VALIDACIÓN DEL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO GENERADA POR ESTANQUES MULTIPRO EN LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA

SANDRA PAOLA MALES CHILITO

LIZETH ALEJANDRA RIVERA SUAREZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

POPAYAN

2015

VALIDACIÓN DEL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN Y DEL USO DEL RECURSO HÍDRICO GENERADA POR ESTANQUES MULTIPRO EN LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA

SANDRA PAOLA MALES CHILITO

LIZETH ALEJANDRA RIVERA SUAREZ

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

Director
JAVIER ERNESTO FERNÁNDEZ MERA
Ingeniero Sanitario, PhD.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL

POPAYAN

2015

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del director:

_____

Firma del jurado:

_____

Firma del jurado:

_____

Popayán, Septiembre de 2015

DEDICATORIA

A Dios principalmente por ser quien me ha dado las fuerzas necesarias y me ha guiado en cada momento permitiéndome culminar con éxito todo mi trabajo.

A mis padres y a mi(s) hermano(s) por ser los seres más importantes en mi vida y por ser mi mayor motivación, por estar siempre a mi lado apoyándome en cada momento de mi vida sin dejarme desfallecer ante la adversidad,

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por haber estado a mi lado guiándome a lo largo de mi vida y mi carrera, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

Doy gracias a mis padres; por ser mi gran apoyo en la vida, por estar en cada momento conmigo acompañándome en cada paso que doy, gracias a ellos por sus esfuerzos y por darme todo lo que tengo.

A mi (s) hermano(s) por su apoyo, por ser parte de mi vida y por llenar mi vida de alegría.

A mi familia, por su apoyo incondicional.

A mis amigos; por su la amistad construida, por su apoyo y por cada experiencia compartida.

A mi director de trabajo de grado Javier Fernández, por todo su apoyo brindado, por su dedicación y por cada aprendizaje adquirido.

A la Universidad del Cauca, docentes y profesores; por su tiempo, apoyo y conocimientos transmitidos.

Al Cabildo Indígena del Pueblo Ancestral de Ambaló por facilitar la Estación Piscícola “Ampiú” en Silvia Cauca, durante la fase experimental, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Universidad del Cauca por la financiación la cual se obtuvo a través de los proyectos de investigación: “ESTUDIO, DISEÑO Y EVALUACION DE UN PROTOTIPO DE ESTANQUE PISCICOLA” y “VALIDACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE TRUCHA AMBIENTALMENTE SOSTENIBLE”, presentado en el marco de la Convocatoria Proyectos Universidad-Empresa-Estado-Sociedad para el desarrollo de productos innovadores en el núcleo de innovación de la Cadena Piscícola.

TABLA DE CONTENIDO

PAG.

INTRODUCCIÓN……..1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….2

2. JUSTIFICACIÓN…….5

3. OBJETIVOS…….6

3.1. OBJETIVO GENERAL……...6

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS…….6

4. MARCO TEÓRICO……....7
4.1. Piscicultura en Colombia……...7
4.2. Requerimientos para la implementación de un cultivo de trucha……7
4.2.1. Características biológicas del pez…….8
4.2.2. Características fisicoquímicas del agua para el cultivo de trucha……...8
4.2.3. Características de sólidos suspendidos y nutrientes…….9
4.2.4. Recurso hídrico……..10
4.3. Efluentes provenientes del cultivo de trucha……11
4.4. Impactos ambientales generados en la fuentes hídricas……...12
4.5. Medidas para mitigar los impactos generados por la piscicultura……12
4.6. Alternativas para el cultivo de trucha……14
4.6.1. Tipos de estanques……..14
4.6.2. Características del estanque MULTIPRO…….14

5. METODOLOGÍA……...16
5.1 Descripción de la zona……16
5.2 Condiciones preliminares……16
5.3 Metodología objetivo 1……17
5.4 Metodología objetivo 2……19

6. RESULTADOS……..20

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN RESULTADOS……..23
7.1. Desarrollo objetivo 1……23
7.1.1. Parámetros de calidad de agua……..23
7.1.2. Impacto de la reutilización del agua……...27
7.1.3. Cargas contaminantes……..27
7.1.4. Cargas unitarias de generación……..28
7.2. Desarrollo objetivo 2……29
7.3. Comparación con otros estudios……31

8. CONCLUSIONES……33

9. RECOMENDACIONES……34

REFERENCIAS……...35

ANEXOS……...38

LISTA DE TABLAS

PAG.

Tabla 1. Dimensiones de los estanques MULTIPRO, Estación piscícola……16
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos, frecuencia y tipo de muestra…….. 18
Tabla 3. Resumen parámetros fisicoquímicos……. 20
Tabla 4. Caudal promedio utilizado en cada uno de los estanques y en la piscícola teniendo en cuenta la biomasa……..…… 22
Tabla 5. Cargas contaminantes presentes a la entrada y a la salida de cada estanque MULTIPRO y en la piscícola……..27
Tabla 6. Tasas de generación de contaminantes……..…28
Tabla 7. Comparación de cargas contaminantes de 9 piscícolas con las de Ambaló…… 29
Tabla 8. Caudal utilizado y requerido por cada estanque y la piscícola……. 30
Tabla 9. Condiciones iniciales en 3 tipos de estaque……..... 31
Tabla 10. Tasas generadas en 3 tipos de estanques…….… 31

LISTA DE ANEXOS

PAG.

Anexo A. Concentración de los parámetros físicos del agua…….....38
Anexo B. Concentración de los parámetros químicos del agua……...….....40
Anexo C. Cargas contaminantes……..……...42
Anexo D. Biomasa……...…….……46
Anexo E. Tasas de generación para SST, NTK, NAT y PT…….....47
Anexo F. Caudal….…….……...49
Anexo G. Consumo de oxigeno por la trucha arcoíris……..……50

INTRODUCCIÓN

La piscicultura es una actividad que en las últimas décadas se ha incrementado, ya que representa una fuente de ingresos y medio de subsistencia para millones de personas (FAO 2010), siendo la actividad de producción de proteína animal con mayor crecimiento anual (6,6 %), ha sido practicada por más de 2.000 años en forma artesanal, reciclando desechos y utilizando nutrientes que no son utilizados directamente para consumo humano.

Colombia es un país altamente favorecido por el desarrollo de esta actividad debido a su riqueza en especies acuáticas, continentales y marinas, su estratégica localización geográfica con gran variedad de climas permanentes, excelentes recursos hídricos en costas, ríos, extensas áreas lagunares y ciénagas de condiciones ecológicas aptas para el fomento e instauración de cultivos de especies de vida acuática. (FAO 2010).

La piscicultura al ser un proceso en el que utiliza el recurso hídrico también genera contaminación al mismo, por la composición de los alimentos para los peces y del índice de aprovechamiento de los mismos (desechos fecales), y de diversos productos químicos utilizados como, desinfectantes, medicinas, etc. Los alimentos no consumidos por los peces y la producción fecal representan considerables cargas de nutrientes para los sistemas acuáticos, causando eutrofización del agua, mayor demanda de oxígeno disuelto y cargas contaminantes difíciles de tratar además de las grandes cantidades de agua utilizadas.

Con el presente proyecto se desea validar los estanques MULTIPRO de la piscícola Ambaló con producción de trucha arco iris, en términos del control de la contaminación determinando las tasas unitarias contaminantes y las tasas de recurso hídrico utilizado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El hombre necesita para su desarrollo incluir productos de origen animal en su dieta alimenticia, estos le suministran vitaminas, minerales y proteína de buena calidad, siendo ésta última la de mayor requerimiento. NEWSHOLME y LEECH (1987) denominan a las proteínas de procedencia animal "proteínas de primera clase", por contener cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales. Los requerimientos proteicos de los individuos adultos sanos los ha cifrado el NRC (1989) y FAO/WHO (1973), en torno a 0,8 g/kg de peso y día, siendo esta cantidad superior en situaciones como el embarazo, lactación y sobre todo, en los períodos de crecimiento.

Una gran alternativa de generar proteína animal es la actividad piscícola, que se define como la actividad dedicada al cultivo de peces bajo manejo e implementación de buenas prácticas (desarrollo genético, incubación, alimentación, reproducción y sanidad de las especies), ésta ha crecido de manera considerable durante las últimas décadas, debido al crecimiento poblacional y a la importancia de la buena alimentación que necesita el cuerpo para su desarrollo. Según la FAO (2003) la producción piscícola se constituye en una fuente alternativa de proteína para la seguridad alimentaria mundial y a su vez, como una actividad generadora de empleo e ingreso dado a la notable disminución de la pesca de captura en el mundo. En Colombia las especies más cultivadas son la tilapia, la cachama y la trucha arco iris, siendo ésta última objeto de este estudio.

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss),* perteneciente a la familia *Salmonidae*, se caracteriza por ser un pez que alcanza un peso entre 1 y 3 Kilogramos en su edad adulta; en condiciones naturales, la trucha puede vivir en aguas con temperaturas entre 4° y 25°C.Sin embargo, en cultivo, la temperatura más adecuada para la trucha, es de 15° a 18°C, lo cual en Colombia limita su producción en regiones que se encuentran entre 2.000 y 3.000 msnm. Entre más se aleje la temperatura del agua de este rango, menor ganancia en peso se puede obtener, pues el crecimiento es más lento, y a medida que la temperatura aumenta el contenido de oxígeno disminuye y hay mayor probabilidad de formación de amoniaco tóxico para los peces *(Parrado. Y, 2012).*

El éxito del cultivo de la trucha depende de varios factores corno son: la densidad de siembra, la uniformidad en los tamaños, el manejo y la alimentación, la cantidad y calidad del agua. Siendo estos últimos considerados como los factores más importantes a tener en cuenta para el cultivo de esta especie, necesitándose un nivel de oxígeno superior a 7,0 ppm en la entrada de los tanques y no inferior a 5,0 ppm en la descarga; el pH debe oscilar entre 7 y 8,5 unidades y la temperatura óptima para el engorde es de 15^0C. En cuanto al contenido de oxígeno disuelto las truchas son muy exigentes, este está entre 5,5 y 9 mg/L, el oxígeno disuelto varía con la cantidad de materia orgánica proveniente de alimento no consumido y de las heces fecales y de la temperatura del agua. *(Parrado. Y, 2012).* En relación al alimento, la trucha al ser una especie carnívora, consumidora de insectos, crustáceos, moluscos, se le debe proporcionar alimento artificial de alta calidad apropiado para cubrir sus requerimientos nutricionales y fisiológicos, es decir, con un alto

contenido proteico del 45% al 50%. Sin embargo, se debe suministrar las cantidades necesarias de alimento para evitar desperdicios, los cuales junto con las excretas de los peces ocasionan alteraciones al medio, lo que impide un buen desarrollo de la especie.

