

ELABORACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL PARA EL SUBSECTOR
ACUICULTOR EN COLOMBIA

PRESENTADO POR.
NELLY JOHANNA VILLAMIZAR ORTIZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DEL AMBIENTE
SECCIONAL BUCARAMANGA

2012

ELABORACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL PARA EL SUBSECTOR
ACUICULTOR EN COLOMBIA

Presentado por
NELLY JOHANNA VILLAMIZAR ORTIZ

Monografía para otorgar el título de
Especialista en Gerencia del Ambiente

Supervisor de proyecto
INGENIERA CONSUELO CASTILLO PÉREZ
Ingeniera Química

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DEL AMBIENTE
SECCIONAL BUCARAMANGA

2012

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Floridablanca, _____ de _____ de 2012

*Agradezco a Dios por Dar-me la Vida, Mi Familia,
Buenos Amigos y las Oportunidades que me Hacen Feliz
Y me Generan una Satisfacción Personal y Profesional.*

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	9
RESUMEN GENERAL DE LA MONOGRAFÍA	12
GENERAL SUMMARY MONOGRAPH.....	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	16
3. OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
4. ANTECEDENTES	19
5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	22
6. MARCO TEÓRICO.....	24
6.1 GENERALIDADES DE LA ESTRUCTURA FISICA.....	24
6.2 GENERALIDADES EN LA CRÍA DE PECES.....	26
7. MARCO LEGAL	30
8. METODOLOGÍA.....	36
9. FORMULACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL.....	37
9.1 BUSQUEDA DE INFORMACIÓN Y LEGISLACIÓN.....	37
9.2 PROCESO.....	38
9.2.1 Etapa de diseño.....	38
9.2.2 Etapa de construcción.	39
9.2.3 Etapa productiva.....	39
9.2.4 Uso de recursos.	45

9.2.5	Generación de residuos y subproductos.....	48
9.3	PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN	51
9.4	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.....	52
9.5	EVALUACIÓN DE IMPACTOS.....	55
9.6	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL.....	59
9.7	ACCIONES ESTATÉGICAS	64
9.7.1	Biofloc.....	64
9.7.2	Manejo de residuos sólidos.....	67
9.7.3	Manejo de aguas residuales.....	69
9.8	EVALUACIÓN, MONITOREO Y SEGUIMIENTO	71
9.9	INDICADORES	76
10.	CONCLUSIONES	78
11.	RECOMENDACIONES	79
12.	BIBLIOGRAFÍA	80

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Referencia para siembra de alevinos de Mojarra Roja en estanques con recambio constante de agua	27
Tabla 2. Porcentajes por biomasa	28
Tabla 3. Entradas y salidas de la etapa productiva en un proyecto acuícola	47
Tabla 4. Subproductos y residuos generados en la piscicultura	50
Tabla 5. Matriz de evaluación de los impactos identificados en la etapa de construcción	57
Tabla 6. Matriz de evaluación de los impactos identificados en la etapa de operación	57
Tabla 7. Matriz de evaluación de los impactos identificados en la etapa de abandono	58
Tabla 8. Medidas de manejo ambiental para los impactos identificados	60
Tabla 9. Formato de evaluación y monitoreo para parámetros analizados	74
Tabla 10. Formato monitoreo para la gestión de residuos sólidos	74
Tabla 11. Formato de seguimiento para parámetros analizados	75
Tabla 12. Formato para seguimiento de medidas de acción	75
Tabla 13. Indicadores para evaluar la aplicación de acciones en el proyecto	76

LISTA DE ESQUEMAS

	pág.
Esquema 1. Participación nacional de la producción acuícola.....	21
Esquema 2. Marco legal base aplicada al subsector acuícola.....	37
Esquema 3. Etapas de la cadena productiva de la piscicultura.....	40
Esquema 4. Estanque de reproductores. "Pesquera La Granja".....	41
Esquema 5. Estanque de alevinos. "Pesquera La Granja".....	42
Esquema 6. Estanques de levante "Pesquera La Granja".....	43
Esquema 7. Estanque de engorde. "Pesquera La Granja".....	43
Esquema 8. Comercialización del producto. "Pesquera La Granja".....	44
Esquema 9. Cadena productiva del sector Piscicultor.....	45
Esquema 10. Ciclo de planeación del proceso acuícola.....	52
Esquema 11. Identificación de impactos ambientales, en la etapa de construcción.....	53
Esquema 12. Identificación de impactos ambientales, en la etapa de operación.....	54
Esquema 13. Identificación de impactos ambientales, en la etapa de abandono..	54
Esquema 14. Problemática causada por la nitrificación en estanques acuícolas..	64
Esquema15. Proceso estratégico con Biofloc, en los estanques acuícolas.....	66
Esquema 16. Manejo de residuos sólidos producidos en un proyecto acuícola....	67
Esquema 17. Manejo de efluentes en los procesos piscícolas.....	70
Esquema 18. Diagrama del Plan de Evaluación, Monitoreo y Seguimiento.....	73

GLOSARIO

- **ACUICULTURA:** es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de cultivo y rubro comercial de recursos hidrobiológicos o especies acuáticas vegetales y animales, conocidas como peces, moluscos, crustáceos y vegetación acuática, en ambientes físicos totalmente controlados, los sistemas de cultivo son de agua dulce y agua de mar, en ambientes naturales o artificiales.
- **CACHAMA:** cherna, tambaqui o pacú negro (*Colossomamacropomum*), un pez originario de la cuenca del Orinoco y Amazonas. Existe dos tipos de cachama, la negra y la blanca, la diferencia está en que la blanca, tiene mejor rendimiento y comercialización de carne en comparación con la negra.
- **DESARROLLO SOSTENIBLE:** modelo de desarrollo, ambiental, económico y social en el cual se garantiza la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer la atención de las necesidades futuras.¹
- **ECOSISTEMA:** unidad natural que difiere de tamaño y dimensión en ambientes terrestres y acuáticos donde interactúan factores bióticos y abióticos para darle identidad y definir su dinámica.
- **EVALUACIÓN:** proceso cuya finalidad es determinar el grado de eficacia y eficiencia de un tipo de medidas implementadas con el fin de identificar el cumplimiento del plan o programa establecido.

¹ Definición disponible en: Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): *Nuestro Futuro Común*.

- **EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL:** procedimiento técnico y administrativo, que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales, que produce un proyecto al entorno donde se va a ejecutar. Generalmente en el proceso de evaluación se utilizan matrices que califican y clasifican el impacto ambiental.
- **GESTIÓN AMBIENTAL:** se refiere a los procesos, mecanismos y acciones al interior de la empresa, que garantizan la implementación adecuada de las medidas de manejo.
- **GUÍA AMBIENTAL:** contemplada por el Ministerio de Medio Ambiente en la resolución 1023 de 2005, como instrumento de autogestión y autorregulación y definida en el artículo segundo como documentos técnicos de orientación conceptual, metodológica y procedimental, para apoyar la gestión, manejo y desempeño ambiental tanto para las autoridades ambientales como para el desarrollo de proyectos, obras o actividades.
- **IMPACTO AMBIENTAL:** cambio neto o resultado final ya sea benéfico o perjudicial, que se produce en alguno de los elementos ambientales, por causa de los cambios generados por una determinada acción de un proyecto o actividad.
- **MEDIDAS DE MANEJO:** son las acciones que se implementan para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales negativos de un proyecto y para potenciar los positivos.
- **MONITOREO:** este proceso consiste en la recolección y análisis de datos cualitativos y cuantitativos, que resulta de la medición de parámetros, con el fin de comparar el cumplimiento con la normatividad aplicada y determinar la calidad ambiental del entorno del proyecto.

- **PISCICULTURA:** término donde se agrupa una gran diversidad de cultivos muy diferentes entre sí, en general denominados en función de la especie o la familia. A nivel industrial, las instalaciones de piscicultura se conocen como piscifactorías, aunque es un término en desuso, debido a la diversificación que ha sufrido el cultivo, en tanques, estanques, jaulas flotantes, entre otros.
- **SEGUIMIENTO:** consiste en la aplicación de controles periódicos, con el fin de verificar la aplicación de los compromisos o acciones establecidas en un programa, este proceso alimenta el mejoramiento continuo de los procesos del proyecto.
- **TILAPIA:** nombre genérico con el que se denomina a un grupo de peces de origen africano, que consta de aproximadamente 100 especies de géneros diferentes, entre las más conocidas están, mojarra negra, plateada y azul.
- **VERTIMIENTO:** corresponde a aguas de desecho tratadas o no, que son entregadas a un cuerpo de agua en forma directa o indirecta.

RESUMEN GENERAL DE LA MONOGRAFÍA

TITULO: ELABORACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL PARA EL SUBSECTOR ACUICULTOR EN COLOMBIA
AUTOR(ES): NELLY JOHANNA VILLAMIZAR ORTIZ
FACULTAD: Facultad de Ingeniería Ambiental
DIRECTOR(A): CONSUELO CASTILLO PEREZ

RESUMEN

Debido al incremento continuo de la acuicultura como actividad lucrativa en Colombia, nace la elaboración de esta monografía como instrumento de orientación metodológica y procedimental, para la gestión y desempeño ambiental en el desarrollo de proyectos acuícolas.

Esta guía ambiental, contiene la identificación de aspectos legales aplicables al subsector acuícola, especificación de las etapas del proceso productivo, incluyendo uso de recursos y generación de residuos o subproductos.

Con base en la información obtenida se planea la gestión y formulación de la guía ambiental, estableciendo la identificación y evaluación de los impactos ambientales y socioeconómicos generados en el entorno del proyecto. Consiguiente a este proceso se formula las medidas de manejo ambiental para prevenir, mitigar, compensar y corregir la prevalencia de los impactos al medio ambiente, finalmente, para complementar el proceso de gestión, se establece un plan de evaluación, monitoreo y seguimiento de las medidas de manejo, lo cual permite el desarrollo sostenible y el mejoramiento continuo del proyecto acuícola.

PALABRAS CLAVES: Acuicultura, guía ambiental, legislación, gestión ambiental, medidas de manejo.

V° B° DIRECTOR DE MONOGRAFÍA

GENERAL SUMMARY MONOGRAPH

TITLE: DEVELOPMENT OF THE GUIDE ENVIRONMENTAL
FOR AQUACULTURE SECTOR IN COLOMBIA
AUTHOR(S): NELLY JOHANNA VILLAMIZAR ORTIZ
FACULTY: Faculty of Environmental Engineering
DIRECTOR: CONSUELO CASTILLO PEREZ

ABSTRACT

Due to the continuous increase of aquaculture as a lucrative activity in Colombia, comes the preparation of this paper as an instrument of methodological and procedural guidance for the management and environmental performance in the development of aquaculture projects.

This environmental guide contains identifying legal issues applicable to aquaculture sector, specify the stages of the production process, including use of resources and generation of waste or byproducts.

Based on the information obtained, management plans and environmental development of the guide, establishing the identification and assessment of environmental and social impacts generated in the project environment. Therefore this process is formulated environmental management measures to prevent, mitigate, compensate and correct the prevalence of environmental impacts, finally, to complement the management process, establishing a plan of evaluation, monitoring and follow-up measures management, allowing sustainable development and continuous improvement of the aquaculture project.

KEYWORDS: Aquaculture, Environmental guide, legislation, environmental management, management measures.

V° B° DIRECTOR OF MONOGRAPH

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de la guía ambiental para el sector acuícola, se elabora con el fin de identificar normas, procedimientos y compromisos en el ámbito ambiental y social, de manera que la ejecución de esta actividad, además de ser prospera en el mercado también sea amigable y sostenible con el medio ambiente. Según la F.A.O. este sector se encuentra en continuo crecimiento, gracias a las investigaciones y plantas piloto que centros de estudio han realizado en pro a la búsqueda de eficacia y efectividad de esta actividad.

Para la realización de esta guía fue necesario el estudio y análisis de centros de investigación como la FAO, normas y guías implementadas en otros países como Chile y Honduras y la visita a la planta piscícola "Pesquera La Granja", con el fin de indagar sobre las experiencias, tanto positivas como negativas que facilita o desfavorece el proceso.

Durante el desarrollo de la guía se identifica y caracteriza el marco legal ambiental, aplicado al proceso acuícola, así mismo se define las etapas del proceso constructivo, productivo y de abandono de un proyecto acuícola, con el fin de identificar los impactos ambientales y socioeconómicos positivos y negativos que sobrevengan de las actividades en cada una de las etapas del proceso.

Una vez identificados los impactos ambientales y socioeconómicos, se evalúan los impactos evidenciados, en todas las etapas de un proyecto acuícola, posterior a la evaluación de los impactos, se establece medidas de manejo ambiental y social que permiten prevenir, mitigar, compensar y corregir los impactos en cada una de las etapas del proceso acuícola.

Con el fin de garantizar el funcionamiento de las medidas de manejo, se establece un proceso de seguimiento, control y evaluación para el mejoramiento continuo de los procesos en todas sus etapas y como alternativa para el mejoramiento del desempeño ambiental y económico del proceso, se plantean unos procedimientos estratégicos en la gestión y manejo de residuos sólidos, aguas residuales y uso de biofloc en los estanques, como agente bio-depurador de materia orgánica presente en los estanques.

Finalmente y esperando sea de gran utilidad, esta guía está sujeta a modificaciones y ajustes según el proyecto acuícola que se establezca, es decir, no existe el compromiso de aplicar los procedimientos de manera estricta, puesto que según las condiciones del proyecto o especie a cultivar los resultados varían, por ello, se debe realizar una caracterización inicial de las condiciones primarias del medio, para observar posibles cambios y mejoras del proceso al aplicar las medidas que establece la guía.

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La Acuicultura se ha considerado como uno de los sectores de producción de alimentos más acelerado mundialmente, representa el 50% de los productos pesqueros², destinados a la alimentación, por ello se establecen relaciones entre los países para el intercambio de información relacionada con la pesca. Esto permite el desarrollo de una gestión responsable en el proceso de la piscicultura y acuicultura, siendo la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - FAO, la entidad que lidera este tipo de proyectos en la agroindustria.

Colombia es un país tropical que gracias a la diversidad de pisos térmicos, temperatura estable, alta red fluvial y superficie continental de 1.441.748 km² y existencia de costas sobre el Océano Pacífico (1.300 km) y el Océano Atlántico (1.600 km)³, se posiciona en un lugar destacado en cuanto a recursos hídricos en el mundo, así mismo tiene una de las mayores diversidades de peces del planeta y una alta biodiversidad de organismos hidrobiológicos, al igual que aguas dulces, salobres, marinas y terrenos aptos que le permiten generar un potencial para el desarrollo de la acuicultura.

