

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS CULTIVOS DE
TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN ESTANQUES ESCAVADOS EN
TIERRA, VEREDA EL BARRANCO, CORREGIMIENTO ESPECIAL, MUNICIPIO
DE LA FLORIDA

LILIANA MAGALY TARAPUES CHAMORRO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, POSTGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES
ESPECIALIZACIÓN EN ECOLOGÍA CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL
SAN JUAN DE PASTO
2012

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LOS CULTIVOS DE
TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN ESTANQUES ESCAVADOS EN
TIERRA, VEREDA EL BARRANCO, CORREGIMIENTO ESPECIAL, MUNICIPIO
DE LA FLORIDA

LILIANA MAGALY TARAPUES CHAMORRO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Ecología con Énfasis en Gestión Ambiental

Asesor:
ARMANDO ARROYO OSORIO
ZOOTECNISTA ESPECIALIZADO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, POSTGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES
ESPECIALIZACIÓN EN ECOLOGÍA CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL
SAN JUAN DE PASTO
2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^{ro} del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación

Asesor de tesis

Jurado

Jurado

San Juan de Pasto, Febrero 14 / 2012

A mi madre Graciela, a mi padre Ignacio, a mis hermanos Edwin y Ana Lucía, a mis sobrinos Juan Esteban, Laura Sofía y Juan José.

A mi hijo Juan Sebastián quien es el motor de mi vida.

A Gonzalo Gonzales R. el impulsor de la culminación de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración:

A los integrantes de la Familia Ordoñez.

A los trabajadores de la truchicultura de la familia Ordoñez.

A los truchicultores de la vereda El Barranco, Corregimiento Especial del Municipio de la Florida-Nariño.

Al equipo de la Administración Local del Municipio de La Florida.

Al personal de la biblioteca de la Facultad de Acuicultura de la Universidad de Nariño.

A Jairo España Castillo, Sección de Laboratorio de Microbiología y Parasitología. Universidad de Nariño.

Al Especialista Ariel Gómez e Ingeniero Acuícola Jaime Rodríguez docentes del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño.

A Doctor Armando Arroyo Osorio, Zootecnista Especializado.

A la Especialista Martha Sofía Gonzales, Directora Programa de Biología de la Universidad de Nariño.

A Diana Beltrán Tunal y Luis Benavides Mora egresados del Programa de Ingeniería en Producción Acuicola.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	16
2. JUSTIFICACIÓN.....	17
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
4. MARCO REFERENCIAL.....	19
4.1 VERTIMIENTO DE RESIDUOS Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA	19
4.2 ASPECTOS BÁSICOS PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCO IRIS.....	21
4.2.1 Requerimientos de la especie para su cultivo.....	21
4.3 CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS DEL AGUA EMPLEADA EN PISCICULTURA.....	28
4.4 ALIMENTACIÓN	29
4.5 TANQUES SEPTICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	31
4.6. IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACUICULTURA.....	33
4.6.1 Sistemas de producción en acuicultura y el ambiente.	33
4.6.2 Sistemas de tratamiento de efluentes de la acuicultura.	34
4.6.2.1 Sedimentación del efluente.....	34
4.6.2.2 Aprovechamiento biológico:	34
4.6.2.3 Humedales artificiales o Wetlands.	35
5. ZONA DE ESTUDIO	36
5.1 CLIMATOLOGÍA	38
5.1.1 Precipitación.	38
5.1.2 Temperatura.	38
5.1.3 Humedad Relativa.	39

5.1.4	Pisos térmicos.....	39
5.2	ZONAS DE VIDA	40
5.3	HIDROGRAFÍA.....	40
5.4	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	41
5.5	RECURSO SUELO	42
5.6	RECURSO HIDROBIOLÓGICO	42
6.	METODOLOGÍA.	43
6.1	ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	43
6.2	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA.....	43
6.3	IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES....	44
6.3.1	Elaboración de la matriz.....	44
7.	RESULTADOS Y ANALISIS.	46
7.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	46
7.1.1	Aspectos generales de la finca productora de truchas.	46
7.1.2	Distribución de la planta física.	46
7.1.3	Descripción de la infraestructura física.	47
7.1.4	Descripción técnica del proceso de producción	49
8.1	ANALISIS DE RESULTADOS FISICO QUÍMICOS DEL AGUA.	57
8.1	pH	57
8.2	OXÍGENO DISUELTO	57
8.3	SÓLIDOS SUSPENDIDOS.....	58
8.4	ALCALINIDAD	58
8.5	DUREZA TOTAL.....	58
8.6	NITRITOS	59
8.7	SULFATOS.....	59
8.8	FOSFATOS.....	59
8.9	AMONIO	60
8.10	COLIFORMES FECALES Y TOTALES	60
9.	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	63
9.1	FORMULACION DEL PLAN ESTÁNDAR DE MANEJO AMBIENTAL....	63

9.1.1	Información básica del proyecto	63
9.1.2	Evaluación de impacto ambiental.	63
9.1.3.	Calificación de los Impactos Ambientales Potenciales (IAP).	63
9.1.4	Matriz y manejo de los impactos ambientales.....	64
9.1.5	Metas del sistema	68
9.1.6	Declaración de la política ambiental.	68
9.2	DESARROLLO DE PROGRAMAS	69
9.2.1.	Programa de mitigación ante fenómenos naturales.....	69
9.2.2	Programa de tratamiento y control de aguas residuales.....	71
9.2.2.1	Manejo de aguas residuales de sala de incubación.....	71
9.2.2.2	Tratamiento de aguas residuales de sala de evisceración	72
9.2.2.3	Tratamiento de aguas residuales de estanques de cultivo.	73
9.2.2.3.1.	Pretratamiento:.....	73
9.2.2.3.2.	Tratamiento primario.	74
9.2.2.3.3.	Tratamiento secundario.....	75
9.2.3.	Programa de recuperación y reciclaje de residuos sólidos.	79
9.2.4.	Programa de capacitación ambiental.....	79
9.2.5	Programa sobre manejo de aguas lluvias.....	80
9.2.6	Programa de manejo paisajístico.....	80
9.2.7	Programa de control para el manejo de químicos.....	80
10.	PRESUPUESTO.....	81
10.1	INVERSIONES FÍSICAS AMBIENTALES.....	81
10.2	INVERSIONES EN CAPACITACIÓN AMBIENTAL	81
11.	CRONOGRAMA	83
	BIBLIOGRAFÍA	90

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características de las aguas de alimentación de una Piscifactoría. ..	22
Cuadro 2. Rasgos óptimos de parámetros fisicoquímicos para el cultivo de truchas.....	23
Cuadro 3. Rangos de oxígeno y sus efectos en los peces.....	25
Cuadro 4. Distintas dietas para trucha arco-iris de acuerdo con su estadio	31
Cuadro 5. División político-administrativa del Municipio de La Florida.....	37
Cuadro 6. Registro de temperatura en el Municipio de La Florida	39
Cuadro 7. Descripción de Fuentes Hídricas Municipio de La Florida	40
Cuadro 8. Zonas de trabajo, áreas y dimensiones de los estanques de la Finca de la Familia Ordoñez	46
Cuadro 9. Dimensiones de los tanques escavados en tierra, área y volumen de agua.....	48
Cuadro 10. Densidades de siembra de trucha arco iris propuesta por Rojas et al.....	52
Cuadro 11. Tasa de alimentación según fases de crecimiento	53
Cuadro 12. Reporte de crecimiento, alimentación, mortalidad, densidad de siembra y biomasa en los cultivos de trucha arco iris de la finca de la familia Ordóñez.....	53
Cuadro 13. Reporte de crecimiento, alimentación, mortalidad, densidad de siembra y biomasa en estación piscícola, finca La Victoria, Municipio de La Florida.....	54
Cuadro 14. Parámetros físico-químicos y microbiológicos determinados para las aguas residuales de la finca de la familia Ordóñez	56
Cuadro 15. Matriz de impacto ambiental de los cultivos de trucha de la familia Ordóñez localizados en la Vereda El Barranco	65
Cuadro 16. Manejo de los Impactos Ambientales (MI) para los cultivos de trucha de la familia Ordóñez localizados en la Vereda El Barranco ..	67

Cuadro 17. Procedimientos purificadores utilizados en la explotación de la trucha Arco Iris en la finca de la familia Ordóñez	71
Cuadro 18. Costo de obras y actividades a desarrollar en los cultivos de trucha arco iris de propiedad de la familia Ordóñez.	81
Cuadro 19. Costos de formación y capacitación de los miembros de la familia Ordóñez dedicados a la explotación de cultivos de trucha arco iris en la Vereda El Barranco.....	82
Cuadro 20. Cronograma de ejecución del plan de manejo ambiental de los cultivos de trucha arco iris de la familia Ordóñez	83

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación geográfica del Municipio de la Florida.	36
Figura 2. División Política del Corregimiento de La Florida.	38
Figura 3. Mapa Hídrico de La Florida	41
Figura 4. Distribución de la planta física Finca de la Familia Ordoñez	47
Figura 5. Desarenador convencional.....	70
Figura 6. Vista lateral de sistema de trampa de mallas.....	72
Figura 7. Diseño del sistema de tanque séptico.....	72
Figura 8. Planta de tratamiento de aguas residuales	77
Figura 9. Plano general de la estación piscícola	78

RESUMEN

La creciente conciencia respecto a la existencia real de problemas y riesgos ambientales y el reconocimiento de la importancia del comportamiento empresarial para prevenir, mitigar o reparar el daño ambiental, conlleva al diseño de un plan de manejo ambiental que contribuya a orientar a las empresas a prevenir la contaminación ambiental generada en los diferentes procesos productivos¹, como se está tratando de implementar en el plan de manejo ambiental de esta investigación en el cultivo de trucha en el Municipio de La Florida (Nariño).

¹ López, M.; Muñoz, A. y Rodríguez, E. 2002. Propuesta de un plan de manejo ambiental para "Curtiembres Javier Ignacio Concha Cabrera". Diplomado en gerencia ambiental. Facultad de Ingeniería Agroforestal. Centro de Estudios Superiores María Goretti. Pasto, CO. 86 p.

ABSTRACT

The growing awareness of the real existence of environmental problems and risks and recognition of the importance of corporate behavior to prevent, mitigate or remedy environmental damage, involves the design of an environmental management plan to help guide companies to prevent pollution generated in the different production processes, as is trying to implement the environmental management plan of the research in trout culture in the municipality of La Florida (Nariño).

INTRODUCCIÓN

Según Pineda et al², Colombia tiene una buena infraestructura para el cultivo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), con la cual se produce el 14% de la producción anual nacional, ubicándola en un tercer lugar después del híbrido de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con 32% y 24% respectivamente.

La truchicultura bajo condiciones controladas presenta grandes ventajas con respecto a las formas de producción, puesto que la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie que ofrece excelentes condiciones de adaptación al medio, rápido crecimiento y alta conversión alimenticia³.

Las ventajas que ofrece el río Barranco en lo referente a condiciones ambientales y específicamente variables físico-químicas y microbiológicas, han impulsado en los últimos años el desarrollo de un gran número de proyectos orientados al cultivo de la trucha arco iris en estanques escavados en tierra.

Una parte importante de los problemas ambientales tiene origen en la actividad económica desarrollada por las empresas que producen este recurso para satisfacer la demanda de los consumidores. Es indudable que la conducta de las empresas tiene una gran incidencia en los impactos ambientales, causando un deterioro de los ecosistemas acuáticos sino se tiene en cuenta soluciones inmediatas.

² Pineda, H.; Jaramillo, J.; Echeverri, D. y Olivera, M. 2003. Triploidía en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 17:1. Pág. 45-52.

³ Riascos, F.; Riascos, L. y Solarte, P. 2000. Manejo técnico de la estación piscícola de Guairapungo en el Lago Guamuéz, Municipio de Pasto, Colombia. Tesis Ingeniería en producción acuícola. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto, 122 p.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En la Vereda El Barranco, Municipio de La Florida, existen 52 proyectos piscícolas en estanques construidos y ocupados, con aproximadamente 33 familias que se dedican a la producción acuícola y donde la mayor parte de estos no cuenta con sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales, razón por la cual existen índices de contaminación en las fuentes hídricas hacia la cuales desembocan dichas aguas.

Todos los proyectos piscícolas desarrollados en esta vereda se abastecen con aguas del Río Barranco y funcionan sin contar con sistemas adecuados de evacuación y tratamiento de aguas residuales, asociado a esto los procesos de evisceración y lavado de estanques se realiza sin la implementación de mecanismos tendientes a mitigar los impactos de contaminación, razón por la cual ocasionan deterioro del recurso hídrico de este importante río y que con el tiempo se convierte en un problema para la población que aprovecha sus aguas en diferentes actividades.

Es evidente el desconocimiento por parte de los propietarios de los proyectos piscícolas sobre la normatividad ambiental vigente en lo referente a la contaminación y degradación del entorno, específicamente del recurso hídrico y de las consecuencias de estas sobre la calidad de vida de la población biológica que pueda hacer uso de este. De ahí que la investigación va dirigida a optar por dar solución al manejo ambiental de los cultivos de trucha arco iris, proponiéndose como un estímulo para que las demás productoras opten por tomar medidas que estimulen el mejoramiento de la calidad de vida del medio ambiente, el cual se está deteriorando por esta actividad.

2. JUSTIFICACIÓN

La acuicultura se presenta como una nueva alternativa de producción para el sector agropecuario lo cual se refleja en excelentes perspectivas para los truchicultores, sin embargo es necesario desarrollar tecnologías limpias de producción y transformación de la trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*), compatibles con el ambiente sin que representen una actividad nociva para el entorno del ser humano.

En los últimos años se han desarrollado diversas acciones y políticas tendientes a proteger el ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas, en tal sentido es importante la implementación de una propuesta de un plan de manejo ambiental propio de cada región enfocado al mejoramiento de la calidad del cultivo de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) y de la protección de los recursos naturales mediante la sensibilización orientada a los productores de trucha arco iris ubicados en la Vereda El Barranco sobre la importancia del manejo adecuado y la conservación del recurso hídrico que abastecen sus proyectos piscícolas, mediante la adopción de una serie de actividades orientadas a minimizar el impacto ambiental al recurso acuático y el ambiente en general.

La ley 99 de diciembre de 1993 exige a todo proyecto, obra o actividad que pueda producir algún tipo de contaminación, la implementación de un Plan de Manejo con el fin de prevenir, corregir y evitar el deterioro de los recursos naturales y modificaciones considerables al paisaje y de esta manera garantizar la viabilidad ambiental de los proyectos.

Con el presente trabajo se pretende brindar una asesoría a la familia Ordoñez cultivadores de trucha arco iris en tanques excavados en tierra de la Vereda El Barranco, mediante la elaboración de una propuesta de un plan de manejo ambiental con el fin de mejorar las actuales condiciones de producción y cuidado del ambiente.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta de un plan de manejo ambiental para los cultivos de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) en estanques excavados en tierra ubicados en la Vereda El Barranco, Municipio de La Florida.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar un diagnóstico del manejo técnico del criadero de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*).

Determinar el impacto ocasionado por los cultivos de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) sobre los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua que fluye al Río Barranco.

Crear las herramientas para un plan de manejo ambiental en los criaderos de trucha arco iris, ubicados en la finca de la familia Ordóñez.

4. MARCO REFERENCIAL.

4.1 VERTIMIENTO DE RESIDUOS Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA

El agua constituye uno de los elementos fundamentales para la vida jugando siempre un papel imprescindible dentro de la humanidad, es un recurso vital⁴. El agua es un factor clave para el crecimiento sustentable y para el alivio de la pobreza ya que constituye la materia prima de prácticamente toda la producción relacionada con agricultura, industria, energía y transporte realizada por las personas dentro de sus ecosistemas⁵. Por lo anterior, el agua es un elemento esencial para los seres vivos y se encuentra ampliamente distribuida en la naturaleza, formando los océanos, mares, ríos y lagos en donde tiene lugar la vida de los peces⁶.

El poder lograr una seguridad básica del agua, aprovechar su potencial productivo y limitar los impactos nocivos que la afectan ha sido motivo de lucha constante desde los orígenes de la sociedad humana, las necesidades de agua, como elemento vital para el ser humano, han ido aumentando conforme lo ha hecho la civilización y el crecimiento de la población, el desarrollo de las actividades del hombre relacionadas con el agua ha dejado un elemento contaminante que representa una variable crítica para el crecimiento, desarrollo y permanencia de la población. Muchos procesos productivos desarrollados por los seres humanos generan un gran impacto por la contaminación de las fuentes hídricas, el cual consiste como lo afirman Acevedo et al⁷ en el vertimiento en los ríos, lagos y océanos, de materiales químicos, físicos y biológicos, que degradan la calidad del agua y afectan a los organismos que viven en ella. Por lo general las actividades humanas producen desechos que son conducidos en última instancia a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. La compleja pregunta acerca de que contaminantes contenidos en el agua residual y a que nivel deben ser eliminados de cara a la protección del entorno, requiere una respuesta específica en cada caso concreto⁸.

El problema de la contaminación del agua ha sido atacado de diferentes maneras, antiguamente la eliminación de las aguas residuales era resuelta mediante la

⁴ Martínez P. 1997. El tratamiento de las aguas residuales en México, En: Contribuciones al manejo de los recursos hídricos en América Latina, UAEM, México, D.F., MX. 489 p.

⁵ Grey, D. y Sadoff, C. s.f. Agua para el Crecimiento y el Desarrollo. IV Foro Mundial del Agua. Banco Mundial. 70 p.

⁶ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

⁷ Acevedo, S.; Baquero, C.; Gaviria, M.; Posada, N.; Mora, G.; Téllez, L. y Wills, C. 1997. Biología. Biblioteca Familiar Marvic. Tomo Biología. Grupo Editorial Norma. Cargraphics S.A., Pasto, CO. 397 p.

⁸ Fair, M; Gordon, CH; Okun, J. y Alexander, D. Ingeniería Sanitaria y de Aguas Regionales. Ediciones Ciencia y Técnica. México, 1988. Volúmenes 1 y 3.

construcción de sistemas de conducción de agua, sistemas de recolección y conducción de aguas residuales hacia una corriente natural de agua, generalmente un arroyo o canal a cielo abierto, localizado en las partes bajas y alejadas de las comunidades. Posteriormente, al incrementarse la cantidad de las aguas residuales fueron un problema de contaminación de las mismas corrientes naturales, por lo que surge la necesidad de tratar esta agua, llegando a tener sistemas de tratamiento y desinfección; una vez tratadas, se incorporaban de nuevo a las corrientes naturales. Esta contaminación sin embargo sigue trayendo como consecuencia que algunas actividades del ser humano, como la acuicultura, se vean afectadas significativamente, debido a que la calidad del agua es un factor limitante de desarrollo dentro de esta actividad⁹.

La producción en las granjas acuícolas depende directamente de la cantidad de agua y su calidad, es decir, la capacidad de carga de una granja es el balance entre los factores bióticos (animales acuáticos) y los factores abióticos (agua). Para un desarrollo óptimo (crecimiento, salud y conversión alimenticia) de un determinado cultivo, la producción estará en función de un buen soporte de vida (calidad de agua) y la cantidad de agua que puede ser administrada¹⁰.

Los problemas que actualmente se tienen en granjas acuícolas relacionados con la cantidad de agua son: bajo tiempo de recambio, baja velocidad del agua y sobrepoblación de los espacios de cultivo¹¹.

Los problemas relacionados con la calidad del agua generalmente derivan enfermedades o estrés que no permite el buen desarrollo de los animales acuáticos por ejemplo, las bacterias pueden producir enfermedades como septicemia hemorrágica, enfermedad bacteriana del riñón, virosis, enfermedad del pedúnculo, etc., los hongos son los responsables de enfermedades fúngicas de la piel, branquias, hígado, corazón y otros órganos que se infectan a través de la corriente sanguínea; los hongos pueden causar la muerte de gran número de huevos, crías, alevinos y adultos por anoxia¹².