El efecto de la piscicultura sobre el ambiente ha resultado un foco de atención en los últimos años y objeto de múltiples investigaciones, debido a que los residuos producidos por estas actividades han generado alteraciones negativas sobre el ambiente. El vertido de las aguas residuales se caracterizan por contener alimento no consumido, productos de los metabolismo de los peces, químicos y terapéuticos, peces muertos y enfermos, sin embargo, *Cripps et al., (2000),* considera que la principal fuente de residuos de la industria piscícola, potencialmente contaminantes son los derivados de la alimentación, como alimento no consumido, residuos de alimento sin digerir y productos de excreción (heces y orina) *(Luna. M, 2011),* los cuales si no se gestionan de manera correcta puede ocasionar problemas tales como: eutrofización de la columna de agua, agotamiento de oxígeno y otros que perjudican al medio ambiente. El Fósforo (P) y el Nitrógeno (N) son los elementos más abundantes en los desechos derivados de la alimentación y son considerados como los agentes más contaminantes del medio natural en los efluentes de las operaciones de piscicultura. Este efluente al ser vertido a un cuerpo de agua natural puede generar alteraciones que impiden el buen desarrollo de la especie.

Los efluentes piscícolas con concentración de contaminante son diluidos por las grandes cantidades de aguas que se utilizan, este proceso de dilución permite reducir la concentración de los tóxicos por debajo del nivel nocivo, aunque estos efluentes son supuestamente diluidos aun así traen aportes de nutrientes (Fósforo y Nitrógeno), sólidos, materia orgánica y patógenos a los cuerpos naturales. Tales efluentes no son aptos para su reutilización en piscicultura, ni para descarga directa a cuerpos naturales debido a que causa disminución del oxígeno disuelto(OD), aumento de la concentración de sólidos suspendidos (SST), la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y formas de nitrógeno y fósforo *(Pardo et al., 2006).*

Algunas de las tecnologías convencionales para el tratamiento de aguas residuales utilizadas como la filtración, sedimentación, digestión anaerobia, lagunas de estabilización, discos rotativos, entre otras, no son factibles para el tratamiento de efluentes piscícolas por su alta carga contaminante y su baja concentración del mismo, por otro lado la implementación de un sistema de tratamiento de estos mismos efluentes por alterativas de potabilización del agua tiene un elevado costo de inversión, ya que la ejecución de cualquier técnica o tecnología como la coagulación, floculación, sedimentación, desinfección requiere de alto presupuesto debido al uso de productos químicos que son relativamente costosos, lo que hace inviable la producción de trucha. Por tal razón, se requieren métodos de tratamiento de los efluentes piscícolas que cumplan con los requerimientos establecidos para una alta producción de trucha en cuanto a calidad y además este sea económicamente rentable para el control de la contaminación.

Se requieren tecnologías que permitan que el cultivo y producción piscícola sea amigablemente sostenible con el ambiente y que además garantice altos nivele de producción de la misma, disminuyendo los contaminantes vertidos a las fuentes naturales producto de la diversas actividades realizadas para su producción, así como menores tasas de utilización del recurso agua, el cual es indispensable para tal fin.

2. JUSTIFICACIÓN

La contaminación generada por la producción de la trucha, ha provocado que en la actualidad se busque la manera de mitigar y/o controlar los sólidos y la contaminación generada por la producción de peces. En el departamento del Cauca-Colombia se está llevando a cabo un nuevo modelo de estanque truchicola, con el propósito de disminuir las cargas contaminantes generadas por esta actividad.

Según estudios realizados en la piscícola de Chiliglo ubicada en el Municipio de Puracé-Coconuco en la producción de trucha comparando éste con un sistema convencional rectangular en concreto (con diferente densidad de biomasa, peso inicial/pez, caudal de agua, cantidad de alimento/pez), mostró que los peces del estanque MULTIPRO tuvieron un crecimiento más rápido, alcanzando un peso promedio de 250g, 21 días antes que el estanque convencional. La mejor calidad de agua en el estanque MULTIPRO, especialmente en cuanto al contenido de Nitrógeno amoniacal, permite contar con un mejor ambiente para el desarrollo del pez. Este estudio también arrojó mejores resultados en el manejo de los lodos debido a que tiene un canal para su recolección permitiendo así su extracción y facilitando la reducción de hasta el 81,9% del nitrógeno amoniacal total, el 79,6% del nitrógeno total Kjeldhal, 97% del fósforo total y el 86,5% de los sólidos disueltos (Fernández, 2014). Los estanques convencionales presentaron pocas facilidades de mantenimiento lo cual generó una baja frecuencia en la extracción del lodo. Respecto al uso del recurso hídrico el estanque MULTIPRO arrojó una reducción en un 17,6% con respecto al estanque Convencional. En lo relacionado con el crecimiento del pez en el estanque MULTIPRO presentaron tasas de crecimiento mayores que en el estanque Convencional, con lo cual se redujo el tiempo requerido para que aumentara el peso de los peces en menos días.

Este diseño, ha sido implementado hasta ahora en la Estación Piscícola Ambaló, la cual se encuentra ubicada en la vereda Agoyán, del cabildo de Ambaló, Municipio de Silvia, y actualmente cuenta con 15 estanques MULTIPRO. Esta nueva alternativa se ha implementado hasta el momento como una investigación a escala piloto, y actualmente se requiere validar su funcionamiento con el fin de que su diseño pueda implementarse tanto a nivel nacional como internacional para la actividad piscícola.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Validar el control de la contaminación y el uso del recurso hídrico generado en estanques MULTIPRO de la Estación Piscícola Ambaló.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las tasas unitarias contaminantes en sólidos suspendidos, nitrógeno total Kjeldhal, nitrógeno amoniacal total y fósforo total en los 5 estanques MULTIPRO y a nivel de la piscícola Ambaló.
- Establecer la tasa de recurso hídrico utilizado para llevar a cabo el proceso de producción de trucha en cada uno de los estanques MULTIPRO de la estación piscícola de Ambaló.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 PISCICULTURA EN COLOMBIA

Colombia al ser considerado un país a nivel mundial como una potencia en recursos hídricos y biodiversidad. (*Argumedo Trilleras Eric Giovanny, Rojas Duarte Héctor Manuel, 2000 y Unad. 2006),* por poseer tres cordilleras con innumerables nacimientos, manantiales, arroyos, quebradas y ríos, de excelente calidad físico química, que en sus desembocaduras forman zonas estuáricas y complejos cenagosos y además por ser declarada como poseedor de una alta biodiversidad en flora y fauna terrestre y acuática y como reserva genética a nivel mundial. (López Alexandra, 2003) y por ende se considera una zona idónea para la actividad piscícola.

La piscicultura en Colombia se inicia en el 1938, cuando fue introducida la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss)* con el fin de repoblar las lagunas de aguas frías de la región Andina con una especie íctica de mayor valor económico que las nativas (FAO-AUNAP (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca), 2013), y desde allí hasta la fecha se han creado más de 87 granjas industriales dedicadas a la Truchicultura de alta producción. Esta actividad fue creciendo de manera considerable durante las siguientes décadas. De hecho, en los últimos 20 años la producción de peces como la tilapia, trucha y cachama ha crecido a ritmos de 12%, 6% y 29%, respectivamente. (FAO 2005).

Hoy en día la producción de trucha ocupa el tercer renglón en importancia dentro de la piscicultura en Colombia, representando el 11,36% de la producción piscícola a nivel nacional (Ministerio de Agricultura, 2009), la productividad y la competitividad del cultivo de esta especie se ha dado gracias al avance en infraestructuras y tecnologías desarrolladas, lo que ha permitido expandir los mercados.

Aparte de la productividad, la Truchicultura es una de las actividades agropecuarias que más genera seguridad alimentaria, en cuanto al desarrollo económico; se ha generado empleo rural y productos para la exportación generando divisas para el país y manteniendo la oferta interna para el consumo nacional. (FAO, 2002)

Para el cultivo de trucha se debe tener en cuenta varios parámetros que garantizan su buena producción tales como; zonas altas con temperaturas bajas y cantidad y calidad de agua que incluye factores fisicoquímicos de la misma.

4.2 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN CULTIVO DE TRUCHA

Para llevar a cabo una buena producción de trucha se debe tener en cuenta especialmente la cantidad y calidad del agua, ya que es éste recurso el que proporciona las condiciones necesarias en las que la trucha puede desarrollarse adecuadamente. Las condiciones climáticas y atmosféricas también condicionan la producción de la trucha.

4.2.1 Características biológicas del pez

La trucha arco iris, perteneciente a la familia *Salmonidae*, se caracteriza por ser un pez que alcanza un peso entre 1 y 3 Kg en su edad adulta; su hábitat de desarrollo se encuentra en zonas de temperaturas entre 10 y 18°C, lo cual en Colombia limita su producción a regiones que se encuentran entre 2.000 y 3.000 msnm, esta especie requiere condiciones estrictas de agua debido a que su capacidad de adaptarse a otras condiciones diferentes hace que su existencia en nuevas aguas sea restringida. Es por ello que para lograr el éxito en su cultivo se requiere de varios factores como lo son la cantidad y calidad del agua, la densidad de siembra, la uniformidad en los tamaños, el manejo y la alimentación. La cantidad y la calidad del agua son los factores más importantes a tener en cuenta para el cultivo de la trucha, necesitándose un nivel de oxígeno superior a 7,0 ppm en la entrada de los tanques y no inferior a 5,0 ppm en la descarga, el pH debe estar entre 7 y 8,5 unidades y la temperatura óptima para el engorde es de 15ºC. (Valero, 2010).

