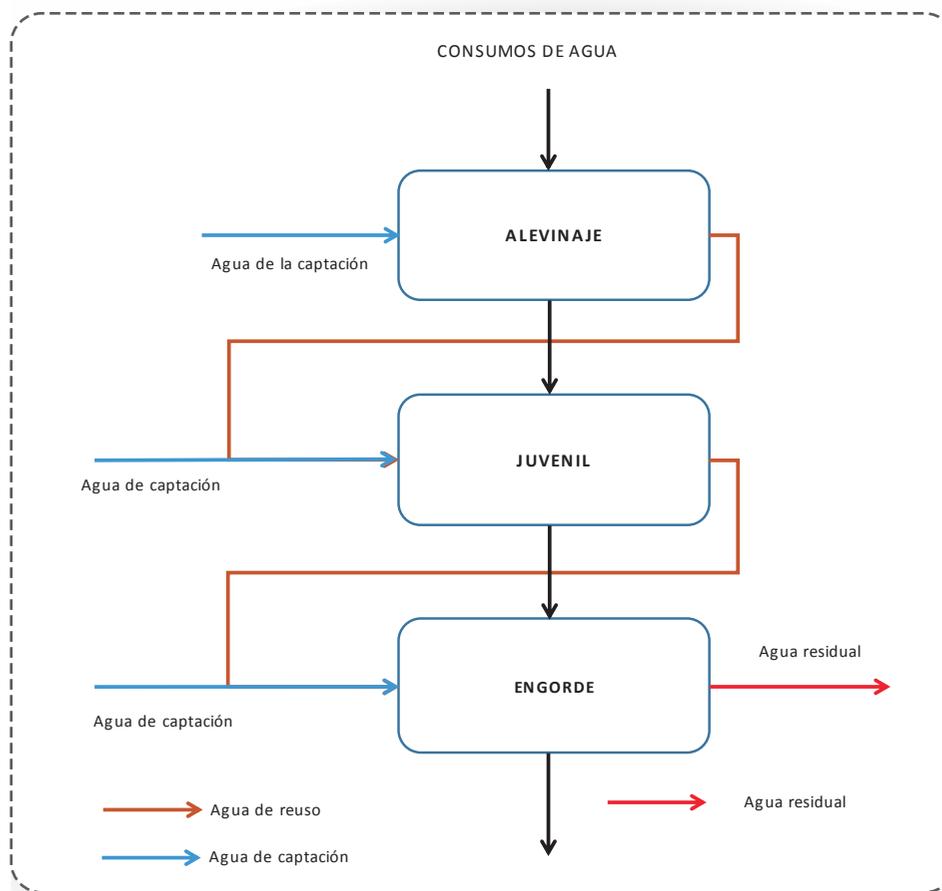
- El diagrama de proceso presenta porcentajes elevados de agua.
- No se tiene información de su consumo y por lo tanto se requiere medición.
- Es un proceso muy común en la producción o prestación del servicio
- Datos de información secundaria reportan altos consumos o carga contaminante

En el control del consumo de agua en un entable de minería se deben medir los consumos de agua en las etapas de mayor consumo: Molienda, centrifugas y cianuración y el consumo total que entra al entable. En la Figura 8.2 se muestran los puntos donde deben ir instalados los medidores.

► Cálculo del módulo de consumo en cultivo de peces

Para obtener los módulos de consumo de la trucha se deben medir independientemente los consumos de agua en los siguientes puntos:

1. Medición del caudal de entrada de agua a la piscícola, en la captación
2. Medición del caudal a la entrada de los tanques de alevinaje,
3. Medición de caudal de agua de la captación que completa la cantidad de agua requerida en la etapa juvenil.
4. Medición de caudal del agua de captación que completa el agua requerida en el engorde.



Díagrama de flujo de los puntos de captación de agua

Los caudales que se requieren en la entrada de los estanques dependen del volumen útil de los estanques y de los requerimientos de recambio por hora.