Otro problema frecuentemente encontrado en algunas granjas es el uso de la misma agua a través de diferentes estanques trayendo como consecuencia que los animales que reciben esta agua tengan problemas sanitarios o de

⁹ García P. 1999. Planta experimental de tratamiento de aguas residuales por medios biológicos. Tesis M.Sc. UAEM. México, D.F., MX. 232 p.

¹⁰ Klontz W. 1991. Producción de trucha arcoiris en granjas familiares. Universidad de Idaho, Idaho, US. 88 p.

¹¹ *Ibíd.*, p. 76.

¹² Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO, 83 p.

supervivencia, debido a la baja cantidad de oxígeno disuelto, la alta concentración de sólidos suspendidos, ocasionando generalmente la muerte¹³.

Una de las soluciones que han encontrado los acuicultores para aumentar la producción o para disminuir los riesgos de una mala calidad de agua en estanques subsecuentes es el sistema de reutilización del agua entendiendo esto como un conjunto de procesos que mejoran la calidad del agua permitiendo una mayor producción aunque este sistema solamente ha sido utilizado en proyectos acuícolas financiados por el gobierno, en instituciones educativas, proyectos pequeños como laboratorios de desove o de acuicultura fina (peces de ornato) debido a que los costos de tratamiento y recirculación de agua son altos y muchas veces el cultivo de los animales acuáticos no aporta un beneficio social o económico mayor al del sistema de reúso, por lo que es de suma importancia el desarrollo de la investigación que tienda a encontrar sistemas de reúso del agua en acuicultura de bajo costo que permita un mayor beneficio social y económico¹⁴.

4.2 ASPECTOS BÁSICOS PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCO IRIS

El aprovechamiento de los peces por el hombre ha conllevado a la aparición de ciencias nuevas que tratan acerca de la conservación y la producción industrial con fines de consumo alimenticio y ornamental surgiendo la llamada acuicultura¹⁵.

La trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) es una especie muy susceptible al deterioro de la calidad de agua y en condiciones de crianza intensiva requiere minucioso cuidado y la disponibilidad permanente de agua corriente de óptima calidad¹⁶, esto induce a considerar que es indispensable el conocimiento de las exigencias biológicas de esta especie en cuanto a calidad de aguas, requerimientos alimenticios y manejo para obtener un buen crecimiento y estado sanitario de los cultivos de esta especie de salmónido¹⁷.

4.2.1 Requerimientos de la especie para su cultivo. Las truchas son especies aptas para el cultivo en zonas frías y templadas frías debido a su comportamiento en la búsqueda continua de la corriente su cultivo depende de un gran volumen de

¹³ Hipolito M. 1999. Doenças na ranicultura. En: Manejo Sanitario na criação de ras. X Encontro Nacional de Ranicultura, Rio do Janeiro, BR. 24 p.

¹⁴ Mayo D. 1991. Review of water reuse systems, water reuse in hatcheries. En: Aquaculture and water quality. Washington, US. Pág. 180 – 197.

¹⁵ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

¹⁶ Patiño, A. 1986. Guía práctica de piscicultura artesanal. ANPAC. Cali, CO.

¹⁷ Roberts, R. y Shepherd, C. 1980. Enfermedades de la trucha y del salmón. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling. Scotland. Editorial Acribia, Zaragoza, SP. 187 p.

agua importante para su óptimo crecimiento así como de unas condiciones fisicoquímicas especiales para su cultivo¹⁸.

➤ Agua.

Para la cría de truchas puede utilizarse aguas de manantial, de río, de lago, de represa o de pozo siendo las aguas de río las más frecuentes y más utilizadas generalmente porque están bien oxigenadas aunque presentan inconvenientes debido a que en épocas de invierno existe peligro de turbidez y porque pueden estar sometidas a riesgos de contaminación¹⁹. La calidad del agua puede ser un factor limitante serio de allí la importancia de su evaluación²⁰ ya que el agua se convierte en un insumo esencial y la medida del fluido o caudal disponible define y delimita la capacidad de producción²¹. Actualmente son pocas las fuentes de agua superficial no contaminadas esto obliga a los interesados en piscicultura a considerar los factores de riesgo cuando se va a establecer un criadero comercial, un indicador de la calidad del agua es la presencia de peces en la fuente, no obstante es necesario un análisis de laboratorio para dar mayor seguridad a la inversión²².

Las aguas de alimentación de una piscifactoría de salmónidos con fines industriales deben reunir las características estipuladas en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de las aguas de alimentación de una Piscifactoría.

ITEM	CONTENIDO
Oxígeno disuelto	5 mg/litro
pH óptimo	6,5-8
Calcio	40 mg
Materias reductoras	5 mg de oxígeno por litro
Grado de transparencia	Alto
Temperatura	10-12°C

Fuente ²³

¹⁸ Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

¹⁹ Amaya, Ch.; ANZOLA E.; Generalidades sobre el cultivo de la trucha. Acuagranja Ltda. Bucaramanga, 1988.

²⁰ Otárola, A. 2004. Factibilidad del cultivo de truchas en El Salvador: Las Pilas Chalatenango. (En línea). Consultado 16 noviembre de 2005. Disponible en: http://www.expro.org/upload/cat_files/cat3file_1132356589.pdf.

²¹ Arroyo, A. 1989. Módulo de piscicultura de aguas frías y cálidas para hidrocultores. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto, CO. 264 p.

²² Grey, D. y Sadoff, C. s.f. Agua para el Crecimiento y el Desarrollo. IV Foro Mundial del Agua. Banco Mundial. 70 p.

²³ Rubin R, Ramón. 1979. La piscifactoría, cría industrial de los peces de agua dulce. C.E.C.S.A. México. 29-30 p.

El mismo autor²⁴ afirma que la calidad del agua está determinada por unas condiciones fisicoquímicas como: temperatura, oxígeno, pH, turbidez, compuestos nitrogenados, fosfatos, color, alcalinidad, etc., como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rasgos óptimos de parámetros fisicoquímicos para el cultivo de truchas.

Parámetros fisicoquímicos	Rangos óptimos
Amonio total	Hasta 2.0 ppm
Amonio no ionizado	0.010 a 0.015 ppm
Cadmio en aguas duras	<0.003 ppm
Cadmio en aguas blandas	<0.004 ppm
Calcio	5-160 ppm
Dióxido de carbono	<2.0ppm
Cloro	<0.003 ppm
Cromo	<0.03 ppm
Cobre en aguas duras	<0.03 ppm
Cobre en aguas blandas	0.006 ppm
Dureza	10 a 500 ppm
Hierro	0 a 0.015 ppm
Plomo	<0.03
Magnesio	>20 ppm
Manganeso	0 a 0.01
Mercurio	<0.0002 ppm
Níquel	<0.02 ppm
Oxígeno total disuelto	>7.0 ppm
Ozono	<0.005 ppm
pH	6.5-8.0
Fósforo total	0.01 a 3.0 ppm
Sólidos disueltos	<30 mg/l
Sulfatos	<500 ppm
Zinc	0 a 0.05 ppm

Fuente: ²⁵

²⁴ Ibíd.,p. 27.

²⁵ Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

➤ Temperatura

Los peces son animales poiquiloterms, su temperatura corporal depende de la temperatura del agua y altamente termófilos es decir dependientes y sensibles a los cambios de temperatura²⁶, la trucha arco iris al igual que todos los peces tampoco tiene la capacidad de regular su propia temperatura corporal de ahí la importancia de la temperatura del agua que abastece una piscifactoría²⁷.

La trucha en condiciones naturales puede vivir en aguas comprendidas entre 0 y 25°C²⁸, por su parte Cachafeiro citado por Blanco²⁹ afirma que la temperatura más adecuada para que sus funciones fisiológicas se realicen en forma óptima es de 15°C. Estas especies obtienen óptimos rendimientos económicos si permanecen en este rango de lo contrario si se encuentran por debajo o por encima los animales bajan el consumo de alimento, conllevando así al bajo desarrollo muscular, bajo crecimiento y habrá grandes desperdicios de alimento.

➤ Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua es para la trucha como para todos los seres acuáticos un elemento esencial para la vida, los salmónidos tienen unas exigencias bastante estrictas frente a este factor³⁰. Es importante conocer los miligramos de oxígeno por litro de agua que entra en los estanques para calcular la cantidad de peces que se puede mantener, la cantidad de oxígeno disuelto en el agua para explotaciones intensivas de salmónidos debe oscilar entre 6 y 8 mg/l, rangos menores a 5 mg/l se emplean para la crianza de grandes densidades de truchas, un descenso del contenido de este elemento trae como consecuencia intentos migratorios, mayor susceptibilidad a enfermedades y finalmente la muerte por asfixia³¹. Ver Cuadro 3.

²⁶ Morales, G. 2004. Crecimiento y eficiencia alimenticia de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. Tesis Licenciatura Área de sistemas de producción acuática. Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, AR. 49 p.

²⁷ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

²⁸ Roberts, R. y Shepherd, C. 1980. Enfermedades de la trucha y del salmón. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling. Scotland. Editorial Acribia, Zaragoza, SP. 187 p.

²⁹ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

³⁰ Stevenson, J. 1985. Manual de la cría de trucha. Editorial Acribia S.A. Madrid, SP. 217 p.

³¹ Anzola, E.; Lora, C. y Rodríguez, H. 1988. Prevención y tratamiento de las enfermedades de los peces. INDERENA. Bucaramanga, CO. 65 p.

Cuadro 3. Rangos de oxígeno y sus efectos en los peces.

Oxígeno (ppm)	Efectos
0-1.5	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
1.5-3.0	Letal en exposiciones prolongadas.
3.0-4.0	Los animales sobreviven pero crecen lentamente.
4.0-5.5	Es considerado crítico para una explotación industrial, debido a los bajos rendimientos.
5.5-7.0	Rango deseable.
7.0-9.0	Rango óptimo.

Fuente: ³²

Para Klontz³³, la cantidad de oxígeno en el agua depende de factores físicos, biológicos y químicos. Entre los factores biológicos que actúan disminuyendo la cantidad de oxígeno está el relacionado con la fotosíntesis de las plantas acuáticas y es evidente en piscifactorías con caudales de agua procedentes de ríos con gran riqueza de vegetación. Otro factor está relacionado con el consumo de oxígeno que tiene lugar en los fenómenos de degradación de materia orgánica procedentes de restos de alimentos y heces que para degradarse por acción de bacterias aerobias necesitan de oxígeno. Algunos compuestos presentes accidentalmente en el agua como son los contaminantes por vertidos industriales empobrecen el contenido de oxígeno en el agua.

➤ pH

Para el cultivo de trucha los valores adecuados están comprendidos entre 6 y 9³⁴, el rango entre 6.5 y 8.0 se considera satisfactorio y entre 7.0 y 8.5 son óptimos para este cultivo, si los valores están por encima de 9 o por debajo de 6 causan cambios de comportamiento en los peces como inapetencia, disminuyen y retrasan la reproducción y el crecimiento. Los valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas por fallas respiratorias, pérdida de pigmentación e incremento en la secreción de mucus en branquias y epidermis³⁵.

³² Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

³³ Klontz W. 1991. Producción de trucha arcoiris en granjas familiares. Universidad de Idaho, Idaho, US. 88 p.

³⁴ Amaya, Ch.; Anzola E.; Generalidades sobre el cultivo de la trucha. Acuagranja Ltda. Bucaramanga, 1988.

³⁵ Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

➤ Turbidez

Canter³⁶, afirma que el exceso de nutrientes (nitrógeno y fósforo) desencadenan el proceso de eutricación, que comienza con el crecimiento desmesurado de algas provocando el aumento de turbidez del agua dificultando la fotosíntesis y produciendo la muerte masiva de algas que dejan de producir oxígeno, los microorganismos anaerobios degradan la materia orgánica liberando gases de olor desagradable como producto de su metabolismo.

La turbidez afecta de manera primordial la fase de incubación, para el resto del ciclo productivo el peligro es bajo. Las aguas pueden mantener hasta 30 mg/l de materia mineral u orgánica en suspensión la cual es responsable de los distintos grados de turbidez.

El contacto con materia orgánica origina irritación en la superficie branquial de las truchas seguida de hiperqueratosis de la mucosa que dificulta el paso de oxígeno³⁷.

➤ Dióxido de carbono

Los peces pueden percibir pequeñas diferencias de anhídrido carbónico y aparentemente evitan las áreas con altos contenidos de este gas. No se conocen las concentraciones letales de CO₂ ya que la mayoría de los peces sobreviven por períodos cortos en aguas que contienen hasta 60 mg/l siempre y cuando los niveles de oxígeno sean elevados³⁸.

➤ Alcalinidad

El contacto físico y químico del agua con la roca disuelve pequeñas cantidades de esta y como resultado adquiere un cierto contenido iónico mineral. El agua lluvia al correr por la montaña toma más minerales y estos al ser disueltos en las corrientes de los ríos o en el suelo se convierten en material primario para organismos terrestres y acuáticos³⁹. Las concentraciones bajas de calcio no causan ningún problema en el crecimiento de los peces y por el contrario la alcalinidad juega un papel negativo a la hora de valorar la productividad. Para los

³⁶ Canter, L. Manual de evaluación de impacto ambiental. 2ª edición. España McGrawHill, 1998. 830 p.

³⁷ Roberts, R. y Shepherd, C. 1980. Enfermedades de la trucha y del salmón. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling. Scotland. Editorial Acribia, Zaragoza, SP. 187 p.

³⁸ Arredondo, J.; Ponce, J. Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones. AGT Editor S.A. México.

³⁹ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

cultivos de trucha el grado de alcalinidad recomendada está entre 15 y 175 mg de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro⁴⁰.

➤ Nitritos

Este parámetro es quizás uno de los más importantes dentro del análisis físico-químico del agua ya que está relacionado con la toxicidad de la fuente hídrica, las concentraciones altas de nitritos ocasionan la enfermedad de la sangre marrón (oxidación de la hemoglobina a metahemoglobina de color pardo) evitando el transporte de oxígeno a los tejidos lo cual crea una anemia crónica. Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1 ppm, valores cercanos a 0.15 ppm causan estrés en las truchas y cuando se acerca a los 0.3 ppm pueden ser letales⁴¹

➤ Amonio

Según Solla⁴² se considera que las concentraciones ideales u óptimas de amonio deben estar comprendidas entre 0.01 y 0.015 mg/l (valores cercanos a los 0.06 ppm son críticos). La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias y en tejidos vivos, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, reducción de crecimiento, ojos brotados, entre otros.

➤ Sólidos disueltos en suspensión

Los sólidos en suspensión que pueden encontrarse en las aguas pueden ser de naturaleza mineral u orgánica que son las responsables de la turbidez del agua originada por materiales arrastrados por las aguas como lodos, carbón, caolín, etc⁴³. El agua para cultivos de truchas deben tener concentraciones de sólidos menores de los 30 mg/l ya que concentraciones superiores afecta el balance osmótico, el funcionamiento branquial (hiperqueratomas) y contribuyen a disminuir el oxígeno presente en el agua. Los sólidos suspendidos en el agua pueden afectar a los peces de dos maneras por irrigación mecánica y obstrucción de las branquias y eliminando el oxígeno disponible en el agua por procesos de descomposición⁴⁴.

⁴⁰ Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria. Primera edición. Mazatlán, MX. 79 p. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria. Primera edición. Mazatlán, MX. 79 p.

⁴¹ Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

⁴² Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

⁴³ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

⁴⁴ Roberts, R. y Shepherd, C. 1980. Enfermedades de la trucha y del salmón. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling. Scotland. Editorial Acribia, Zaragoza, SP. 187 p.

➤ Otros compuestos

Otros compuestos a tener en cuenta son:

- Cobre: límite de toxicidad en los salmónidos 0,1 mg/l en la forma $\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- Cianuro: 0,05 mg/l es mortal a los cinco días en la trucha, si las concentraciones son de 1 mg/l, el efecto letal se presenta en pocas horas.
- Hierro: las sales de hierro obturan las branquias y se depositan en las secciones mucosas en forma de hidróxido de hierro. Con valores de pH de 6,5 a 7,5 una concentración de 0,9 mg/l tiene un efecto letal.
- Detergentes: no iónicos producen efectos mortales en alevinos de trucha a las 15 horas si la concentración es de 1,5 mg/l.
- Hidrógeno sulfurado: hasta 1 mg/l en alevinos.
- Compuestos de mercurio: son tóxicos para la trucha en concentraciones de 0,002 mg/l.
- Fenoles: entre 0,1 y 0,2 mg/l, altera el sabor de los peces, el límite de toxicidad es de 5 mg/l. El efecto letal se produce en concentraciones de 10 mg/l.
- Taninos: en los cultivos de trucha los valores de 2.000mg/l son tóxicos⁴⁵.

4.3 CARACTERÍSTICAS BIÓTICAS DEL AGUA EMPLEADA EN PISCICULTURA

Se entiende por propiedades biológicas del agua la capacidad que esta presenta para que se desarrolle en ella una fauna y una flora más o menos abundante. La capacidad o riqueza biogénica de las aguas que habitualmente se utiliza en salmonicultura no tiene hoy en día una importancia significativa pues las truchas en régimen industrial tienen cubiertas sus necesidades nutricionales aportadas por las raciones alimenticias.

Especial importancia tiene para el piscicultor conocer la riqueza vegetal del lecho del río sobre todo aguas arriba de la captación conocido es que las plantas bajo la acción de la luz desprenden oxígeno y absorben anhídrido carbónico presentándose el fenómeno inverso durante la noche.

La presencia y riqueza de microfauna, parásitos y bacterias de incidencia en los salmónidos está condicionada a la temperatura del agua y a la contaminación

⁴⁵ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

orgánica aunque su presencia o ausencia se encuentre también favorecida por otros factores. Es común encontrar parásitos en truchas en estado libre y no es tan significativo en truchas cultivadas en piscifactorías donde su crecimiento es rápido, la alimentación es conocida y con frecuencia se tratan con baños para prevenir esta parasitosis, interesa en piscifactoría conocer la presencia en las aguas destinadas a la alimentación de una piscifactoría de gérmenes bacterianos que potencialmente pueden tener acción patógena sobre los salmónidos cultivados.

El estudio bacteriológico de las aguas destinadas a una piscifactoría debe ser una norma rutinaria en el conjunto de investigaciones previas especialmente en aquellos casos en que aguas arriba se sospecha de contaminación orgánica por la existencia de vertidos urbanos que se debe comprobar mediante la realización de los análisis pertinentes. El piscicultor investigador debe incluir en los estudios previos del agua análisis para precisar como mínimo coliformes fecales, coliformes totales, presencia de aeromonas y pseudomonas con el fin de conocer las características sanitarias del agua que se va a usar en el cultivo⁴⁶.

4.4 ALIMENTACIÓN

El alimento que se utilice en los sistemas de cultivo intensivos de trucha debe satisfacer completamente los requerimientos nutricionales de los peces⁴⁷, la correcta presentación del alimento junto con el adecuado nivel de alimentación son aspectos de suma importancia que no se deben subestimar⁴⁸, este debe cubrir las necesidades de los peces tanto en lo que a energía se refiere como a los diferentes tipos de aminoácidos y nutrientes que son requeridos para su desarrollo y crecimiento⁴⁹.

El tipo, la cantidad y la composición del alimento se deben tener en cuenta conociendo los métodos naturales de alimentación de la especie, el nivel de actividad y la condición de éstos como el factor de corpulencia y el tejido adiposo⁵⁰.

⁴⁶ Ibíd., p. 212

⁴⁷ CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., MX). 2003. Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria. Primera edición. Mazatlán, MX. 79 p.

⁴⁸ Morales, G. 2004. Crecimiento y eficiencia alimenticia de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regimenes de alimentación. Tesis lic. Área de sistemas de producción acuática. Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, AR. 49 p.

⁴⁹ PRODUCE. 2004. Piscicultura de la trucha. (En línea). Consultado 24 oct. 2005. Disponible en: <http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctrucha.pdf>.

⁵⁰ Naturland. 2004. Normas para la acuicultura orgánica. Kleinhaderner Weg. Grafelfing, DE. 21 p.