Por otra parte, en Colombia la acuicultura tiene un buen ritmo de crecimiento, con una rentabilidad mayor que las actividades agropecuarias tradicionales. Sin embargo, en los últimos años ha decrecido debido a la estabilidad del precio de consumo del producto, frente al aumento del costo de los insumos, especialmente los alimentos concentrados. Este factor está contribuyendo a sustituir la oferta natural del recurso pesquero continental por sobrepesca, factores negativos para

²Información documentada en: <http://www.fao.org/fishery/aquaculture/es>

³Información documentada en: http://es.wikipedia.org/wiki/Geograf%C3%ADa_de_Colombia

el ambiente y degradación del hábitat acuático, entre otros factores. Económicamente, este sector cuenta con políticas e instrumentos gubernamentales para su desarrollo, con entes estatales y privados que apoyan y promueven el proceso de acuicultura mediante el desarrollo de programas de investigación, administración, ordenamiento y fomento en forma permanente.⁴

Este proyecto se enfoca a la gestión del uso de recursos e impactos ambientales evidenciados en el sector acuícola y piscícola en Colombia, mediante la colaboración del proyecto en ejecución "Pesquera La Granja", el cual se presta para estudios que implican el mejoramiento de los procesos piscícolas. Básicamente el proyecto está enmarcado en el análisis y mejoramiento estratégico del uso adecuado y mesurado de los recursos utilizados y para ello se propone la elaboración de una guía ambiental del sector acuícola, de manera que sirva de instrumento a las entidades relacionadas tanto en la producción extensiva como intensiva, con el fin de llevar un proceso acuícola sostenible y amigable con el medio ambiente, así mismo este proyecto puede ser apoyado en Colombia por Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para la contribución al desarrollo del sector agrícola y pecuario.

⁴ Información documentada en: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una guía ambiental para el subsector acuícola, a través de la revisión bibliográfica y del proceso productivo del proyecto "Pesquera La Granja".

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Establecer un marco legislativo ambiental referente al sector acuícola aplicado en Colombia.
- Planear la gestión para el manejo de los componentes ambientales y recursos naturales involucrados en las etapas del proceso acuícola.
- Elaborar la matriz de impactos ambientales, valorando los impactos ambientales significativos en las etapas del proceso acuícola.
- Proponer las posibles medidas de manejo ambiental de los impactos identificados en el proceso acuícola.
- Diseñar un plan de evaluación, monitoreo y seguimiento para las etapas del proceso acuícola.

4. ANTECEDENTES

Colombia inicia sus primeras etapas de desarrollo acuícola en los años 40, con una evolución lenta debido a la falta de infraestructura física. Hacia la década de los 80 comienza la etapa de consolidación del sector, no solo por la acumulación de experiencias y esfuerzos, sino por los niveles de precios internacionales y las posibilidades de los mercados en los Estados Unidos y Japón principalmente, los cuales ofrecían acogida a un volumen cada vez mayor de crustáceos como camarones y langostinos. Sin embargo, el crecimiento de la acuicultura también se debe a otras especies como la trucha (*Salmo trutta* L. Fario), la tilapia o mojarra (*Oreochromis aureus*), la carpa (*Cyprinus carpio*), la cachama (*Piaractus brachypomus*) y el bocachico (*Prochilodus magdalenae*).

Los principales hitos en el desarrollo de la acuicultura en Colombia lo constituyen el apoyo de las agencias y organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Agencia para el Desarrollo Internacional AID, Banco Interamericano de Desarrollo BID, Japan International Cooperation Agency JICA, Acción Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional ACCI y Korea International Cooperation Agency KOICA, entre otras.

En Colombia se ha realizado la introducción de especies exóticas con tecnología desarrollada de otros países, tal es el caso de la trucha, carpas y tilapias, así mismo se ha generado la reproducción de las especies nativas, como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), el bagre (*Pseudoplatistoma fasciatum*), las cachamas blanca y negra (*Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum*) y el yamú (*Brycon siebenthalae*) entre las más importantes, para los programas de repoblamiento, fomento, seguridad alimentaria y producción industrial. En los años 80 el desarrollo de la camaronicultura con fines de exportación, en los 90 el

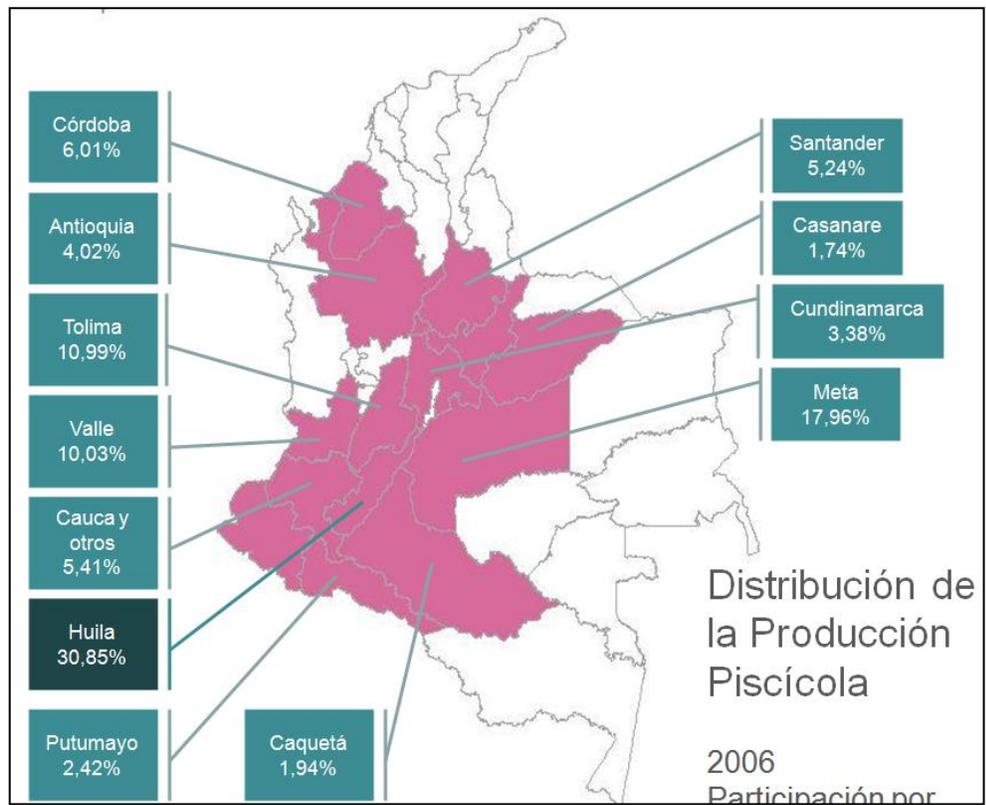
desarrollo de la tecnología de cultivo de la tilapia roja en jaulas flotantes y en los últimos años la reproducción de los pargos lunarejo (*Lutjanusguttatus*) en el pacífico y el palmero (*Lutjanusanalis*) en el Atlántico, de igual manera el cultivo de ostras (*Crassostrearhizophorae*) y la reproducción y el cultivo de los pectínidos (*Argopectensp* y *Nodippectensp*).⁵

A nivel nacional la acuicultura está regida bajo las normas dadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Instituto Colombiano de Desarrollo rural INCODER y la Asociación Colombiana de Piscicultura y Pesca PISPESCA, entre otras entidades que también participan en el sector.

Por otra parte a nivel investigativo las principales entidades que participan en este sector han sido, El Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales COLCIENCIAS, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER, Centro de Investigaciones de la Acuicultura de Colombia CENIACUA, Universidades y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, estas dos últimas han incursionado en la formación competitiva, innovadora y sustentable de la producción Acuícola. A continuación se presenta en el esquema 1, la participación por departamentos de la producción piscícola en el territorio colombiano, en el año 2006.

⁵ Fuente de consulta: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es#tcN9003E

Esquema 1. Participación nacional de la producción acuícola



Fuente: INCODER, MADR, Cálculos Secretaría Técnica Nacional Cadenas Acuícolas, (2006).

5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Un estudio importante realizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indica que cada colombiano ingiere en promedio 4,5 kilos de pescado al año y este consumo aumenta con la celebración de la Semana Santa, este dato es representativo al compararlo con el promedio mundial por persona que es de 20 kilos. Los tipos de pescado más consumidos en el país, son: (organizados de mayor a menor consumo) bocachico, cachama, mojarra, bagre, pescado sierra, camarón, pargo, robalo, mero y atún. El consumo es proporcional al costo del pescado, a menor costo del pescado, mayor es su consumo.

De igual manera, el aumento poblacional demanda mayor consumo de alimento en el país y por ello surgen nuevos proyectos para el desarrollo de sectores agropecuarios, el sector acuícola muestra indicios de su crecimiento a través del apoyo que el gobierno colombiano promueve al sector piscicultor⁶. Al incrementar la producción para suplir la demanda poblacional, incrementa el uso desmesurado de recursos, los impactos ambientales negativos para el medio ambiente y a su vez el deterioro de la calidad de vida y salud, por esta razón es necesario que los procesos productivos se realicen bajo criterios de sustentabilidad ambiental. La Guía Ambiental para el sector Acuícola, conlleva a la realización de acciones encaminadas a la mitigación o eliminación de impactos sociales y ambientales negativos, mediante métodos y producciones más limpias.

Por otra parte, es verídico que los procedimientos con sellos verdes permiten entrar de manera más efectiva en los mercados, tanto nacionales como

⁶ Fuente: <http://web.presidencia.gov.co/sne/2007/julio/10/17102007.htm>

internacionales, por consiguiente el uso de esta guía permite un desempeño en la producción de manera eficiente y competitiva en el factor económico, social y ambiental para la ampliación de mercados.

La Guía Ambiental para el subsector Acuícola en Colombia, además de brindar conocimiento a los empresarios sobre metodologías e instrumentos que permiten llevar un proceso sostenible y la posible corrección de deficiencias productivas, también promueve la eficiencia del manejo y uso de recursos como agua, energía y materias primas, para mejorar la competitividad nacional en el marco de los tratados de libre comercio.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 GENERALIDADES DE LA ESTRUCTURA FISICA

Según aplicaciones de la ingeniería agrícola⁷, en el subsector piscicultor se presenta diferentes tipos de instalaciones para la cría de los peces, dentro de las más comunes, son:

- a. Estanque en tierra.
- b. Estanque en cemento.
- c. Jaulas flotantes.

Los estanques consisten en un recinto artificial de agua poco profunda. Los más utilizados en el país, son los de tierra, por ser una alternativa más económica y común en la zona rural. Se debe tener en cuenta diferentes aspectos, como fuente de agua, calidad del suelo y geometría del estanque.

La fuente de agua, debe encontrarse ubicada más alta, que el estanque, para generar el suministro por gravedad. Así mismo, procurar que el abastecimiento se encuentre ubicado cerca para tener disponibilidad de agua continua y sea menos propensa a la contaminación. Este recurso puede provenir de fuentes como ríos, quebradas, nacimientos, reservorios y/o manantiales. El agua debe ser conducida por tubería plástica o manguera y la cantidad varía de acuerdo al número de peces por metro cuadrado en el estanque, a mayor número de peces, mayor cantidad de agua o mayor constancia de recambio de agua.

La calidad de los suelos para la construcción de estanques, son los franco-arcillosos, puesto que tienen la capacidad de retención de agua y son mejores en

⁷ Fuente: <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/piscicultura.htm>

cuanto al manejo con maquinaria. El suelo debe contener un porcentaje no menor al 20% de arcilla, esto se determina con análisis en laboratorio de suelos. Por otra parte, se puede cubrir las paredes internas del estanque con tela impermeable, para una retención mayor del agua.

La forma ideal de un estanque es rectangular, sin embargo, esto depende del relieve y el tamaño del predio. Las ventajas del estanque rectangular, es que son de fácil y rápida cosecha y son de mejor aprovechamiento, para el recambio de agua, puesto que hay mayor recorrido del fluido en el estanque. El tamaño del estanque, depende del tipo de piscicultura, la especie a cultivar, la topografía de la granja y otros factores, como el mercadeo, la capacidad económica del piscicultor, el espacio que se cuente para la actividad y la cantidad de agua que entre al estanque y cantidad de peces por entrada de agua al estanque.

La profundidad ideal en un estanque es de un metro promedio, es decir, de 0.8 metros en la parte más panda y 1.2 metros, en la parte más profunda. Estanques con profundidad inferior a 0.5 metros, tiende a calentarse el agua fácilmente y genera proliferación de plantas acuáticas. Estanques con profundidades superiores a 2 metros son muy difíciles de manejar (pesca), son costosos y se pierde el espacio de 1.5 metros hacia abajo, puesto que la luz solar no llega hasta esa profundidad y por supuesto los peces tampoco. Dentro de los elementos que componen un estanque se pueden mencionar:

- a. Dique: es un terraplén compacto para retener el agua. Su altura es igual a la profundidad del agua, más una porción de borde libre para evitar el desbordamiento. A la parte superior del dique se le denomina corona y el talud es la parte lateral o inclinada de los estanques.
- b. Entrada y salida del agua: debe ubicarse en extremos opuestos al estanque, esto permite una mejor circulación y un recambio adecuado del agua. El tubo

- de salida del agua debe ser giratorio, de tal manera que al querer desocupar el estanque, solo se necesite acostarlo sobre el fondo.
- c. Rebosadero: para evitar que el agua sobrante de lluvia o exceso de caudal cause desbordamiento, se instala un rebosadero de 5 a 10 centímetros por encima del nivel del agua.
 - d. Caja de pesca: estructura localizada en la parte profunda del estanque, cerca del desagüe, generalmente 30 centímetros por debajo del fondo, con este se recoge la cosecha cuando se desocupa el estanque.
 - e. Bocatoma: estructura localizada en la fuente de agua para desviar una parte de ella, al uso específico. La dimensión de ésta depende del caudal a tomar.
 - f. Desarenador: utilizado generalmente en pisciculturas a gran escala, con altas densidades y fuentes de agua que se enturbian en invierno, este sistema consiste en un estanque con diferentes barrenas para retener los sedimentos y sólidos en suspensión.
 - g. Canal de conducción: esta estructura conduce el agua desde la fuente, hasta los estanques, puede ser canal abierto o por tubería.

6.2 GENERALIDADES EN LA CRÍA DE PECES

La cantidad de peces a sembrar por metro cuadrado, depende del tamaño del mercado que se pretenda y del caudal de agua disponible, para el ingreso del estanque. Por otra parte, para cada zona, la densidad de siembra es totalmente diferente, puesto que este factor depende de las propiedades físico-químicas del suelo y agua, que también cambian con el piso térmico donde se ubica el proyecto. En cuanto a la densidad de siembra, se tiene una estadística la cual se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Referencia para siembra de alevinos de Mojarra Roja en estanques con recambio constante de agua.

Entrada de agua	Densidad de siembra
1 – 3 litros/segundo	Hasta 4 peces por metro cuadrado
6 – 10 litros/segundo	Hasta 15 peces por metro cuadrado
40 - 60 litros/segundo	Hasta 20 peces por metro cuadrado.

Fuente: Piscicultura – Cría de Peces. www.angelfire.com

En general, se tienen en cuenta algunos parámetros físico-químicos para el cultivo de especies de agua dulce, como son:

- a. La temperatura entre 22 a 26°C, permite una actividad metabólica adecuada en los peces.
- b. El pH ideal entre 5 – 9, siendo 7.5 la ideal, valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento en el crecimiento y disminución en la reproducción.
- c. El oxígeno disuelto, mayor a 4 ppm. Valores inferiores, reducen el metabolismo de los peces. Este parámetro debe ser observado para determinar la densidad de siembra, previendo necesidad de recambios constantes de agua o la aireación suplementaria.
- d. Dureza mayor de 60 ppm.
- e. CO₂ menor a 20 ppm.⁸

La muerte de los peces, en los estanques, puede darse por diferentes razones, entre ellas, incremento de pH, disminución de la concentración de oxígeno ó incremento de amonio no ionizado, para ello, se debe realizar recambios de agua, suspensión temporal de alimento y uso de abonos químicos.