4.2.2 Características fisicoquímicas del agua para cultivo

La calidad de agua que se utiliza en el cultivo de la Trucha arco iris, depende principalmente del conjunto de sus propiedades tanto físicas, químicas, como biológicas, las primeras pueden estar sometidas a variaciones bruscas ocasionados por factores externos o ambientales fundamentalmente cambios atmosféricos y climáticos, las segundas son más estables y sus variaciones son mínimas, salvo casos excepcionales de contaminación que producirá efectos letales para los peces; y finalmente, las condiciones biológicas están condicionadas a la presencia o ausencia de agentes patógenos. (AquaTic, 2012)

Las características físicas del agua más importantes a tener en cuenta para el cultivo de la trucha son: la temperatura, pH, oxigeno, sólidos y amoniaco (NH_3 y NH^{4+}), los cuales si se lleva un adecuado control generarán buenos rendimientos de producción. Cada uno de estos parámetros serán descritos y se mencionarán sus implicaciones en el desarrollo de los especies.

<u>Temperatura</u>

La temperatura en la que se lleve a cabo el cultivo influye directamente en el crecimiento de las truchas, presentándose diferencias muy notorias ante pequeños cambios de este parámetro. Para el cultivo de trucha, la temperatura debe estar entre 7,2 a 17 ^{0}C para crecimiento y de 7,2 a 12,8 ^{0}C para reproducción e incubación (Camacho *et al*, 2000). Cuando se elevan estos límites de temperatura ésta puede favorecer la aparición de deformaciones (anormalidades en las mandíbulas, vértebras, vejiga natatoria, etc.), la aparición y desarrollo de organismos patógenos y puede aumentar la toxicidad de los contaminantes disueltos en el agua. Mientras que si disminuye su crecimiento se verá influenciado debido a que su desarrollo será más lento. (AguaTic, 2012).

Oxígeno Disuelto

El parámetro más importante a tener en cuenta en la calidad del agua para el cultivo de trucha es el nivel de oxígeno disuelto. Si no existe una adecuada concentración de éste los organismos pueden ser vulnerables a enfermedades y parásitos, o morir por hipoxia (Salazar, 2001).

Las truchas requieren una concentración de oxígeno disuelto que oscila entre 6 y 7 mg/L (Aquino, 2008). En la etapa de crecimiento la concentración mínima de oxígeno es de 5,5 mg/L. Con concentraciones inferiores a las mencionadas, las truchas presentan dificultad para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de las branquias, reduciendo las tasas de crecimiento.

Potencial de hidrógeno: pH

Según Camacho *et al.* (2000), el pH para el cultivo de trucha se debe encontrar en un intervalo de 6,5 a 9 unidades de pH. Valores por fuera de este intervalo causan estrés en los peces por tanto la tasa de crecimiento disminuye. Con un pH por debajo de 4,0 se presenta irritación en las branquias de los peces; en estados más avanzados puede generar daños en la estructura del tejido epitelial. Valores por encima de 11 producen daños internos en el tejido y su potencial destrucción en periodos de larga exposición (Aquino, 2008).

Sólidos

Los sólidos en un cultivo de trucha se encuentran divididos en dos fracciones: sólidos suspendidos y sólidos disueltos, los cuales corresponden a los contaminantes que se encuentran presentes en el efluente de los criaderos piscícolas. Sus concentraciones deben ser menores a 80 mg/L para los suspendidos y de 400 mg/L para los disueltos (Camacho *et al.,* 2000). En mayores cantidades este parámetro reduce el crecimiento de los peces, altera su movilidad e irrita las branquias dificultando el consumo del alimento (Blanco, 1995).

Amoníaco

La presencia de amoníaco está fuertemente ligada a los subproductos metabólicos del cultivo, así como de la degradación del material orgánico presente al interior del estanque (Crab *et al.,* 2007; Colt, 2006). Su capacidad tóxica depende de la forma química en la que se encuentre, ionizada (NH^{4+}) y no ionizada (NH_3), esta última es la más tóxica para los peces.

4.2.3 Caracterización de sólidos suspendidos y nutrientes

Los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos son fracciones que corresponden a los contaminantes que se presentan en el efluente de los criaderos piscícolas. Los primeros, se ubican en la columna de agua o se acumulan como sedimento en el fondo de los

estanques y los segundos, se presentan directamente en la columna de agua como producto de los procesos metabólicos o indirectamente por la liberación o lixiviación de los sedimentos (Stewart et al., 2006; True et al., 2004; Fernández et al., 2007).

Nutrientes como el fósforo y el nitrógeno constituyen los contaminantes solubles más importantes en los cuerpos de aguas salientes de las piscícolas. Sus niveles de contaminación en estos efluentes dependerán básicamente de la composición del alimento, su digestibilidad, tasa de conversión, densidad del cultivo y métodos de procesamiento (McDaniel et al., 2005; Coloso et al., 2003).

El nitrógeno y fósforo en los efluentes piscícolas de trucha provienen casi en su totalidad del alimento suministrado, el cual solo el 50% es aprovechado por el pez, tanto para el nitrógeno como para el fósforo siendo el resto excretado en forma disuelta o suspendida. El porcentaje de nitrógeno en forma suspendida en el agua se estima en el orden del 7% del total suministrado en el alimento, mientras que el disuelto corresponde al 43% (Dalsgaard & Pedersen, 2011).

El nitrógeno en estos efluentes piscícolas se encuentra en dos formas; orgánico y amoniacal, el primero incluye residuos de alimento del pez como también productos naturales como son las proteínas, mientras que la forma amoniacal tiene dos fuentes: la primera a través de la excreción por las branquias del pez y la segunda por la transformación del nitrógeno orgánico presente en los sólidos sedimentados en el estanque (Blanco, 1995). El nitrógeno amoniacal total representa el 70% del nitrógeno disuelto y representa el 33% del nitrógeno suministrado en el alimento (Dalsgaard & Pedersen 2011). El nitrógeno amoniacal total puede estar presente en forma libre (NH_3) o en forma Ionizada (NH^{4+}), siendo su forma libre la más tóxica para el pez. Los valores de nitrógeno amoniacal total se encuentran en promedio en 0,27 mg/L, que para el rango de pH de 6,2 – 7,4 unidades, generaría una concentración de aproximadamente 0,0023 mg/L de NH_3 (Blanco, 1995). La determinación del nitrógeno total se da por el método analítico Kjeldahl el cual es la suma del orgánico y el amoniacal.

La facilidad de sedimentación es una característica importante de los sólidos suspendidos durante la producción, es por ello que algunos autores han planteado una alternativa más viable para su remoción, la sedimentación, que además permite el control de la contaminación incluyendo la generada por el fósforo y el nitrógeno (Fernández, 2014). Sin embargo, esta alternativa permite que los sólidos sean retenidos en el interior del estanque y se generen procesos de degradación y disolución, procesos que además de consumir el oxígeno del agua incrementan las especies disueltas de nitrógeno y fósforo, las cuales son más complejas y costosas de remover del efluente del estanque (Amirkolaie, 2011; Dalsgaard & Pedersen, 2011; Sindilariu, 2007).

4.2.4 Recurso hídrico

El principal factor de producción en la piscicultura es el agua, particularmente en el cultivo de trucha ya que ésta demanda grandes volúmenes de este líquido. El agua condiciona

los rendimientos de producción debido a su composición y variabilidad fisicoquímica además aporta oxígeno y elimina los desechos del metabolismo. Se estima que se requiere entre 500 y 650 m^3/d del recurso para la producción de una tonelada de pez por año a una temperatura de 15°C (Stevenson, 1985 citado por Fernández et al., 2010).

La escasez de agua y la intensificación de los cultivos, junto a otros factores, resultan de importante relevancia para lograr la sustentabilidad de los sistemas de producción piscícola. Es necesario por tanto, optimizar el uso del recurso hídrico. Aunque la práctica de la piscicultura no es de los sectores primarios que más recursos hídricos utiliza, siendo el sector agrícola el que encabeza la lista, se debe apostar por la utilización de sistemas que supongan un ahorro de agua para las instalaciones de piscifactoría y una disminución del caudal de agua residual generado. En aquellos casos en los que se ha implementado este sistema de reutilización del recurso se han obtenido numerosas ventajas, entre las que se encuentran: mejor conservación de la temperatura y calidad del agua, disminución del uso y los vertidos.

4.3 EFLUENTES PROVENIENTES DEL CULTIVO DE TRUCHA

La truchicultura es la actividad en donde el agua es el principal recurso usado para llevar a cabo su producción además de las grandes cantidades que se emplea para ello, y por ende altera las propiedades de la misma, transformando su composición fisicoquímica que al ser descargadas genera condiciones no aptas para la fuente receptora, ya que contiene residuos tanto sólidos como disueltos provenientes de los diferentes procesos metabólicos del pez lo que conlleva a la alteración a los ecosistemas acuáticos. Residuos producto de las actividades normales de la trucha contienen sustancias como restos de alimento, excreción y orina, entre otros (Papoutsoglou 1991; Boyd, 1992; Cyrino et al., 2005; Olivera & Brito 2005; Viadero et al., 2005; Genteline A, 2007).