Los carbohidratos en los peces funcionan como fuente de energía suplidos por las proteínas y las grasas, su exceso se deposita en el hígado y los riñones donde producen alteraciones como hepatomegalias (degeneraciones grasas).

Normalmente en los alimentos concentrados hechos para las truchas los carbohidratos son previamente cocidos ya que crudos tienen baja digestibilidad y además aceleran el paso del alimento por el intestino lo que provoca una baja eficiencia del mismo.

Los requerimientos energéticos de los peces no son muy altos debido a las siguientes características:

- Son animales de sangre fría (poiquiloterms) por lo tanto no necesitan gastar energía para mantener la temperatura corporal.
- Su actividad muscular es menor en relación con otros animales (por estar en un medio acuático).
- Sus movimientos son regulados (fácil de subir o bajar por acción de la vejiga natatoria).
- Debido a que su excreción es relativamente eficiente (branquias y conductos excretores) requieren menos energía en este proceso.

Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento ya que catalizan todos los procesos metabólicos. Los peces de aguas frías requieren entre 12 y 15 vitaminas en su dieta (por ejemplo A, D, E, K, C, B1, B12, etc).

Los minerales son importantes dado que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales con el medio), también influyen en la formación de huesos, escamas y dientes siendo los más importantes para los peces calcio, potasio, fósforo, azufre, sodio, cobre, zinc, yodo, hierro, manganeso y magnesio, el calcio, el fósforo y el magnesio influyen de manera definitiva en el crecimiento.

El buen aprovechamiento del alimento dentro de una estación piscícola depende de:

- Buena calidad de la semilla.
- Calidad del agua.
- Presentación del alimento.
- Técnicas de alimentación.
- Control de la temperatura dentro del cuerpo de agua.

En el cuadro 4 se ejemplifican cuatro dietas producidas para diferentes estadios de producción de trucha (inicial, preengorde hasta 80 g, producción desde 80 g hasta cosecha y reproductores).

Cuadro 4. Distintas dietas para trucha arco-iris de acuerdo con su estadio

Dieta inicial		Dieta crecimiento	
Ítem	Porcentual	Ítem	Porcentual
Proteína cruda	51,0	Proteína cruda	44,0
Lípidos	16,0	Lípidos	14,0
Fibra cruda	2,0	Fibra cruda	3,5
Cenizas	10,0	Cenizas	10,0
Humedad	9,0	Humedad	9,0
Energía metabólica	3.560 kcal/kg.	Energía metabólica	3.240 kcal/kg.
Tamaño starter	0,3-0,6 mm	Tamaño pellet	1,9-2,5 mm
Tamaño crumble	0,6-1,0 mm		

Fuente: ⁵¹

La cantidad de alimento requerido por las truchas dependerá de la temperatura del agua y de la talla de los individuos en cultivo, durante una producción normal los peces pueden alimentarse 7 días a la semana con un alimento de alta calidad debido a su alta tasa metabólica los peces pequeños necesitaran mayor cantidad de alimento en relación a su peso y por relación con la ingesta de los grandes peces⁵².

4.5 TANQUES SEPTICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

La OPS⁵³ los tanques sépticos se utilizarán por lo común para el tratamiento de las aguas residuales de familias que habitan en localidades que no cuentan con servicios de alcantarillado o que la conexión al sistema de alcantarillado les resulta costosa por su lejanía. El uso de tanques sépticos se permitirá en localidades rurales, urbanas y urbanas marginales. Las aguas residuales pueden proceder exclusivamente de las letrinas con arrastre hidráulico o incluir también las aguas grises domésticas (generadas en duchas, lavaderos, etc.).

⁵¹ Morales, G. 2004. Crecimiento y eficiencia alimenticia de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regimenes de alimentación. Tesis lic. Área de sistemas de producción acuática. Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, AR. 49 p.

⁵² Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

⁵³ Organización Panamericana de la Salud. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización. Lima. 2005. p. 4.

Uno de los principales objetivos del diseño del tanque séptico es crear dentro de este una situación de estabilidad hidráulica, que permita la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas. El material sedimentado forma en la parte inferior del tanque séptico una capa de lodo, que debe extraerse periódicamente. Sin embargo, los resultados dependen en gran medida del tiempo de retención, los dispositivos de entrada y salida y la frecuencia de extracción de lodos (período de limpieza del tanque séptico). Si llegan repentinamente al tanque grandes cantidades de líquido, la concentración de sólidos en suspensión en el efluente puede aumentar temporalmente, debido a la agitación de los sólidos ya sedimentados.

La grasa, el aceite y otros materiales menos densos que flotan en la superficie del agua formando una capa de espuma pueden llegar a endurecerse considerablemente. El líquido pasa por el tanque séptico entre dos capas constituidas por la espuma y los lodos. La materia orgánica contenida en las capas de lodo y espuma es descompuesta por bacterias anaerobias, y una parte considerable de ella se convierte en agua y gases. Los lodos que ocupan la parte inferior del tanque séptico se compactan debido al peso del líquido y a los sólidos que soportan.

4.6 IMPACTO AMBIENTAL DE LA ACUICULTURA

Iturbide⁵⁴ sustenta que la acuicultura, consiste en el engorde rápido de los peces, con alimentos artificiales y con una densidad normalmente alta de población. Como resultado de este incremento en la alimentación, aumenta la actividad metabólica de los peces, aumentando entonces los niveles de residuos orgánicos y componentes tóxicos. Algas, bacterias y otros microorganismos comienzan a crecer y como resultado el ecosistema natural no puede ser mantenido de hecho el balance natural se altera y los residuos orgánicos alcanzan niveles tóxicos (como el amoníaco y los nitritos); favoreciendo el desarrollo de algas microscópicas verde azules no beneficiosas para el entorno acuático.

El impacto medioambiental de una piscifactoría depende en gran medida de la especie, el método de cultivo, la densidad del stock, el tipo de alimentación y las condiciones hidrográficas. Los desechos, tanto orgánicos como inorgánicos, de las piscifactorías pueden causar un enriquecimiento en nutrientes e incluso eutrofización en el caso de que las zonas destinadas al cultivo sean zonas semiconfinadas. Cerca de un 85% del fósforo, un 80-88% del carbono y un 52-95% del nitrógeno introducido al medio acuático, proviene de residuos alimenticios y del metabolismo de los peces (excreción y respiración) en cultivo.

⁵⁴ ITURBIDE, Kathia. Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2008. p. 1.

4.6.1 Sistemas de producción en acuicultura y el ambiente. La tecnología de la piscicultura presenta diversos métodos y técnicas conocidas como “Sistemas de Producción”, con niveles diferentes de inversión, costo de producción y beneficios los cuales también pueden ser clasificados de acuerdo con su capacidad generadora de impacto. Iniciando con los sistemas conocidos como ecológicos, hasta los superintensivos, con elevado potencial contaminante.

Los sistemas de producción más simples, como el extensivo, semiintensivo y el integrado con otras actividades agropecuarias, aunque son considerados como poco o nada contaminantes, generan problemas en el momento de la cosecha, lanzando lodos al medio ambiente con alta cantidad de excretas, alimento no consumido, nutrientes y hasta químicos usados en la producción.

Uno de los mayores problemas de la producción acuícola es el aumento de materia orgánica producida por las excreciones de los peces y por el alimento no consumido u otros insumos adicionados en los estanques de cultivo. El agua que sale del estanque (efluente) va hacia una fuente natural, generando variaciones como disminución en la concentración de oxígeno (OD), aumento en la concentración de sólidos en suspensión (SST), aumento en la demanda biológica de oxígeno (DBO), aumento en la demanda química de oxígeno (DQO), formas de nitrógeno y fósforo, crecimiento exagerado de algas, eutrofización, entre otras.

Dos métodos pueden ser utilizados para disminuir el impacto ambiental causado por los efluentes, en donde el primero de ellos es una disminución de la cantidad de efluentes. Boyd⁵⁵ recomienda la aplicación de mejores prácticas de manejo como una vía para mejorar la calidad y reducir el volumen. Las prácticas de manejo son el medio más efectivo para reducir la polución y otros impactos ambientales especialmente en la calidad del agua.

El segundo método consiste en mejorar la calidad del efluente antes de ser vertido al medio. Las técnicas utilizadas van desde la sedimentación, remoción de sólidos hasta la filtración del efluente a través de mangles artificiales, plantas, algas, moluscos, éstos últimos métodos conocidos como biotransformación. Según Troell y col citados por Iturbide⁵⁶, los métodos integrales de biotransformación, además de traer beneficios ecológicos y sociales, permiten producciones adicionales de carne sin otros costos de insumos.

⁵⁵ Boyd, C. et al. 1997. Dynamics of pond aquaculture. USA. CRC Press LLC. 437 p.

⁵⁶ Iturbide, Op.cit., p. 9.

4.6.2 Sistemas de tratamiento de efluentes de la acuicultura. Recientemente Gautier et al citado por Pardo et al⁵⁷ presentaron dos metodologías para reducir el efluente. La primera, concordando con Teichert-Coddington et al citado por el mismo autor, es su sedimentación y la segunda es el aprovechamiento biológico a través de la producción de moluscos, algas, perifiton y humedales artificiales con plantas acuáticas emergentes.

4.6.2.1 Sedimentación del efluente. Los estanques de sedimentación deben retener el agua por un tiempo suficiente para la sedimentación de sólidos. El gran volumen y la gran cantidad de descarga de un estanque al momento de la cosecha tornan esta solución un tanto impracticable. La eficiencia puede ser incrementada si se descarga solamente la porción final del efluente dentro del estanque de sedimentación.

4.6.2.2 Aprovechamiento biológico:

- Filtración por moluscos. Es conocido que los moluscos bivalvos son filtradores muy eficientes, capaces de disminuir en la columna de agua el fitoplancton. Los bivalvos no solamente disminuyen el plancton, sino que también reducen los niveles de nutrientes y la concentración de sólidos suspendidos en la columna de agua.
- Filtración por plantas acuáticas. De acuerdo con Brix y Schierup citados por Pardo et al⁵⁸, los ecosistemas dominados por macrófitas acuáticas son considerados como los más productivos en el mundo. Las plantas acuáticas asimilan nutrientes y crean condiciones favorables para la descomposición microbiana de la materia orgánica, por esta razón son conocidas como autodepuradoras de ambientes acuáticos y son utilizadas en el tratamiento de aguas servidas.
- Sistema de varias fases. Considerando la variedad de constituyentes del efluente (sólidos y gases disueltos), se recomienda la aplicación de varias operaciones de tratamiento. Shpigel y col citados por Pardo et al⁵⁹, propusieron el uso de sistemas trifásicos para mejorar el efluente de cultivo de peces marinos. Con el uso de tanques sedimentadores primero, después de bivalvos *Cassostrea gigas* y/o *Tapes semidecussatus* y finalmente algas marinas *Ulva lactuca* consiguieron una más eficiente utilización del nitrógeno del efluente, a

⁵⁷ Pardo, Sandra et al. Tratamiento de efluentes: una vía para la acuicultura responsable. 2006. Disponible en Internet: <URL: <http://www.unicordoba.edu.co/revistas/revistamvz/MVZ-111s/111s-3.pdf>>

⁵⁸ Ibid., p. 24.

⁵⁹ Pardo et al. Op.cit., p. 25.

través de la producción adicional de algas marinas y ostras, disminuyéndolo considerablemente.

4.6.2.3 Humedales artificiales o Wetlands. Según Llagas y Gómez⁶⁰ los humedales son zonas de transición entre el medio ambiente terrestre y acuático y sirven como enlace dinámico entre los dos. El agua que se mueve arriba y abajo del gradiente de humedad, asimila una variedad de constituyentes químicos y físicos en solución, ya sea como detritus o sedimentos, estos a su vez se transforman y transportan a los alrededores del paisaje. Dos procesos críticos dominan el rendimiento en el tratamiento de los humedales: la dinámica microbial y la hidrodinámica. Los procesos microbiales son cruciales en la remoción de algunos nutrientes y en la renovación de las aguas residuales en los humedales.

Los humedales proveen sumideros efectivos de nutrientes y sitios amortiguadores para contaminantes orgánicos e inorgánicos. Esta capacidad es el mecanismo detrás de los humedales artificiales para simular un humedal natural con el propósito de tratar las aguas residuales. Los wetlands logran el tratamiento de las aguas residuales a través de la sedimentación, absorción y metabolismo bacterial.

Hammer y Bastian citados por Llagas y Gómez⁶¹, sustentan que los humedales ocupan el espacio que hay entre los medios húmedos y los medios, generalmente, secos y de que poseen características de ambos, por lo que no pueden ser clasificados categóricamente como acuáticos ni terrestres. Lo característico de un humedal es la presencia de agua durante períodos lo bastante prolongados como para alterar los suelos, sus microorganismos y las comunidades de flora y fauna hasta el punto de que el suelo no actúa como en los hábitat acuáticos o terrestres. Las profundidades típicas de estas extensiones de tierras son menores a 0,60 m donde crecen plantas emergentes como juncos, totora, lenteja de agua que contribuye a la reducción de contaminantes a través de procesos aerobios de degradación.

⁶⁰ Llagas, Wilmer; GOMEZ Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, Nº 17, 85-96 (2006) UNMS. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scielo.org.pe/pdf/iigeo/v9n17/a11v9n17.pdf>>

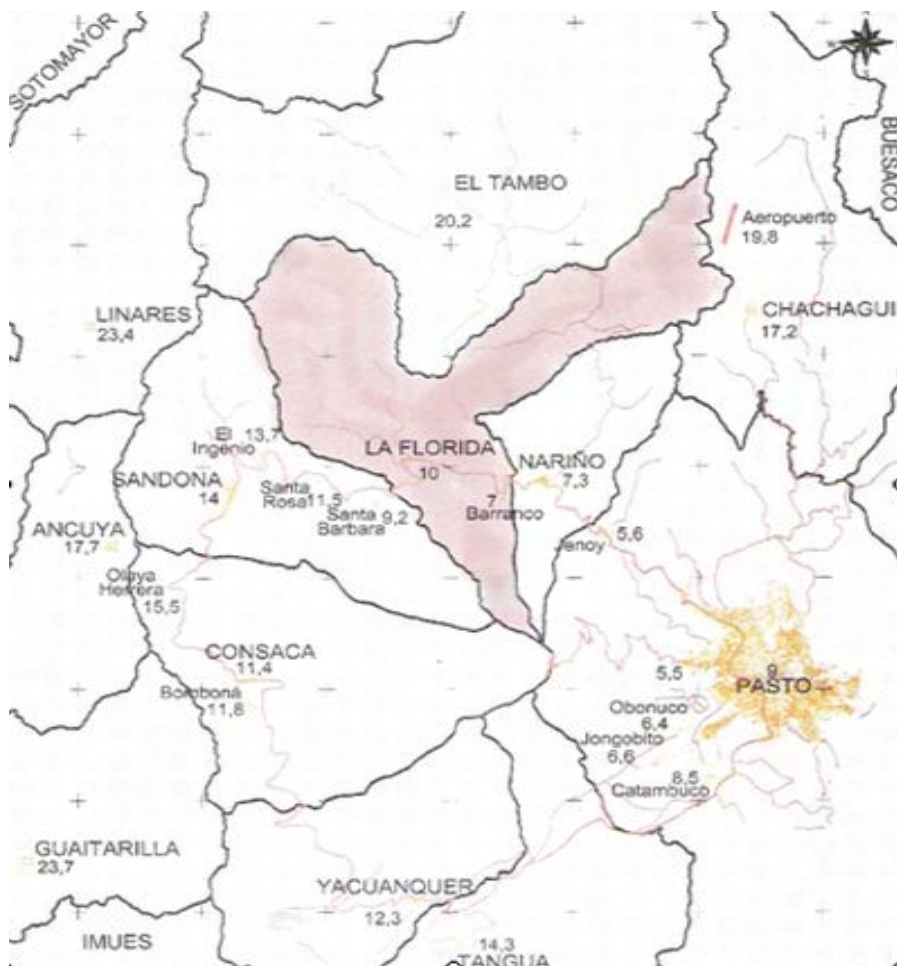
⁶¹ Ibid.,p. 86.

5. ZONA DE ESTUDIO

El Municipio de La Florida se encuentra ubicado en la Subregión Central Andina del Departamento de Nariño, en el Gran Macizo montañoso del Volcán Galeras en donde la cordillera andina entra a formar en Colombia el Nudo de los Pastos.

Sus coordenadas geográficas son: 1° 18' de latitud norte y a 17° 24' de longitud oeste. Limita al norte con el Municipio de El Tambo, al sur con los municipios de Sandoná y Consacá, al occidente con el municipio de Sandoná y al oriente con los municipios de Pasto y Chachagüí. Posee una extensión superficial de 149 Km², dista 29 Km de San Juan de Pasto. Figura 1.

Figura 1. Ubicación geográfica del Municipio de la Florida.



Fuente: CORPONARIÑO (2002)

El Municipio de La Florida cuenta con 11.785 habitantes distribuida el 33% en lo urbano y el 77% en lo rural y una densidad de 162 habitantes por kilómetro cuadrado, de los cuales el 51.19% (5.950), son Mujeres y el 48.76% (5.835) son Hombres, existiendo una diferencia superior de las mujeres con respecto a los hombres de 0.98% (115 personas)⁶².

La división política administrativa del municipio se describe en el cuadro 5:

Cuadro 5. División político-administrativa del Municipio de La Florida.

Corregimiento	Cabecera	Veredas	Total Veredas
Especial	La Florida	Sector Oriental, La Floresta, El Barranco Barranquito y Cacique Bajo	5
El Rodeo	El Rodeo	El Maco, Bellavista, El Rodeo y El Placer	4
Las Plazuelas	Las Plazuelas	Cacique Alto, Garcés, Las Plazuelas y Loma Larga	4
Sta. Cruz de Robles	Los Robles	Chilcal, Catauca, Yunguilla, Pucará, Robles, Catauquilla y Picacho	7
San. José de Matituy	Matituy	Granadillo, San Francisco, Pescador, Matituy, Chaupiloma y Tunja Chiquito	6
Tunja Grande	Tunja Grande	Quebrada Honda, Rosapamba, Tunja, Grande, Duarte Alto y Duarte Bajo	5
TOTAL VEREDAS			31

Fuente: ⁶³

La vereda El Barranco se ubica en el corregimiento Especial del Municipio de la Florida. Figura 2.

⁶² Plan de Desarrollo Municipio de la Florida 2008-2011: "La Florida un mejor lugar para vivir".

⁶³ Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio de La Florida 2004-2007.

Figura 2. División Política del Corregimiento de La Florida.



Fuente: ⁶⁴

5.1 CLIMATOLOGÍA

El Municipio comprende una extensión de terreno montañoso donde predomina el clima cálido, medio, frío y páramo. En la vereda El Barranco predomina el clima frío⁶⁵.

5.1.1 Precipitación. Existen épocas de lluvia donde el porcentaje de humedad es alto y comprende los meses de enero, abril, noviembre y diciembre según la estación Antonio Nariño. La vereda El Barranco presenta una precipitación comprendida entre 2000 y 3000 mm⁶⁶.

5.1.2 Temperatura. La temperatura varía entre los 11.3°C y 22.5°C, estas oscilaciones influyen de manera muy significativa en el clima. Los lugares más altos presenta temperaturas bajas de 11.3°C y 15.1°C como es el caso de la zona alta de la vereda El Barranco y los lugares más bajos como las veredas de Chilcal, Catauca, Duarte Bajo y Matituy presentan temperaturas medias de 18°C y 22.5°C.

⁶⁴ Plan de Desarrollo Municipio de la Florida 2008-2011: "La Florida un mejor lugar para vivir".

⁶⁵ Ibíd., p. 115.

⁶⁶ Ibíd. p.11

Cuadro 6. Registro de temperatura en el Municipio de La Florida

Estación	Temperatura	Meses
Antonio Nariño	Baja: 18.7, 18.8, 18.4, 18.5 °C	Enero, octubre, noviembre, diciembre respectivamente
	Alta: 19.7, 19.9, 20.2 y 20 °C	Junio, julio, agosto y septiembre respectivamente.
Bomboná	Baja: 19.4 °C	Enero, noviembre y diciembre.
	Alta: 20.1, 20.5, 20.8 y 20.4 °C	Junio, julio, agosto y septiembre respectivamente.