⁸ Parámetros establecidos en: <http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/piscicultura.htm>

Es importante realizar control de la alimentación, con el fin de mejorar el rendimiento y costo de la producción. Según la ingeniería agrícola, el mejor método para determinar la cantidad de alimento a suministrar al día, es por medio de un muestreo poblacional, el cual consiste en extraer del 10 al 15% de los peces, pesar cada uno de ellos y sacar peso promedio, luego se multiplica por el número total de peces en el estanque y se obtiene la biomasa, este valor luego se utiliza para ajustar la ración diaria, según el porcentaje establecido para cada peso promedio en gramos, como se muestra en la tabla No. 2, relacionada a continuación.

Ejemplo: Peso promedio del pez = 50 gramos.

Número de peces en el estanque = 1.500

$50 \times 1.500 = 75.000$ gramos

La biomasa es de 75.000 gramos en el estanque, la cual se relaciona con el valor correspondiente, según la tabla 2.

Tabla 2. Porcentajes por biomasa.

Peso promedio en gramos	Porcentaje de biomasa
Menos de 5 gramos	10
De 5 a 20 gramos	8
De 20 a 50 gramos	6
De 50 a 100	4
De 100 a 200	3.5
De 200 a 300	3
De 300 a 500	2.5

Fuente: Artículo Piscicultura – Cría de Peces. www.angelfire.com

Entonces tomando el ejemplo anterior tenemos que:

75.000 gramos de biomasa $\times 6\% = 4.500$ gramos

Es decir, la ración de concentrado diario es de 4,5 kilos, repartidos en 3 o 4 raciones. Este ejemplo es para plantas productivas con temperaturas 24 a 32 grados centígrados, temperatura en la cual el crecimiento del pez es más rápido, pues a mayor temperatura del agua mayor es el suministro de alimento.

Por otra parte, de acuerdo a la etapa del pez, se debe suministrar un alimento adecuado, el cual se diferencia principalmente por el grado de proteína, para ello se debe asesorar en tiendas agropecuarias que suministran el alimento.

Para un control en la producción se recomienda:

- a) Pesar animal, mínimo cada 15 días, para determinar la biomasa, ganancia de peso y condiciones de cultivo.
- b) Realizar muestreo de oxígeno disuelto y temperatura del agua para ajuste de ración diaria de alimento.
- c) Alimentar al inicio de los primeros rayos del sol, asegurando el nivel de oxígeno en el agua, cuando este está bajo, por lo general los peces amanecen en la lámina más superficial del agua.
- d) Ajustar la tabla de alimentación de acuerdo a las necesidades de cada granja.

7. MARCO LEGAL

Para el desarrollo de cualquier actividad que genere un impacto hacia el ambiente y sus recursos, es necesario determinar la normatividad vigente requerida. En el caso particular de las estaciones piscícolas y acuícolas, la reglamentación que se debe tener en cuenta es la siguiente.

El marco legal base del subsector acuícola:

Decreto-Ley 2811 de 1974. Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente. Define el ambiente como patrimonio común; la preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social. El objeto del Código es lograr la preservación y restauración del ambiente, la conservación, mejoramiento y utilización de los recursos naturales renovables, según criterios de equidad, para asegurar un desarrollo armónico del hombre y de dichos recursos, su disponibilidad, la participación social, para beneficio de la salud y el bienestar en el presente y para el futuro. Igualmente, busca prevenir y controlar los efectos negativos de la explotación de los recursos naturales renovables sobre otros recursos.

Constitución Política Nacional. Título 2, Capítulo 3, de los derechos colectivos y del ambiente.

Ley 9 de 1979. Reglamenta el Código Sanitario Nacional, uso de agua y vertimientos.

Ley 99 de 1993. Crea el Ministerio de Medio ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental SINA, fomenta los fundamentos de la política ambiental y dicta otras disposiciones.

Ley 13 de 1990. Esta norma dicta el Estatuto General de Pesca, la cual tiene por objeto, regular el manejo integral y la explotación racional de los recursos pesqueros, con el fin de asegurar su aprovechamiento sostenido.

Ley 101 de 1993. Ley general, contemplada para proteger el desarrollo de actividades agropecuarias y pesqueras y promover el mejoramiento de ingreso y calidad de vida de los productores, mediante distintos fundamentos relacionados en la ley.

Ley 388 de 1997 y Ley 1454 de 2011. Estas leyes son las normas orgánicas, sobre ordenamiento territorial, estas normas permiten la organización político administrativa del territorio Colombiano, igualmente promueve el uso equitativo y racional del suelo entre otras.

Ley 491 de 1999. Por la cual establece el seguro ecológico, se modifica el código Penal y se dictan otras disposiciones. Estos seguros ecológicos, tiene la finalidad de cubrir económicamente los perjuicios ocasionados, por daños al ambiente o recursos naturales.

Ley 164 de 1994. Aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", en Nueva York en mayo de 1992, porque las actividades humanas has aumentado sustancialmente y con ello los gases de efecto invernadero en la atmosfera. Esta ley reconoce que países en desarrollo, deben utilizar los recursos (energía) de manera sostenible o con aplicación de nuevas tecnologías, para el desarrollo económico y social.

Ley 165 de 1994. Convenio de las Naciones Unidad sobre la Diversidad Biológica. En rio de Janeiro en junio de 1992, resalta el valor de la diversidad biológica y sus componentes para fines ecológicos, genéticos, sociales económicos, científicos, educativos, culturales, recreativos y estéticos.

Ley 357 de 1997. Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas", suscrita en Ramsar en febrero de 1971, considerando el valor económico, cultural, científico y recreativo que constituye los humedales y cuya pérdida sería irreparable.

Marco legal sobre trámites ante la autoridad ambiental.

Decreto 2820 de 2010. Se reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993, sobre Licencias ambientales.

Decreto 879 de 1998. Por el cual se reglamentan, las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los Planes de Ordenamiento Territorial.

Decreto 3100 de 2003. Reglamenta las tasas retributivas por utilización directa o indirecta del agua, como receptor de los vertimientos puntuales y establece las tarifas de éstas.

Decreto 2858 de 1981. Reglamenta parcialmente el artículo 56 del decreto-Ley 2811 de 1974 y se modifica el decreto 1541 de 1978. Para otorgar permisos de concesión de aguas.

El marco legal sobre uso y manejo del recurso hídrico y ocupación de cauces.

Ley 373 de 1997. Programa para ahorro del agua. Norma que contiene lo relativo a la protección de zonas de especial importancia acuífera, además de lo concerniente al reúso, economía y regulación del consumo del agua en los medios urbanos y rurales. Esta norma se debe tener en cuenta para las diferentes actividades económicas incluidas la agricultura.

Decreto 1449 de 1977. Establece obligaciones a los propietarios de predios ribereños, sobre vegetación protectora y conservación y aprovechamiento de las aguas.

Decreto 1729 de 2002 y Decreto 1604 de 2002. Define y delimita la cuenca y establece su ordenación. Su objetivo es el planeamiento del uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables de la cuenca, de manera que se consiga mantener el equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la misma, particularmente de sus recursos hídricos.

Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974 establece disposiciones relacionadas con el uso del recurso hídrico, ordenamiento del recurso y vertimientos al recurso hídrico, suelo y alcantarillados. Reglamenta el decreto 1594 de 1984, en el artículo 79.

El marco legal sobre control de la calidad del aire y emisiones atmosféricas.

Decreto 948 de 1995 y Resolución 909 de 2008, la primera sobre control de la calidad del aire y olores ofensivos, establece lo relativo a las emisiones atmosféricas y al control de ellas y del ruido en las áreas urbanas, suburbanas y rurales y por la segunda establece normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmosfera por fuentes fijas y dicta otras disposiciones.

Resolución 601 de 2006. Establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

Resolución 610 de 2010. Modifica la resolución 601 de 2006.

Resolución 650 de 2010. Adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Resolución 2154 de 2010. Protocolo para monitoreo y seguimiento de la calidad del aire adoptado a través de la resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones.

El marco legal sobre el manejo de la fauna silvestre.

Decreto 1608 de 1978. El presente Decreto desarrolla del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente en materia de fauna silvestre y reglamenta por tanto las actividades que se relacionan con este recurso y con sus productos.

Ley 611 de 2000. Por la cual se dictan normas para el manejo sostenible de especies de Fauna Silvestre y Acuática. Con respecto a los zoo-criaderos, se refiere al mantenimiento, cría, fomento y/o aprovechamiento de especies de la fauna silvestre y acuática en un área claramente determinada, con fines científicos, comerciales, industriales, de repoblación o de subsistencia. Los zoo-criaderos a que se refiere la presente ley podrán ser abiertos, cerrados y mixtos.

El marco legal que reglamenta el manejo y disposición de residuos sólidos.

Decreto 1713 de 2002 y Decreto 838 de 2005. Reglamenta prestación de servicio público de aseo y la gestión integral de residuos sólidos.

Resolución 2309 de 1986. Norma para regular lo referente a residuos especiales.

Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibidas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

El marco legal que reglamenta la protección al paisaje.

Decreto 1715 de 1978. Establece regulaciones y medidas para impedir la alteración o deformación de elementos constitutivos del paisaje.

8. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la guía ambiental en el subsector acuícola, se procedió mediante la obtención de cada una de las fases descritas a continuación:

- a. Búsqueda de información bibliográfica.
- b. Identificación de la normativa colombiana e internacional vigente, aplicable a los procesos del sector acuícola.
- c. Caracterización de las etapas del proceso productivo, con la identificación de los recursos y materias primas utilizadas y los subproductos que se van generando a lo largo de la etapa productiva del proceso acuícola.
- d. Formulación de la guía ambiental, con la identificación de los impactos ambientales y sociales, planteamiento de las medidas de control y un programa de evaluación, monitoreo y seguimiento de las acciones y controles tomados en el proceso.
- e. Entrega de informe final

Con base a estos pasos elaborados se obtiene los resultados mostrados en el presente documento. En el ítem 9 y los subsiguientes se estructura la formulación de la guía ambiental.

9. FORMULACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL

9.1 BUSQUEDA DE INFORMACIÓN Y LEGISLACIÓN

Para la búsqueda de información se procede a indagar en las diferentes fuentes de consulta, una de estas fuentes, es el proyecto en marcha "Pesquera La Granja", la cual suministró información sobre el proceso productivo en cada una de las etapas de la acuicultura. Por otra parte se consultaron fuentes importantes como la Guía Ambiental para el Subsector Camaronicultor, por el Ministerio de Medio Ambiente en Colombia y la Guía de Producción más Limpia para el Cultivo de Tilapia" en Honduras. En cuanto al marco jurídico referente al subsector acuícola, se presenta un cuadro resumen de la legislación vigente en Colombia, en el esquema 2, la información más detallada y amplia se presenta plasmada en el ítem 7 del presente informe.

Esquema 2. Marco legal base aplicada al subsector acuícola.

Código de Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente DECRETO LEY 2811 DE 1974	Constitución Política Nacional Título 2, Capítulo 3: De los derechos colectivos y del ambiente	Código Sanitario Nacional LEY 09 de 1979	
LEYES			
99 de 1993	Creación SINA y MMA Fundamentos de la política ambiental	164 de 1994	Cambio Climático
13 de 1990	Estatuto general de pesca	165 de 1994	Biodiversidad
101 de 1993	Desarrollo agropecuario	357 de 1997	Humedales
388 de 1997	Ordenamiento territorial	611 de 2000	Zoo-criaderos de fauna silvestre y acuática
1454 de 2011		1252 de 2008	Residuos peligrosos
491 de 1999	Seguro ecológico	373 de 1997	Uso Eficiente del agua

DECRETOS Y RESOLUCIONES	
TRÁMITES	
Dto. 2820 DE 2010	Licencias ambientales
Dto. 879 DE 1998	Términos de Referencia para EIA
Dto. 3100 de 2003	Reglamento de tasas retributivas
Dto. 2858 de 1981	Aprovechamiento de aguas
EMISIONES ATMOSFÉRICAS	
Dto. 948 de 1995 y Res. 909 de 2008	
Res. 601 de 2006	
Res. 610 de 2010	
Res. 650 de 2010	
Res. 2154 de 2010	
RECURSO HÍDRICO	
Dto. 1449 de 1977	Protección cauces
Dto. 1729 de 2002 y Dto. 1604 de 2002	Ordenamiento de cuencas
Dto. 3930 de 2010	Usos del recurso hídrico y vertimientos
FAUNA SILVESTRE	
Dto. 1608 de 1978	
RESIDUOS SÓLIDOS	
Dto. 1713 de 2002	
Dto. 838 de 2005	
Res. 2309 de 1986	
PROTECCIÓN AL PAISAJE	
Dto. 1715 de 1978	

Fuente: la autora.

9.2 PROCESO

9.2.1 Etapa de diseño.

La planeación y el diseño de un proyecto acuícola, implica la identificación del terreno con el desarrollo de la línea base ambiental, con el fin de identificar el estado en que se encuentra y los seres que interactúan en la misma y con ello una serie de estudios necesarios en suelos, vegetación, fauna, recurso hídrico, vías de acceso, suministro de servicios públicos, población y mercadeo del área aledaña.

9.2.2 Etapa de construcción.

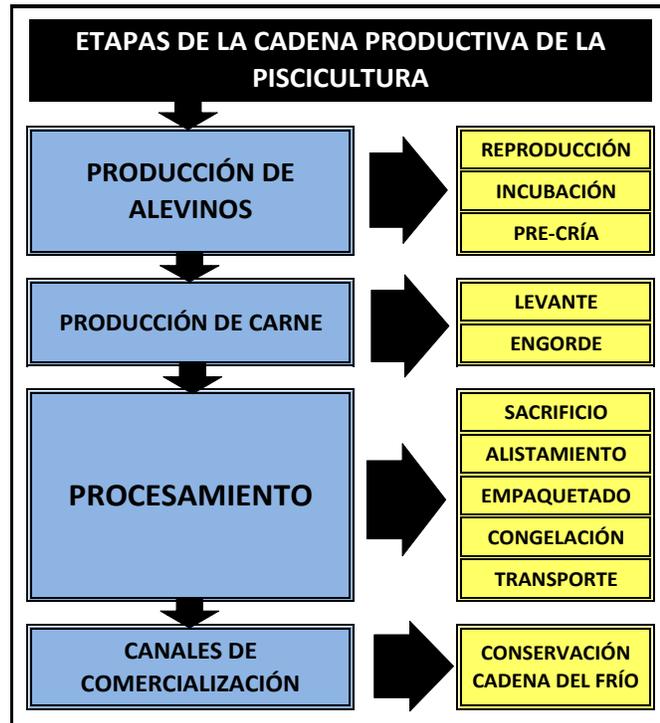
La etapa de construcción de un proyecto acuícola se inicia con la ubicación del proyecto lo cual implica costos de terreno, trámites oficiales, adecuación de terreno, transporte de materiales e insumos, diseño de obras, levantamientos topográficos, disponibilidad de servicios públicos, permisos de captación, vertimiento, aprovechamiento forestal y riesgos ante eventualidades climáticas o geológicas.

Antes de iniciar la construcción, se realiza el descapote y aprovechamiento forestal de los árboles que deben ser removidos. El material obtenido de esta remoción, se conserva para su posterior uso, en el acondicionamiento de zonas verdes, la madera obtenida, se dispone para uso en tablones, postes, leña, taludes, entre otros. En la construcción de la planta física (laboratorios, estanques, planta de sacrificio y refrigeración), implica el movimiento de tierras, manual o con maquinaria, adecuación de terrenos, transporte de materiales, disponibilidad de mano de obra y ejecución. Así mismo se tiene en cuenta la construcción de redes viales, hidráulicas y de alcantarillado (canales, diques, taludes, alcantarillados, cuartos de máquinas, vías, planta de proceso de aguas residuales).