Estos residuos incluyen todos los materiales utilizados en el proceso que no son retirados del sistema durante la cosecha, algunos autores mencionan que del total de alimento adicionado a un estanque piscícola el 70% - 75% es asimilado, lo que significa que entre el 25% y el 30% se convierte en residuo fecal. Los desechos derivados de la alimentación son ricos en Fósforo (P) y Nitrógeno (N) los cuales han sido considerados como dos de los más importantes agentes contaminantes del medio natural contenidos en los efluentes de las operaciones de piscicultura y que se encuentran en la fracción disuelta, la otra parte se encuentra en fase suspendida como sólidos en suspensión (Losordo y Westers 1994).

Estudios y revisiones, incluyendo Cripps y Kelly (1996), han demostrado que las características de los residuos de la piscicultura no son propicias para darles un tratamiento sencillo debido a la sus bajas concentraciones en el efluente, valores reportados para; los sólidos en suspensión (SST), nitrógeno total (NT) y fósforo (PT), de 14, 1,4 y 0,13 mg/L, respectivamente (Cripps y Kelly, 1996). Además, de estas concentraciones totales de residuos, no todos están ligados a la fracción particulada

(Ackefors y Enell, 1994). Del 7-32% de la NT y 30 a 84% de la PT está en la fracción particulada (Foy y Rosell 1991a; Bergheim et al., 1993a, b). El resto es drenado fuera del estanque en fracción disuelta

El agua que se evacua de los estanques usualmente es dirigida por los productores hacia una fuente natural (Boyd, 1992; Vinatea, 2004), ocasionando variaciones importantes en la calidad de agua, como la disminución en la concentración de oxígeno (OD), aumento en la concentración de sólidos en suspensión (SST), formas de nitrógeno y fósforo, crecimiento exagerado de algas, eutrofización, entre otras (Kestemont, 1995; Troell et al., 2005).

Las cargas contaminantes descargadas dadas a la actividad piscícola son de consideración, su cantidad varia debido a la concentración de sus contaminantes, agua utilizada y biomasa presentes en su producción. Del valor de estas cargas depende el nivel de contaminación con que salen los efluentes piscícolas y también las modificaciones que pueden generar a los ecosistemas acuáticos aguas debajo luego de su descarga.

4.4 IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS EN LAS FUENTES HÍDRICAS

La piscicultura como actividad productiva requiere de la utilización de una serie de recursos que, tras su uso o metabolismo, generan residuos con su correspondiente impacto en el medio. Los vertimientos provenientes de esta actividad afectan de manera particular las fuentes hídricas a través de las descargas de agua usadas en sus procesos de producción y transformación sin ser previamente sometidas a un tipo de tratamiento. (Hoyos, 2011; Gómez, 2011; Castro, 2011). La principal fuente de residuos potencialmente contaminantes son los provenientes del alimento no consumido y productos de excreción, los cuales causan problemas como: eutrofización de la columna de agua, agotamiento de oxígeno, cambios en los ecosistemas, incremento en los costos de tratamiento del agua para potabilización y afectación a la salud humana. (Bordehore, 2005).

4.5 MEDIDAS PARA MITIGAR LOS IMPACTOS GENERADOS POR LA PISCICULTURA

Una de las medidas más utilizadas para controlar los impactos provocados por la piscicultura es el tratamiento de los efluentes piscícolas, los cuales pueden consistir en hacer pasar el agua de descarga a través de filtros o tanques de sedimentación que reducen significativamente los sólidos suspendidos previo a ser descargados en el cuerpo de agua receptor (Cripps y Bergheim, 2000). Otro método simple y efectivo es el denominado filtrado biológico, que consiste en hacer pasar el agua que ha sido utilizada por la piscícola a través de tanques dividida en varios compartimientos que logran reducir la velocidad del agua para lograr la sedimentación de los sólidos suspendidos y en los

compartimiento se confina plantas que utilizan los nutrientes para su desarrollo (Sindilariu 2007).

Otra medida necesaria para mitigar los aspectos negativos generados por la producción piscícola tiene que ver con las dietas alimenticias de los peces, la cual es necesaria para lograr los objetivos de la piscicultura. Su calidad y adecuada distribución son condiciones que permiten reducir el aporte de nutrientes al ambiente, debido a que sus ingredientes deben contener una alta digestibilidad para así asegurar un menor desperdicio. Estas condiciones se logran con un adecuado manejo técnico de campo (Pólit Gallardo, D. 2012).

La relación entre la calidad del alimento utilizado y la generación de residuos ha sido estudiada por varios autores, entre ellos, Bureau & Cho, (1999a) quienes mostraron que un incremento en la tasa de conversión de alimento (alimento utilizado/ganancia de peso) de 0,83:1 a 1,11:1 genera un 30% más de residuo de alimento, la cantidad de nitrógeno presente en los sólidos suspendidos se cuadruplicó, mientras que el total de sólidos suspendidos residuales y fósforo sólido se incrementaron en un 3% y 60%, respectivamente. .

Una evaluación comparativa de dos dietas una de alta energía (45% proteína, 20% grasa, 17,4 MJ energía digerible.kg^{-1}) y otra de baja energía (38% proteína, 12% grasa y 14,6 MJ energía digerible.kg^{-1}) fue probada en un estanque de 10 m^3 con trucha arco iris, que utilizó un sistema de recirculación y un filtro de malla de 80 µm para el tratamiento del agua. Los resultados mostraron que el uso de la dieta de alta energía está ligado a los altos niveles de nitrógeno amoniacal y nitritos, bajas concentraciones de DBO_5 y sólidos suspendidos totales en el efluente, también se consideraron más bajos los nitratos y el fósforo disuelto por unidad de alimento. La presencia de fósforo en el efluente se consideró más significativa en los sólidos sedimentables de las dietas de alta energía (85%) que en las de baja energía (76%) (Heinen *et al.*, 1996).

Ackefors & Enell (1994) consideran que la cantidad de fósforo y nitrógeno debe decrecer en la dieta a 1% y 7% respectivamente, mientras que la conversión de la dieta de alta energía debe ser mejorada a valores del orden de 1,2: 1. Esto podría reducir las cargas de contaminantes de fósforo y nitrógeno a 10 y 60 kg/ton-pez producido, respectivamente.

Si bien el uso de dietas de alta energía y alta densidad de proteína, pueden generar un impacto positivo en la disminución de residuos contaminantes en el efluente piscícola, la cantidad de alimento suministrado debe ser optimizado al punto de generar la mínima cantidad de alimento no consumido (Cripps & Bergheim, 2000). Actualmente se dispone comercialmente de tecnología para la alimentación automática y el monitoreo de la comida no consumida. El suministro de alimento se detiene cuando partículas de comida son detectadas, por ultra sonido, en el efluente del estanque, controlando de esta manera el uso excesivo de alimento (Durant *et al.*, 1995; Summerfelt *et al.*, 1999). Otro tipo de alimentadores utiliza controladores de tiempo para el suministro de alimento lo cual también ha permitido disminuir la cantidad de alimento que se pierde, además de reportar

el incremento en crecimiento de los peces hasta en un 60% comparado con el suministro por raciones manuales (Cripps & Bergheim, 2000).

4.6 ALTERNATIVAS DE ESTANQUES PARA EL CULTIVO DE TRUCHA

Diferentes alternativas de estanque piscícola se han diseñado y construido considerando el control de la calidad del agua tales como: tanques circulares con sistema de drenaje para su auto limpieza, estanques tipo Borrows basados en estanques rectangulares con flujo circular y sistemas con auto limpieza, estanques rectangulares tipo raceway con bafles para promover el arrastre de partículas en el fondo, o los estanques rectangulares con celdas circulares, (Parker, 1996,Cripps & Poxton, 1992; Oca et al., 2004; Oca & Masalo, 2007; Watten et al., 2000). Estos estanques buscan la manera de evitar que las partículas suspendidas generadas en la producción no se queden dentro de él, con eso se limita la disolución y degradación que puedan sufrir los sólidos sedimentados dentro del estanque.

4.6.1 Tipos de Estanques

Los estanques para el cultivo de trucha son construidos generalmente en tierra (recubiertos con geomembrana, preferiblemente) o en concreto. Los primeros requieren poca inversión para su construcción pero debido al flujo de agua genera erosión en las paredes. Los microorganismos se acumulan en el lecho de los estanques lo que ocasiona una degradación de los sólidos que se acumulan en el interior. Por otro lado, los estanques de concreto tienen la capacidad de albergar una mayor cantidad de peces por unidad de volumen, son más eficientes hidráulicamente y poseen una mayor resistencia a la erosión. Diferentes alternativas de estanque piscícola se han diseñado y construido considerando el control de la calidad del agua entre los que se encuentran los tipo circulares y los rectangulares y los actualmente usados, los MULTIPRO. En cuanto a los circulares, éstos presentan altos costos de construcción, baja capacidad de carga, además permiten una mezcla completa, proporcionando homogeneidad en las propiedades del agua y una buena distribución de los peces. Los rectangulares poseen mayor capacidad de carga y su manejo y operación son más fáciles comparadas con los circulares. Finalmente, los estanques tipo MULTIPRO se caracterizan por producir efluentes menos contaminantes, usar menos agua, produce más biomasa por unidad de tiempo y reduce los costos de alimentación, operación y mantenimiento. Estos constan de paredes inclinadas, un canal de fondo que atraviesa la totalidad del estanque con el objetivo de recolectar los sólidos suspendidos producidos por el cultivo de los peces y un sistema hidráulico para la extracción del lodo (Fernández, 2014).