Fuente: ⁶⁷

Se puede mencionar entonces que en el municipio de La Florida se tiene bien diferenciado dos estaciones de invierno y verano, la primera va de octubre a abril y la segunda de junio a agosto.

5.1.3 Humedad Relativa. Se relaciona con los periodos secos y húmedos, los periodos más altos de humedad relativa ocurren en las épocas más lluviosas en las partes más altas de las cuencas, en tanto que en las partes medias y bajas disminuyen los promedios. En la vereda el Barranco se presentan períodos de humedad en los meses de enero, abril, noviembre y diciembre mientras que los períodos secos se presentan en los meses de julio, agosto y septiembre⁶⁸.

5.1.4 Pisos térmicos. Se puede determinar que por su ubicación geográfica el municipio de La Florida se caracteriza por una gama climática y/o altitudinal desde el clima cálido hasta páramo y diversos grados de humedad que va desde seco hasta subhúmedo lo que es propio para el establecimiento de una gran diversidad de climas y tradiciones. El clima frío húmedo y frío semihúmedo cubren la mayor área del municipio y una menor corresponde al clima cálido seco, las actividades agrícolas se desarrollan en el clima medio seco y medio húmedo a subhúmedo, en cambio la actividad ganadera se desarrolla principalmente en los climas frío semihúmedo, húmedo y muy frío semihúmedo.

En la parte alta de la vereda El Barranco se presenta un clima páramo húmedo con una altura de 3000 a 3600 m.s.n.m, una temperatura de 8°C y una humedad

⁶⁷ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Sistema de Información Ambiental. www.ideam.gov.co.

⁶⁸ Plan de Desarrollo Municipio de la Florida 2008-2011: "La Florida un mejor lugar para vivir".

alta, en la zona media presenta un clima muy frío subhúmedo con una altura de 3000 a 2600 m.s.n.m., una temperatura entre los 5°C y 12°C y una humedad media y a la parte baja le corresponde un clima frío semihúmedo con una altura de 1600 a 2400 m.s.n.m., una temperatura de 15°C a 18°C y una humedad baja⁶⁹.

5.2. ZONAS DE VIDA

El objetivo de la zonificación es el determinar áreas donde las condiciones ambientales sean similares, con el fin de poder agrupar y analizar las diferentes poblaciones y comunidades bióticas, para así aprovechar mejor los recursos naturales sin deteriorarlos y conservar el equilibrio ecológico de la región⁷⁰.

En el Municipio de La Florida según Holdridge se encuentran las siguientes zonas de vida: Bosque Seco Premontano (bs-PM), Bosque Seco Premontano Bajo (bs-PMB), Bosque Húmedo Montano Bajo (bh-MB), Bosque Húmedo Premontano (bh-PM), Bosque Pluvial Subandino (bp-SA), Bosque Pluvial Montano Bajo (bp-MB), Bosque Muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB).

En la parte baja de la vereda El Barranco encontramos la zona de vida bosque húmedo montano bajo, al sur bosque pluvial subandino y en la parte central pluvial montano.

5.3 HIDROGRAFÍA

En el municipio de La Florida se encuentra las siguientes cuencas hídricas:

Cuadro 7. Descripción de Fuentes Hídricas Municipio de La Florida

Cuencas	Subcuencas	Microcuencas
Río Guaitara	Río Pucaurco Río Salado Río Tamojoy Río Curiaco	Río Barranco Río Panchindo Quebrado Ventanilla Quebrada Cerrillo
Río Pasto	Quebrada Curiaco Quebrada Honda	Quebrada Chaupiloma Quebrada San Francisco Quebrada Honda

Fuente: ⁷¹

⁶⁹ Ibid.,p. 18.

⁷⁰ Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio de La Florida 2004-2007.

⁷¹ Ibid.,p. 21.

Figura 3. Mapa Hídrico de La Florida



Fuente: ⁷²

El Río Barranco nace en el Santuario de flora y fauna Galeras y sigue su recorrido por el corregimiento Especial de La Florida iniciando en la vereda que lleva su nombre, a lo largo de su trayecto aporta un toque que resalta el paisaje que lo circunda, desafortunadamente sus aguas se encuentran contaminadas por lo que no es posible realizar actividades de recreación sin embargo es un buen elemento para desarrollar campañas de sensibilización ambiental.

5.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Desde el año 1997 Ingeominas⁷³ elaboró en el mapa del Municipio de la Florida la zonificación de amenaza volcánica del Volcán Galeras estableciendo tres categorías (alta, media y baja) de acuerdo con el alcance y las características de los eventos volcánicos pueden llegar a presentarse. Según reportes emitidos por parte de Ingeominas evidenciadas en manifestaciones eruptivas del volcán en los últimos años se demuestra que este fenómeno natural viene en proceso de reactivación desde el año de 1989 situación que se agrava en los años 2004 y 2005 y que según hipótesis del instituto este proceso puede causar afectaciones catastróficas para los territorios zonificados dentro de la zona de amenaza

⁷² Plan de Desarrollo Municipio de la Florida 2008-2011. “La Florida un mejor lugar para vivir”. p. 53.

⁷³ Ibíd., 139 p.

volcánica alta ZAVA clasificación donde se encuentra ubicada la vereda El Barranco al pertenecer al Corregimiento Especial.

5.5 RECURSO SUELO

El uso inadecuado del recurso suelo ha originado en este municipio desequilibrios ecológicos presentándose altos grados y tipos de erosión ocasionando la pérdida de la capa arable que es la encargada de suministrar todos los nutrientes a las plantas para que cumplan con su periodo vegetal y obtener buena producción también se han presentado muchas alteraciones de los recursos hídricos por la tala indiscriminada de los bosques.

En la vereda El Barranco se encuentran algunas zonas de bosque primario y secundario ya que la mayoría ha sido talado para ampliar la frontera agrícola, su desarrollo económico está determinado por las actividades del sector primario en la tenencia de tierras y parcelación de minifundios donde se han establecido la huerta familiar con cultivos de hortalizas, papa, maíz asociado con frijol y ulluco destinado para el autoconsumo y venta de excedentes.

Existen praderas extensivas y manejadas en la parte alta del Río Barranco donde se explota ganado de pastoreo⁷⁴.

5.6 RECURSO HIDROBIOLÓGICO

Está representado por las especies nativas y exóticas existentes en las corrientes hídricas de los diferentes pisos térmicos, estos recursos son escasos y están representados por las especies existentes en los climas fríos, medios y cálidos.

En clima frío las principales especies existentes son trucha arco iris (*Onchorynchus mykiss*), la cual es considerada como una especie exótica, que existe en forma natural en los ríos y quebradas de El Barranco, Panchindo, El Güilque, El Cucho y Barranquito, también es utilizada en sistemas de producción acuícola o acuicultura. Otra especie hidrobiológica nativa de clima frío es el capitán o barbudo la cual se desarrolla en forma natural en las corrientes mencionadas anteriormente y aprovecha los desechos orgánicos⁷⁵.

⁷⁴ Ibíd.,p. 112.

⁷⁵ Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio de La Florida 2004-2007.

6. METODOLOGÍA.

La metodología de EIA del presente estudio es una adaptación de la empleada por ASOPATÍA en los proyectos productivos por ellos realizados.

6.1 ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Para la elaboración del plan de manejo ambiental se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Aspectos físicos, bióticos, sociales, económicos del sitio del proyecto y su área de influencia.
- Infraestructura actual y requerida para la correcta operación del proyecto y acceso a servicios básicos.
- Descripción de las diferentes fases del proceso productivo para la obtención del producto final.
- Área y volumen del agua a ocupar, características del sitio escogido y fuentes de agua a utilizar.
- Caracterización de los efluentes que se originan en el proceso; manejo y disposición final de residuos sólidos y líquidos.
- Mecanismos de mitigación de los impactos negativos.

En el desarrollo de las variables anteriores se hizo necesario realizar entrevistas a los propietarios para obtener la información concerniente al proceso productivo, las técnicas, tecnología y conocimiento aplicados, visitas y recorridos a la finca con el fin de diagramar las secciones de esta, conocer el funcionamiento y su distribución para observar como afecta la calidad del agua y del entorno.

Para el caso del análisis de la calidad de las aguas empleadas durante el proceso de producción se tomaron muestras de agua para determinar parámetros físico-químicos y microbiológicos.

6.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL AGUA

Algunos parámetros físico-químicos fueron realizados “in situ”; variables como: conductividad ($\mu\text{mhos}/\text{cm}^2$), temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno disuelto (mg/l), pH (unidades) y alcalinidad (mg/l), se registraron mediante electrodos y kits portátiles, la toma de muestras de agua se realizó en la entrada y salida de agua de los estanques para ello se llenaron dos recipientes (uno para cada sección) de 2 litros de capacidad totalmente sellados para ser transportados hasta los laboratorios de

la Universidad de Nariño para el análisis de sólidos totales, sólidos suspendidos, nitratos, fosfatos, sulfatos.

Para recoger muestras de agua para el análisis microbiológico se sumergió un recipiente estéril de 40 ml y se recogió la muestra a una profundidad de alrededor de quince (15) cm el frasco colector no se llenó completamente puesto que se debe permitir la respiración de los posibles organismos presentes en dicha muestra, posteriormente el frasco se envolvió en papel aluminio y se refrigeró a una temperatura de 4°C aproximadamente de esta forma se transportó la muestra hasta los laboratorios de la Universidad de Nariño para su análisis y determinación de coliformes totales y fecales.

6.3 IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Los elementos de una actividad antrópica que interactúan con el ambiente se denominan aspectos ambientales, cuando estos aspectos se tornan significativos para el hombre y su ambiente, adquieren la connotación de impactos ambientales⁷⁶.

Con el fin de evaluar los impactos ambientales producidos por el cultivo de truchas en la finca de la familia Ordóñez, se aplicó una matriz de impacto adaptada de las matrices empleadas por ASOPATÍA para las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) realizadas por CORPONARIÑO en sus proyectos productivos la cual tiene las siguientes características:

- Ofrece una guía inicial para diseñar futuros estudios y evaluaciones.
- Es muy completa en los aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos.
- Se puede realizar modificaciones según cada proyecto.
- Determina los impactos positivos o negativos.

6.3.1 Elaboración de la matriz. Antes de elaborar la matriz se hizo necesaria la observación el entorno inmediato de la finca de los procesos de producción de truchas realizados al interior, se indagó sobre los elementos de mayor importancia y los que no presentan mucha relevancia. En la matriz se determinaron los parámetros ambientales dentro de los cuales se tuvo en cuenta el medio físico, el medio natural y el medio antrópico del área que se considero iban a ser afectados, como también se engloban las acciones que incluyen los procesos que ocasionan el impacto y el plan de manejo ambiental para minimizar dichos impactos.

⁷⁶ Gómez, D. 1999. Evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundiprensa y Editorial Agrícola Española, S.A. Primera edición. Madrid, SP. 194 p.

Una vez obtenidos los resultados de identificación y valoración, se diseñaron planos de tratamiento de aguas que permitieron no afectar el medio ambiente y en especial el río Barranco.

7. RESULTADOS Y ANALISIS.

7.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

7.1.1 Aspectos generales de la finca productora de truchas. Es importante aclarar que la producción de truchas en la finca de la familia Ordóñez es una actividad artesanal razón por la cual la infraestructura es incipiente, esta actividad es relativamente nueva y los propietarios afirman que antes de dedicarse a ella su economía se basaba en la agricultura, especialmente cultivos de maíz, papa y hortalizas y luego debido al auge que la actividad de la pesca deportiva y la truchicultura decidieron diversificar su finca, empezando a ejercer esta actividad como un complemento a sus actividades económicas desde el año 2001. Esta actividad ha formado parte del quehacer familiar, representando en gran medida una buena fuente de consecución de proteína animal para autoconsumo además de la rentabilidad que esta ofrece a la familia.

Actualmente la actividad acuícola en el Municipio de la Florida esta pasando por una situación crítica debido a la influencia directa del Volcán Galeras ya que la caída de cenizas y otros materiales provenientes del volcán han deteriorado las fuentes hídricas de las que se abastecen las fincas productoras de trucha; la finca de la familia Ordóñez no ha sido ajena a esta situación y en el año 2006 abandonaron la actividad; posteriormente se aunó esfuerzos para recuperarla.

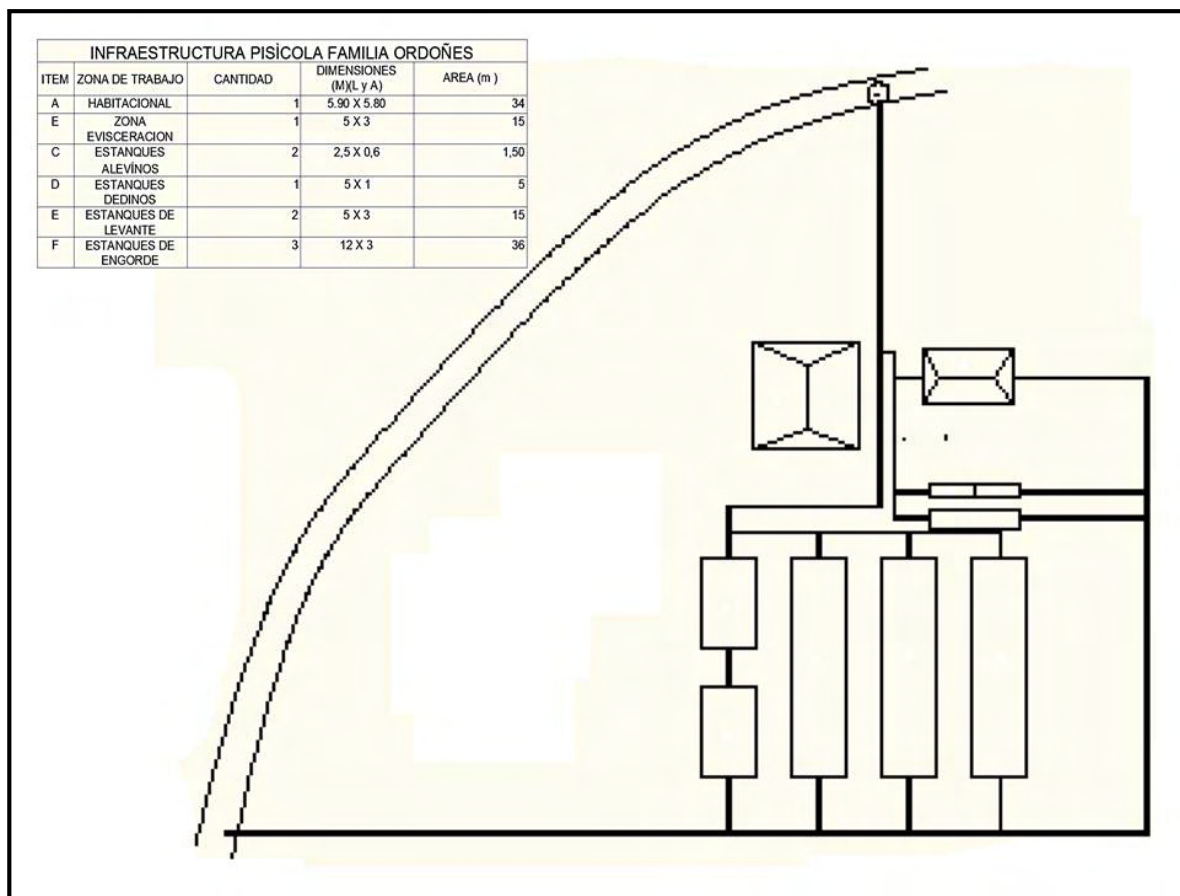
7.1.2 Distribución de la planta física. En el cuadro 8, se presentan las áreas de las diferentes zonas de trabajo de la finca así como también las dimensiones de los estanques empleados en los diferentes.

Cuadro 8. Zonas de trabajo, áreas y dimensiones de los estanques de la Finca de la Familia Ordoñez

Zonas de trabajo	No.	Área total (m ²)	Dimensiones (m)	
			Largo	Ancho
Habitacional	1	34	5,9	5,8
Alevinaje	2	3	2,5	0,6
Dedinaje	1	5	5,0	1,0
Levante	2	30	5,0	3,0
Engorde	3	108	12,0	3,0
Sala de evisceración	1	15	5,0	3,0

Fuente: esta investigación

Figura 4. Distribución de la planta física Finca de la Familia Ordoñez



Fuente: ⁷⁷

7.1.3 Descripción de la infraestructura física. Para el funcionamiento de la planta el agua del Río Barranco y es conducida hasta la bocatoma por acequias, y luego hasta los diferentes tanques a través de mangueras.

La planta de producción en general poseen buena aireación pues cada una recibe un volumen adecuado de agua teniendo en cuenta las proporciones de densidad de siembra, los estanques en la zona de desagüe posee unos sifones que permiten que el agua residual de cada estanque pase por una tubería la cual es conducida directamente al Río Barranco.

⁷⁷ Archivos de la Familia Ordoñez.

En el lugar no existe una zona adecuada para almacenar los residuos sólidos recolectados durante el proceso de evisceración o limpieza de los estanques, y estos se depositan directamente a la fuente hídrica.

El cuadro 9 muestra los tipos de estanques, sus dimensiones, el área que estos ocupan dentro de la finca, así como el volumen de agua que se requiere para el mantenimiento de los peces en sus diferentes estadíos.

Cuadro 9. Dimensiones de los tanques escavados en tierra, área y volumen de agua.

Tipo de estanque	No. Estanques	Dimensiones (m.)	Área (m ²)	Profundidad (m.)	Volumen	
					Agua (m ³)	Peces (total)
Alevinos	1	2,5 x 0,6	1,5	0,60	0,90	2000
Alevinos	1	2,5 x 0,6	1,5	0,60	0,90	2000
Dedinos	1	5,0 x 1,0	5	0,80	4,00	2000
Trucha (levante)	1	5,0 x 3,0	15	1,00	15,00	2000
Trucha (levante)	1	5,0 x 3,0	15	1,00	15,00	2000
Trucha (engorde)	1	12,0 x 3,0	36	1,20	43,20	1000
Trucha (engorde)	1	12,0 x 3,0	36	1,20	43,20	1000
Trucha (engorde)	1	12,0 x 3,0	36	1,20	43,20	2000
Trucha (Evisceración)	1	3,0 x 5,0	15	1,40	21,00	3000

Fuente: Esta investigación

Los estanques de los alevinos y dedinos están contruidos en concreto, mientras que los de levante y engorde en tierra garantizando que la producción de trucha sea buena logrando obtener ingresos económicos para el sustento de su núcleo familiar.

7.1.4 Descripción técnica del proceso de producción

➤ Reproducción, desove, incubación y alevinaje

Según Amaya, et al⁷⁸ el proceso de producción de trucha arco iris comienza con la selección de reproductores maduros que deben tener entre dos y cuatro años de edad estos deben tener un cuerpo proporcionalmente bien formado (relación peso vs longitud), buena conformación corporal libre de toda malformación, tener el mayor tamaño y peso del lote y estar sexualmente maduros, no sobrepasar los cinco años de edad en que comúnmente comienza a declinar su potencial genético.

Es importante mantener hembras y machos separados para evitar su desgaste continuo, más acentuado en machos en el momento en que llegan a su madurez sexual. Lo importante es que el agua que pasa a través de los estanques de los reproductores (machos) pase por los canales de las reproductoras (hembras) para que las hormonas liberadas por los machos en el agua, mantengan estimuladas a las hembras sin entrar en contacto directo. En la finca la reproducción de la trucha es inducida y es necesario tomar el material sexual de los reproductores en forma artificial por consiguiente un control sobre los padrotes asegura el éxito en la cantidad y calidad de la progenie.