9.2.3 Etapa productiva.

Los procesos de producción acuícola en marca diferentes fases, tal como se observa el esquema 3, correspondiente a las etapas de la cadena productiva de la piscicultura, las cuales corresponden a, 1. Etapa de producción de alevinos, 2. Etapa de levante y engorde, 3. Procesamiento o transformación de los peces y 4. Canales de comercialización, paralelo a ello, se llevan a cabo otras actividades, como es elaboración de alimentos balanceados, acondicionamiento o disposición de subproductos y transporte del producto.

Esquema 3. Etapas de la cadena productiva de la piscicultura.



Fuente: Adaptado por Espinal, Carlos Federico, LA CADENA DE LA PISCICULTURA EN COLOMBIA, 2005.

Para entender cada una de las etapas se procede a la descripción generalizada del proceso, cabe resaltar que la información plasmada en esta sección, es producto de la visita realizada al proyecto "Pesquera La Granja" complementada con otras fuentes bibliográficas.

La producción de alevinos, consta de cuatro fases, la reproducción, la incubación, larvicultura y pre-cría. En esta etapa se realiza el llenado de estanques, preferiblemente por gravedad, para minimizar costos de energía, siguiente a ello, se obtienen machos y hembras reproductoras, sembradas en un estanque especial, para la actividad de reproducción, este proceso realizado en cautiverio, también es llamado reproducción artesanal, y la obtención son las ovas (huevos fertilizados), los cuales son depositados en incubadoras (estanques especializados), donde se convierten luego en larvas. Por lo general estas larvas

inician un proceso de determinación del sexo, una pequeña parte de estas larvas, son separadas para disponerlas como reproductores y las demás, durante un ciclo de 30 días se suministra un alimento con hormonas para efectuar el proceso de reversión sexual (inhibición de la reproducción), se espera que al final el 95% de la población, sean machos y obtengan un peso de 1 a 3 gramos (ver esquema 4). En pequeños y medianos piscicultores, se obtienen los alevinos en el mercado (ver esquema 5), mientras que grandes productores los cultivan en sus propias instalaciones.

Esquema 4. Estanque de reproductores. "Pesquera La Granja"



Fuente: visita a la granja "Pesquera La Granja"

Esquema 5. Estanque de alevinos. "Pesquera La Granja"



Fuente: Plan de Manejo Estación Piscícola Pesquera La Granja. (Sanabria, J).

Una vez el pez haya avanzado la etapa de pre-cría, se inicia la **producción de carne**, para ello los alevinos son trasladados a estanques de mayor tamaño, llamados estanques de levante (ver esquema 6), donde son mantenidos a una dieta alimentaria acorde a la biomasa obtenida en el estanque, hasta obtener un peso cercano a 80 gramos por pez, generalmente este proceso se logra en 45 días. A partir de este momento, son llevados a los estanque de engorde (ver esquema 7), donde el pez es cultivado hasta obtener un peso promedio de 500 gramos. La duración de estas dos actividades, por lo general dura 4 meses.

Esquema 6. Estanques de levante "Pesquera La Granja"



Fuente: visita a la granja "Pesquera La Granja"

Esquema 7. Estanque de engorde. "Pesquera La Granja"



Fuente: visita a la granja "Pesquera La Granja"

Una vez obtenido el peso deseado del pez, este pasa a la **etapa de procesamiento**, el cual incluye extracción del medio acuático, sacrificio, lavado, alistamiento, empaquetado, congelación y transporte. Para conservar las propiedades de la carne, se emplea un sacrificio llamado choque térmico. Durante este proceso se generan subproductos o residuos biológicos como sólidos pequeños, escamas, vísceras de pescado y sangre.

Finalmente, el producto procesado es conservado en cuartos fríos, para luego ser distribuido en contenedores refrigerados y realizar la **comercialización** del producto, en tiendas mayoristas, minoristas, restaurantes y plazas de mercado (ver esquema 8). Es importante no romper la cadena de frío, para que no se alteren las propiedades microbiológicas del producto.

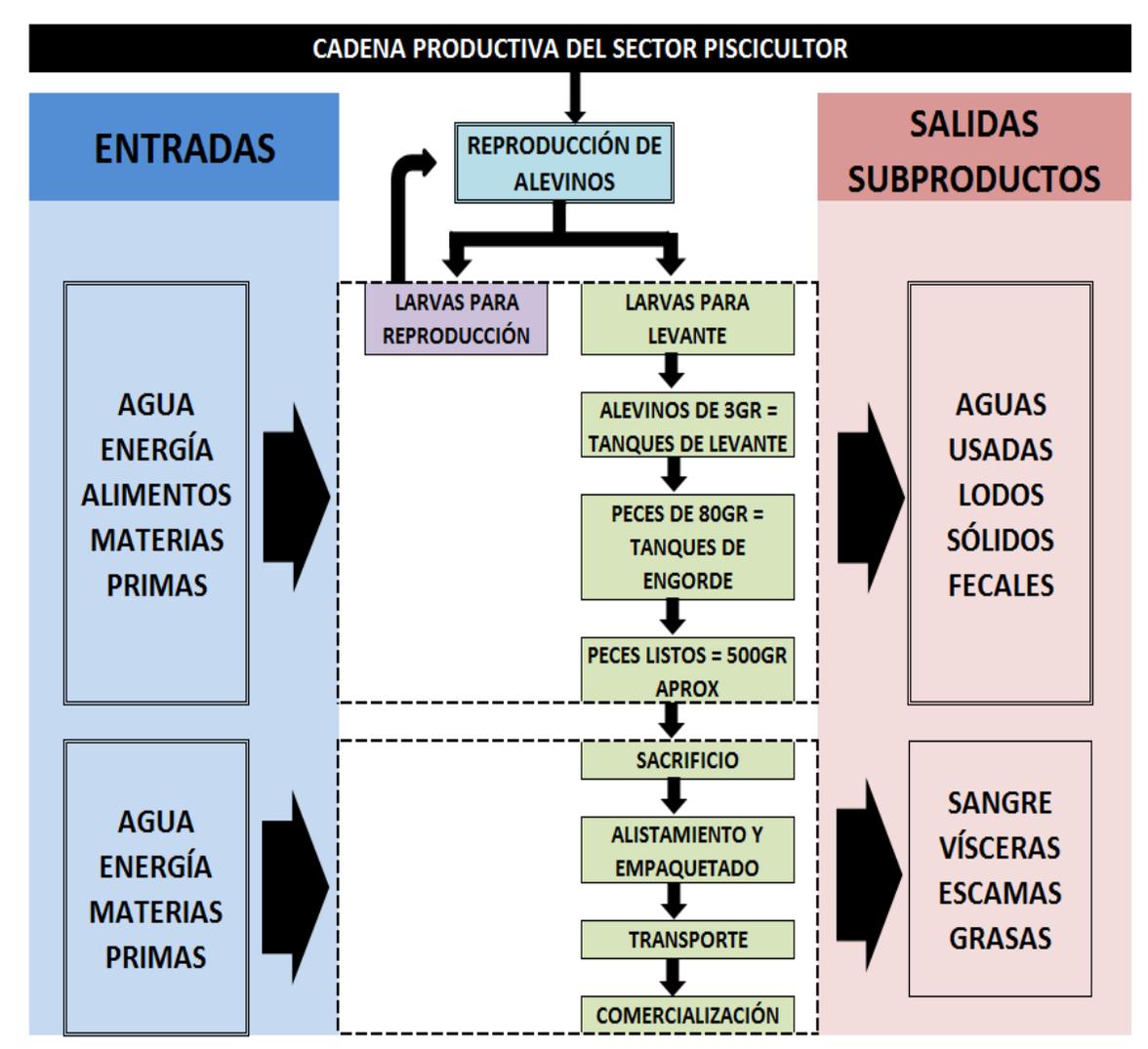
Esquema 8. Comercialización del producto. "Pesquera La Granja"



Fuente: Plan de Manejo Estación Piscícola Pesquera La Granja. (Sanabria, J).

A continuación se presenta de manera esquematizada el resumen del proceso piscícola obtenido de manera artesanal, en Pesquera La Granja, ver esquema 9.

Esquema 9. Cadena productiva del sector Piscicultor.



Fuente: la autora.

9.2.4 Uso de recursos.

En la siembra de peces para producción y comercialización de su carne, se encuentra una serie de entradas y salidas que forman parte del proceso, a continuación, se describen las principales entradas o recursos utilizados en este proceso.

AGUA. El uso de agua es imprescindible para el desarrollo de las actividades piscícolas, este recurso es utilizado para llenar y recircular los estanques productivos, para lavado y alistamiento del producto. Las proporciones del agua a utilizar dependen de la densidad de población y otros aspectos anteriormente mencionados. El agua es el soporte del cultivo de especies acuáticas, proveedora de oxígeno y nutrientes elementales para el sustento de las especies, también es un reservorio para desechos que se generan en el proceso, tal como, alimento no consumido, heces fecales y lodos sedimentados.

AGUA LLUVIA. Este recurso también es muy utilizado y en épocas de sequía puede aliviar la escasez resultante. Su manejo, puede darse mediante el uso de canales que transporten el recurso a reservorios, es adecuado realizar un tratamiento preliminar con el fin de sedimentar y depurar sólidos suspendidos.

SUELO. Un componente con alta importancia, el espacio requerido es utilizado para adecuar e instalar los estanques del proceso piscícola. Los procedimientos implicados son la remoción de micro flora y fauna del suelo, el cual genera transformaciones en el medio y la sociedad aledaña, pues según la percepción de las comunidades humanas en las cercanías se generan aceptaciones o rechazos hacia la actividad. De igual forma se utiliza el suelo, para la plantación de árboles con bastante follaje, permitiendo la absorción de gases y minimizando los olores emitidos en el proceso a otros terrenos aledaños a la zona.

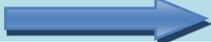
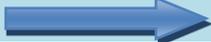
ALIMENTO. Es uno de los principales insumos necesarios para sostener el sistema piscicultor, este provee las proteínas, aminoácidos, lípidos, carbohidratos, vitaminas, minerales y energía que los organismos necesitan para ejercer las funciones biológicas. Dependiendo de la especie acuícola se define cantidad y calidad de alimento requerido.

ENERGÍA. Recurso de uso cotidiano entre ellos, para inyección de oxígeno en los estanques mediante motobombas, aireadores, funcionamiento de refrigeradores y cuartos fríos donde se dispondrá el producto hasta ser transportado a las cadenas de comercialización garantizando así la calidad del producto.

Otros materiales, son necesarios para la construcción de instalaciones acuícolas. En cultivos extensivos por lo general se utilizan materiales económicos y disponibles localmente, como es el caso de maderas y plásticos, mientras en cultivos intensivos, los materiales usados son de mayor costo como acero galvanizado, aluminio, fibra de vidrio y PVC. Sin embargo, el uso de estos recursos no es tan significativo.

En la tabla 3 se presenta un cuadro resumen de entradas y salidas que implica cada subproceso o actividad de la productividad acuícola.

Tabla. 3. Entradas y salidas de la etapa productiva en un proyecto acuícola.

Principales Entradas 	SUBPROCESOS	Principales Salidas 
Introducción de animales nuevos.	Producción de carne.	Animales con peso adecuado. Carne.
Concentrados, N, P, K, melazas.	Alimentación de los peces.	Generación de residuos sólidos orgánicos (desperdicios de alimento) e inorgánicos (envases). Generación de emisiones atmosféricas. Generación de vertimientos con trazas de materia orgánica.
Recurso hídrico.	Llenado y recirculación de agua en los estanques	Consumo del recurso Pérdidas del recurso por infiltraciones. Generación de agua con sólidos suspendidos y sedimentados. (excretas - lodos)

Principales Entradas 	SUBPROCESOS	Principales Salidas 
Insumos agropecuarios y medicamentos veterinarios.	Control de enfermedades en los peces.	Generación de residuos tóxicos.
Introducción de motobombas y aireadores. Enfriadores.	Operación de equipos.	Consumo de energía. Generación de gases atmosféricos.
Recurso hídrico. Productos desinfectantes.	Procesamiento del producto.	Vertimientos de materia orgánica. (sangre, grasas, vísceras y escamas) Generación de residuos sólidos

Fuente: la autora.

9.2.5 Generación de residuos y subproductos.

A lo largo de la cadena productiva acuícola, se generan residuos, los cuales deben disponerse y tratarse, en algunos casos, producto de este manejo se obtienen subproductos como abonos y alimentos que pueden aprovecharse en el mismo sector.

Agua residual. Debido a que esta actividad tiene alta demanda del recurso hídrico, la contaminación es inevitable. Durante la recirculación de agua en los estanques, la composición del flujo de salida es diferente al ingresado, por lo general este efluente contiene carga orgánica y sólidos suspendidos, en diferentes proporciones. Por otra parte, el uso continuo del recurso en la etapa de procesamiento, sacrificio, lavado y alistamiento del animal para consumo genera incremento de carga orgánica en el efluente con alto contenido de grasas, fluidos y sólidos orgánicos.

Lodos. La larga estadía de animal en los estanques, genera acumulación de heces y alimento no consumido, este factor conlleva a un alto consumo de agua y aireación, debido a los altos niveles de dióxido de carbono, amonio, cloruro y

nitrógeno. El análisis físico químico de estos lodos permite el uso en abonos orgánicos, útiles para acondicionamiento del suelo y siembra de árboles.

Gases. Los componentes de los lodos y materia orgánica tienen desprendimiento de gases, producto de la fermentación, el amoníaco y metano, se volatilizan dependiendo del pH. La mortalidad de algunas especies, ya sea por enfermedad, bajo oxígeno disuelto en el agua u otros factores, genera olores ofensivos en el ambiente, no obstante, estos olores incrementan una vez el organismo este fuera del agua, debido a la aceleración de las reacciones bioquímicas de la descomposición del cuerpo. Las reacciones químicas presentadas en los tejidos o cuerpos muertos son las siguientes:

- a. Reducción microbiana para dejar la trimetilamina libre. Esta reacción se acopla a una reacción de oxidación donde el ácido láctico se transforma en acético y ácido carbónico.
- b. Degradación de proteínas. Formando numerosos compuestos, la mayoría aromáticos, lo que significa mal olor (amoníaco, ácido sulfhídrico, indol, escatol). En la etapa de putrefacción entran la lisina (cadaverina) y el ácido aminovalérico.⁹

Residuos vegetales de descapote de terreno. Una vez identificado el terreno se procede al descapote, el cual consiste en el retiro de la capa vegetal hasta una profundidad de 30 centímetros, continuando con la excavación del terreno hasta llegar al nivel deseado según diseños. La remoción de descapote y tierra se realiza manual o mecánicamente. Este material especial debe ser dispuesto una vez extraído.

Residuos sólidos inorgánicos. Lo conforman los residuos de empaques de alimento, las bolsas plásticas, los envases plásticos y de vidrio, el cartón y papel

⁹Fuente: <http://www.elergonomista.com/alimentos/pescadosymariscosconservacion.htm>

utilizado en los procesos. En general, consecuencia de ello, es la propagación de vectores (moscas, aves carroñeras y roedores), el cual genera enfermedades en los animales y pone en riesgo la producción y calidad del producto.