4.6.2 Caracterización del Estanque MULTIPRO

Para el mejoramiento de la calidad del recurso hídrico y de la producción truchícola se ha implementado un nuevo sistema de estanque denominado MULTIPRO, con en el fin de criar adecuadamente los peces y a su vez controlar la contaminación generada en el cultivo de trucha. El estanque está provisto de un sistema hidráulico para la extracción del

lodo separadamente del efluente principal. Con respecto a su geometría, cuenta con una inclinación de paredes de 40 a 45^0, una pendiente mínima de fondo del canal central del 1% y una longitud óptima de estanque de 11 m como lo muestra la figura 1. El estanque se encuentra diseñado de tal manera que los lodos producidos en él se depositen en un canal de fondo y puedan ser extraídos hidráulicamente sin necesidad de sacar los peces del estanque. Su utilización, realizando la extracción del lodo cada 48 horas evita la generación de hasta del 92% del nitrógeno amoniacal total (NAT) y la disolución del 80% del nitrógeno total kjeldhal (NTK), el 97% del fosforo total (PT) y 86,5% de los sólidos disueltos (SD), que están presentes en los lodos que se recogen durante un periodo de 6 días (Fernández, 2014). Además, puede alcanzar una retención del 53 al 55% de los sólidos introducidos y/o generados durante la cría del pez. Los estanques MULTIPRO respecto de los estanques convencionales generan efluentes con menores cargas contaminantes, presentan una reducción del 63% en sólidos suspendidos totales, 39% en nitrógeno total Kjeldhal, un 23% en nitrógeno amoniacal total y el 54% en fósforo total, (Fernández J., 2014).

En comparación con los estanques tradicionales, el estanque MULTIPRO permite la utilización de menos recurso hídrico, la producción de más biomasa por unidad de tiempo y menores costos de producción, operación y mantenimientos.

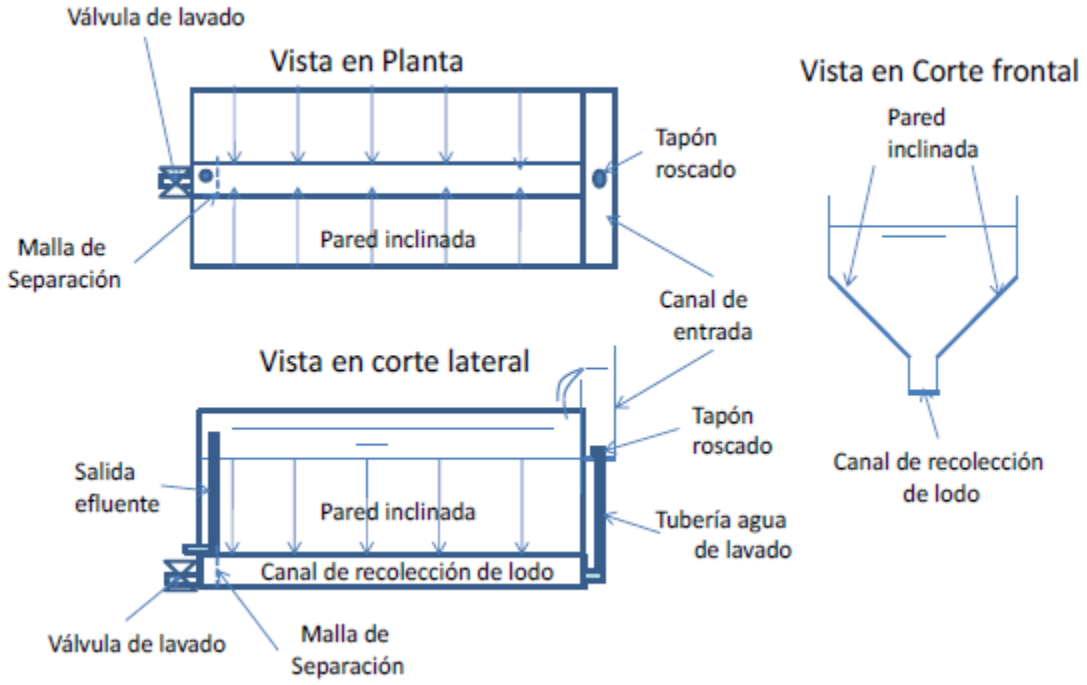


Figura 1. Esquema general del estanque MULTIPRO. (Tomado de Fernández. 2014)

5. METODOLOGÍA

5.1 Descripción de la zona

La parte experimental de éste proyecto se desarrolló en la estación piscícola de Ambaló, en la cual se encuentran ubicados los estanques a escala real.

La Estación Piscícola se localiza en la vereda Agoyán del Resguardo Indígena de Ambaló entre 2°47'37" y 2°31'34" de Latitud Norte y entre 76°10'40” y 76°31'05” de Longitud al occidente del meridiano de Greenwich, sobre el costado occidental de la cordillera central, a una altura entre 1.800 y 3.800 msnm. Además se encuentra ubicado en jurisdicción del casco rural de Silvia–Cauca y posee un clima frio y semitemplado con una temperatura que oscila entre 12 y 21 ºC.

5.2 Condiciones preliminares

La Estación Piscícola entró en funcionamiento desde el mes de febrero de 2013. Cuenta con 2 estanques circulares y 15 tipo MULTIPRO con diferente longitud, ancho y ángulo de inclinación (Tabla 1). Su capacidad de producción es de 2 toneladas por mes. Mensualmente se siembra 6.000 alevines los cuales son movidos por los diferentes estanques MULTIPRO a medida que aumentan su peso. En la parte inicial los peces cuentan con un peso entre 20 y 25 g aproximadamente, llegando a la parte final de la producción entre los 350 y 400 g. Los peces son rotados por los diferentes estanques estimando un tiempo de 30 días en cada tipo de estanque, por tal razón las densidades de siembra van cambiando a medida que varía el tamaño del pez. De los 15 estanque MULTIPRO, cinco (5) fueron objeto de estudio por su facilidad de medición, uno (1) por cada tipo. Se tomaron muestras en 12 puntos, 2 en cada estanque, a la entrada y a la salida, tal como lo muestra la figura 2.

La estación cuenta con un sistema de reutilización del recurso hídrico, es decir, el agua saliente de la primera línea de estanques es usada como afluente de la siguiente línea y así sucesivamente hasta llegar a la última línea de estanques. Cada uno fue sometido a una limpieza exhaustiva para la extracción de lodos mediante inyección de agua y cada que había cambios en el cultivo se realizó una limpieza total a cada uno.

Tabla 1. Dimensiones de los estanques MULTIPRO, Estación Piscícola

Característica / Estanque	Longitud (m)	Ancho (m)	Angulo de inclinación
Tipo 1 y 2	6,0	2,5	40^0
Tipo 3	9,0	2,5	40^0
Tipo 4	10,0	2,5	40^0
Tipo 5	1,0	4,5	10^0

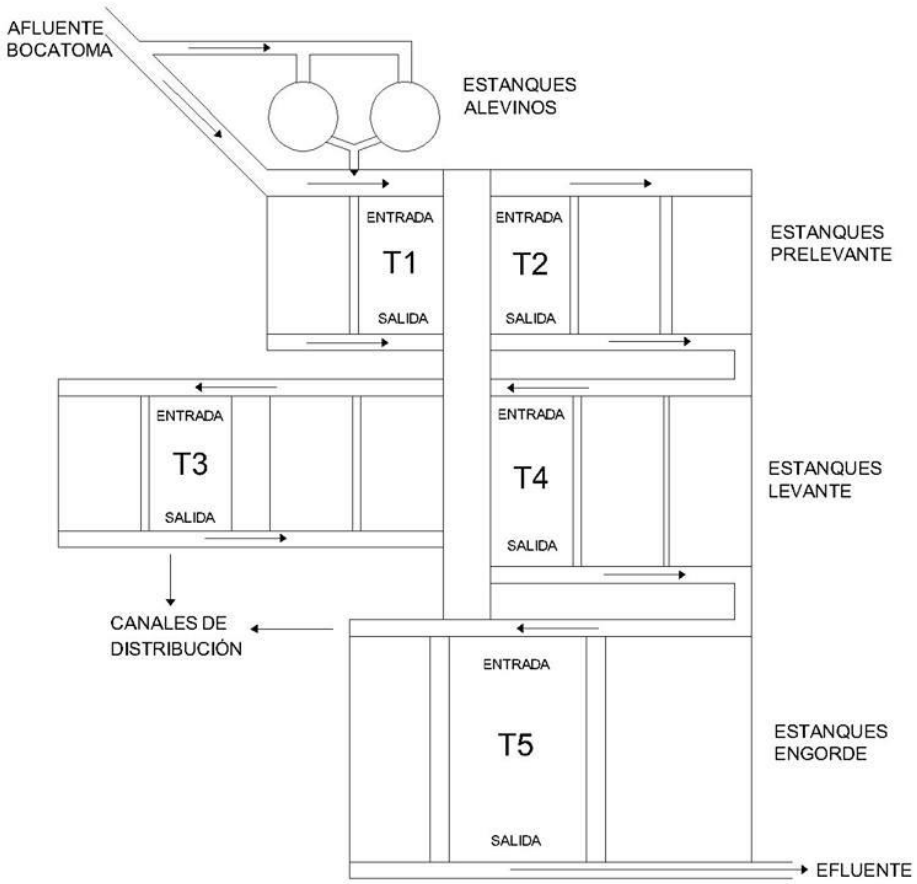


Figura 2. Distribución de los estanques MULTIPRO en la Estación Piscícola de Ambaló.

5.3 Metodología objetivo 1. Determinar las tasas unitarias contaminantes en sólidos suspendidos, nitrógeno total Kjeldhal, nitrógeno amoniacal total y fósforo total en los 5 estanques MULTIPRO y a nivel de la piscícola Ambaló.

Para determinar las tasas unitarias de los diferentes contaminantes generados se debe considerar la cantidad de agua utilizada en los estanques y la cantidad de peces presente en cada uno de ellos.