Los reproductores próximos a su maduración muestran algunas características especiales propias de su estado, las hembras presentan su abdomen abultado y sobresaliente, papila urogenital enrojecida y pronunciada, responden a la expulsión de huevos con una leve presión en el abdomen, en los machos se acentúa el tamaño y la coloración de la franja que poseen sobre la línea lateral, línea media que atraviesa el pez de la cabeza a la cola (de allí el nombre de trucha arco iris), se presenta abultamiento del abdomen, hay una pronunciación ascendente del maxilar inferior, y responden a la expulsión de semen con una leve presión del abdomen.

Debido a que las truchas tienden a buscar un sitio apropiado para su reproducción es necesario utilizar un sistema artificial para obtener los alevinos, el método más utilizado es la fecundación por extrusión que consiste en dar masajes abdominales tanto en machos como hembras para obtener ovas y esperma, los machos pueden o no ser anestesiados previamente con TMS222 a razón de 40 a 80 ppm produciendo la inmovilización en aproximadamente 5 minutos, para la inmovilización más rápida se usan dosis de 200 ppm y la recuperación se produce en lapsos de 5 a 10 minutos es importante evitar el contacto con el material genético y sobre todo con el semen porque reduce en alto grado la motilidad espermática (migración de espermatozoides) influyendo sobre la fertilización de

⁷⁸ Amaya, Ch.; Anzola, E., Generalidades sobre el cultivo de la trucha. Acuagranja Ltda. Bucaramanga, 1988.

los huevos, se recogen en unas bandejas especiales que pueden ser de plástico o esmaltadas previamente desinfectadas en un lugar protegido y sin incidencia directa de la luz solar, después se hace lo mismo con la hembra, los huevos embebidos por el semen se mezclan en una vasija de manera cuidadosa con una pluma, luego de 5 minutos, período en el que se realiza la fertilización se les incorpora agua y se dejan reposar de 15 a 20 minutos; luego se procede a lavar los huevos y limpiarlos de todos los desechos ováricos y espermáticos, por último se dejan en agua durante una hora posteriormente se desinfectan con una solución a base de yodo (100 ppm por 10 minutos) y se llevan a las incubadoras⁷⁹. El período de incubación esta comprendido entre el momento de la fertilización y la salida de los alevinos del huevo, se recomienda que la fertilización y fecundación se realicen con poca luz hasta la desaparición completa del saco vitelino.

Desde el momento de la fecundación hasta la aparición de la larva de trucha con saco vitelino transcurren aproximadamente 28 a 32 días según la temperatura del agua, mientras ésta sea mayor el proceso de incubación es más rápido. La temperatura ideal para la incubación está entre los 9 y 11°C.

Según Blanco, C⁸⁰ para determinar el tiempo de incubación se utiliza el método grados-día para especies como la trucha el tiempo de incubación a 1°C es de 300 a 320 grados-día. Esto significa que a esta temperatura su tiempo de incubación puede oscilar entre los 300 y 320 días.

Durante el período de incubación es importante la limpieza permanente de los huevos muertos o infértiles los cuales se extraen por sistema de sifón o pinzas para mantener los huevos libres de hongos. Los huevos se limpian luego del cuarto día de fertilización y se debe determinar cada cuánto se debe realizar esta práctica, dependiendo de la calidad del agua, el manejo de cada una de las explotaciones, los sistemas de filtración del agua, entre otros.

La formación de las larvas comprende desde la eclosión hasta la reabsorción del saco vitelino los peces presentan una talla aproximada de 15 a 20 mm. Es importante destacar que las larvas deben permanecer en la oscuridad luego de que se han adaptado a la alimentación exógena pasan al estanque de alevinaje.

Los alevinos recibirán raciones diarias de alimentación, la cantidad de agua del estanque debe estar relacionada con el número de alevinos que se tengan.

El cuadro 10 indica la densidad de siembra teniendo en cuenta la longitud de los animales sembrados, siendo este un factor independiente del estadio de los

⁷⁹ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

⁸⁰ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, SP. 503 p.

peces, por otro lado a medida que los peces alcanzan estadíos mayores los rangos de densidad de siembra disminuye debido principalmente a dos factores: el porcentaje de mortalidad, el reemplazo de los organismos extraídos y comercializados.

Las densidades que se manejan actualmente en la estación está acorde a las densidades expuestas por Rojas et al, el cual además de proveer la tabla de densidades para el cultivo de trucha arcoíris afirma que a mayores densidades la especie puede disminuir su crecimiento y en algunas ocasiones por el manejo de altas densidades se pueden presentar enfermedades en los animales.

Cuadro 10. Densidades de siembra de trucha arco iris propuesta por Rojas et al.

Densidades de siembra de trucha arcoíris		
Long. Pez (cm)	Nº peces/ Kg	densidad peces/m ³
6	217	1000
7	263	750
8	175	600
9	122	500
10	89	400
12	52	275
14	32	210
16	22	169
18	15,3	125
20	11,1	100
22	8,4	80
24	6,5	70
26	5,1	62
28	4,1	55
30	3,3	48

Fuente: ⁸¹

En el cuadro 11 se visualizan los diferentes porcentajes de alimentación que los peces requieren dependiendo de factores como la talla y el peso de los animales, razón por la cual se hace indispensable su monitoreo constante para así determinar las necesidades de suministro de alimento.

La alimentación suministrada en la finca de la familia Ordoñez es igual a lo afirmado por Sanguino (cuadro 11), quien expone que a medida que el animal va creciendo es mejor ir incrementando la tasa de alimentación pero a su vez reducir el número de raciones que se suministre por día, con esto se lograra un buen crecimiento en los animales y también que no haya gran diferencia de pesos a la hora de cosechar.

⁸¹ Rojas, Roberto. *Et Al.* MANUAL PARA LA PRODUCCION DE TRUCHA ARCOIRIS EN JAULAS FLOTANTES. Disponible en: URL: http://incagro.gob.pe/~incagro/apc-aa-files/e457b3346514303468089b655b420d50/MANUAL_DE_PRODUCCION_DE_TRUCHAS_INCA_GRO.pdf

Cuadro 11. Tasa de alimentación según fases de crecimiento

Fase de crecimiento	Peso (g)	Tasa de alimentación (%)	No de comidas
Alevinaje	0,2 - 2	10	8
Precria	2,0 - 30	6	6
Levante	30-180	4	4
Ceba	180 - 300	3	3

Fuente: Comunicación personal⁸²

El peso promedio en gramos del animal aumenta, disminuye el porcentaje de biomasa al igual que la cantidad de alimento suministrado y el número de raciones diarias esto debido a que durante los primeros estadíos la demanda de alimento es mayor puesto que los animales necesitan almacenar gran cantidad de energía para su normal desarrollo y así alcanzar la etapa adulta.

El cuadro 12 indica la frecuencia de dosificación de alimento, su porcentaje, la cantidad de alimento mensual, el peso promedio por cada individuo y su talla, así como también el porcentaje de mortalidad, la densidad de animales por m³ y la biomasa.

Cuadro 12. Reporte de crecimiento, alimentación, mortalidad, densidad de siembra y biomasa en los cultivos de trucha arco iris de la finca de la familia Ordóñez

Fase	No. animales	Peso (g)	Tamaño (cm.)	Alimento (Kg/mes)	Densidad (Kg/m ³)	Biomasa (Kg.)	% mortalidad
Alevinos	2000	3-5	3-5	9,9	11,1	10	5
Dedinos	2000	10-40	5-10	24	20	80	3
Juveniles	2000	60-250	10-18	150	33,3	500	1
Adultos	2000	350	18-35	210	16,2	700	1

Fuente: Esta investigación.

⁸² Comunicación personal por el Ing. en producción Acuicola Wilmer Sanguino

Cuadro 13. Reporte de crecimiento, alimentación, mortalidad, densidad de siembra y biomasa en estación piscícola, finca La Victoria, Municipio de La Florida.

Fase	No. Animales	Peso (g)	Tamaño (cm.)	Alimento (Kg/mes)	Densidad (Kg/m ³)	Biomasa (Kg)	% de mortalidad
Alevinos	5300	4	5	18.3	20	10.6	9
Dedinos	4770	3.0-3.5	13	210	38	81	7
Juveniles	4436	30-80	18	396	65	244	3
Adultos	4214	80-300	18-30	930	35	1000	2

Fuente: ⁸³

Podemos observar que debido a que las dos estaciones piscícolas reciben sus aguas del Río Barranco y se ubican en la misma vereda, los organismos de cultivo en estas estaciones presentan condiciones semejantes de desarrollo en todos sus estadíos.

⁸³ Maya, Valenzuela Ana L. Diseño de una truchera para cultivar con aguas servidas de la microcuenca del Río El Barranco, en el municipio de La Florida, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. San Juan de Pasto, 2006.

8. ANALISIS DE RESULTADOS FISICO QUÍMICOS DEL AGUA.

El cuadro 14, muestra los parámetros físico-químicos y microbiológicos determinados para las aguas residuales provenientes de los estanques y de los procesos de lavado y evisceración de los peces, resaltando que los vertidos se realizan directamente sobre el río Barranco sin ningún tipo de tratamiento. Es importante destacar que el agua empleada en los diferentes procesos productivos desarrollados en la finca de la familia Ordóñez es tomada directamente del río Barranco sin tratamiento previo antes de la entrada a los estanques excavados, y los datos consignados en el siguiente cuadro corresponden a las aguas de la entrada al estanque (muestra 1), y las residuales (muestra 2) del proceso productivo.

Para el análisis de los parámetros físico-químicos y determinación de las concentraciones de coliformes fecales y totales se hicieron durante un período de cuatro meses comprendido entre los meses de abril a julio.

Cuadro 14. Parámetros físico-químicos y microbiológicos determinados para las aguas residuales de la finca de la familia Ordóñez

Parámetros	Muestreos							
	Abril		Mayo		Junio		Julio	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
pH	7,5	7,45	7,4	6,64	7,2	6,65	7	6,97
Oxígeno disuelto mg/l	7,01	6,31	6,8	6,6	7	6,59	6,9	6,8
Sólidos disueltos mg/l	80	100	85	110	90	110	100	110
Sólidos suspendidos mg/l	70	80	60	70	70	85	80	100
Alcalinidad mg/l	30,4	32,8	28,3	30,4	30,2	32,6	30,3	32,6
Dureza total mg/l	61,2	61,6	62,1	62,5	66	68	60,1	60,5
Nitritos mg/l	0,04	0,07	0,11	0,14	0,09	0,12	0,05	0,08
Sulfatos mg/l	181	109,1	187	105	200	188,1	190	175
Fosfatos mg/l	0,12	0,25	0,52	0,26	0,01	0,01	0,04	0,08
Cloruros mg/l	8,75	8,05	8,7	8,1	8,68	8,05	8,5	8
Amonio mg/l	0,08	0,18	0,09	0,19	0,07	0,16	0,08	0,17
DBO5	8,02	8,52	8,02	9,02	7,4	6,8	8,4	11,9
DQO	10,58	11,08	9,8	11,7	9,5	8,8	11,1	17,3
NMP coliformes totales/ml	20	200	23	1100	40	1100	7,5	0,62
NMP coliformes fecales/ml	15	500	21	500	23	2400	20	0,3
Determinación de Salmonella	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Fuente: ⁸⁴

⁸⁴ Sección de Laboratorio de Microbiología y Parasitología. Universidad de Nariño.

8.1 pH

Con respecto al pH del agua del río Barranco puede observarse que no existen diferencias significativas entre los diferentes muestreos realizados, presentándose rangos entre 6.64 y 7.75 registrándose el valor mínimo en abril y el máximo en mayo, se concluye que las condiciones del agua respecto a este parámetro se encuentran dentro del rango aceptable de pH para cultivos de trucha el cual oscila entre 6.5 a 8.0⁸⁵.

Si los valores son demasiado alcalinos, para compensar la situación se pueden utilizar elementos que ayudan a acidificar el agua (bajar el pH) como ramas o troncos de pino y de eucalipto. Si por el contrario son ácidos se puede aplicar en el estanque cal apagada (Ca(OH)_2), la cual eleva rápidamente el nivel de pH, o cal agrícola (CaCO_3) la que produce un leve incremento⁸⁶.

Para atenuar los efectos del cambio del pH en el agua se debe agregar turba a la salida o en punto donde confluyan todas las salidas de los estanques. Cabe destacar que esta última medida dará al agua una coloración café amarillenta.

8.2 OXÍGENO DISUELTO

Los rangos obtenidos varían entre 6.3 y 7.01 presentándose el menor valor y el máximo en el mes de abril, sin embargo es importante destacar que el rango óptimo de oxígeno disuelto según Solla⁸⁷ debe ubicarse entre 7-9 mg/l, es decir que el agua del río Barranco presenta deficiencias en cuanto a este factor.

Se recomienda para restablecer un buen nivel de oxígeno recambiar al menos un cuarto del volumen de agua del estanque, verter el agua que llega al estanque sobre una rejilla para que caiga en forma de lluvia (aumentar la superficie aire/agua), utilizar un sistema de aireación por gradas y un sistema de caída a chorro hacia el estanque. etc., aplicar fertilizantes para aumentar la biomasa fitoplanctónica (salvo que la baja de oxígeno se deba al exceso de materia orgánica en descomposición), reducir el número de peces, mantener limpio el estanque de vegetación flotante o enraizada, la aireación solo se debe efectuar cuando sea necesario o cuando se advierta una real deficiencia de oxígeno⁸⁸.

⁸⁵ Rubin R, Ramón. 1979. La piscifactoría, cría industrial de los peces de agua dulce. C.E.C.S.A. México. 29-30 p.

⁸⁶ URUGUAY. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. 2010. Manual básico de Piscicultura en estanques. Montevideo, DINARA-FAO, 50 p.

⁸⁷ Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

⁸⁸ URUGUAY. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. 2010. Manual básico de Piscicultura en estanques. Montevideo, DINARA-FAO, 50 p.

8.3 SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Según Roberts y Shepherd⁸⁹ la concentración debe ser menor a 30 mg/l, las aguas del río Barranco poseen altas concentraciones de sólidos por encima del mínimo recomendado cantidad que se debe quizás a procesos de erosión del suelo dadas las características físicas de la zona con pendientes fuertes en las partes altas de la microcuenca lo que trae consigo procesos de sedimentación en el río contribuyendo a incrementar las cantidades de sólidos suspendidos en el agua.

Se sugiere implementar un sistema de desarenador a pocos metros de la captación para que el agua pueda ser utilizada en la estación, para verter el agua a la fuente de captación se plantea un sistema de pretratamiento que consiste en una sección de rejas de diferente espaciamiento para la retención de gruesos y hojas, un tratamiento primario que consiste en un humedal artificial o sistema Wetland.

8.4 ALCALINIDAD

Durante los muestreos realizados al agua del río Barranco no se observaron diferencias notorias en cuanto a la alcalinidad entre los diferentes períodos de toma y análisis de muestras ya que los rangos encontrados oscilan entre los 28.3 y 32.8 mg/l lo que permite deducir que las condiciones del agua del río Barranco son satisfactorias dado que los valores de alcalinidad de aguas empleadas en explotaciones truchícolas deben encontrarse entre los 15 y 175 mg/l⁹⁰.

Si se determina que la alcalinidad es baja para el cultivo de trucha arco iris se debe encalar los estanques. Se puede implementar un biofiltro que mejore este parámetro logrando que este se encuentre en iguales o mejores condiciones a la hora de ser vertido.

8.5 DUREZA TOTAL

En cuanto a este parámetro se puede afirmar que las aguas del río Barranco presentan condiciones satisfactorias para el crecimiento y desarrollo de los peces,

⁸⁹ Roberts, R. y Shepherd, C. 1980. Enfermedades de la trucha y del salmón. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling. Scotland. Editorial Acribia, Zaragoza, SP. 187 p.

⁹⁰ Rubin R, Ramón. 1979. La piscifactoría, cría industrial de los peces de agua dulce. C.E.C.S.A. México. 29-30 p.

dado que los valores de dureza total se encuentran entre el rango óptimo de 20-300 ppm según Rubín⁹¹.

Si los rangos están por debajo del mínimo se sugiere abonar con cal el estanque para elevar el nivel de calcio y magnesio.

8.6 NITRITOS

Es necesario mantener niveles por debajo de 0.1 ppm según Solla⁹². Existen rangos de variación significativos en cuanto a la concentración de nitritos en el agua del río Barranco cuyos valores oscilan entre 0,11 y 0,12 ppm.

Se sugiere construir un sistema de biofiltros que contenga bacterias nitrificantes y nitrosomonas que puedan mejorar la calidad de este parámetro.

8.7 SULFATOS

El límite superior de concentración de sulfatos es de 18 ppm según Solla⁹³ sin embargo y tal como se observa en el cuadro 16, las concentraciones de sulfatos en el agua del río Barranco superan ampliamente este valor, este fenómeno se deriva de la actividad metabólica de los peces y del aporte de los suelos dado que el río atraviesa pendientes pronunciadas que en épocas de lluvias intensas ocasionan erosión y sedimentación de este.

Se sugiere la construcción de un pozo sulfidrogenico en donde actúen bacterias sulfato reductoras que puedan disminuir los niveles de sulfatos en el agua y así poder mejorar la calidad de esta en cuanto a este parámetro que posteriormente se vierta a la fuente de agua..

8.8 FOSFATOS

Para el caso de los fosfatos según Rubín⁹⁴ se consideran como óptimos los valores comprendidos entre 0.6 y 1.5 mg/l. El agua del río Barranco presentó concentraciones de fosfatos entre 0.01 y 0.52 mg/l bajas con respecto a los valores óptimos para el cultivo de la trucha arco iris.

⁹¹ Ibíd.,p. 23.

⁹² Ibíd.,p. 30.

⁹³ Solla S.A. s.f. Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

⁹⁴ Rubin R, Ramón. 1979. La piscifactoría, cría industrial de los peces de agua dulce. C.E.C.S.A. México. 29-30 p.

8.9 AMONIO

Según Blanco⁹⁵, se considera que las concentraciones ideales u óptimas de amonio deben estar comprendidas entre 0.01 y 0.015 mg/l. El río Barranco presenta concentraciones de amonio de 0.07 a 0.18 mg/l que indica que el agua del río ha sido sometida a procesos de contaminación por descomposición de materia orgánica significativos, tal vez ocasionados por la sedimentación del suelo, uso de fertilizantes, emisiones volcánicas, el arrastre de materia orgánica por las fuertes lluvias o en este tipo de actividades la mayor fuente de amonio son los propios peces.

Se recomienda reducir el número de ejemplares por estanques, agregar carbón activado y construir biofiltros que contienen bacterias para eliminar el amoniaco producto de las heces y de la orina de las truchas.

8.10 COLIFORMES FECALES Y TOTALES

Como puede observarse en el cuadro 15 las concentraciones de coliformes totales no son muy significativas excepto en los segundos muestreos de los meses de mayo y junio que se presentan en un valor de 1100 NMP/100ml, para coliformes fecales el rango alto de 2400 NMP/100 ml se presenta en el mes de junio en la muestra 2.

Si los rangos son superiores a los permitidos se recomienda realizar tratamientos previos al agua antes de su entrada a los estanques (con azul de metileno y otros desinfectantes), evitar el pastoreo cerca de la fuente hídrica y el vertimiento de aguas negras al río.

Para la eliminación de estas bacterias se sugiere la construcción de una laguna de maduración a la cual llegue el agua después de haber pasado a través de una laguna facultativa que será la encargada de remover y mejorar las condiciones de carga máxima de DBO₅, el agua que pasa a la laguna de maduración tendrá efectos de mortalidad para bacterias y diferentes parásitos y patógenos presentes en el agua, esta laguna estará influenciada por la radiación solar que será la que ayude a producir efecto sobre las bacterias y patógenos que se encuentre en esta sección del tratamiento, en esta solo sobrevivirán las bacterias que tengan mas resistencia pero estas tienden a morir por efectos aun desconocidos de las lagunas de maduración. Después de que el agua a sido retenida por un tiempo determinado en esta laguna pasara por un sistema de aireación de gradas y será vertida nuevamente a fuente de agua.

⁹⁵ Blanco, C. 1995. La trucha: cría industrial. Ediciones Mundi-prensa Madrid, SP. 503 p.