Residuos peligrosos. Se encuentran utensilios (agujas, jeringas, restos de medicamentos especiales, entre otros.) de medicina veterinaria empleada para el cuidado de los peces, residuos procedentes de tejidos animales, cadáveres, y productos asociados a la desinfección del lugar y de materiales. Los residuos biológicos, producto de peces muertos, tejidos, escamas, piel, grasas, cabezas y vísceras que se generan durante la etapa productiva, pueden aprovecharse en la generación de subproductos como aceite de pescado y harina de pescado.

A continuación en la tabla 4, se presenta la relación resumen de los subproductos y residuos generados.

Tabla 4. Subproductos y residuos generados en la piscicultura.

Subproductos y Residuos	
Agua residual	Producto de lavados y procesamientos.
Residuos sólidos orgánicos	Lodos (mezcla de alimento no consumido y heces fecales). Gases. Residuos vegetales de descapote de terreno.
Residuos sólidos inorgánicos	Empaques de alimento. Bolsas y envases plásticos. Envases de vidrio. Papel y cartón.
Residuos peligrosos	Implementos de veterinaria. Cadáveres y tejidos contaminados. Productos de aseo y desinfección.

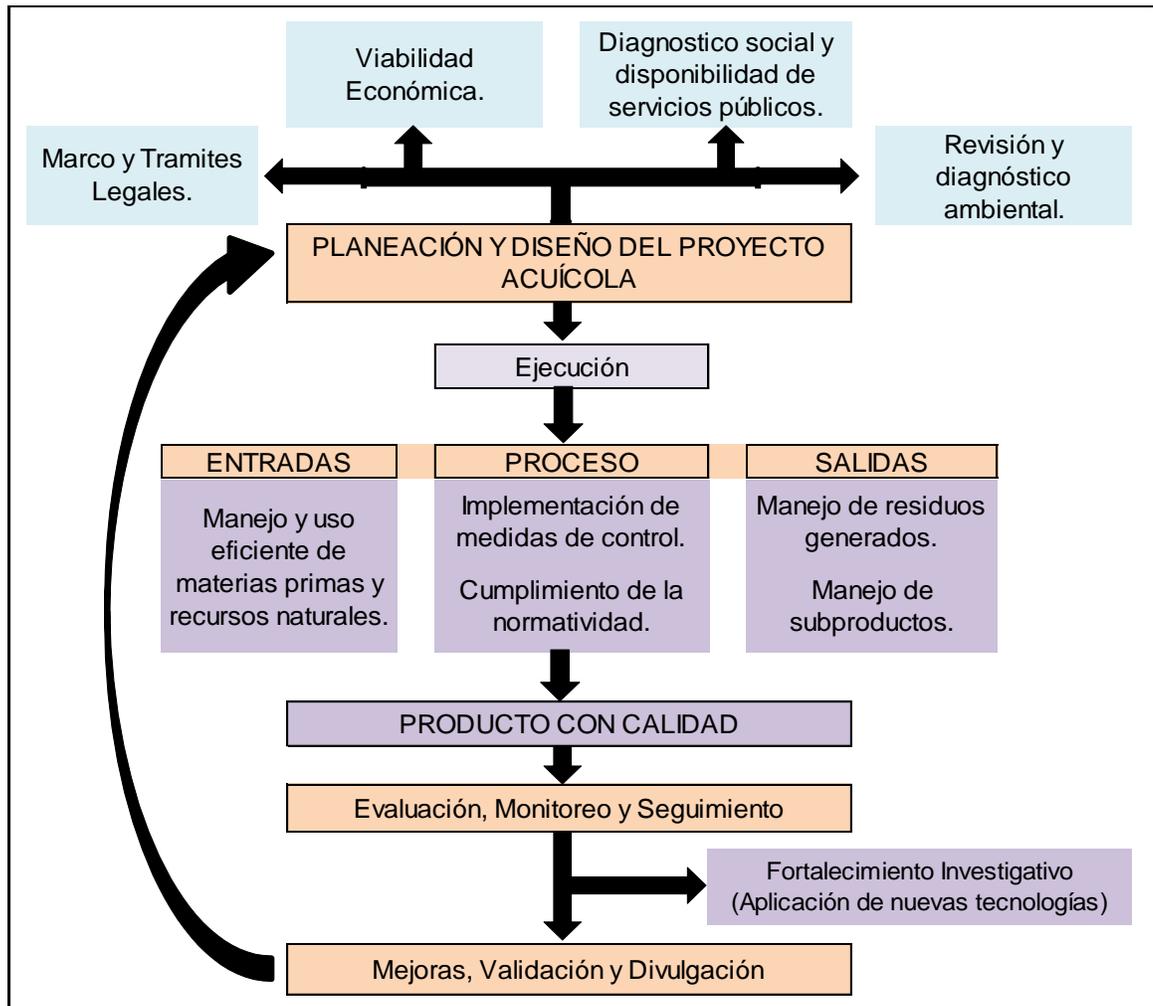
Fuente: la autora.

9.3 PLANEACIÓN DE LA GESTIÓN

La formulación de la guía ambiental, para el subsector acuícola, involucra una serie de procesos estratégicos y progresivos, de manera que busque el mejoramiento continuo en las diferentes etapas, para obtener productos de calidad, teniendo en cuenta la sostenibilidad ambiental.

Como fórmula para lograr resultados efectivos en la gestión ambiental, se realiza inicialmente la planeación, la cual implica estudios y revisión inicial ambiental del entorno, diagnóstico social y disponibilidad de servicios públicos, viabilidad económica del proyecto y trámites legales. Una vez planeado y diseñado el proyecto, este entra en ejecución, durante esta fase del proyecto, se propone la implementación de medidas de manejo ambiental y acciones estratégicas, las cuales proporcionan mejora en la productividad, competitividad y sostenibilidad ambiental frente al proyecto. Finalmente, para fortalecer la gestión, se implementa un programa de evaluación, monitoreo y seguimiento, el cual proporciona mejoras continuas en el sistema y fortalecimiento tecnológico con la implementación de nuevas prácticas tecnológicas y ambientales dentro del proceso. Para garantizar el ciclo, los resultados obtenidos de esta fase, se deben implementar, validar y divulgar desde la etapa de diseño, pues paralelo a ello se obtendrá un producto de calidad y un proyecto direccionado al uso eficiente de recursos naturales renovables y a la minimización de impactos. En el esquema 10, se identifica el ciclo de planeación del proceso acuícola.

Esquema 10. Ciclo de planeación del proceso acuícola.



Fuente: la autora.

9.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Para la identificación y evaluación de los impactos generados en un proyecto acuícola, se utiliza la metodología desarrollada por Arboleda (1994)¹⁰, la cual ha sido empleada por las empresas Públicas de Medellín (EPPMM) en diversos proyectos, principalmente por ser ágil, confiable, de fácil comprensión, aplicable a

¹⁰Fuente: http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Oct_26/Cap%EDtulo%20Libro%20m%E9todos%20valoraci%F3n%20EIA.pdf

cualquier tipo de proyecto y nivel de información y se puede ajustar de acuerdo a la necesidad de cada proyecto.

La primera fase de la metodología, busca la identificación de los impactos producidos al medio ambiente, como consecuencia de las acciones del proyecto. Para ello se emplea el método gráfico de Diagramas de Secuencias, como su nombre lo indica analiza en forma secuencial, tres elementos básicos: las acciones o actividades ejecutadas para el funcionamiento del proyecto, Las causas de tipo físico, biótico y social que se genera por la acción determinada del proyecto y el impacto, que es el resultado final ya sea benéfico o perjudicial que se produce en alguno de los "componentes ambientales. En los esquemas 11, 12 y 13, se aprecian los diagramas de secuencias para la identificación de impactos de manera generalizada, en cada una de las etapas de un proceso acuícola.

Esquema 11. Identificación de impactos ambientales, en la etapa de construcción.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN		
ACCION	CAUSA	IMPACTO
Contratación de mano de obra		Generación de empleos
Preparación de terrenos despeje y desbroce	Emisiones gaseosas y MP	Contaminación atmosférica
	Ruido	Contaminación de cauces
	Residuos vegetales	Pérdida de biodiversidad
	Pérdida de cobertura vegetal	
Excavación y movimiento de tierras	Emisiones gaseosas y MP	Contaminación atmosférica
	Ruido	Generación de procesos erosivos
	Alteración de la estructura del suelo	Contaminación de suelos y cauces
	Generación de residuos de excavación	
Tráfico de vehículos y maquinaria	Compactación de suelos	Generación de procesos
	Emisiones gaseosas y MP	Contaminación atmosférica
	Ruido	Disminución y Pérdida de biodiversidad
	Pérdida de cobertura vegetal	
	Perturbaciones y desplazamiento de fauna	
Construcción de planta física y vías	Residuos de construcción	Contaminación de suelos
	Emisiones gaseosas y MP	Contaminación atmosférica
	Ruido	Disminución y Pérdida de biodiversidad
	Desplazamiento de fauna	
	Compactación de suelos	Generación de procesos

Fuente: la autora.

Esquema 12. Identificación de impactos ambientales, en la etapa de operación.

ETAPA DE OPERACIÓN		
ACCION	CAUSA	IMPACTO
Contratación de mano de obra		Generación de empleos
Llenado de estanques	Uso considerable de recursos naturales	Disminución de recursos Pérdida de biodiversidad acuática Baja capacidad de regulación hídrica
Bombeo y aireación constante de estanques	Aumento en el consumo de servicios públicos	Disminución de recursos naturales
Suministro de alimento	Aporte de sedimentos a los cauces Generación de residuos sólidos	Contaminación de cauces Contaminación de cauces y suelos
Sacrificio del producto	Aporte de sedimentos a los cauces Generación de residuos sólidos Aporte de materia orgánica a los cauces	Contaminación de cauces Contaminación de cauces y suelos Contaminación de cauces
Lavado y empaquetado del producto	Generación de residuos sólidos Mayor consumo de servicios públicos	Contaminación de cauces y suelos Disminución de recursos naturales
Mantenimiento y lavado de estanques	Aporte de materia orgánica a los cauces Mayor consumo de servicios públicos	Contaminación de cauces Disminución de recursos naturales
Transporte y distribución de insumos y productos	Emisiones gaseosas y MP	Contaminación a la atmosfera
Comercialización del producto	Generación de nuevos	Dinamización de la economía

Fuente: la autora.

Esquema 13. Identificación de impactos ambientales, en la etapa de abandono.

ETAPA DE ABANDONO		
ACCION	CAUSA	IMPACTO
Demolición de estructura física	Emisiones gaseosas y MP	Contaminación a la atmosfera
	Ruido	
	Generación de escombros y residuos sólidos	Contaminación de cauces y suelos
Relleno de estanques en tierra	Compactación de suelos	Generación de procesos erosivos
	Alteración de la estructura del suelo	
Revegetación del terreno	Mejora en la estructura de suelo y biodiversidad	Acondicionamiento de suelos

Fuente: la autora.

9.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS

Una vez identificados los impactos en cada componente, se procede a la evaluación según la significancia, e influencia positiva o negativa. La evaluación de los impactos se realiza de manera individual mediante la expresión denominada "Calificación Ambiental (Ca)¹¹", obtenida a partir de cinco criterios:

1. **Clase (C):** define el sentido del cambio ambiental, se determina como positivo (+) o negativo (-).
2. **Presencia (P):** probabilidad de que el impacto pueda manifestarse.

Rango	Valor
Cierta	1
Muy probable	0,7
Probable	0,3
Poco probable	0,1
No probable	0

3. **Duración (D):** periodo de existencia activa del impacto y sus consecuencias. Se expresa en función del tiempo de permanencia.

Rango	Valor
Muy larga: >de 10 años	1
Larga: >de 7 años	0,7 - 1
Media: >de 4 años	0,4 - 0,7
Corta: >de 1 año	0,1 - 0,4
Muy corta: <de 1 año	0 - 0,1

4. **Evolución (E):** velocidad de desarrollo del impacto, desde que inicia, hasta que se hace presente con todas sus consecuencias, se califica acorde a la magnitud alcanzada con respecto al tiempo.

¹¹ Propuesto por: Manual de Evaluación de Impactos Ambientales en Colombia, MEIACOL (Minambiente 1997). Capítulo 1315, pág. 5

Rango	Valor
Muy rápida: >de 1 mes	0,8 - 1
Rápida: >de 12 meses	0,6 - 0,8
Media: >de 18 meses	0,4 - 0,6
Lenta: >de 24 meses	0,2 - 0,4
Muy lenta: <de 24 meses	0 - 0,2

5. Magnitud (M): califica dimensión o tamaño del cambio ambiental producido por la actividad de la etapa.

Rango	Valor
Muy alta: > del 80%	0,8 - 1
Alta: entre 60 y 80%	0,6 - 0,8
Media: entre 40 y 60%	0,4 - 0,6
Baja: entre 20 y 40%	0,2 - 0,4
Muy baja: <del 20%	0 - 0,2

6. Calificación ambiental (Ca): calificación que permite obtener y explicar las relaciones de dependencia que existe entre los cinco criterios, ponderados a través de dos constantes $a=7.0$ y $b=3.0$, que le dan equilibrios a los pesos relativos, cuya suma debe ser igual a 10. La ecuación de calificación:

$$Ca = C (P [a E M + b D])$$

Según el valor numérico, indica la Importancia Ambiental del impacto.

Muy alta:	Ca entre 8 y 10
Alta:	Ca entre 6 y 8
Media:	Ca entre 4 y 6
Baja:	Ca entre 2 y 4
Muy baja:	Ca entre 0 y 2

Una vez identificados los impactos en cada etapa se procede a evaluarlos a continuación en las tablas 5, 6 y 7, por medio de la metodología propuesta anteriormente.

Tabla 5. Matriz de evaluación de los impactos identificados en la etapa de construcción.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN							
IMPACTO AMBIENTAL	Clase (C)	Presencia (P)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (M)	Calificación Ambiental (Ca)	Importancia Ambiental
Generación de empleos	+	1	0,4	1	0,6	5,0	MEDIA
Contaminación atmosférica	-	0,3	0,3	0,8	0,5	0,8	MUY BAJA
Contaminación de cauces	-	0,3	0,3	0,7	0,7	0,9	MUY BAJA
Contaminación de suelos	-	0,7	0,7	0,7	0,7	5,0	MEDIA
Generación de procesos erosivos	-	0,3	0,5	0,6	0,7	1,3	MUY BAJA
Disminución y Pérdida de biodiversidad	-	0,3	0,7	0,7	0,7	2,2	BAJA

Fuente: la autora.

Tabla 6. Matriz de evaluación de los impactos identificados en la etapa de operación.

ETAPA DE OPERACIÓN							
IMPACTO AMBIENTAL	Clase (C)	Presencia (P)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (M)	Calificación Ambiental (Ca)	Importancia Ambiental
Disminución de recursos naturales	-	0,7	0,6	0,6	0,9	4,8	MEDIA
Disminución de capacidad de regulación hídrica	-	0,3	0,7	0,4	0,7	1,2	MUY BAJA
Contaminación de cauces	-	1	0,5	0,7	1	7,4	ALTA
Contaminación de suelos	-	0,7	0,6	0,7	0,8	4,9	MEDIA
Contaminación a la atmosfera	-	0,1	0,1	0,3	0,2	0,0	MUY BAJA
Dinamización de la economía	+	0,7	0,8	0,8	0,8	7,5	ALTA
Generación de empleo	+	0,7	0,8	0,9	0,7	7,4	ALTA
Pérdida de biodiversidad silvestre y acuática	-	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	MUY BAJA

Fuente: la autora.