Instalar vertederos o medidores de altura/velocidad en los canales de entrada de cada uno de los estanques y válvula de compuerta que permitan regular el flujo de entrada a cada tanque. Se recomienda la instalación de los vertederos en los siguientes puntos:

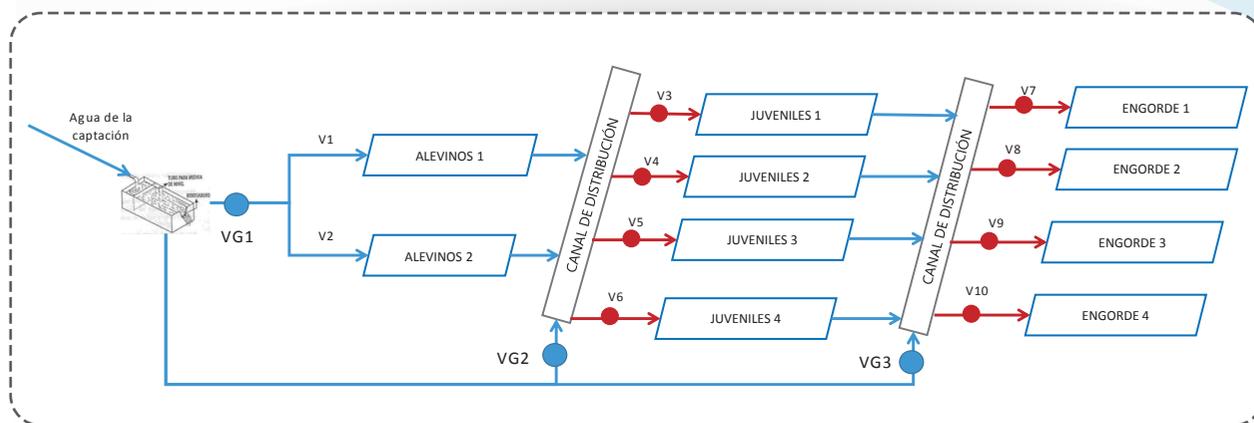
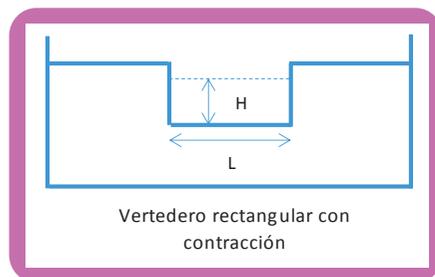


Figura 6.1 Puntos de instalación de vertederos

Para la medición del consumo de agua se instalan los vertederos VG1, VG2 y VG3, vertederos V1 al V10 son vertederos de control de caudal a la entrada de cada estanque, y deben contar con compuertas que permitan regular el caudal, se recomiendan vertederos rectangulares:



$$Q_{m^3/s} = 1,83 \times L \times H^{1,5}$$

Q = Caudal m³/s
L = Longitud de la cresta, m
H = Cabeza en m

Los medidores VG1, VG2 y VG3 se deben leer dos veces al día e igualmente deben tener compuertas para controlar el flujo. Los vertederos deben ser calibrados y las ecuaciones de cálculo del caudal en litros/s deben estar en los formatos de registro, de tal manera que solo se mida la altura de nivel de agua, el encargado del cultivo hará los cálculos del consumo de agua.

Registrado el consumo de agua se registra la Biomasa total (Kg de truchas) distribuidas en todos los estanques, valores que se obtienen de los inventarios que se hacen en el control del cultivo.

REGISTROS CONSUMO DE AGUA DIARIO								
RESPONSABLE DEL CONTROL DE FLUJOS DE AGUA								
FECHA DE REGISTRO								
EUCACION DE CALIBRACIÓN DEL VERTEDERO			$Q \text{ m}^3/\text{s} = 1,83 \times L \times H^{1,5}$					
			L = valor fijo del diseño del vertedero					
			H = Lectura					
CAUDAL VG1			CAUDAL VG2			CAUDAL VG3		
Hora	H (m)	Q (m ³ /s)	Hora	H (m)	Q (m ³ /s)			
8:00 a. m.		a	8:00 a. m.		a			
6:00 p. m.		b	6:00 p. m.		b			
Total horas	10	C1= (a+b)/2	Total horas	10	C2= (a+b)/2	Total horas	10	C3= (a+b)/2
Volumen consumido (m³)	Volumen de agua consumido - V (m ³ consumidos/día) = (C1 + C2 + C3) m ³ /s * 86400 s/día							
BIOMASA PROMEDIO EN LOS ESTANQUES (Kg de trucha)			B					
MODULO DE CONSUMO m³/Kg - día			V/B					