El agua debe ser mantenida en las mejores condiciones posibles y ser utilizada en cantidad adecuada para no provocar derroches innecesarios. Para conseguir esto se debe limpiar el agua utilizada para que pueda ser reutilizada o bien vertida de nuevo al medio en unas condiciones óptimas de calidad.

Para controlar los parámetros fisicoquímicos anteriormente expuestos y mitigar el daño producido por los mismos una vez el agua sea vertida al río Barranco se implementará un Humedal artificial o sistema Wetland, que proporcionará una alta eficiencia física en la remoción de contaminantes asociado con material particulado.

El agua superficial se moverá lentamente a través del wetlands, debido al flujo laminar característico y la resistencia proporcionada por las raíces y las plantas flotantes. La sedimentación de los sólidos suspendidos se realizará por la baja velocidad de flujo.

Los contaminantes que son también formas de nutrientes esenciales para las plantas, tales como nitrato, amonio y fosfato, serán tomados fácilmente por las plantas del Wetland. Las bacterias y otros microorganismos en el suelo también captarán y almacenarán nutrientes a corto plazo, y algunos otros contaminantes.

Los descompuestos microbianos, sobre todo bacterias del suelo, utilizarán el carbono (C) de la materia orgánica como fuente de energía, convirtiéndola a gases de bióxido de carbono (CO_2) o metano (CH_4). Benefield y Randall citados Llagas y Gomez⁹⁶, afirman que los humedales proporcionan un mecanismo biológico importante para la remoción de una amplia variedad de compuestos orgánicos. El metabolismo microbiano también producirá remoción de nitrógeno inorgánico, es decir, nitrato y amonio, en los wetlands. Bacterias especializadas (*Pseudomonas sp.*) transformarán metabólicamente el nitrato en gas nitrógeno (N_2), un proceso conocido como desnitrificación. El N_2 se perderá posteriormente en la atmósfera.

La eliminación de la DBO particulada ocurrirá rápidamente por sedimentación y filtración de partículas en los espacios entre la grava y las raíces de las plantas. La DBO soluble es eliminada por microorganismos que crecen en la superficie de la grava, raíces y rizomas de las plantas, pero el resto del lecho sumergido ocurre por vías anaerobias: fermentación metánica y sulfato reducción. La remoción de DBO estará asegurada por una biodegradación a partir de microorganismos aerobios o anaerobios. Las plantas y el suelo no tendrán influencia directa en la remoción de la DBO pero en forma indirecta favorecen el crecimiento de microorganismos; además las plantas suministran una proporción de Oxígeno necesaria.

⁹⁶ LLAGAS; GOMEZ. Op.cit., p. 87.

El fósforo esta normalmente presente en aguas residuales en forma de ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La oxidación biológica da como resultado que la mayoría del fósforo sea convertido a ortofosfatos. Los mecanismos de remoción de fósforo son principalmente adsorción, absorción por plantas, formación de complejos y precipitación. Paredes y Kuschik citados por Londoño y Marin⁹⁷, comentan que las plantas absorberán el fósforo a través de sus raíces y lo transportaran a sus tejidos en crecimientos, sin embargo su capacidad de absorción es baja si se compara con el nitrógeno, pues el contenido de fósforo en los tejidos es mucho menor

Las bacterias patógenas y los virus se remueven de los humedales artificiales por absorción, sedimentación, predación y muerte debido a la exposición a rayos ultravioleta de la luz solar y a temperaturas poco favorables. Se han reportado remociones de coliformes fecales de hasta el 99%.

⁹⁷ LONDOÑO, Luz; MARIN, Carolina. Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua residual sintética. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Tecnología Química. Pereira, 2009. p. 32.

9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

9.1 FORMULACION DEL PLAN ESTÁNDAR DE MANEJO AMBIENTAL

El diseño de un Plan de manejo ambiental contiene los planes de prevención, mitigación, corrección, compensación, emergencia y contingencia, monitoreo y seguimiento, supervisión y la estructura de gestión ambiental del proyecto, obra o actividad. El plan debe ser concebido y diseñado teniendo en cuenta la identificación y caracterización de las áreas sensibles, críticas y de manejo, así como de los impactos identificados, caracterizados, dimensionados y evaluados⁹⁸.

9.1.1 Información básica del proyecto. Nombre del Proyecto: Propuesta de un plan de manejo ambiental para los cultivos de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en estanques escavados en tierra, Vereda El Barranco, Corregimiento Especial, Municipio de la Florida.

Ubicación del Proyecto: Departamento Nariño, Municipio La Florida, Corregimiento Especial, Vereda El Barranco.

Tipo de proyecto: Producción y comercialización de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Número de personas que se benefician: siete (7).

9.1.2 Evaluación de impacto ambiental. La elaboración de Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) de los proyectos productivos que se van a ejecutar son de carácter obligatorio, las Autoridades Ambientales exigen una EIA para asegurarse de que los proyectos son sostenibles y ambientalmente viables.

Con este instrumento se buscan garantizar el mínimo y el máximo impacto ambiental negativo y positivo respectivamente posible y propender por el desarrollo de una cultura ambiental en el desarrollo de los proyectos productivos en la región.

9.1.3. Calificación de los Impactos Ambientales Potenciales (IAP). La calificación para los efectos causados por el proyecto son las siguientes:

⁹⁸ Decreto 1753 de 1994. Artículo 1.

P = Existencia de efectos ambientales positivos
B = Bajo nivel de efectos ambientales negativos
M = Nivel mediano de efectos ambientales negativos
A = Alto nivel de efectos ambientales negativos
NA = No aplica o no es necesario hacer una calificación

9.1.4 Matriz y manejo de los impactos ambientales. Los impactos se determinaron para los recursos agua, suelo, aire, flora y fauna, salud y parte social.

Cuadro 15. Matriz de impacto ambiental de los cultivos de trucha de la familia Ordóñez localizados en la Vereda El Barranco

Recurso	Actividades	Tipo de impacto ambiental	IAP	Intensidad del impacto, Magnitud del impacto, Individuos afectados (cualitativo y cuantitativo)
S U E L O	Manejo de residuos orgánicos para lo que se realizarán composteras.	Efectos ambientales positivos	P	Los miembros de la familia Ordóñez han recibido capacitación sobre: -Elaboración de composteras. -Reciclaje de residuos inorgánicos -Disposición de residuos en el basurero municipal. Están realizando buenas prácticas en los predios de su propiedad.
	Manejo de residuos inorgánicos mediante el reciclaje y disposición final en el basurero municipal.	Efectos ambientales positivos		
H I D R I C O	Lavado de los estanques y evisceración de las truchas.	Nivel medio de efectos ambientales negativos.	M	Se afecta el recurso hídrico por vertimiento de agua sangre y de pequeñas partículas orgánicas producto de la evisceración y lavado de truchas. Se están separando los residuos sólidos resultantes del proceso de evisceración para ser aprovechados en alimentación de otros animales.
B I O L O G I C O	Manejo del cultivo de la trucha en forma artesanal y sin empleo de tecnologías limpias ni técnicas adecuadas.	Nivel medio de efectos ambientales negativos.	M	Ninguno de los miembros de la familia Ordóñez conoce las tecnologías limpias empleadas en la truchicultura. Se pretende capacitar a los integrantes de la familia en diferentes temas.

Recurso	Actividades	Tipo de impacto ambiental	IAP	Intensidad del impacto, Magnitud del impacto, Individuos afectados (cualitativo y cuantitativo)
A I R E			NA	
S A L U D	Condiciones deficientes de asepsia y producción limpia	Nivel medio de efectos ambientales negativos.	M	Considerando que el proceso productivo es de tipo artesanal este no cumple con todas las condiciones de asepsia requeridas, por lo que se hace necesaria la capacitación de los miembros de la familia para mejorar la higiene y manejo de los cultivos de trucha.
S O C I A L	Educación y sensibilización ambiental.	Nivel medio de efectos ambientales negativos.	M	Es necesaria la capacitación de todos los miembros de la familia para así sensibilizarlos ambientalmente para que consideren siempre los efectos de sus actividades sobre el ambiente y en la toma acertada de sus decisiones.

Fuente: Esta investigación.

Cuadro 16. Manejo de los Impactos Ambientales (MI) para los cultivos de trucha de la familia Ordóñez localizados en la Vereda El Barranco

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDA DE MANEJO PROPUESTA	INDICADOR
AGUA	Lavado de los estanques y peces	Capacitación en el lavado de estanques y peces con el mínimo consumo de agua. Instalación de un biofiltro.	La familia Ordóñez ha recibido capacitación sobre el lavado adecuado de estanques y peces. Cuenta con un biofiltro.
SUELO	Excedentes de residuos sólidos orgánicos. Manejo de residuos inorgánicos.	Elaboración de composteras. Utilización de vísceras en la alimentación de animales. Reciclaje y disposición final de los residuos en el basurero municipal.	La familia Ordóñez cuenta con una compostera técnicamente instalada en el lugar de evisceración. Los residuos sólidos orgánicos se utilizan en el alimento de otras especies y los inorgánicos se están depositando en el basurero municipal. Reciclaje de costales en otras labores.
FAUNA-FLORA	Incremento de biodiversidad	Implementados sistemas de producción limpia en la finca y establecidas iniciativas de reforestación y revegetalización en la finca y sus alrededores (arreglos agroforestales).	Índices de diversidad (Shannon-Weiner, Simpson) mayores. Reforestación de 400m ² con Encino (Weinmannia sp) a orillas del Río Barranco
SOCIOCULTURAL	Cohesión social	Trabajo comunitario y bienestar colectivo a través de la replicación de las medidas ambientalmente sostenibles	Número de familias que aplican tecnologías limpias en sus actividades productivas.

Fuente: Esta investigación.

- Análisis de la matriz y de los impactos ambientales generados

La actividad productiva generada por la truchicultura en la finca de la familia Ordóñez se clasifica como de Moderada Catalogación Ambiental (ASA) por la presencia de cargas contaminantes medias que impactan negativamente el ambiente especialmente el recurso hídrico, biológico, salud y social.

En el proceso de evisceración se presentan con mayor preponderancia los efluentes líquidos y los residuos sólidos. El 75% de los efluentes líquidos provienen de los procesos de evisceración y el 25% restante proviene de las excretas y residuos de alimentos no consumidos en los diferentes estanques.

Con el manejo que se da a cada uno de los impactos generados por la actividad del cultivo de la trucha, la familia Ordoñez pretende disminuir el nivel de contaminación del recurso hídrico del Río Barranco.

9.1.5 Metas del sistema

- Mediante la implementación de infraestructura y tecnología adecuadas que permitan reutilizar el agua de los procesos de levante y engorde se disminuirá en un 70% la contaminación del Río Barranco por el vertimiento de insumos contaminantes.
- El empleo de los subproductos generados en la finca para el consume humano o alimento de animales domésticos permitirá aprovechar en un 80% la cantidad de residuos sólidos generados en los diferentes procesos productivos disminuyendo de esta manera la contaminación del río.
- Con la capacitación permanente y actualizada de los dueños de la truchicultura se fomentará un proceso productivo ambientalmente sostenible y al mismo tiempo se incrementará la eficiencia técnica de la industria.

9.1.6 Declaración de la política ambiental. La Finca de la familia Ordóñez, realiza procesos de producción de trucha arco iris con el fin de cubrir la demanda regional generada por este producto alimenticio, por lo tanto:

- Se compromete a desarrollar e implementar diferentes actividades y alternativas, tendientes a minimizar en gran medida el impacto ambiental originado por los vertimientos de las aguas residuales producto de las diferentes etapas del proceso productivo hacia el río Barranco, pretende además la reducción en la generación de residuos (en función de sus posibilidades reales) en cada uno de los procesos.

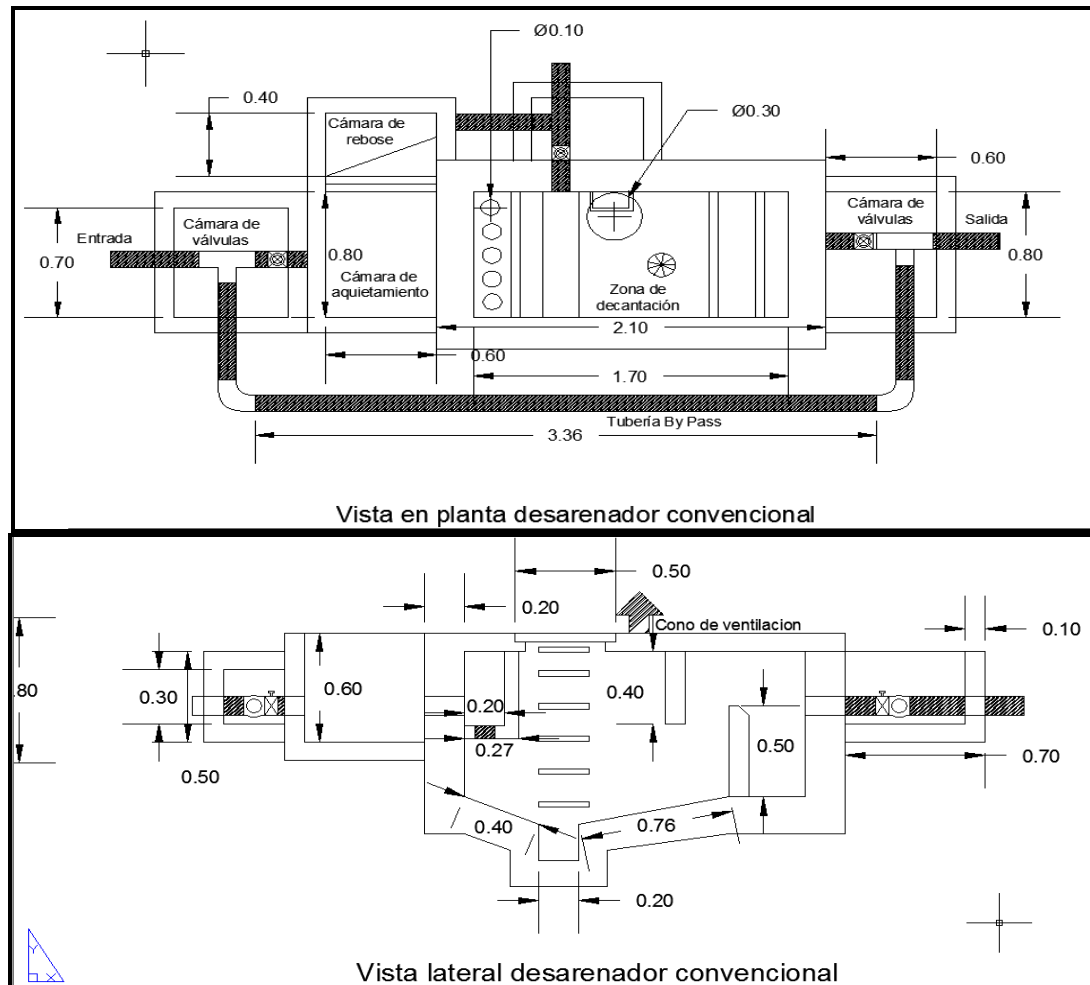
- Exigirá a todo el personal interno y externo que desempeñen actividades en las instalaciones de la estación el cumplimiento de la política ambiental de la finca.
- Aplicará medidas de mitigación acordes con los compromisos adquiridos para la protección del ambiente con el propósito de asegurar un entorno promisorio para las futuras generaciones.

9.2 DESARROLLO DE PROGRAMAS

9.2.1. Programa de mitigación ante fenómenos naturales. Con respecto a los posibles efectos que pueden presentarse por emanación de cenizas por parte del volcán galeras; se adaptara un sistema de sedimentación de agua después de la bocatoma, el cual consistirá en un reservorio excavado y un desarenador convencional con el cual se lograra retener la mayor cantidad de solidos suspendidos totales y sedimentables. El reservorio será el encargado de captar una parte del agua necesaria para la estación, antes de este se instalara una valvula de compuerta que ayudara a regular el flujo del caudal del agua, posterior a este sistema se adaptara el desarenador el cual contempla varias cámaras entre las cuales se encuentran 2 cámaras de válvulas, una cámara de aquietamiento la cual se encargada de reducir la velocidad del agua para que esta posteriormente pase a la zona de decantación en la cual se acumularan los sólidos. (Figura 4)

Cuando se requiera hacer limpieza del desarenador se deberá cerrar las llaves de paso que se ubican en las cámaras de válvulas y se dejara que el agua fluya por la tubería de By Pass por la cual el efluente llegara a las líneas de distribución hacia los estanques.

Figura 5. Desarenador convencional



Fuente: Esta investigación.

Para el dimensionamiento del desarenador se tendrá en cuenta los criterios de diseño expuestos por Salazar y Sánchez⁹⁹.

En el caso de presentarse una emergencia como la anteriormente mencionada, se optara por cubrir el tanque reservorio y el desarenador con un plástico transparente, el cual se encargara de retener la mayor cantidad de cenizas que puedan llegar al agua, la misma medida se adoptara para los estanques que se encuentren a la intemperie.

⁹⁹ Salazar, Roberto; Sanchez, Iván. Infraestructura Hidráulica para acuicultura. Universidad de Nariño. 2007. p. 158.

9.2.2 Programa de tratamiento y control de aguas residuales. Aunque en el momento la familia Ordóñez realiza algunos tratamientos al recurso hídrico empleado en el cultivo de truchas (cuadro 16) este solamente se lleva a cabo para purificar el agua de los estanques que contienen a los peces, por lo que se hace necesaria la implementación de medidas correctivas y preventivas con el fin de mitigar la contaminación del río Barranco y evitar el deterioro del recurso hídrico.

Cuadro 17. Procedimientos purificadores utilizados en la explotación de la trucha Arco Iris en la finca de la familia Ordóñez

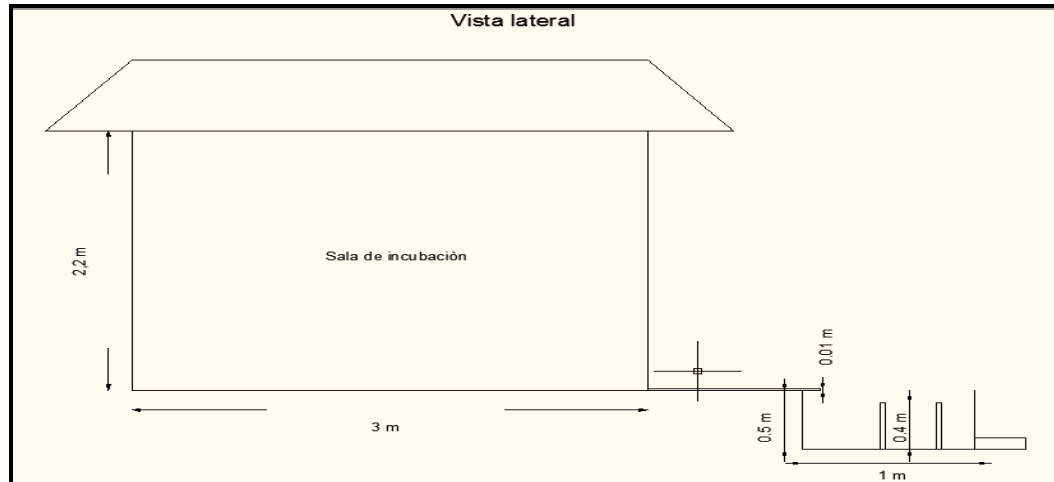
Fase	Fármaco	Concentración	Duración del Tratamiento	Administración
Alevinos y Dedinos	Cloruro de sodio	300 ml/20l agua	5 minutos	Cada 8 días
Adultos, Alevinos y Dedinos	Azul de metileno	1mg/l agua	Tópico	Cuando se requiere

Fuente: Esta investigación.

Para tratar el agua que sale de la estación piscícola se recomienda utilizar sistemas naturales de depuración como los humedales artificiales y fosas sépticas para el efluente proveniente de la sala de evisceración, además de un sistema de mallas para remoción del corion del agua derivada de la sala de incubación.