Tabla 7. Matriz de evaluación de los impactos identificados en la etapa de abandono.

ETAPA DE ABANDONO							
IMPACTO AMBIENTAL	Clase (C)	Presencia (P)	Duración (D)	Evolución (E)	Magnitud (M)	Calificación Ambiental (Ca)	Importancia Ambiental
Contaminación a la atmosfera	-	0,7	0,5	0,2	0,5	0,7	MUY BAJA
Contaminación de cauces	-	0,7	0,4	0,4	0,7	1,6	MUY BAJA
Contaminación de suelos	-	0,7	1	0,7	1	10,3	MUY ALTA
Generación de procesos erosivos	-	0,7	0,7	0,7	0,8	5,8	MEDIA
Acondicionamiento de suelos	+	0,7	1	0,6	1	8,8	ALTA

Fuente: la autora.

Una vez evaluados los impactos en cada una de las etapas, se puede interpretar que los impactos con mayor significancia, serian los impactos denotados con importancia ambiental media, alta y muy alta.

En la etapa de construcción se identifican los impactos con importancia o significancia ambiental media la *generación de empleo* con clase positiva y *contaminación de suelos*, con clase negativa. Este último, es debido al grado de afectación que las actividades de descapote y construcción tienen, con respecto al recurso.

En la etapa de operación; la *disminución de los recursos naturales* y *contaminación de suelos y causes*, son impactos negativos con alta significancia, esto se debe en gran medida, a la dimensión del cambio ambiental que producen las actividades del proyecto hacia el uso de recurso agua y suelo, por otra parte los impactos, *dinamización de la economía* y *generación de empleo* con alta significancia, genera una conformidad y adelanto socioeconómico en la población intervenida.

Finalmente en la etapa de abandono se destacan tres impactos, uno de ellos positivo, *acondicionamiento de suelos*, el cual genera mejoras al recurso suelo, mediante aplicación de abonos y siembra de vegetación, sin embargo la *generación de procesos erosivos y contaminación de suelos*, son también impactos con media y alta significancia respectivamente, pues la generación y acumulación de residuos, sobre todo, de tipo escombros, incrementa la probabilidad de manifestación y dimensión de daño al entorno.

9.6 MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

Las medidas de manejo ambiental, permiten considerar las acciones orientadas a prevenir, mitigar, compensar y corregir el factor o medio intervenido, para cada uno de los impactos negativos ambientales presentados en un proyecto acuícola y en el caso de los impactos positivos, para mantener o asegurar la permanencia del mismo. Estas medidas, están sujetas a modificación, según aplicación y características presentes en el proyecto, así mismo, esta herramienta favorece el desarrollo de un ciclo de mejora continua en un proyecto sostenible.

A continuación se presenta la tabla 8, con las posibles medidas de manejo ambiental, con respecto a los impactos presentados en las etapas del proyecto.

Tabla 8. Medidas de manejo ambiental para los impactos identificados.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL - SOCIAL
FASE DE CONTRUCCIÓN Y ABANDONO	
Generación de empleos	<ul style="list-style-type: none"> • Dar prioridad de empleo a la población local o aledaña al proyecto y convenir salarios y prestaciones acordes con la legislación vigente. • Implementar programas de salud ocupacional y seguridad industrial al personal que labora durante las actividades de construcción, operación y abandono del proyecto. • Las granjas acuícolas deben contar con vestidores, cuartos para artículos de limpieza, baños separados, regaderas, lavamanos, secadores y todo equipo necesario para el higiene del personal • Implementar planes de contingencia y entrenamiento al personal sobre programas en evacuación, primeros auxilios, incendios, derrames de derivados de petróleo entre otros. • Implementar señalización preventiva e informativa de las operaciones riesgosas.
Contaminación atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir las quemas, uso de encendedores, cerillos, cigarrillos y estufas en áreas de operación de maquinaria. • Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipos. • Exigir certificado técnico-mecánico y de gases vigente a los vehículos. • Ubicar extintores en áreas con riesgo de incendios, vehículos y maquinaria de transporte de materiales y combustibles, realizar entrenamiento de su uso. • Sembrar vegetación alrededor del área de construcción y operación con el fin de amortiguar el ruido. • Realizar humectación en terrenos y vías destapadas. • Entrenar y supervisar en normas de seguridad industrial para el manejo de productos químicos, combustibles, gases y vapores.
Contaminación de cauces de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Contemplar la captación de aguas superficiales y no de aguas subterráneas. • Elegir terrenos arcillosos y compactos con el fin de evitar infiltración. • Captar y recircular el agua lluvia. • Evitar la tala de árboles en las orillas de ríos y caudales. • No desviar el cauce natural de los ríos. • Solicitar permisos de concesión de aguas y de vertimientos a corporaciones y/ó entes ambientales encargadas. • Diseñar e implementar un programa de manejo de residuos de construcción.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL - SOCIAL
Contaminación de suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar estudios de suelos, para verificar la compatibilidad del proyecto con el terreno a utilizar. • Ubicar el proyecto en áreas libres de inundaciones, suelos vulnerables a la infiltración, al riesgo de contaminación química o biológica y áreas expuestas a descargas de químicos agrícolas e industriales. • No desviar el cauce natural de los ríos. • Realizar programa de manejo y disposición de lubricantes y combustibles, evitando derramamientos. • Revegetalizar con especies nativas, las áreas expuestas o susceptibles a la erosión. • Implementar un Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. • Implementar técnicas para estabilización de taludes y áreas propensas a derrumbes. • Reforzar con concreto las estructuras de desagüe, cajas de inspección y demás estructuras que sean propensas al desgaste con el flujo continuo de agua. • Construir redes de alcantarillado y obras afines para la captación de la escorrentía del agua.
Erosión de suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar los suelos con abonos orgánicos, producto del reciclaje de la materia orgánica generado en la operación del proyecto. • Implementar técnicas para estabilización de taludes y áreas propensas a derrumbes. • Consultar dentro del plan de ordenamiento territorial de la región posibles zonas permitidas para la construcción y ejecución del proyecto.
Cambios del paisaje natural	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar reforestación de áreas escarpadas y aledañas al proyecto. • Implementar un Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. • Reutilizar los residuos de materia orgánica mediante procesos en abonos para el acondicionamiento y fertilización de suelos.
Pérdida de biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • No intervenir terrenos con ecosistemas estratégicos y bosque en avanzado estado de sucesión. • Evitar ecosistemas con gran abundancia y biodiversidad faunística. • Contemplar diseño estratégico para menor daño de especies de flora y fauna. • Realizar inventario forestal. • Prohibir la tala innecesaria de arboles en el proyecto. • Implementar un programa de reforestación y adecuación paisajística, al finalizar la etapa de construcción. • Realizar seguimiento fitosanitario de los arboles reforestados. • Realizar aprovechamiento forestal, reutilizando troncos de los árboles talados, en otras actividades del proyecto o por la comunidad aledaña.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL - SOCIAL
FASE DE OPERACIÓN	
Disminución de recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar programa de manejo y uso racional de agua, energía, uso de suelos, gas, entre otros recursos. • Implementar programas de reutilización de recursos y materias primas.
Baja capacidad de regulación hídrica	<ul style="list-style-type: none"> • Contemplar la captación de aguas superficiales y no de aguas subterráneas. • Elegir terrenos arcillosos y compactos con el fin de evitar infiltración. • Captar y recircular el agua lluvia. • Evitar la tala de árboles en las orillas de ríos y caudales.
Contaminación de cauces	<ul style="list-style-type: none"> • Los lugares a recibir vertimientos deben poseer una alta capacidad ambiental (mezcla, dilución y dispersión). • No desviar el cauce natural de los ríos. • Realizar análisis y caracterización de aguas residuales. • Diseñar y construir sistemas de depuración de aguas residuales. • Implementar programas de reutilización de las aguas en los recambios de agua. • Solicitar permisos de concesión de aguas y de vertimientos a corporaciones y/ó entes ambientales encargadas. • Realizar análisis de vertimientos y verificar según exigencia de la normatividad vigente. • Realizar vertimientos continuos de bajos caudales y no esporádicos de alto caudal. • Realizar análisis físico químico de aguas en los estanques, con el fin de evitar propagación de enfermedades en los animales. • Implementar programas de monitoreo preventivo para detectar enfermedades en su fase temprana, evitando así el uso de antibióticos. • Emplear antibióticos permitidos por normas internacionales y preferiblemente de baja persistencia en el medio. • Diseñar e implementar un programa de manejo de residuos peligrosos. • Diseñar e implementar un programa de manejo de residuos de origen biológico (animales sacrificados o muertos). • Diseñar estanques de manera que tenga fuga para sólidos sedimentados, en caso contrario realizar extracción de sedimentos y mantenimiento periódico a los estanques. • Implementar un Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. • Implementar programas de nutrición eficiente para minimizar desperdicio de alimento en los estanques. • Implementar inoculación de biofloc en los estanques de producción, planteado en el ítem 9.3.1. • Mantener oxigenación continua en los estanques para disminuir los recambios de agua.
Contaminación de suelos	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un Programa de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS. • Realizar reciclaje de materia orgánica extraída de los estanques, mediante la fermentación y transformación de la materia para crear abonos orgánicos y disponerlos en terrenos erosionados, y acondicionamiento de suelos.

IMPACTO AMBIENTAL	MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL - SOCIAL
Contaminación a la atmosfera	<ul style="list-style-type: none"> • Prohibir las quemas, uso de encendedores, cerillos, cigarrillos y estufas en áreas de operación. • Realizar mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipos. • Ubicar extintores en todas las áreas de la planta física. • Realizar humectación en terrenos y vías destapadas. • Entrenar y supervisar en normas de seguridad industrial para el manejo de productos químicos, combustibles, gases y vapores.
Dinamización de la economía	<ul style="list-style-type: none"> • Dar prioridad a la compra de insumos locales mientras no altere la calidad y costos del producto. • El terreno a escoger para el proyecto debe escogerse de tal manera que no genere perjuicios socio-económicos a la población aledaña.
Generación de empleo	<ul style="list-style-type: none"> • Dar prioridad de empleo a la población local o aledaña al proyecto y convenir salarios y prestaciones acordes con la legislación vigente. • Implementar programas de salud ocupacional y seguridad industrial al personal que labora durante las actividades de construcción, operación y abandono del proyecto. • Las granjas acuícolas deben contar con vestidores, cuartos para artículos de limpieza, baños separados, regaderas, lavamanos, secadores y todo equipo necesario para el higiene del personal. • Implementar planes de contingencia y entrenamiento al personal sobre programas en evacuación, primeros auxilios, incendios, derrames de derivados de petróleo entre otros. • Implementar señalización preventiva e informativa de las operaciones riesgosas.
Pérdida de biodiversidad silvestre y acuática	<ul style="list-style-type: none"> • No intervenir terrenos con ecosistemas estratégicos y bosque en avanzado estado de sucesión. • Evitar ecosistemas con gran abundancia y biodiversidad faunística. • Contemplar diseño estratégico para menor daño en las especies de flora y fauna. • Prohibir la caza de fauna. • Realizar rescate y traslado de fauna a un centro de acondicionamiento o habitat más cercano cuando este lo amerite. • Instalar redes en las salidas de los vertimientos de los estanques para garantizar que huevos, larvas o adultos no alcancen el medio natural. • Almacenar de manera adecuada insumos y alimentos, alejándolos de vectores y humedad. • En el momento de la captación del agua se deben ubicar redes en la bocatomas para evitar que fauna silvestre acuática sea succionada por las tuberías de las motobombas. • Comprar larvas en sitios certificados y con análisis de salubridad, no usar larvas capturadas en el medio natural o silvestre. • Implementar métodos no lesivos para ahuyentar la fauna atraída por los estanques. • Implementar un plan de disposición adecuada a los animales que hayan muerto por enfermedades.

Fuente: la autora

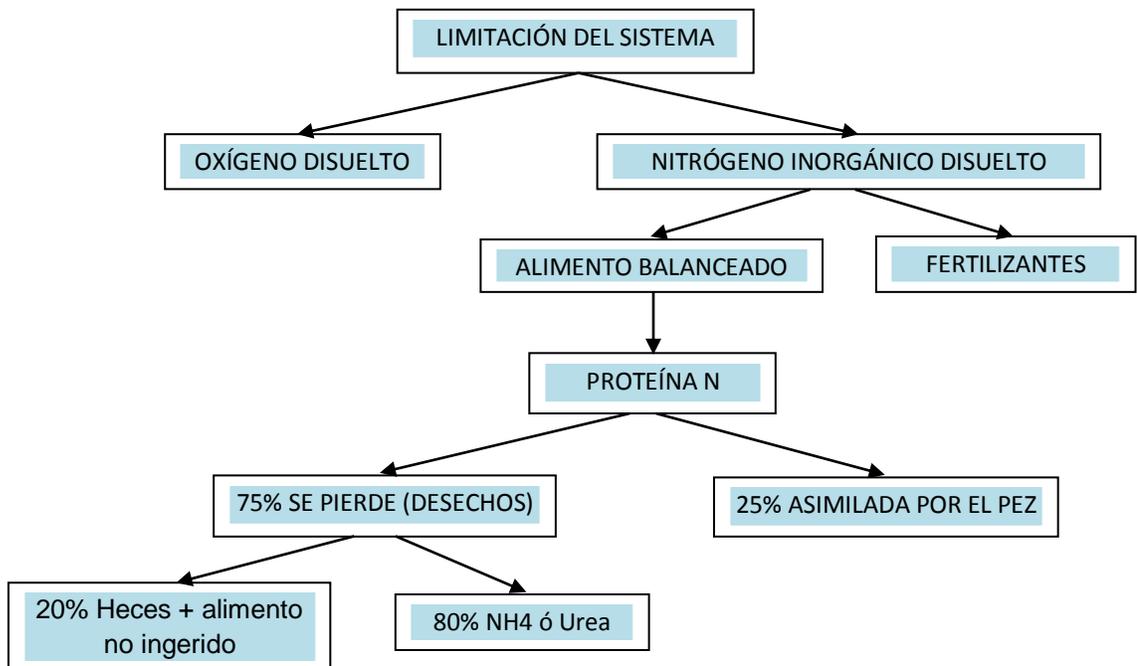
9.7 ACCIONES ESTRATÉGICAS

Se plantean programas de acción estratégicas, para aportar al mejoramiento continuo de los proyectos acuícolas.

9.7.1 Biofloc.

Uno de los mayores problemas en los sectores piscícolas, es la alta contaminación de los estanques a causa de la materia orgánica suspendida, producto de alimento no consumido y la producción de dióxido de carbono y amonios de las heces fecales de los peces. Esta problemática, conlleva costos continuos de mantenimiento periódico en estanques, incremento en el consumo de agua, desperdicio de alimento y un ambiente toxico para los peces por la nitrificación. En el esquema 14 se presenta un diagrama conceptual del proceso de nitrificación en los estanques.

Esquema 14. Problemática causada por la nitrificación en estanques acuícolas.



Fuente: Estudio CENIACUA, Cultivo de Tilapia Roja, Juan Felipe Sierra de la Rosa (2009).