Registrar el consumo de agua le permitirá al usuario la tasa por uso de acuerdo al consumo real y no presuntiva de acuerdo al caudal concesionado, las tasa por uso se calcula de la siguiente manera:

► Metodología de cálculo de la Tasa por uso

El decreto 155 de 2004 reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones, CORANTIOQUIA como autoridad ambiental es la entidad competente para recaudar la tasa por utilización del agua.

Todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que utilicen el recurso hídrico en virtud de una concesión de aguas están obligadas al pago de la tasa por utilización del agua.

Esta tasa se cobra por el volumen de agua efectivamente captada, dentro de los límites y condiciones establecidos en la concesión de aguas. Si el usuario de la concesión tiene implementado un sistema de medición podrá presentar a CORANTIOQUIA en los términos y periodicidad que esta determine conveniente, reportes sobre los volúmenes de agua captada, en caso de no contar con sistema de medición CORANTIOQUIA liquidará el cobro de la tasa con base en lo establecido en la concesión de aguas.

La tarifa de la Tasa la establece la autoridad ambiental para cada cuenca hidrográfica, acuífero o unidad hidrológica de análisis y está compuesta por el producto de dos componentes: la tarifa mínima (TM) y el factor regional (FR):

$$TU = TM \times FR$$

La tarifa mínima la define anualmente el Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo sostenible, en la resolución 240 del 8 de marzo del 2004 el valor de la tarifa mínima quedó en cero punto cinco pesos por metro cúbico (0.5 \$/m³).

En el artículo 3 de la resolución No. 040140319222, CORANTIOQUIA fija la tarifa de la Tasa para el año 2014 en cero punto setenta y seis (0,76 \$/m³). El artículo 12 del decreto 155 establece el valor a pagar por el usuario como el producto de la tasa por uso (TU) en \$/m³ por el volumen captado corregido por el factor de costo de oportunidad, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VP = TU \times (V \times Fop)$$

VP: es el valor a pagar por el usuario sujeto pasivo de la tasa, en el período de cobro que determine por la autoridad ambiental, expresado en pesos.

TU: es la tarifa de la tasa por utilización del agua, expresada en pesos por metro cúbico (\$/m³)

V: es el volumen de agua base para el cobro. Corresponde al volumen de agua captada por el usuario sujeto pasivo de la tasa que presenta reporte de mediciones para el período de cobro determinado por la autoridad ambiental, expresado en metros cúbicos (m³).

Fop: Factor de costo de oportunidad, adimensional.

El factor de costo de oportunidad toma en cuenta si el usuario del agua se encuentra haciendo un uso consuntivo o no consuntivo, generando costos de oportunidad para los demás usuarios aguas abajo. El valor del factor de costo de oportunidad se calculará de conformidad con la siguiente fórmula:

$$Fop = \frac{Vc - Vv}{Vc}$$

Vc: Volumen captado

Vv: Volumen vertido

Fop: para los demás casos es igual a 1.

$$0,1 \leq Fop \leq 1$$

En los casos que el usuario no presente los reportes sobre los volúmenes de agua captada, el cobro se realizará por el caudal concesionado y la autoridad ambiental para efectos de aplicar la fórmula contenida en el presente artículo en lo referente al volumen de agua, se aplica la siguiente expresión:

$$V = Q \times 86,4 \times T$$

V: Volumen de agua base para el cobro. Corresponde al volumen concesionado en el período de cobro y expresado en metros cúbicos.

T: Número de días del período de cobro.

Q: Caudal concesionado expresado en litros por segundo (lts/seg)

86,4: Factor de conversión de litros/seg a m³/día.