Durante tres meses y medio se tomaron muestras compuestas por veinte minutos tanto a la entrada como a la salida de cada estanque y en el afluente y efluente de la piscícola, para ello se empleó mangueras en forma de sifón con flujos de agua continuo y recolectados en baldes. Por otro lado, se hizo un seguimiento semanal a la cantidad y tamaño de los peces en cada estanque MULTIPRO con el fin de determinar la biomasa presente en cada uno de ellos. Cada muestra recolectada se trasladó al laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad del Cauca en donde se realizaron los análisis de: sólidos suspendidos totales (SST), fósforo total (PT), nitrógeno total Kjeldahl (NTK) y

nitrógeno amoniacal total (NAT) (Tabla 2). Para medir la concentración de PT y NTK se tomaron 100 ml y 50 ml de cada muestra respectivamente. Para determinar la cantidad de sólidos suspendidos se tomó una muestra de 200 ml, la cual fue filtrada en papel whatman de 1,2 µm de porosidad. De la muestra filtrada se tomó 50 ml para el análisis de NAT.

Una vez analizadas las muestras se procede a calcular las cargas contaminantes, esto se hizo multiplicando el caudal por la concentración de los contaminantes, y para determinar las tasas unitarias, la carga contaminante se divide entre la biomasa, producto entre el número de peces y peso promedio, presente en cada estanque

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos, frecuencia y tipos de muestra

PARAMETROS	UNIDADES	FRECUENCIA (días/ semana)	TIPO DE MUESTRA	METODO DE MUESTREO
Caudal	L/s	2	Puntual	Molinete
pH	Unidades	2	Puntual	Potenciométrico Medidor
Temperatura	^{0}C	2	Puntual	
Sólidos suspendidos totales	mg N/L	2	Compuesta	Stándar Methods 2540 D
Nitrógeno total Kjeldahl	mg N/L	2	Compuesta	Stándar Methods 4500 Norg B
Nitrógeno Amoniacal	mg N/L	2	Compuesta	Stándar Methods 4500 NH_3 D
Fósforo Total	mg N/L	2	Compuesta	Stándar Methods 4500 P C

Para la medición del caudal se utilizó un molinete OTT C2 con un diámetro de 9 mm el cual cuenta con una precisión de ±2%. Éste dispositivo se ubicó en el afluente principal de la piscícola y a la entrada de cada estanque. El equipo arroja el número de revoluciones en un tiempo determinado, en este caso, 30 segundos. Para determinar el caudal se requiere conocer el área de la sección y la velocidad de flujo. Este último se calcula de acuerdo a las ecuaciones 1.1, 1.2 o 1.3, donde n son las revoluciones por segundo. Estas ecuaciones dependen del tipo de hélice que se emplee. Por otro lado, el área se determina con la altura y el ancho de canal de cada estanque.

$$n < 1{,}77 \;\; ; \;\; V = 0{,}0978n + 0{,}039 \qquad Ecuacion\ 1.1$$

$$n > 1{,}77 \text{ ó } n < 6{,}84 \;\; ; \;\; V = 0{,}1040n + 0{,}028 \qquad Ecuacion\ 1.2$$

$$n > 6{,}84 \;\; ; V = 0{,}1021n + 0{,}041 \qquad Ecuacion\ 1.3$$

5.4 Metodología objetivo 2. Establecer la tasa de recurso hídrico utilizado para llevar a cabo el proceso de producción de trucha en cada uno de los estanques MULTIPRO estudiados en la piscícola de Ambaló.

Para el desarrollo de este objetivo se tuvo en cuenta el tamaño de los peces y número de peces, temperatura y concentración de oxígeno disuelto en cada estanque.

La cantidad de agua que se requiere dentro de la piscícola y en particular en cada uno de los estanques estudiados se determinó con base en la ecuación 2.1, en la cual se tiene en cuenta la concentración de oxígeno consumido a la entrada y la deseada a la salida del estanque, el consumo específico del pez, la temperatura del agua (Blanco, 1995) y la cantidad de biomasa presente en el estanque.

$$Q\left(\frac{L}{s}\right) = \frac{Biomasa\ (Kg) * Consumo\ de\ oxigeno\ del\ pez\ ({}^{mg}/_{kg*h})}{3600s * oxigeno\ disponible\ ({}^{mg}/_{L})}\ ECUACIÓN\ 2.1$$

Donde,

Biomasa = Peso promedio individual. Trucha (kg) * N° de truchas en el estanque.
Consumo de Oxígeno del pez = ver Anexo G (tomado de Blanco 1995).
Oxígeno disponible = (Oxígeno entrada – Oxígeno residual) mg/L.
Oxígeno residual = 5,5 mg/L

Para estimar el caudal requerido por la piscícola se consideró los 15 estanques MULTIPRO, los cuales se dividieron en 3 secciones: los de pre-levante, levante y engorde, sucesivamente. La última sección es el punto más crítico en toda la piscícola en cuanto a concentración de oxígeno disuelto por la continua reutilización en los estanques anteriores, es por ello que el caudal se calcula en esta sección, con el fin de determinar si la cantidad de agua que requiere es suficiente para suplir las necesidades de las otras secciones. La determinación del valor de oxígeno disuelto se hizo mediante una sonda multiparamétrica (SensiON™156 Hach) a la entrada y a la salida de cada estanque a una profundidad de 15 cm.

6. RESULTADOS

En el estudio se hizo la determinación de las cargas contaminantes unitarias en 5 estanques MULTIPRO y en toda la estación piscícola. Para llevar cabo el desarrollo de este objetivo se midieron parámetros fisicoquímicos descritos en la Tabla 2. Los resultados de los parámetros físicos y químicos en cada punto de muestreo se resumen en las Tablas 3 y se presentan en detalle en el Anexo A. Los primeros se midieron de forma puntual, mientras que los segundos se determinaron mediante análisis de laboratorio.

Tabla 3. Resumen parámetros físicos y químicos

Parámetro	Estanque	Punto	Promedio	Desviación estándar	Valor Max	Valor Min	N^0 de datos
Oxígeno Disuelto (mg/L)	Piscícola	Entrada	-	-	-	-	-
		Salida	-	-	-	-	-
	1	Entrada	7,69	0,18	8,07	7,37	21
		Salida	7,63	0,19	8,02	7,32	21
	2	Entrada	7,76	0,16	8,07	7,54	21
		Salida	7,57	0,28	8,02	7,17	21
	3	Entrada	7,55	0,24	7,94	7,05	21
		Salida	6,92	0,34	7,50	6,13	21
	4	Entrada	7,53	0,24	7,97	7,15	21
		Salida	5,78	0,88	7,62	4,34	21
	5	Entrada	6,73	0,32	7,30	6,22	21
		Salida	6,03	0,49	6,74	5,15	21
Saturación de oxígeno Disuelto (%)	Piscícola	Entrada	-	-	-	-	-
		Salida	-	-	-	-	-
	1	Entrada	101,78	1,33	106,60	100,40	19
		Salida	99,78	1,38	102,50	97,50	19
	2	Entrada	101,92	0,54	103,20	101,00	19
		Salida	99,61	2,25	102,50	93,70	19
	3	Entrada	99,71	2,12	102,90	93,60	21
		Salida	90,99	3,45	97,50	84,00	21
	4	Entrada	99,69	1,98	101,90	93,40	21
		Salida	76,57	10,88	100,50	56,70	21
	5	Entrada	89,32	3,57	97,60	84,30	21
		Salida	79,27	5,83	88,00	65,60	21
pH	Piscícola	Entrada	-	-	-	-	-
		Salida	-	-	-	-	-
	1	Entrada	7,98	0,33	8,50	7,08	21
		Salida	7,94	0,33	8,35	7,02	21
	2	Entrada	8,02	0,31	8,51	7,13	21
		Salida	7,96	0,34	8,39	6,90	21
	3	Entrada	7,97	0,34	8,42	7,00	21
		Salida	7,71	0,35	8,18	6,64	21
	4	Entrada	7,96	0,35	8,41	6,85	21
		Salida	7,55	0,40	8,13	6,37	21
	5	Entrada	7,64	0,36	8,10	6,60	21
		Salida	7,54	0,35	7,94	6,50	21

Continuación tabla 3

Temperatura (^{0}C)	Piscícola	Entrada	-	-	-	-	-
		Salida	-	-	-	-	-
	1	Entrada	14,99	0,83	17	13,60	21
		Salida	14,62	0,79	16,10	13,40	21
	2	Entrada	14,79	0,77	16	13,40	21
		Salida	14,73	0,75	16	13,40	21
	3	Entrada	15,01	0,89	17,10	13,70	21
		Salida	14,90	0,88	16,80	13,50	21
	4	Entrada	15,01	0,91	16,90	13,60	21
		Salida	14,82	0,73	16,10	13,60	21
	5	Entrada	15,20	0,87	16,90	13,70	21
		Salida	14,96	0,80	16,70	13,50	21
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	Piscícola	Entrada	8,23	5,01	21,00	1,50	21
		Salida	9,05	5,88	20,50	1,00	21
	1	Entrada	5,69	4,93	21,00	0,50	19
		Salida	6,49	5,19	20,40	0,50	19
	2	Entrada	5,82	3,29	11,50	1,00	19
		Salida	8,45	7,40	31,60	0,50	19
	3	Entrada	6,33	5,33	25,50	1,00	19
		Salida	8,60	8,71	26,00	1,00	21
	4	Entrada	6,36	7,21	25,50	1,00	21
		Salida	8,80	6,17	25,50	1,00	21
	5	Entrada	9,25	8,65	37,00	0,50	21
		Salida	5,74	4,50	18,50	1,0	21
Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)	Piscícola	Entrada	0,57	0,34	1,34	0,03	22
		Salida	0,70	0,37	1,46	0,04	22
	1	Entrada	0,46	0,29	1,01	0,08	20
		Salida	0,50	0,37	1,33	0,04	20
	2	Entrada	0,38	0,29	1,01	0	20
		Salida	0,50	0,29	1,29	0,11	20
	3	Entrada	0,54	0,35	1,13	0,04	22
		Salida	0,59	0,40	1,31	0,07	22
	4	Entrada	0,44	0,34	1,41	0,04	21
		Salida	0,71	0,40	1,57	0,08	21
	5	Entrada	0,65	0,34	1,44	0,04	22
		Salida	0,62	0,29	1,24	0,22	22
Nitrógeno Amoniacal Total (mg/L)	Piscícola	Entrada	0,04	0,01	0,07	0,02	22
		Salida	0,16	0,07	0,33	0,06	22
	1	Entrada	0,05	0,05	0,27	0,02	20
		Salida	0,07	0,06	0,30	0,02	20
	2	Entrada	0,05	0,06	0,29	0,02	20
		Salida	0,07	0,06	0,32	0,02	20
	3	Entrada	0,06	0,07	0,36	0,02	22
		Salida	0,12	0,07	0,33	0,03	22
	4	Entrada	0,07	0,05	0,26	0,02	21
		Salida	0,14	0,08	0,35	0,04	21
	5	Entrada	0,12	0,07	0,32	0,05	22
		Salida	0,19	0,08	0,37	0,08	22
Fósforo Total (mg/L)	Piscícola	Entrada	0,05	0,03	0,11	0,01	22
		Salida	0,12	0,07	0,33	0,02	22
	1	Entrada	0,05	0,02	0,11	0,02	20
		Salida	0,07	0,04	0,17	0,01	20
	2	Entrada	0,06	0,03	0,12	0,01	20
		Salida	0,08	0,05	0,19	0,01	20
	3	Entrada	0,07	0,03	0,14	0,03	22
		Salida	0,11	0,06	0,27	0,01	22
	4	Entrada	0,08	0,04	0,18	0,01	21
		Salida	0,11	0,06	0,23	0,01	21
	5	Entrada	0,10	0,05	0,23	0,003	22
		Salida	0,14	0,08	0,35	0,01	22