Como parte de la solución a esta problemática se plantea un proceso estratégico que consiste en la inoculación o producción de Bio-Flocs, también conocido como fitoplancton, bacterias heterotróficas y autotróficas, este proceso bioquímico metaboliza los carbohidratos y el nitrógeno inorgánico, para sintetizar proteína bacteriana, la cual viaja en flóculos por la columna de agua y los peces la ingieren como fuente de alimento, de esta manera se reutiliza la proteína que no consumió el pez en un principio.

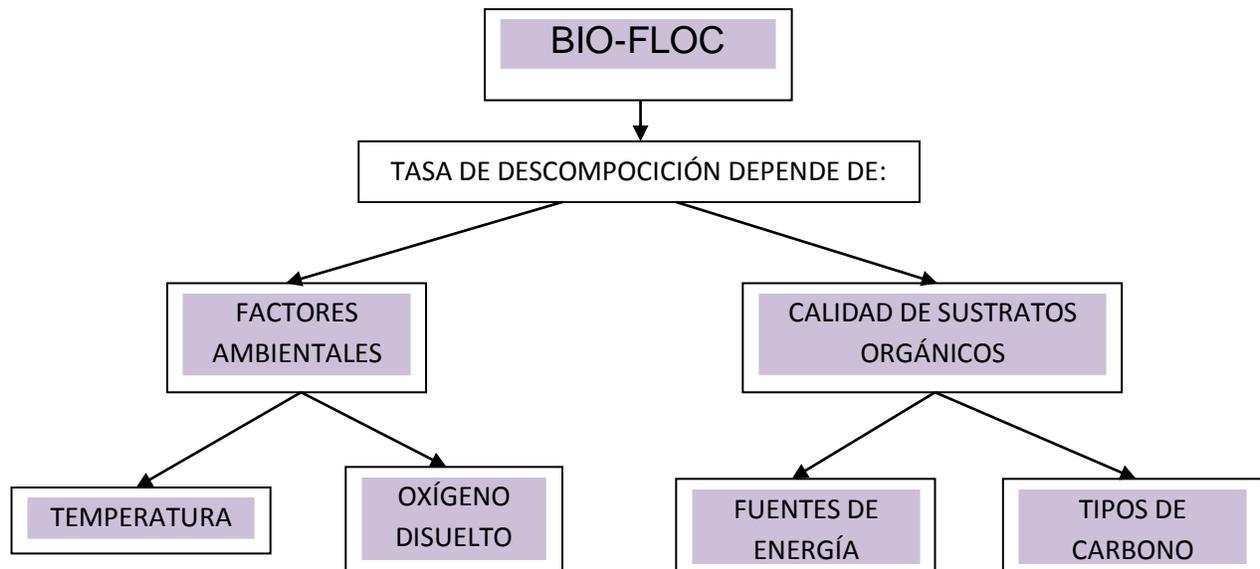
Para llevar a cabo este proceso, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros: temperatura, oxígeno disuelto en el agua y un adecuada cantidad de sustrato orgánico (carbono y fuente de energía) manteniendo una relación de C:N (16:20:1). Por lo general, se realiza primero estudios de la cantidad de nitrógeno contenida en los estanques, para luego calcular la cantidad de carbono a adicionar en el estanque, en muchos casos se ha planteado la aplicación de melaza y/o concentrado para gallinas ponedoras. Un indicador de la presencia de biofloc, es la visualización de nata color blanca en las orillas de los estanques.

Ventajas de la aplicación de Bio-Floc:

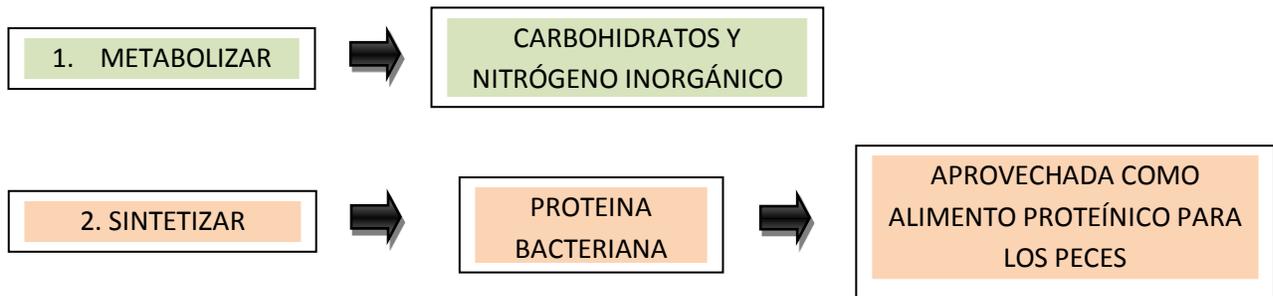
- Aumento en la densidad de cultivo de peces.
- Disminución del consumo de agua.
- Disminución del espacio utilizado.
- Mejor aprovechamiento de insumos y alimentos.
- Control de la calidad del agua.
- Reduce el vertimiento de efluentes.

En el esquema 15, se presenta un diagrama generalizado del proceso de metabolización de materia orgánica y sintetización de proteína bacteriana con el Biofloc.

Esquema15. Proceso estratégico con Biofloc, en los estanques acuícolas.



ESTAS CONDICIONES PERMITEN:

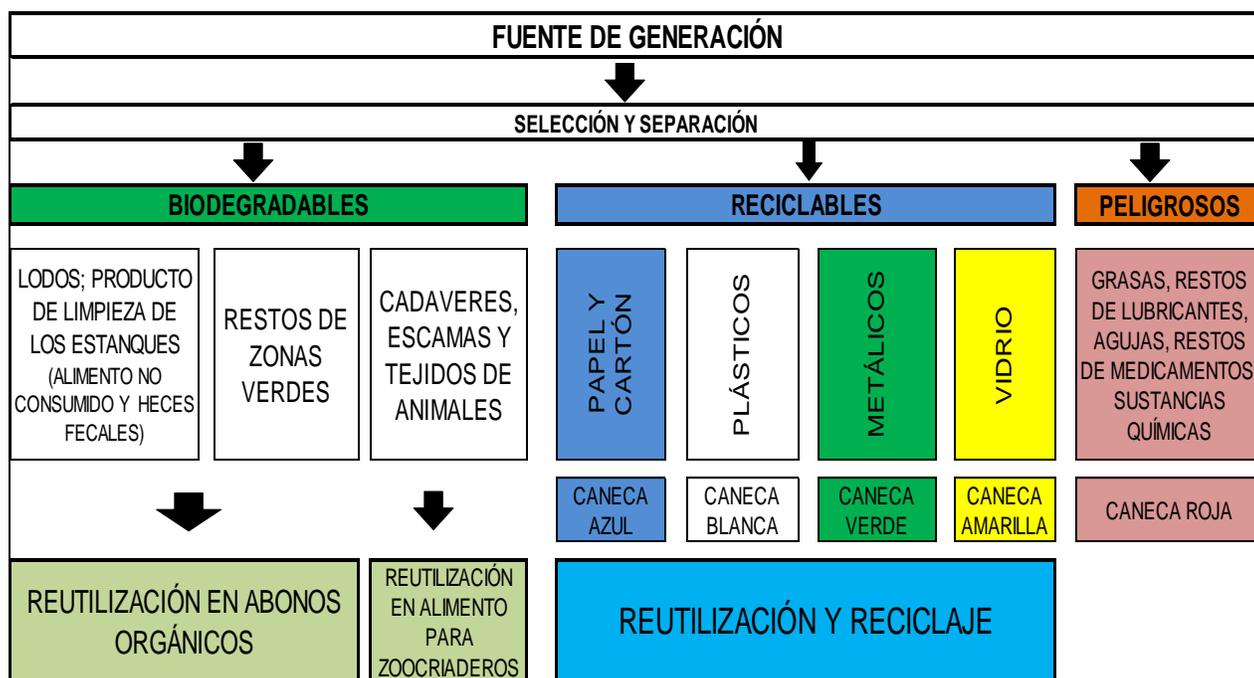


Fuente: la autora.

9.7.2 Manejo de residuos sólidos.

Durante el desarrollo de las etapas del proceso acuícola, se convierte en acción indispensable, realizar una gestión integral de residuos sólidos que se van generando en el proceso, con el fin de evitar acumulación, propagación de enfermedades y aumento de costos en planes de control. En el esquema 16, se presenta de manera generalizada el proceso de manejo de residuos sólidos.

Esquema 16. Manejo de residuos sólidos producidos en un proyecto acuícola.



Fuente: la autora.

Identificando la clase de residuos, que se produce en la granja, se logra una disposición y reutilización, si es el caso del producto. En el caso de material reciclable, este puede ser aprovechado, mediante la reutilización en la granja y finalmente la entrega o venta de los productos reciclables, a otras entidades que realizan aprovechamiento de este, para generar nuevamente materias primas, reduciendo así el consumo de recursos naturales.

Para el caso de los residuos peligrosos estos deben tener una correcta disposición final, ello se logra con la colaboración de entidades, encargadas de este tipo de gestión.

Por otra parte los residuos biodegradables, como es el lodo, el cual no presenta ninguna característica de peligrosidad, establecida en el decreto 4741 de 2005, puede ser aprovechados en la agricultura y mejoramiento de suelos. Se debe disponer en pilas, el cual facilite la aireación o volteado constante de este, para facilitar que microorganismos descompongan la materia orgánica, es importante identificar los parámetros fisicoquímicos del lodo, para aplicar acelerarte necesarios, requeridos en el proceso de biodegradación.

Ventajas de la aplicación de lodos en suelos.

- a. Mejora las características morfológicas, físicas y químicas del suelo.
- b. Favorece el desarrollo radical y el crecimiento de las plantaciones.
- c. Genera condiciones favorables para la fertilización y actividad microbiana del suelo.
- d. Disminuye costos de manejo y adecuación de suelos degradados.

9.7.3 Manejo de aguas residuales.

El recurso más utilizado en el proceso acuícola, es el agua, por ello se deben implementar medidas que permita la reutilización del recurso en el proceso, así mismo se deben establecer acciones para reincorporar el agua al medio natural con características mejores o iguales a las obtenidas en el momento de la captación.

Para ello se establece un programa de seguimiento y monitoreo de parámetros físico-químicos en puntos de captación y vertimientos y con base a estos parámetros se establece un diseño y construcción de obras dirigidas a la depuración de aguas residuales.

- PARAMETROS FÍSICOS

Temperatura rango de 26°C a 33°C

Turbidez

Color

- PARAMETROS QUÍMICOS

Oxígeno mayor a 2pp/lit

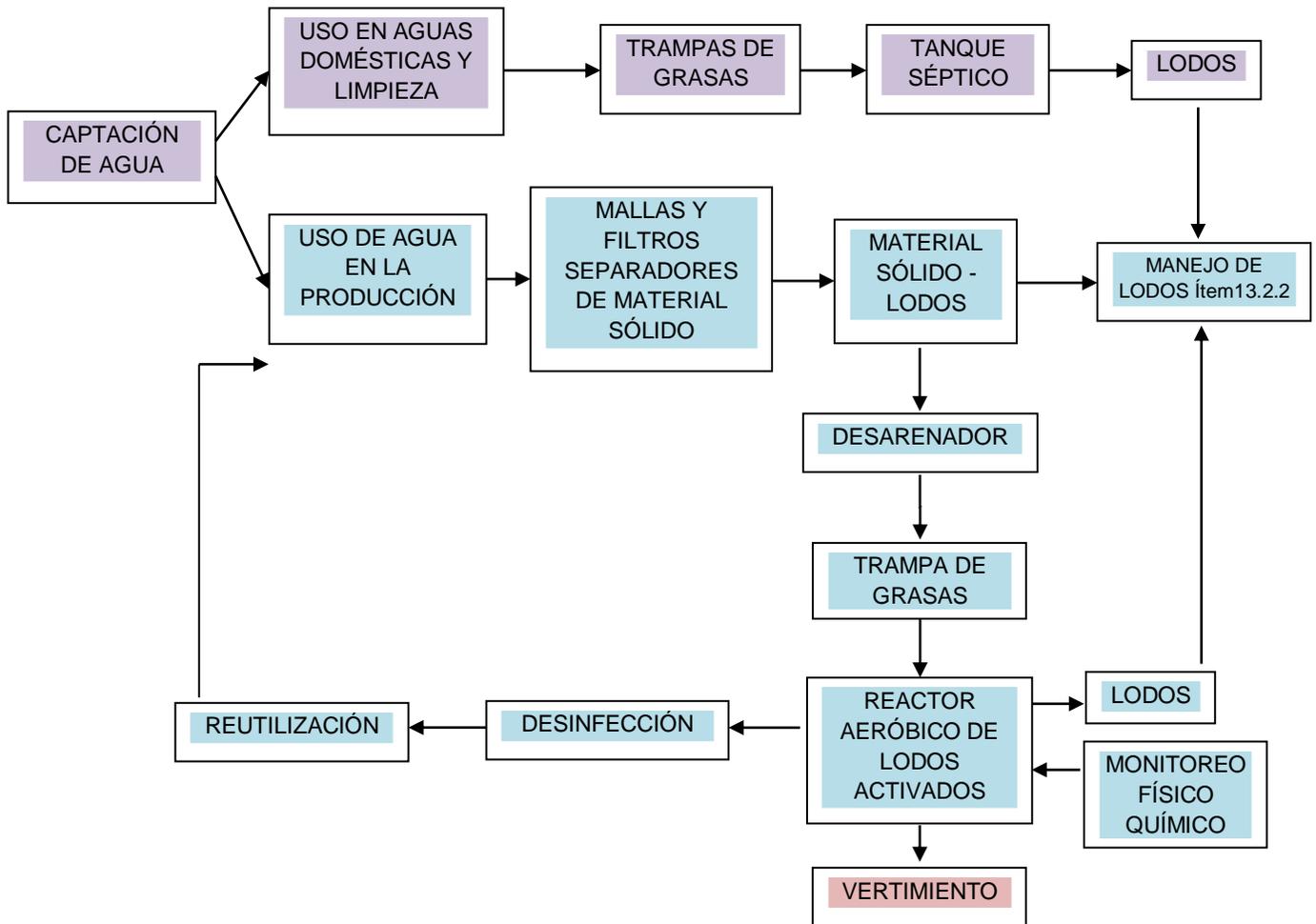
pH rango de 6.5 a 8.5

OD Mayor a 3mg/lit

Dureza rango de 75 a 150mg/lit

Amoniaco, nitritos, nitratos y dióxido de carbono

Esquema 17. Manejo de efluentes en los procesos piscícolas.



Fuente: Adaptado de Guía ambiental para el subsector camaronicultor, Ministerio de Medio Ambiente.

Por otra parte, los posibles tratamientos de las aguas usadas, en la recirculación en estanques, son:

- Piscinas de sedimentación, las cuales consisten en la sedimentación de sólidos, mediante el reposo y conducción muy lenta del agua, generalmente el tiempo de retención debe ser mayor a ocho horas.
- Biofiltro, en este sistema se utilizan plántulas u otros organismos, que remueven nutrientes de las aguas, adicional a este sistema se puede aplicar

las canaletas de vertimiento para garantizar la lentitud en la conducción del agua.

- Lagunas aireadas, si es necesario, después de pasar el agua por las canaletas, se puede integrar el tratamiento, con una oxigenación del agua de cuatro a cinco días de retención, para luego ser vertida.