► Metodología cálculo de factores de vertimiento

Para determinar el factor de vertimiento se requiere conocer la concentración de la sustancia contaminante a evaluar y el volumen vertido en el proceso. Los parámetros mínimos para analizar son Demanda Bioquímica de Oxígeno -DBO5- y Sólidos Suspendedos Totales -SST- (Parámetros objeto de cobro de tasa retributiva a la fecha).

► Técnicas de muestreo

Para el cálculo del factor de vertimiento se debe hacer la caracterización del vertimiento, las técnicas para la toma de las muestras son tres: simple o puntual, compuesto e integrado.

Técnica de muestreo	Definición	Aplicación específica en determinación del factor de vertimiento
Simple o puntual	Son las que se toman en un tiempo y lugar determinado para su análisis individual.	Esta técnica de muestreo se aplica cuando todas las aguas de proceso son recogidas en un tanque. También cuando se realiza un proceso por bache en donde toda el agua vertida esta homogenizada o cuando las concentraciones de los contaminantes no varían significativamente.
Compuesto	Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en el mismo punto y en diferentes tiempos.	Es la técnica más aplicada para los vertimientos industriales o generados en la prestación de servicios. Se utiliza para procesos en continuo donde hay variaciones de caudal. También para procesos por lotes que tienen descargas de larga duración. La frecuencia de toma de muestras dependerá de la duración del vertimiento. Se recomienda que para vertimientos de menores a 1 hora se tome una muestra simple cada 5 minutos. Si la descarga es de mayor duración, se pueden tomar muestras cada 20 o 30 minutos.
Integrada	Son las obtenidas por mezcla y homogeneización de muestras simples recogidas en puntos diferentes y simultáneamente.	Esta técnica se aplica cuando se conocen los volúmenes vertidos de cada subproceso de tal manera que se pueda integrar con alícuotas proporcionales al volumen. La recolección de la muestra se hace en el momento del vertimiento de la etapa o subproceso. También se utiliza en vertimientos que requieran medición con el molinete para integrar proporcional a las velocidades en las subsecciones de la corriente.

En los vertimientos de cría y engorde de peces se debe emplear la técnica de muestreo simple o puntual, para el cálculo del volumen de cada alícuota se usa la siguiente ecuación:

$$V_i = \left(\frac{Q_i - V}{Q_p - n} \right)$$

V_i = Volumen de cada alícuota

V = Volumen total Litros de muestra requerida para el análisis

Q_p = Caudal promedio

Q_i = Caudal instantáneo

n = Número de muestras

Ejemplo:

El muestreo del vertimiento de estanques de producción de peces con la técnica muestreo simple o puntual, se toman mediciones de caudal durante 4 horas, para obtener un promedio de caudal y verificar que el caudal no varía durante el muestreo:

MUESTRA	HORA	Q_i (L/s)
1	8:00	0.20
2	9:00	0.25
3	10:00	0,20
4	11:00	0,25
5	12:00	0.20

Caudal promedio = 0,25 L/s

El V_i de cada alícuota para recoger un volumen total de 10 litros es:

$$V_i = \left(\frac{Q_i - V}{Q_p - n} \right)$$

Muestra	1	2	3	4	5	Total muestra de Litros
Volumen (litros)	1	1,1	1	1,1	1	5

Toma de muestras ◀

El objetivo de un muestreo de agua es obtener una parte representativa del proceso a evaluar, y al cual se le analizarán los diferentes parámetros de acuerdo al interés. Para lograr este objetivo es necesario que la muestra sea relevante, que conserve las concentraciones de todos sus componentes y que no se presenten cambios significativos en su composición antes del análisis.

La selección del punto de muestreo, es un elemento clave para asegurar la representatividad de la muestra. Se deben tomar las precauciones necesarias para evitar otras fuentes de contaminación que la afecten.

Los muestreos deben hacerlos laboratorios certificados por el IDEAM en toma de muestra y análisis de los parámetros fisicoquímicos a analizar seleccionados con base en los límites permisibles de la resolución 631 del 2015.