Para determinar cuánto recurso hídrico se necesita para llevar a cabo la producción de trucha se requiere conocer la cantidad de biomasa presente en los estanques objeto de estudio y la biomasa total de toda la piscícola. Los datos obtenidos para caudal y biomasa se muestran en la Tabla 4 y en el Anexo D se presentan más detalladamente los datos correspondientes a la biomasa.

Tabla 4. Caudal promedio utilizado en cada uno de los estanques y en la piscícola teniendo en cuenta la biomasa.

Estaque	**Caudal promedio (m^3/día)**	**Biomasa (Ton)**
1	2.983	0,034
2	1.642	0,055
3	1.240	0,209
4	1.173	0,484
5	2.849	0,533
Piscícola	10.054	4,068

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1 DESARROLLO OBJETIVO 1: Determinar las tasas unitarias contaminantes en sólidos suspendidos, nitrógeno total Kjeldhal, nitrógeno amoniacal total y fósforo total en los 5 estanques MULTIPRO y a nivel de la piscícola Ambaló.

7.1.1. Parámetros de calidad de agua

La calidad del agua entrante presenta condiciones adecuadas para la cría de la trucha, según las recomendaciones realizadas por Blanco, (1995), particularmente en términos de oxígeno disuelto, pH, temperatura. Los datos obtenidos en la entrada y en la salida de los estanques estudiados se presentan en la Tabla 3.

Temperatura

Los valores de temperatura obtenidos están en el rango de 13 y 17°C, (Tabla 3) con un valor promedio a nivel de todo el estudio de 14,83°C, condiciones en que el crecimiento de la trucha es adecuado (Camacho et al, 2000). A estas condiciones el pez sobrevive adecuadamente ya que no tiene que gastar energías para su supervivencia en la toma del oxígeno disuelto, parámetro que se ve afectado por el aumento de la temperatura. Con temperaturas elevadas es muy factible que el amoniaco se encuentre en el agua de forma tóxica (HN_3), lo que hace que su producción sea limitante, al igual que favorece el desarrollo de bacterias patógenas y parásitos en el agua. (Blanco, 1995)

Potencial de hidrógeno (pH)

Conocer el pH y su estabilidad o inestabilidad, es un factor de vital importancia para la producción de trucha, ya que es posible que estos peces no toleren dichas variaciones fácilmente. A pH ácidos hay presencia de Dióxido de Carbono (CO_2) lo que puede causar trastorno al sistema nervioso y por ende reducir las posibilidades de supervivencia. Con pH básicos el amoniaco se encuentra en forma tóxica en el medio acuático lo que limita el crecimiento del pez. (Blanco 1995). En el estudio se reportan datos de pH que varían entre 6 y 8 unidades, con un promedio de 7,76 unidades (Tabla 3), según Aquino (2008) es un rango adecuado para la producción de trucha (6,5 a 9 unidades). Este factor hace posible el crecimiento de esta especie ya que puede fácilmente adaptarse y sobrevivir gracias a la ausencia de alteraciones para su producción.

Oxígeno Disuelto y saturación de oxígeno

El comportamiento promedio del oxígeno disuelto y del porcentaje de saturación a través de los estanques MULTIRPO se presenta en la Tabla 3 y, en el Anexo A. El oxígeno disuelto es el parámetro más importante a tener en cuenta para la producción de trucha ya que de este valor depende su crecimiento y sobrevivencia, el valor mínimo de concentración de este parámetro es de 5,5 mg/L (Blanco 1995) que le permite

desarrollarse adecuadamente en el medio, si no existe tal condición los peces estarían expuestos a sufrir enfermedades o hasta el peor de los casos, morir por hipoxia.

La Tabla 3 señala que los primeros estanques trabajan con muy buenos niveles de oxígeno con valores promedio entre 7 y 8 mg/L dado que el agua no ha sido usada previamente, estos valores disminuyen al paso de los siguientes estanques llegando a los últimos con menores cantidades de oxígeno, pero aun así éstos valores son óptimos para el desarrollo del pez dado que al compararlo con los 5,5 mg/L que reporta Blanco (1995), el crecimiento del pez no se va a ver afectado. En cuanto a los porcentajes de saturación presentados en el Anexo A. se muestra que el agua cuenta con buena saturación con un rango que va desde el 65 al 95%. Según Blanco para un crecimiento normal del cultivo la tasa de saturación debe oscilar entre el 65-92%, valores menores a éste proporcionarían un déficit de oxígeno lo que indicaría aguas en malas condiciones y valores superiores indicaría sobresaturación, la cual podría ser producida por una alta mezcla generada por un equipo de inyección de aire o una caída de agua, en cuyo caso no genera problema, sin embargo, la sobresaturación se produce por la presencia abundante de algas siendo necesario llevar un control de las mismas para evitar el fenómeno de eutrofización.

Sólidos Suspendidos

Los sólidos en suspensión producidos en el primer estanque es menor (0,8 mg/L) comparados con los 4 estanques restantes, esto puede relacionarse con el hecho de que presenta los menores tamaños de pez y menor cantidad de biomasa, lo que significa menor cantidad de alimento suministrado. Bajo estas condiciones los peces producirán heces fecales con tamaños de partícula pequeñas (proporcional al tamaño del pez) con lo cual su capacidad de sedimentación se ve reducida, adicionalmente el flujo de agua que entra a este estanque es el más alto de toda la estación, lo que va a generar altas velocidades de flujo en su interior, permitiendo que las partículas generadas abandonen rápidamente el estanque. Caso contrario ocurre en los estanques 2, 3 y 4 donde la concentración de sólidos es alta, esto debido a que el tamaño de las excretas es mayor y por ende su capacidad de sedimentación también lo es lo que impide que las partículas abandonen rápidamente el sistema y que por lo contrario se sedimenten en el estanque.

En el estanque 5 se presentan menor carga superficial lo que permite una sedimentación mayor, esto favorece que los sólidos procedentes tanto del alimento no consumido como de las heces fecales se acumulen masivamente en el estanque (Hoyos, 2011).

La cantidad y la calidad del recurso hídrico que presenta la piscícola es apropiada para el buen funcionamiento de los estanques, esto se debe a que el material en suspensión que finalmente se convierte en lodo es extraído a tiempo de los estanques. El efluente de la piscícola alcanza 9,05 mg/L de sólidos suspendidos totales, con un incremento de 0,82 mg/L con respecto a la concentración de entrada. Autores han reportado valores promedio comprendidos entre 9,4mg/L y 16 mg/L, (Cripps & Bergheim, 2000; Peña & Escobar, 2009, citado por Fernández. J, 2014), lo que indica que las acciones realizadas en la piscícola para el control de los sólidos permiten reducir la concentración efluente.

En cuanto a lo establecido por la Resolución 0631 de 2015 la normatividad nacional se ha reportado un límite permisible de 50mg/L de SST, lo que indica que la piscícola no representa riesgo para la fuente hídrica a la cual hace sus descargas. Sin embargo, los sólidos suspendidos contenidos en un estanque por su procedencia están compuestos por materia orgánica, nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, los cuales si se presentan con un grado de concentración elevado pueden generar efectos negativos a las fuentes receptoras, lo que hace necesario su análisis.

Nutrientes

El efluente de la piscícola vierte concentraciones de 0,695 mg/L, 0,156 mg/L y 0,116 mg/L de nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal total y fósforo total respectivamente. Según la literatura estos valores se encuentran por debajo de los rangos de concentraciones reportados por Cripps & Bergheim, (2000); Peña & Escobar, (2009) para efluentes de trucha en cuanto a nitrógeno total Kjeldahl (0,37 a 2,09 mg/L) y fósforo total (0,13 a 1,12 mg/L).

Autores como Di Bernardo & Sabogal (2008) recomiendan concentraciones de fósforo total hasta 0,15 mg/L para evitar la eutrofización de las fuentes superficiales, el valor alcanzado por la piscícola de Ambaló está por debajo de este límite lo cual indica que los efluentes de trucha al ser descargados no tendrían gran impacto en procesos de eutrofización de la fuente natural. Las concentraciones bajas de estos contaminantes pueden estar relacionadas con el tipo de estanque. El tipo MULTIPRO permite la sedimentación del lodo dentro de él y su extracción a tiempo (cada 3 días) permite que la disolución y degradación de los contaminantes se lleve a cabo de manera controlada generando así valores bajos de PT Y NTK.