9.2.2.1 Manejo de aguas residuales de sala de incubación. El agua proveniente de la sala de incubación contiene gran cantidad de corion como producto de la eclosión de las larvas, este se convierte en material que obtura tuberías y canales; para reducir este efecto se implementara una trampa de mallas de 0,4mm eliminando los problemas de atascos y estará prevista generalmente para limpieza manual. (Figura 5)

Figura 6. Vista lateral de sistema de trampa de mallas

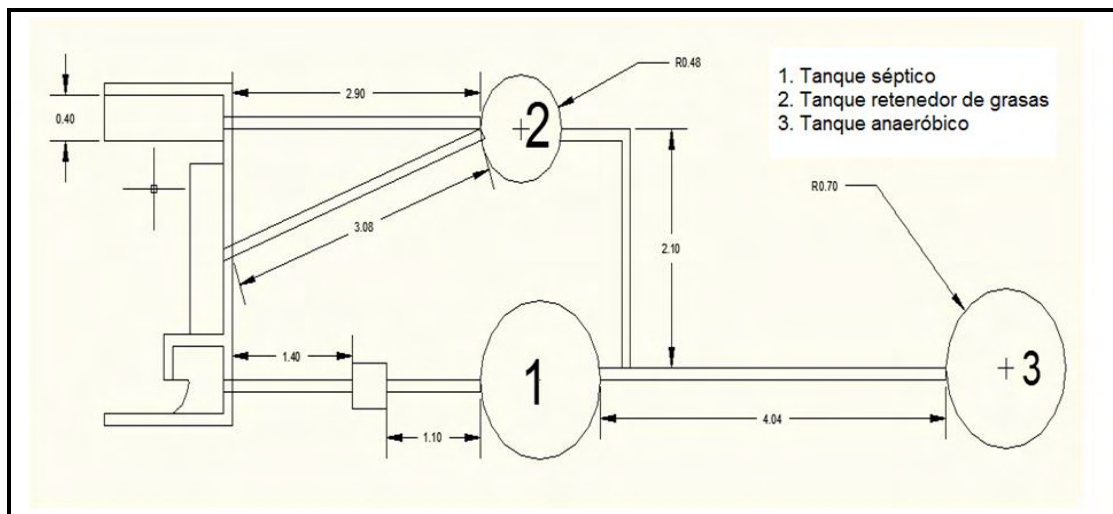


Fuente: Esta investigación.

9.2.2.2 Tratamiento de aguas residuales de sala de evisceración. Se usará un sistema de tanques sépticos como solución efectiva y económica para el manejo de agua residual de viviendas y otras construcciones que no estén conectados al sistema de alcantarillado¹⁰⁰.

La localización de los elementos que componen el tanque séptico se puede observar en la figura 6.

Figura 7. Diseño del sistema de tanque séptico.



Fuente: Esta investigación.

¹⁰⁰ Comunicación personal. Ing Civil. Fernando Argoty.

Fase 1. Tanque séptico. A este tanque llegan las aguas utilizadas en duchas, lavamanos y sanitarios, en este se produce la descomposición y separación de la materia orgánica que se transforma en gases y en lodo que se deposita en el fondo del estanque.

Fase 2. Tanque retenedor de grasas. A este tanque llegan las aguas utilizadas en la cocina (Lavaplatos y lavaderos) conteniendo grasas, detergentes y jabones. Estos residuos por ser más livianos que el agua flotara formando una capa de nata. El agua ya depurada ascenderá del fondo del tanque y saldrá hacia el tanque anaeróbico.

Fase 3. Tanque anaeróbico. Recibe las aguas semidepuradas del tanque séptico y retenedor de grasas que se unen mediante una caja de inspección. Este tanque tiene un falso fondo que sirve para soportar una capa de gravilla que actúa como filtro. El agua ascenderá a través de esta eliminando las impurezas y sustancias restantes.

Estas aguas ya filtradas se esparcirán en el río sin causar contaminación.

9.2.2.3 Tratamiento de aguas residuales de estanques de cultivo. El agua residual proveniente de los estanques de cultivo será tratada mediante un sistema de humedal artificial plantado con plantas propias de las zonas húmedas y en los que los procesos de descontaminación tienen lugar mediante las interacciones entre el agua, el sustrato sólido, los microorganismos, la vegetación e incluso la fauna.

García y Corzo¹⁰¹ recomiendan construir humedales formados por 3 unidades de proceso claramente diferenciadas: pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario (los humedales propiamente).

9.2.2.3.1. Pretratamiento:

- Canal de desbaste. El agua residual llegara en primer lugar a un canal de desbaste, en él se separaran los grandes sólidos mediante su intercepción con rejas. Para el dimensionamiento de este canal en primer lugar se fija un valor de partida para el ancho del canal entre 0,20 y 2 m y luego se determina el ancho útil de paso con la siguiente formula:

¹⁰¹ García, Joan. Corzo, Angélica. Depuración con humedales contruidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya. 2008. p. 33.

$$W_u = (A_c - n \cdot A_b) \cdot \left(1 - \frac{G}{100}\right)$$

Donde:

W_u : ancho útil de paso, en m.

A_c : ancho de canal, en m.

n : número de barrotes.

A^b : ancho de barrotes, en m.

G : grado de colmatación, normalmente se utiliza un valor de 30 %.

El calado necesario para un grado de colmatación determinado se determina:

$$h = \frac{Q}{v} \times \frac{1}{W_u}$$

Donde.

h : calado, en m.

Q : caudal de paso, en m³/s.

v : velocidad de aproximación, en m/s.

La longitud necesaria del canal en la zona de las rejillas se determina considerando la velocidad de aproximación del agua y el tiempo hidráulico:

$$L = T_H \cdot v$$

Donde:

L : largo del canal, en m.

T_H : tiempo de retención, en s.

V : velocidad de aproximación del agua, en m/s.

9.2.2.3.2. Tratamiento primario.

- Desarenador. El agua que ha pasado por el canal de desbaste posteriormente es llevada al desarenador el cual removerá los sólidos en suspensión en el agua, mediante el proceso de sedimentación. García y Corzo¹⁰² proponen las siguientes formulas para su dimensionamiento.

Largo del canal en la zona de desarenado a partir del tiempo de retención:

$$L = T_H \cdot v_H$$

¹⁰² García; Corzo. Op. Cit., p. 38.

Donde.

L: largo del canal correspondiente a la zona de desarenado, en m.

T_H: tiempo de retención, en s.

v_H : velocidad horizontal del agua, en m/s.

Ancho del canal:

$$W = \frac{L}{\text{relación largo - ancho}}$$

W: ancho del canal, en m.

L: largo del canal, en m.

La sección transversal del canal es:

$$A = \frac{Q_{\max}}{V_H}$$

Donde.

A: sección transversal, en m².

Q: caudal máximo en m³/h.

V_H: velocidad horizontal del agua, en m/s.

9.2.2.3.3. Tratamiento secundario. Humedal artificial. El agua que ha sido sedimentada en el desarenador finalmente llega al humedal, el cual se encargará de fijar físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica además de utilizar y transformar los elementos por intermedio de los microorganismos. Este tendrá un medio granular con tres capas horizontales distinta granulometría.

El dimensionamiento se realiza aplicando las siguientes formulas:

Área superficial.

$$A_s = \frac{Q_{med,d}}{k_s \cdot s}$$

Donde:

Q_{mediod}: caudal medio diario, en m³/d.

K_s: conductividad hidráulica.

S: Pendiente.

Para el humedal artificial se recomienda usar como planta acuática la totora (*Scirpus sp*) que se adapta a condiciones de saturación de humedad e inundación, siempre que el agua no las cubra completamente. Soportan una fuerte limitación en la disponibilidad de oxígeno en el suelo. Comprenden una parte debajo del nivel del agua, y otra parte aérea.

El papel de esta macrófita en el humedal artificial se resume en los siguientes aspectos¹⁰³:

- Valdes et al citado por Delgadillo et al¹⁰⁴, afirma que sirven de filtro para mejorar los procesos físicos de separación de partículas
- Cano citado por Delgadillo et al¹⁰⁵, afirma que las macrofitas asimilan de forma directa los nutrientes (en especial Nitrógeno y Fósforo) y metales, que son retirados del medio e incorporados al tejido vegetal
- Actuar a modo de soporte para el desarrollo de biopelículas de microorganismos, que actúan purificando el agua mediante procesos aerobios de degradación.
- Transportar grandes cantidades de oxígeno desde los tallos hasta sus raíces y rizomas, donde es usado por dichos microorganismos

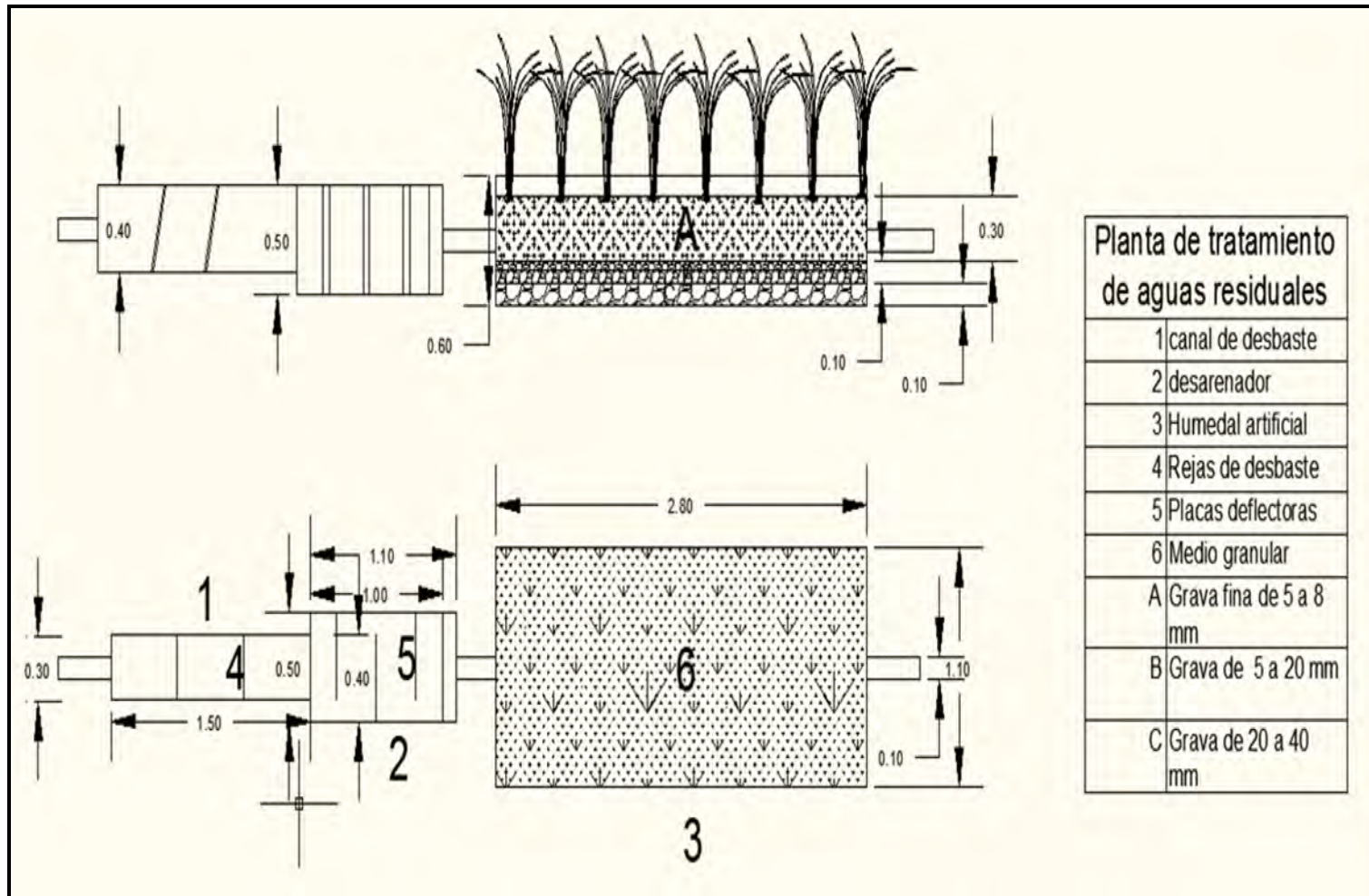
La planta de tratamiento de aguas residuales de la estación piscícola se puede observar en la figura 7.

¹⁰³ Delgadillo et al. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Bolivia. 2010. p. 21.

¹⁰⁴ *Ibíd.* p. 21.

¹⁰⁵ *Ibíd.* p. 22.

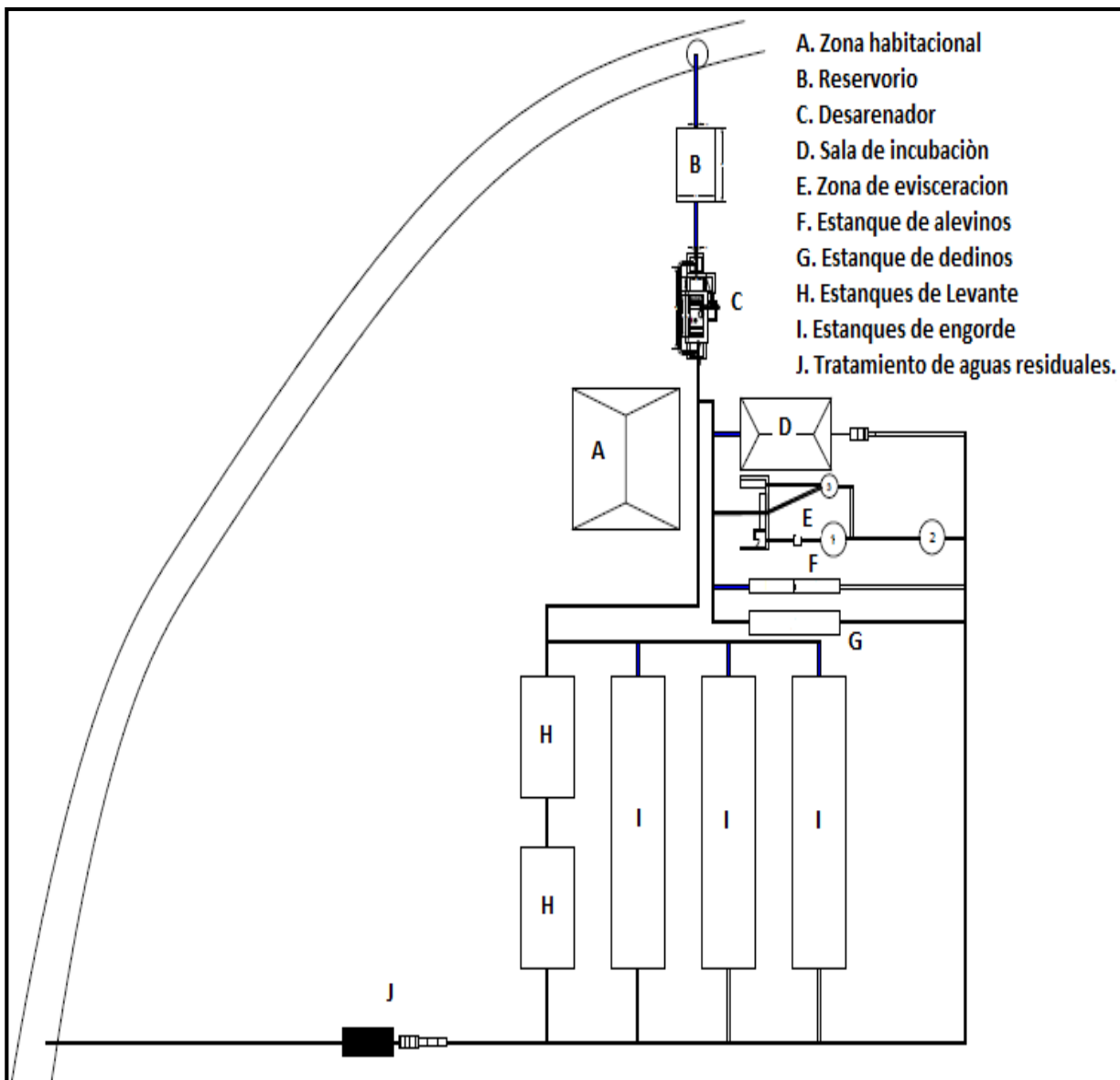
Figura 8. Planta de tratamiento de aguas residuales



Fuente: Esta investigación.

La Figura 8 corresponde al plano de la finca de la Familia Ordoñez teniendo en cuenta las recomendaciones en la elaboración del plan de manejo ambiental, donde se contemplaría la instalación de un reservorio de agua, un sistema de desarenador y un sistema de tratamiento de aguas residuales con el fin de prevenir, mitigar y reparar los daños que se vienen ocasionando al Río El Barranco.

Figura 9. Plano general de la estación piscícola



Fuente: Esta investigación.

9.2.3. Programa de recuperación y reciclaje de residuos sólidos. La finca truchicultora de la familia Ordóñez se encargará de separar y almacenar algunos de los residuos sólidos generados en la empresa en particular los resultantes del proceso de evisceración para la elaboración de alimento para peces, para el consumo humano o para el alimento de animales domésticos, algunos residuos como excretas y alimento en descomposición producto del lavado y limpieza de los tanques serán recogidos en el pretratamiento y humedal artificial. Para la elaboración de hidrolizados para ser usados como alimentación en peces se regirá bajo los siguientes procesos:

- Limpiar vísceras, extrayendo restos grasos y material extraño
- Lavar manualmente las vísceras
- Moler vísceras
- Pasteurizar las vísceras en autoclave por 20 minutos a 80°C
- Una vez retiradas las vísceras del auto clave se dejara enfriar a temperatura ambiente
- Adicionar ácido prociónico al 1% del peso del hidrolizado
- Regular el pH con hidróxido de sodio
- Una vez estabilizado el hidrolizado a PH (4) se almacena en un recipiente plástico debidamente desinfectado durante un periodo de 20 días
- Constantemente se bate el ensilaje, se limpian las paredes de los recipiente que contienen el ensilaje con una toalla humedecida y toma el pH de la solución

La inclusión del ensilaje al alimento comercial ya molido y tamizado se realiza mediante micro mezclas.

9.2.4. Programa de capacitación ambiental. Los propietarios de la finca deberán despertar el interés en cada una de las personas vinculadas al cultivo de trucha en lo concerniente al manejo y conservación de los recursos naturales, para ello se debe elaborar un programa de capacitación a nivel administrativo y operativo que debe incluir entre otros los siguientes aspectos:

- Problemática ambiental del sector de la truchicultura.
- Legislación ambiental.
- La administración y la toma de decisiones de gestión ambiental.
- Tecnologías limpias en el proceso de cultivo de truchas.
- Sistemas de tratamientos de aguas residuales.
- Métodos de control de calidad de procesos.
- Manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.
- Salud ocupacional, higiene y seguridad industrial.
- Monitoreo ambiental.
- Manejo y conservación de recursos naturales.

9.2.5 Programa sobre manejo de aguas lluvias. El manejo y disposición de aguas lluvias para transportarlas al tanque colector se hace a través de canales conectados a una serie de bajantes que convergen al tanque colector, los canales transportan el agua que recogen de los techos de la planta y se utiliza en el lavado de ropa, botas, inodoros, etc.

9.2.6 Programa de manejo paisajístico. Se realizó la reforestación de 400 m² con la especie encino (*Weinmannia sp*) de alta dominancia a orillas del Río Barranco con estudiantes y docentes del Colegio Comfamiliar de Nariño Siglo XXI ya que en los últimos años CORPONARIÑO ha implementado la reforestación técnica con especies nativas como Aliso, Cucharo, Quillotoc, Cedrillo, Guayacán etc., lo anterior se ha hecho bajo la modalidad de intercambio de servicios como es implementando viveros familiares para establecer plantaciones en masa y barreras vivas para protección a bosques productores.

9.2.7 Programa de control para el manejo de químicos. Las sustancias profilácticas utilizadas en el proyecto se almacenan en un gabinete exclusivo para este fin teniendo en cuenta tener bien cerrados los envases con las etiquetas correspondientes, en cantidades necesarias y fuera del alcance de los niños.