FORMATO RECOLECCIÓN DATOS CALCULO FACTOR DE VERTIMIENTO EN CRÍA Y ENGORDE		
Fecha del muestreo		
Responsable		
Datos día del muestreo de vertimientos:		
Biomasa en estanques de alevinaje	a	Kg
Biomasa en estanques de juveniles y engorde	b	Kg
Total Biomasa promedio	(a + b) = c	Kg
Caudal del vertimiento	d	Litros/s
Resultados análisis de laboratorio:		
DBO ₅ mg/l de O ₂	e	
DQO mg/l de O ₂	f	
SST mg/l	g	
CARGA DE DBO Kg/día	(e mg/l*d Litros/s*10 ⁶ Kg/mg *86400 s/día)= h	
CARGA DE SST Kg/día	(g mg/l*d Litros/s*10 ⁶ Kg/mg *86400 s/día)= i	
FV Kg DBO/kg de Biomasa	h/c	
FV Kg SST/kg de Biomasa	i/c	

FORMATO RECOLECCIÓN DATOS CALCULO FACTOR DE VERTIMIENTO EN PLANTA DE SACRIFICIO		
Fecha del muestreo		
Responsable		
Datos día del muestreo de vertimientos:		
Kilogramos de trucha sacrificadas	a	Kg
Caudal del vertimiento	d	Litros/s
Horas de proceso/día		
Días de proceso al mes		
Resultados análisis de laboratorio:		
DBO ₅ mg/l de O ₂	e	
DQO mg/l de O ₂	f	
SST mg/l	g	
CARGA DE DBO Kg/día	d Litros/s*10 ⁶ Kg/mg *86400 s/día)= h	
CARGA DE SST Kg/día	d Litros/s*10 ⁶ Kg/mg *86400 s/día)= i	
FV Kg DBO/kg de Biomasa	h/c	
FV Kg SST/kg de Biomasa	i/c	

8.

Bibliografía

1. Guerrero Muñoz, Jaime, et al. CAPACIDAD DE CARGA VS. CALIDAD DE AGUA EN ACUACULTURA. Agrinal Colombia S.A.S. septiembre de 2.012
2. Franco Gómez. Carlos Mario MVZ. Esp. Acuicultura LOS METODOS SUSTENTABLES DE PISCICULTURA. <http://www.tilopez.8m.com>
3. Sánchez-Ortiz, Iván A, et al. MONTAJE Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DE BIOFILTROS DE FLUJO ASCENDENTE Y DESCENDENTE PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UN SISTEMA DE RECIRCULACION ACUÍCOLA PARA CULTIVO DE TRUCHA ARCOIRIS. Revista Investigación Pecuaria 2012.
4. J. E. Fernández Mera, PhD et-al. Estanque MULTIPRO. Un Desarrollo Innovativo en la Producción de Trucha. Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca, jefernandez@unicauca.edu.co.
5. Daza Samir Joaquín-. GESTIÓN AMBIENTAL PARA SISTEMAS PRODUCTIVOS PISCÍCOLAS, EN ECOSISTEMAS ALTOANDINOS EN EL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. Revista Ambiente y Sostenibilidad 2011 (1): 18-24 Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias – Ambientales. Universidad del Cauca – Colombia.
6. Alvarado Enrique, et al. GUÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA EL CULTIVO Y PROCESAMIENTO DE TILAPIA. Centro Nacional de Producción Más Limpia de Honduras-2009.
7. Bohórquez Giraldo Lorena Catalina. LA IMPORTANCIA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL Y ECONÓMICO DE LOS RESIDUOS DE LA CADENA PISCÍCOLA. Universidad Militar Nueva Granada facultad de Ingeniería Bogotá D.C. 2015
8. González Acosta Julio A. Uso y manejo de sedimentos provenientes de piscicultura como base para el manejo sostenible: revisión del tema. Biólogo Esp., MSc. Docente Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de La Salle. jagonzaleza@unisalle.edu.co. 2012

9. Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. SAGARPA México.
10. FONDEPES. Fondo Nacional de Desarrollo pesquero. MANUAL DE CRIANZA DE TRUCHA. Lima, Perú. Octubre de 2014.
11. MINAGRICULTURA. AUNAP. Autoridad Nacional de Acuicultura y pesca. PLAN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA SOSTENIBLE EN COLOMBIA - PlaNDAS. Febrero de 2014.