9.8 EVALUACIÓN, MONITOREO Y SEGUIMIENTO

En este ítem, se contemplan las acciones a seguir para evaluar, monitorizar, y hacer seguimiento de los planes y acciones de un proyecto acuícola.

La evaluación, proporciona evidencias y análisis para valorar impactos potenciales, que el proyecto acuícola puede causar en los componentes bióticos, abióticos, culturales y socioeconómicos del entorno donde se realiza. Esta acción conlleva al acatamiento de las políticas y normas ambientales.

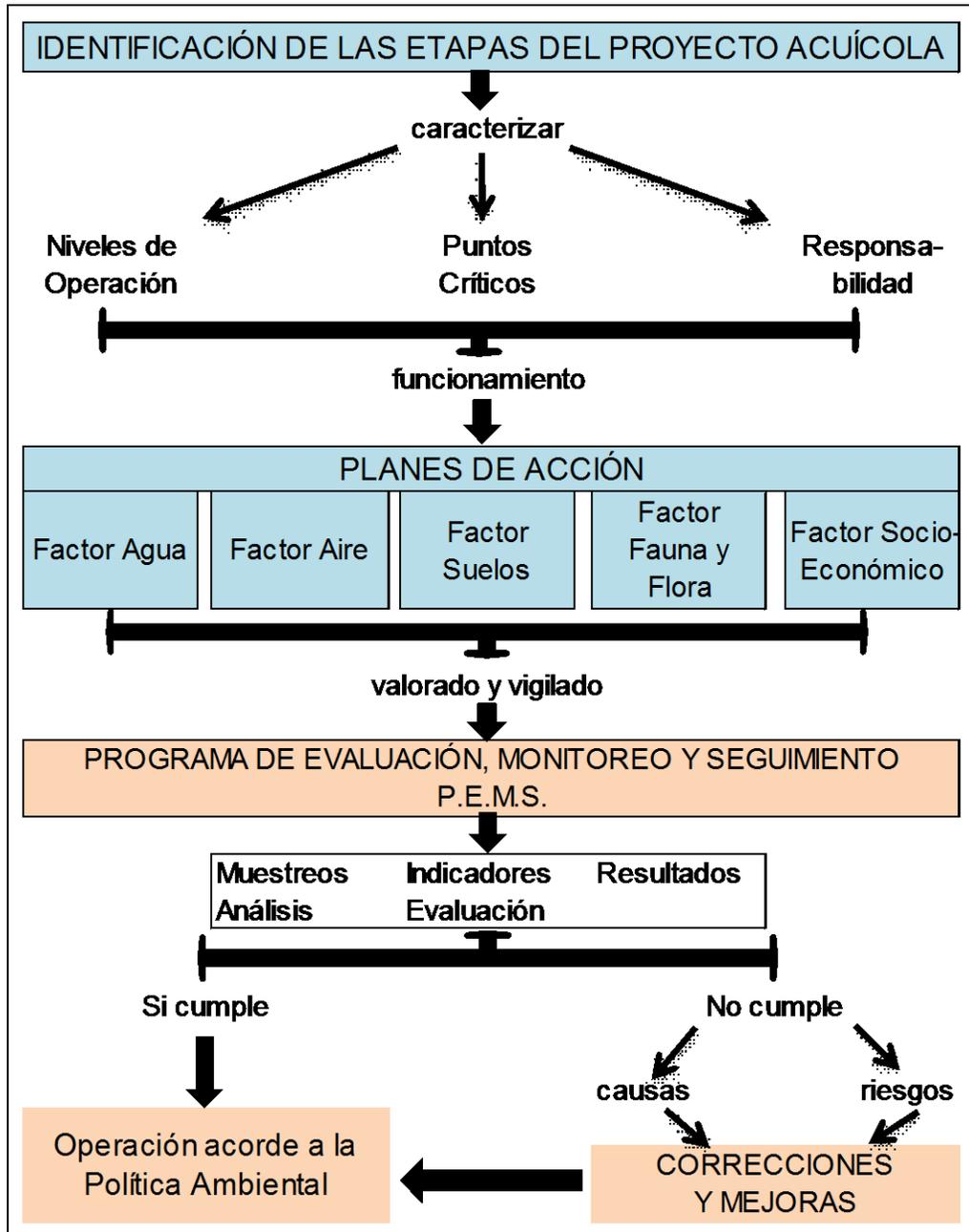
Con el monitoreo, se verifican y califican los impactos, mediante muestreos de parámetros medidos periódicamente, para verificar la efectividad de las técnicas aplicadas y comparar resultados, con los estándares establecidos por la legislación Colombiana. Así mismo este mecanismo permite identificar a tiempo situaciones de riesgo, para realizar ajustes necesarios y dar seguridad y confiabilidad a las operaciones. Para realizar un monitoreo se tiene en cuenta aspectos como sitio de muestreo, selección de parámetros a medir, frecuencia de muestreo, tipo de muestras y confiabilidad de los equipos de muestreo.

El seguimiento, comprende acciones que permiten verificar, por parte de la autoridad ambiental, el cumplimiento de medidas y compromisos propuestos, en las etapas del proyecto, es decir se evalúa el desempeño ambiental de la empresa. Por otra parte los resultados del seguimiento, alimentan el proceso de

mejoramiento continuo para obtener productos de calidad obtenidos de manera sostenible.

Es conveniente realizar el Plan de Evaluación, Monitoreo y Seguimiento - P.E.M.S., en cada una de las etapas del proyecto, planteando administraciones en los niveles de operación, puntos críticos donde se identifican los impactos y delegación de responsabilidades para cada uno de los miembros del proyecto, estas administraciones deben ir enfocadas al desempeño de los planes de acción, en los factores ambientales implicados. El P.E.M.S., valora y vigila estas acciones, con muestreos de análisis e indicadores de evaluación para identificar el **Cumplimiento y No Cumplimiento** de la política ambiental, para el cual se procede a la aplicación o no, de correcciones y mejoras oportunas. A continuación se presenta en el esquema 18, un diagrama del plan de evaluación, monitoreo y seguimiento, para ser aplicado en este tipo de proyectos acuícolas.

Esquema 18. Diagrama del Plan de Evaluación, Monitoreo y Seguimiento.



Fuente: la autora.

A continuación se presentan formatos ejemplos, tipo evaluación, monitoreo y seguimiento para factores involucrados en un proyecto acuícola.

Tabla 9. Formato de evaluación y monitoreo para parámetros analizados.

Granja:		FICHA DE EVALUACIÓN Y MONITOREO			
Localización:		Actividad a calificar:			
Fecha:		CAR de la jurisdicción:			
Parámetros	Sitio de muestreo	Tipo de análisis	Resultados	Periodicidad	Observaciones
Responsable por la empresa:					

Fuente: la autora.

Tabla 10. Formato monitoreo para la gestión de residuos sólidos.

REGISTRO MENSUAL DE RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS COMUNES									
GRANJA:					FASE DEL PROYECTO:				
FECHA	SITIO DE RECOLECCION	DISPOSICION FINAL	ESTADO DE LAS CANECAS			CANTIDAD MATERIAL RECICLABLE Kg	CANTIDAD DE RESIDUOS ORGANICOS Kg	CANTIDAD DE RESIDUOS DE ESCOMBRO Kg	CANTIDAD DE RESIDUOS PELIGROSOS Kg
			B	R	M				
Responsable por la empresa:									

Fuente: la autora.

Tabla 11. Formato de seguimiento para parámetros analizados.

Granja:		FICHA DE SEGUIMIENTO		
Localización:		Actividad a calificar:		
Fecha:		CAR de la jurisdicción:		
Parámetros	Sitio de muestreo	Tipo de análisis	Resultados	Observaciones de la Corporación
Responsable por la Corporación Autónoma Regional:				

Fuente: la autora.

Tabla 12. Formato para seguimiento de medidas de acción.

MANEJO DE SUELOS					
GRANJA:			FASE DEL PROYECTO:		
FECHA:			PROPIETARIO:		
ITEM	MEDIDA DE ACCIÓN	Cumplimiento			OBSERVACIONES
		SI	NO	% Cumplimiento	
1					
2					
3					
TOTAL CUMPLIMIENTO					
Responsable por la empresa:			Responsable por la CAR:		

Fuente: la autora.

9.9 INDICADORES

Los datos suministrados en los formatos de seguimiento, son útiles para identificar valores cuantitativos y cualitativos, para el cumplimiento de la gestión ambiental y social. Los indicadores permiten y facilitan la identificación del desempeño de estas acciones, así mismo ofrecen información de los recursos utilizados en los procesos (consumo de agua, energía e insumos). En la tabla 13, se referencia algunos indicadores para evaluar los resultados obtenidos de las acciones implementadas.

Tabla 13. Indicadores para evaluar la aplicación de acciones en el proyecto.

INDICADOR	PARAMETRO BASE PARA ESTIMAR
Reducción de consumo del recurso:	Volumen de ahorro en el recurso: Volumen utilizado sin medidas tomadas – Volumen utilizado con medidas tomadas
Mecanismos de reutilización del recurso	Volumen de ahorro en el consumo: Volumen utilizado sin reutilización– Volumen utilizado con reutilización
Control y seguimiento	Consumo mensual del recurso / Producción mensual
	Consumo mensual del agua / No. De días trabajados en el mes
Depuración del recurso hídrico	Índice de calidad del recurso antes y después de las medidas tomadas. Agua: DBO, DQO, Oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos.
Reducción de la contaminación atmosférica	Índice de contaminación por ruido (ICR) antes y después de tomadas las medidas.
	Índice de contaminación por material particulado - MP antes y después de tomadas las medidas.
Porcentaje de erosión del suelo	(Superficie expuesta a la erosión con medidas tomadas / Superficie total del suelo expuesta a erosión) X 100

INDICADOR	PARAMETRO BASE PARA ESTIMAR
Cantidad de energía consumida por unidad productiva	Kilowatios hora / Toneladas de producción con medidas
Cantidad de residuos sólidos generados por unidad productiva	Kg ó Lbs / ton de producción con medidas tomadas
Minimización de impactos en la biodiversidad	Calculo del inventario forestal. (No. De arboles sembrados / No. De arboles a compensar) x 100 Señalización y aislamiento de flora y fauna para la protección.
Cantidad de materia prima consumida por unidad productiva	Kg /ton de producción con medidas tomadas
Porcentaje de difusión del proyecto en la sociedad	No. de personas influenciadas satisfechas con el proyecto / No. Total de personas influenciadas) x 100
Porcentaje de beneficio social del proyecto	No. de personas influenciadas beneficiadas con el proyecto / No. Total de personas influenciadas) x 100

Fuente. Adaptado de estudio de impacto ambiental de las actividades de mantenimiento del canal del dique. CORMAGDALENA, (1999).

10. CONCLUSIONES

- Mediante la búsqueda de información, se estableció el marco legal ambiental como elemento iniciador en la formulación de la guía ambiental, el cual reglamenta y genera control del uso y manejo de recurso hídrico, aire, residuos, biodiversidad, paisaje y trámites requeridos ante la autoridad sobre el desarrollo de las actividades del subsector acuícola en Colombia.
- Los impactos ambientales y socioeconómicos, identificados y valorados por método Arboleda (1994), refleja el grado de importancia ambiental de los impactos negativos y positivos, en las etapas de un proyecto acuícola, en general los impactos negativos de importancia fueron la contaminación de suelos y causas hidrográficas por el uso y grado de afectación que las actividades implican sobre el recurso agua y suelo.
- La planeación de la gestión, sirve para crear un sistema dinámico, estratégico y progresivo en la formulación, diseño y ejecución del proyecto acuícola, este sistema, además de posibilitar el mejoramiento continuo de la productividad y competitividad, también genera un producto de buena calidad, acorde a los lineamientos de la política y normatividad ambiental.
- Se diseñó un plan de evaluación, monitoreo y seguimiento, para el desarrollo de las actividades acuícolas, con el fin de detectar oportunamente las amenazas y debilidades, que se pueden presentar en el desempeño de las operaciones y así mismo generar el control conforme a las características del proyecto.

11. RECOMENDACIONES

- Presentar la guía ambiental, ante las autoridades ambientales competentes, para que sea validada, como instrumento de gestión y control ambiental en todos los procesos de un proyecto acuícola.
- Tener en cuenta el uso de medidas estratégicas y nuevas tecnologías para aplicar en el sector, es conveniente que los proyectos, vayan de la mano con tecnologías más limpias, de este modo se obtienen productos de calidad de manera sostenible.
- Aplicar la metodología descrita en la presente guía, para la identificación y evaluación de impactos, en los proyectos acuícolas, ya que es fácil, confiable y aplicable a cualquier tipo de proyecto.
- Utilizar las fichas de evaluación, monitoreo y seguimiento presentadas en la guía, como instrumento para la ejecución de las medidas y la mejora continua en todos los procesos del proyecto.
- Promover el uso de esta guía ambiental, como un instrumento para futuras investigaciones, en pro de tecnologías amigables con el medio ambiente.

12. BIBLIOGRAFÍA

- BIOSFERA/CEP. 1996. Tratamiento de aguas eutrofizadas mediante el uso de manglares (*Rhizophora mangle*), Fase I, Ciénaga Miramar Barrancabermeja, Santander. ICP-ELC-CEP. Pág. 21.
- FAO. © 2006-2011. National Aquaculture Sector Overview. Visión general del sector acuícola nacional - Colombia. Texto de Salazar Ariza, G.In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 1 Febrero 2005. [Citado 13 Noviembre 2011]. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es.
- Espinal, Carlos Federico. Martínez Covalada, Héctor. González Rodríguez, Freddy. La Cadena de la Piscicultura en Colombia. Bogotá 2005; pág. 1-43.
- Ladino Orjuela Guillermo - Rodríguez Pulido, José. Efecto de *Lactobasilluscasei*, *Sacchromycescervisiae*, *Rhodepseudomonapalustris*, (microorganismos eficientes em) y melaza en le ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis* sp) en condiciones de laboratorio. Universidad de los Llanos, Orinoquia-Colombia, 2009.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. SANTAFÉ DE BOGOTÁ (COLOMBIA). 1997. Manual de evaluación de impactos ambientales en Colombia. MEIACOL. 1ª Ed. Minambiente, Corpamag, GTZ. Santafé de Bogotá.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. SANTAFÉ DE BOGOTÁ (COLOMBIA). GUIA AMBIENTAL PARA EL SUBSECTOR CAMARONICULTOR, disponible en web, <http://www.minambiente.gov.co/documentos/camaronicultor.pdf>.

- Resources Group (IRG) y Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras (CNP+LH). Guía de Producción más Limpia para el cultivo de tilapia. Tegucigalpa – Honduras. Editorial: AGA & Asociados. 2009.
- Rodríguez Gómez, Horario. Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. 2a edición Bogotá: INPA, 2001.
- Sanabria, María Juliana. Plan de Manejo Estación Piscícola Pesquera La Granja. 1ra Edición. San Gil, 27-07-2011.
- Sierra de la rosa, Juan Felipe. Cultivo de Tilapia Roja en un sistema súper intensivo de agua marina y biofloc. Corporación Centro de Investigación de la Acuicultura de Colombia – CENIACUA. Dto. De Bolívar - Caribe Colombiano, 2009.
- Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Metodologías para la identificación y valoración del impacto ambiental, Capítulo 1.3. disponible en web:http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentosJuan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Oct_26/Cap%EDtulo%20Libro%20m%E9todos%20valoraci%F3n%20EIA.pdf