10. PRESUPUESTO

10.1 INVERSIONES FÍSICAS AMBIENTALES

En el cuadro 18 se especifica las diferentes obras de infraestructura a realizar en la finca de la familia Ordóñez con el fin de evitar impactos negativos al ambiente especialmente al recurso hídrico, en el mismo se estiman los costos de la implementación de dicha infraestructura y los períodos de ejecución de cada una de las obras las obras a implementar las cuales se constituyen en un requisito indispensable para disminuir significativamente las cargas contaminantes producidas en las diferentes fases de la producción de trucha arco iris así mismo son importantes puesto que la adquisición de la licencia ambiental exige ciertos estándares y normas respecto a la influencia de la actividad productiva sobre el ambiente.

Cuadro 18. Costo de obras y actividades a desarrollar en los cultivos de trucha arco iris de propiedad de la familia Ordóñez.

CONCEPTO	Cantidad	Valor
Identificación y valoración de los impactos ambientales		1.200.000
Seguridad Industrial		2.000.000
Pozo séptico y trampa de grasas	1	1.200.000
Bodega de insumos	1	850.000
Pre tratamiento y humedal artificial	1	2.000.000
Mano de obra instalación pozo séptico, filtro y trampa de grasas		400.000
Construcción relleno sanitario	1	300.000
TOTAL		7.950.000

Fuente: Esta investigación.

10.2 INVERSIONES EN CAPACITACIÓN AMBIENTAL

El siguiente cuadro muestra las inversiones necesarias para la capacitación y formación en temas ambientales de cada uno de los miembros de la familia Ordóñez quienes trabajan en la producción y comercialización de trucha arco iris, así mismo se detallan el tiempo y los costos de inversión necesarios para la formación de todo el personal. Las actividades relacionadas están encaminadas a la sensibilización de los miembros de la familia en torno a la importancia del equilibrio entre la producción, la recuperación y protección del ambiente.

Cuadro 19. Costos de formación y capacitación de los miembros de la familia Ordóñez dedicados a la explotación de cultivos de trucha arco iris en la Vereda El Barranco

Temas	Participantes	Duración (horas)	Costo
Seminario ambiental	Operarios, empleados y arrendatarios	10	500.000
Curso contabilidad	Directivos y contador	10	500.000
Curso taller de tecnología ambiental	Operarios y empleados	15	700.000
Curso de tecnologías limpias y manejo de residuos	Operarios y directivos	8	350.000
Seminario manejo de recursos naturales	Directivos y operarios	8	350.000
TOTAL	2'400.000		

Fuente: Esta investigación.

11. CRONOGRAMA

El cuadro 20 indica el cronograma de las diferentes tareas a ejecutar por parte de los propietarios del cultivo de trucha arco iris con el fin de dar cumplimiento al plan de manejo ambiental de esta actividad productiva.

Se ha estimado que el tiempo necesario para la ejecución del plan de manejo ambiental es de tres años, sin embargo el período de ejecución incluye actividades de monitoreo y seguimiento permanentes de las diferentes fases, razón por la cual el tiempo se incrementará.

Cuadro 20. Cronograma de ejecución del plan de manejo ambiental de los cultivos de trucha arco iris de la familia Ordóñez

CONCEPTO	TIEMPO DE EJECUCIÓN		
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
Identificación y valoración de los impactos ambientales	X		
Seguridad Industrial	X	X	
Pozo séptico y trampa de grasas	X		
Bodega de insumos		X	
Filtro	X		
Pre tratamiento y humedal artificial	X		
Mano de obra instalación pozo séptico, filtro y trampa de grasas	X		
Construcción relleno sanitario		X	
Reforestación	X		
Limpieza periódica de las orillas del Río Barranco	X	X	X
Capacitación	X	X	X
Obtención de la licencia ambiental			X

Fuente: Esta investigación.

12. DISCUSIÓN.

Las actividades de explotación de trucha en tanques excavados presentan ciertas desventajas puesto que las condiciones fitosanitarias no son las óptimas y cualquier alteración en las condiciones físico-químicas naturales de la fuente hídrica empleada pueden ocasionar problemas a los peces ocasionando una baja en la productividad o una disminución en la calidad del producto a comercializar, incidiendo directamente en la rentabilidad de la actividad para el productor.

En la finca de la familia Ordóñez la explotación de trucha se realiza de manera artesanal, no existe la infraestructura adecuada para mitigar los impactos ocasionados por los residuos sólidos resultantes del proceso de evisceración que son arrojados directamente al río Barranco, lo que ocasiona un impacto negativo sobre esta fuente, a diferencia de lo encontrado por Rodríguez y Báez¹⁰⁶ quienes reportan que el 44.5% de las explotaciones truchícolas en jaulas flotantes o estanques del Corregimiento de El Encano poseen una infraestructura adecuada para llevar a cabo el proceso de evisceración las cuales están dotadas de un sistema de tratamiento de aguas residuales provista de una trampa de grasas, tanque séptico y pozo de absorción y el 55.5% de las explotaciones restantes debe implementar la sala de evisceración y su correspondiente sistema de tratamiento de aguas con el fin de cumplir con la norma estipulada en el decreto 1594 de 1984, en un 98% emplean el 10% de las vísceras para alimentación humana y el 90% restante para alimentación de animales domésticos como cerdos, gallinas y perros suministrados en forma directa.

Actualmente la explotación de trucha se ha visto seriamente afectada en esta zona por fenómenos naturales como la caída de cenizas y material volcánico, producto de las emanaciones del Volcán Galeras aumentando la tasa de mortalidad de los organismos ya que es posible que este mismo fenómeno incidiera en la alteración de ciertos parámetros físico-químicos del río Barranco. Baez¹⁰⁷, explica que las cenizas y arena volcánica que cae sobre el agua, produce valores de turbidez muy elevados y los peces se ven afectados porque filtran por las branquias cierta proporción de sólidos que son abrasivos, y que en grandes concentraciones pueden alterar la vida de los peces y provocarles la muerte por anoxia. Además afirma que dependiendo de la naturaleza de las cenizas, éstas pueden contener metales pesados, que al ser traspasados al agua producen intoxicación por metales pesados (Cobre, Fierro, Zinc y Aluminio) en los peces. Este tipo de

¹⁰⁶ Rodríguez, L. y Báez, A. 2000. Elaboración de planes de manejo ambiental a los cultivos de trucha arco iris en jaulas flotantes y estanques ubicados en el Corregimiento de El Encano. Tesis Ingeniería en producción acuícola. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto, CO. 133 p.

¹⁰⁷ BAEZ, Víctor. Así afectan las cenizas en el agua, suelo y plantas. 2008. Disponible en Internet: <URL: <http://www.rionegro.com.ar/diario/rn/nota.aspx?idart=647308&idcat=9521&tipo=2>>

intoxicación produce mortalidades agudas en los estadios más pequeños de los peces.

El recurso hídrico del que se abastecen los estanques ubicados en la finca de la familia Ordóñez proviene del río Barranco el agua es tomada directamente del río sin ningún tipo de tratamiento, salvo en el caso en que esta ya ha llegado a los estanques en donde se aplica azul de metileno como elemento desinfectante, sin embargo la familia desconoce otros mecanismos de tratamiento previo del agua empleada, así mismo las aguas residuales no son tratadas antes de llegar a la fuente final por lo que el impacto al recurso hídrico se agrava aún más alterando sus condiciones naturales y representando un riesgo alto para las familias asentadas aguas abajo de esta finca quienes también hacen uso del río Barranco para las diferentes actividades.

En lo que se refiere a los parámetros físico-químicos del agua el río Barranco está sometido a la influencia antrópica y aunque presenta condiciones relativamente aceptables se hace necesaria la implementación de un programa de monitoreo permanente de esta fuente para determinar el tratamiento a realizar con el fin de que sus condiciones naturales no se vean afectadas.

Pequeños y medianos productores desconocen en cierta medida la normatividad ambiental nacional, por lo que sus actividades productivas pueden representar un gran riesgo para la salud del consumidor final, dado que los parámetros de calidad exigidos en las diferentes etapas del proceso productivo no son cumplidos razón por la cual se hace necesaria como primera medida para contrarrestar este aspecto negativo la capacitación y actualización de los productores para que de esta manera atiendan las recomendaciones realizadas por las autoridades ambientales.

Teniendo en cuenta lo anterior se plantean dos métodos que permiten disminuir el impacto ambiental, uno de ellos es implementar buenas prácticas de manejo para disminuir la contaminación del agua, entre esas tenemos no usar tasas de siembra ni de alimentación superiores a la capacidad de carga; usar prácticas de alimentación conservadora evitando la sobreoferta; cosechar sin drenar el estanque, el uso de vísceras para la elaboración de hidrolizados usados en alimentación de peces y pasar el efluente por un tanque de sedimentación antes de la descarga final. Como segundo método se propone la utilización de un humedal artificial que sea el encargado de mejorar las condiciones químicas y físicas del agua.

13. CONCLUSIONES

Como se afirmó inicialmente, la actividad de crianza y comercialización de truchas en la Vereda Barranco, Corregimiento Especial del Municipio de la Florida no ha sido una actividad muy desarrollada y los proyectos de este tipo no presentan gran tecnificación, por lo que se puede catalogar como una explotación de tipo artesanal o tradicional.

Al final de este proceso se puede deducir que el agua del río Barranco presenta condiciones aceptables para el desarrollo de la actividad truchícola en la vereda El Barranco.

Los principales impactos causados al ambiente por la implementación de proyectos piscícolas se producen por el mal manejo de los residuos sólidos, líquidos provenientes principalmente del proceso de lavado y evisceración de las truchas y del mal manejo de la alimentación.

Los procesos de erosión del suelo dadas las características físicas de la zona con pendientes fuertes en las partes altas de la microcuenca trae consigo procesos de sedimentación en el río contribuyendo a incrementar las cantidades de sólidos suspendidos en el agua que se pueden controlar con sistemas de desarenadores y filtros de grava a presión para retener las partículas sólidas.

En la finca de la familia Ordóñez el proceso productivo no dispone de una política ambiental documentada y no se han fijado objetivos de comportamiento ambiental por eso se hace necesaria la capacitación sobre temas ambientales.

La finca no cuenta con un plan de contingencia y prevención de desastres por fenómenos naturales o por causas antrópicas.

La débil relación existente entre el gremio de truchicultores no permite la formación de una sociedad que permitan el progreso de estas PYMES acompañado del desarrollo y protección del ambiente.

Es necesario la implementación de un plan de manejo ambiental para la finca que además de aumentar la eficiencia en el campo productivo, la organización y delimitación de responsabilidades ambientales que mejore el equilibrio ambiental de manera sostenible y sustentable.

Los humedales artificiales son una tecnología viable para la depuración de aguas residuales provenientes de la acuicultura, son ecológicamente positivos y puede contribuir a la protección de humedales naturales y zonas sensibles.

Los humedales artificiales son sistemas simples de operar, con un bajo mantenimiento y nulo consumo energético, que producen escasos residuos durante la fase de operación, con bajo impacto sonoro, una excelente integración en el medio natural y con una capacidad de regulación del sistema.

14. RECOMENDACIONES

Realizar periódicamente análisis fisicoquímico y microbiológico a la fuente con el fin de corregir los aspectos negativos de esta y mantener las condiciones óptimas para el cultivo de truchas y otras actividades productivas relacionadas directamente con el uso del agua.

Implementar una infraestructura adecuada para llevar a cabo el proceso de evisceración la cual consta de un sistema de tratamiento de aguas residuales provista de una trampa de grasas, tanque séptico y pozo de absorción.

Orientar capacitaciones de tipo ambiental para los productores de trucha arco iris de la familia Ordóñez, haciendo énfasis en los impactos negativos ocasionados a la fuente hídrica con los cultivos de trucha.

Buscar asesoría técnica en el tratamiento de aguas para mitigar la contaminación de las aguas del Río Barranco.

Utilizar los residuos sólidos producto de la evisceración de las truchas en la alimentación de perros, cerdos, gallinas dentro de la misma finca e incluso para el consumo humano como se hace en El Encano.

Realizar una separación en la fuente de los residuos sólidos producidos, los inorgánicos se pueden reutilizar y los orgánicos disponer en el relleno sanitario de la finca o de la zona.

Realizar campañas de reforestación a las orillas del río con especies propias de la zona como Encino, Aliso, Cucharo, Quillotocto, Cedrillo, Guayacán, etc.

Buscar el asocio con otros productores de trucha arcoíris de la región para buscar conformar microempresas y de igual manera gestionar ante las entidades competentes créditos para que la producción sea sostenible.

Desarrollar un programa de caracterización de afluentes en un número significativo de unidades de producción de trucha en el ámbito regional, para establecer estándares de calidad de efluentes para el control y monitoreo de los mismos por parte de las entidades correspondientes.

Evaluar la viabilidad técnica, económica y biológica de la bioremedación de efluentes con plantas acuáticas.

Implementar y cumplir con lo estipulado en el plan de manejo ambiental propuesta.
Gestionar ante las entidades competentes la Licencia Ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, S.; Baquero, C.; Gaviria, M.; Posada, N.; Mora, G.; Téllez, L. y Wills, C. (1997). Biología. Biblioteca Familiar Marvic. Tomo Biología. Pasto: Grupo Editorial Norma, Cargraphics S.A., CO. 397 p.

Amaya, Ch.; Anzola E.; Generalidades sobre el cultivo de la trucha. Bucaramanga: Acuagranja Ltda. 1988.

Anzola, E.; Lora, C. y Rodríguez, H. (1988). Prevención y tratamiento de las enfermedades de los peces. Bucaramanga: INDERENA. CO. 65 p.

Arredondo, J.; Ponce, J. Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones. México: AGT Editor S.A.

Arroyo, A. (1989). Módulo de piscicultura de aguas frías y cálidas para hidrocultores. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Pasto: CO. 264 p.

Blanco, C. (1995). La trucha: cría industrial. Madrid: Ediciones Mundi-prensa. SP. 503 p.

Boyd, C. et al. (1997). Dynamics of pond aquaculture. USA. CRC Press LLC. 437 p.

Canter, L. (1998). Manual de evaluación de impacto ambiental. 2ª edición. España: Mc-Graw Hill, 830 p.

CIAD (Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., MX). (2003). Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la Inocuidad alimentaria. Primera edición. Mazatlán, MX. 79 p.

Conesa, V. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, SP. 216 p.

Delgadillo et al. (2010). Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Bolivia. 115 p.

Esquema de Ordenamiento Territorial, Municipio de La Florida 2001-2009.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, IT). (2002). El estado mundial de la pesca y la acuicultura (SOFIA). (En línea). Consultado 22 nov. 2005. Disponible en: <http://www.fao.org>.

García P. (1999). Planta experimental de tratamiento de aguas residuales por medios biológicos. México, D.F.: Tesis M.Sc. UAEM. MX. 232 p.

Garcia, Joan. Corzo, Angélica. (2008) Depuración con humedales construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya. 100 .p.

Gómez, D. (1999). Evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundiprensa y Madrid: Agrícola Española, S.A. Primera edición. SP. 194 p.

Grey, D. y Sadoff, C. (s.f). Agua para el Crecimiento y el Desarrollo. IV Foro Mundial del Agua. Banco Mundial.70 p.

Hipólito M. (1999). Doenças na ranicultura. En: Manejo Sanitario na criação de ras. X Encontro Nacional de Ranicultura, Rio do Janeiro: BR. 24 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Sistema de Información Ambiental. www.ideam.gov.co.

Iturbide, Kathia. Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación. Universidad de San Carlos de Guatemala. (2008). 48 p.

Klontz W. (1991). Producción de trucha arcoíris en granjas familiares. Universidad de Idaho, Idaho, US. 88 p.

López, M.; Muñoz, A. y Rodríguez, E. (2002). Propuesta de un plan de manejo ambiental para “Curtiembres Javier Ignacio Concha Cabrera”. Diplomado en gerencia ambiental. Facultad de Ingeniería Agroforestal. Centro de Estudios Superiores María Goretti. Pasto, CO. 86 p.

Llagas, Wilmer; Gómez Enrique. Diseño de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en la UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, Nº 17, 85-96 (2006) UNMS. Disponible en Internet: <URL: <http://www.scielo.org.pe/pdf/iigeo/v9n17/a11v9n17.pdf>>

Martínez P. (1997). El tratamiento de las aguas residuales en México, En: Contribuciones al manejo de los recursos hídricos en América Latina. México, D.F.: UAEM, MX. 489 p.

Maya, Valenzuela Ana L. (2006). Diseño de una truchera para cultivar con aguas servidas de la microcuenca del Río El Barranco, en el municipio de La Florida, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. San Juan de Pasto.

Mayo D. (1991). Review of water reuse systems, water reuse in hatcheries. En: Aquaculture and water quality. Washington, US.

Morales, G. (2004). Crecimiento y eficiencia alimenticia de trucha arco iris (*Ocorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. Tesis lic. Área de sistemas de producción acuática. Facultad de agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, AR. 49 p.

Naturland. (2004). Normas para la acuicultura orgánica. Kleinhaderner Weg. Grafelfing, DE. 21 p.

Organización Panamericana de la Salud. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización. Lima.

Otarola, A. (2004). Factibilidad del cultivo de truchas en El Salvador: Las Pilas Chalatenango. (En línea). Consultado 16 nov. 2005. Disponible en: http://www.expro.org/upload/cat_files/cat3file_1132356589.pdf.

Patiño, A. (1986). Guía práctica de piscicultura artesanal. ANPAC. Cali, CO.

Pineda, H.; Jaramillo, J.; Echeverri, D. y Olivera, M. (2003). Triploidía en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias Vol. 17:1. Pág. 45-52.

Plan de Desarrollo Municipio de la Florida 2008-2011: "La Florida un mejor lugar para vivir".

PRODUCE. (2004). Piscicultura de la trucha. (En línea). Consultado 24 oct. 2005. Disponible en: <http://www.produce.gob.pe/mipe/dna/doc/ctrucha.pdf>.

Riascos, F.; Riascos, L. y Solarte, P. (2000). Manejo técnico de la estación piscícola de Guairapungo en el Lago Guamuéz, Municipio de Pasto, Colombia. Tesis Ingeniería en producción acuícola. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto, CO. 122 p.

Roberts, R. y Shepherd, C. (1980). Enfermedades de la trucha y del salmón. Unit of Aquatic Pathobiology. University of Stirling. Scotland. Editorial Acribia, Zaragoza, SP. 187 p.

Rodríguez, H; Polo, G; Salazar, G. (1998). Fundamentos de acuicultura continental. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA. República de Colombia, Santa Fé de Bogotá.

Rodríguez, L. y Báez, A. (2000). Elaboración de planes de manejo ambiental a los cultivos de trucha arco iris en jaulas flotantes y estanques ubicados en el

Corregimiento de El Encano. Tesis Ingeniería en producción acuícola. Facultad de Ciencias Pecuarias. Universidad de Nariño. Pasto, CO. 133 p.

Rubin R, Ramón. (1979). La piscifactoría, cría industrial de los peces de agua dulce. C.E.C.S.A. México.

Salazar, Roberto; Sánchez, Iván. (2007). Infraestructura Hidráulica para acuicultura. Universidad de Nariño. 333. p.

Solla S.A. (s.f). Peces de aguas frías: guía para el manejo de la trucha arco iris. Primera Impresión. Bogotá, CO. 83 p.

Stevenson, J. (1985). Manual de la cría de trucha. Editorial Acribia S.A. Madrid, SP. 217 p.

Troell, M., C. Halling, A. Nilsson, A.H. Buschmann, N. Kautsky y L. Kautsky (1997) Integrated marine cultivation of *Gracilaria chilensis* (Gracilariales, Rhodophyta) and salmon cages for reduced environmental impact and increased economic output. *Aquaculture* 156: 45-61.

URUGUAY. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. (2010). Manual básico de Piscicultura en estanques. Montevideo, DINARA-FAO, 50 p.