Según la resolución 0631 de 2015 establece los valores límites máximos permisibles en vertimientos a aguas superficiales en cuanto a fósforo total y nitrógeno total kjeldahl de 2,0 y 15mg/L respectivamente. Estos valores muestran que así la actividad genere cierto grado de contaminación sus condiciones de vertimiento son aceptables por presentarse por debajo de las establecidas en la reglamentación nacional.

El estanque 4 arrojó un valor de 0,710 mg/L de Nitrógeno total kjeldahl, con un incremento del 0,267 mg/L entre la entrada y la salida del mismo, éste incremento puede corresponder a la cantidad de sólidos suspendidos que se encuentran presentes en el estanque y al ser acumulados sin su debida extracción en tiempos cortos sufren procesos de degradación química y biológica lo cual también incrementaría dicho nutriente, esto genera un hábitat propicio para la proliferación de microorganismos patógenos que pueden causar enfermedades infecciosas en los peces (Braaten et al., 1986; Liltved & Cripps, 1999; citados por Cripps et al., 2000). Caso contrario ocurre en el estanque 5 en el cual Nitrógeno total Kjeldahl es mayor a la entrada (0,646 mg/L) que a la salida (0,618 mg/L) del mismo, esto posiblemente pueda relacionarse a la baja carga superficial que presenta favoreciendo la sedimentación de los sólidos y su debida extracción permite

bajos niveles de materia orgánica en el efluente descargado y así mismo bajos niveles de este contaminante.

En todos los estanques y a nivel de toda la piscícola los valores de nitrógeno total dan mayores al nitrógeno amoniacal indicando que los procesos de degradación y disolución de la materia orgánica que contiene nitrógeno son bajos, factor de gran interés ya que el amoniaco es un indicativo de la calidad del agua, la presencia de NAT en los estanques de trucha es indeseable ya que puede generar estrés en los peces y afectar su tasa de crecimiento, además de ayudar en la generación de problemas ambientales como eutrofización cuando son vertidos a las fuentes superficiales sin tratamiento (Piedrahita, 2003; Roberts, 2005; Sindilariu, 2007).

Las altas velocidades con las que las partículas ingresan por el afluente incrementan la turbulencia favoreciendo el fraccionamiento de las partículas (Brinker, 2005; Cripps, 1994) y por ende reduciendo la capacidad de sedimentación al interior de los estanques de cultivo (Schindl et al., 2005; citados por Bilotta & Brazier, 2008). Los estanques 1, 2, 3 y 4 presentan cargas superficiales de 199, 109, 55 y 47 $m^3/m^2/d$ respectivamente. En el caso de los estanques 1 y 2 que presentan la misma área pero diferente carga superficial dado a que el caudal es diferente, siendo este mayor en 1 que en 2, lo que probablemente puede favorecer la capacidad de sedimentación en este último dado a la carga superficial menor, los demás estanques 3 y 4 en los cuales su carga superficial es menor, está la probabilidad de que estos estanques funcionen como sedimentadores permitiendo así que sus efluentes descarguen bajas concentraciones de todos los contaminantes ya que son acumulados dentro de ellos los cuales son extraídos por inyección de agua por el canal de fondo

El estanque 5 tiene un comportamiento diferente a los demás, en cuanto a que en él la cantidad de sólidos presentes es mayor para el afluente que para el efluente. Esto evidencia que parte de los sólidos que están en el afluente se pueden estar acumulando dentro del mismo, además del alimento no consumido y de las excretas generadas por los peces. La cantidad de alimento suministrado depende del peso y tamaño de los peces, por tanto, a mayor talla ingresa más alimento y por ende se acumulan mayores cantidades de sólidos en el estanque (Hoyos. 2011). Este estanque presenta una carga superficial menor (53 $m^3/m^2/d$) y un área mayor respecto a los demás. Las características que presenta este estanque contribuye a considerar que su sistema de funcionamiento es similar al que presenta un sedimentador debido a que favorece el proceso de sedimentación de los sólidos reportando concentraciones de los contaminantes mayores a la entrada que a la salida del mismo, lo que no ocurre con los demás estanques en donde la carga superficial es mayor. Estos valores pueden corroboran la hipótesis de que aparte de los MULTIPRO servir como controladores de la contaminación también funcionan como sedimentadores.

7.1.2 Impacto de la reutilización del agua

Los valores de concentración de nitrógeno total kjeldahl y fósforo total aumentan a medida que se reutiliza el agua, con valores más bajos en el estanque 1 y su incremento en los estanques 2, 3, 4, llegando al 5 con la concentración más alta, esto se debe a los procesos metabólicos generados por el pez en cada estanque que se acumulan al pasar de un estanque a otro. Un inconveniente que tiene este sistema es que si bien, se llegue con un buen nivel de oxígeno disuelto a la piscícola (7,7mg/L) éste disminuye a medida que se re-usa el agua, llegando a los últimos estanques con concentraciones inferiores (6,7 mg/L), pese a esta disminución, el nivel de oxígeno es adecuado para el buen desarrollo del pez, lo que no afectaría su crecimiento. La reutilización del agua también aumenta los niveles de nitrógeno y fósforo en la parte final del ciclo de producción, debido a los aportes generados por los estanques anteriores. A pesar de reutilizarse el agua en repetidas oportunidades las condiciones físicas y químicas permanecen dentro del rango aceptable para la producción de trucha.

7.1.3 Cargas contaminantes

Para determinar las tasas generadas de cada uno de los contaminantes y en cada estanque estudiado es necesario analizar las cargas contaminantes, los datos obtenidos tanto a la entrada como a la salida de cada estanque como de la piscícola se presentan en la Tabla 5 y en más detalle en el Anexo C. Para encontrar su valor se hizo la diferencia entre las concentraciones de entrada y la salida de la misma. Según esto los datos obtenidos para las cargas de NTK, NAT Y PT muestran que la piscícola genera bajas cargas contaminantes (diferencia entre entrada y salida) tal como se presenta en la tabla 5.

Para un mejor análisis comparativo se calculó la población equivalente que generaría una carga contaminante semejante a la generada por la carga contaminante en la piscícola, para ello se consideró la concentración media típica de un agua residual doméstica

Tabla 5. Cargas contaminantes presentes a la entrada y a la salida de cada estanque MULTIPRO y en la piscícola.

Parámetro	Sólidos suspendidos Totales (kg/día)			Nitrógeno Total Kjeldahl (kg/día)			Nitrógeno Amoniacal Total (kg/día)			Fósforo Total (kg/día)		
Estanque	**Ent**	**Sal**	**Gen**	**Ent**	**Sal**	**Gen**	**Ent**	**Sal**	**Gen**	**Ent**	**Sal**	**Gen**
1	17,1	20,14	3,04	1,35	1,45	0,1	0,15	0,19	0,04	0,16	0,21	0,05
2	9,78	14,91	5,13	0,62	0,78	0,16	0,09	0,11	0,02	0,1	0,13	0,03
3	7,66	10,6	2,94	0,67	0,72	0,05	0,08	0,13	0,05	0,09	0,12	0,03
4	7,58	10,36	2,78	0,47	0,78	0,31	0,08	0,16	0,08	0,09	0,13	0,04
5	26,32	16,53	-9,79	1,75	1,75	0	0,33	0,56	0,23	0,29	0,38	0,09
Piscícola	81,25	91,37	10,12	5,8	7,01	1,21	0,44	1,56	1,12	0,51	1,07	0,56

Ent: Entrada Sal: Salida Gen: Generación

propuesta por Metcalf & Eddy (1995) y una dotación media de 180 L/h/d. La población equivalente es de 563 habitantes para los sólidos suspendidos totales, 336 para nitrógeno total y 515 habitantes para fósforo total.

Según la normatividad establecida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia se debe pagar $52,2/Kg de SST vertidos a las fuentes hídricas por cualquier actividad, la piscícola descarga 91,371Kg/día de SST la cual debe pagar la suma de $4803,37 por día lo que equivale a $1.753.230,050 por año.

7.1.4 Cargas unitarias de generación

Las tasas de generación de los contaminantes se determinan teniendo en cuenta la carga contaminante a la entrada y a la salida de cada estanque (Anexo C), y la biomasa presente en cada uno de ellos (Anexo D). Los datos que se reportan en la Tabla 6 son los promedios obtenidos al dividir la carga por la biomasa de cada estanque, los datos específicos por cada fecha de muestreo se presentan en el Anexo E.

Tabla 6. Tasas de generación de contaminantes (kg/día/ton-pez)

Parámetro / Estanque	Sólidos suspendidos Totales (kg/día/ton-pez)	Nitrógeno Total Kjeldahl (kg/día/ton-pez)	Nitrógeno Amoniacal Total (kg/día/ton-pez)	Fósforo Total (kg/día/ton-pez)
1	13,75	4,28	1,31	1,42
2	25,01	1,46	0,67	0,52
3	11,47	0,13	0,29	0,23
4	5,54	0,64	0,19	0,08
5	-9,54	0,07	0,44	0,19
Piscícola	3,71	0,41	0,28	0,14

En cuanto a sólidos suspendidos la tasa de generación que se presenta en mayor medida es en el estanque 2, considerando que este estanque presenta una biomasa baja comparada con la que presenta los siguientes estanques se deduce que este incremento puede estar relacionado a la cantidad de alimento suministrado, dado que en los demás estanques la biomasa es aún mayor sin embargo, la cantidad de sólidos que se genera no lo es, es por ello, que este aumento se le atribuye a la sobrealimentación que se le da a los peces de este estanque. En cuanto, al estanque 5, los sólidos no se están generando sino que por lo contrario se están acumulando, lo que contribuye a la hipótesis de que este tipo de estaques funcionan como sedimentadores. Por otro lado, las tasas de generación muestran que la piscícola al producir bajas concentraciones de materia orgánica, también contribuye a la disminución de la tasa que se presenta tanto para NTK, PT y NAT, dado que la materia orgánica es proporcional a la generación de los sólidos y a su vez del incremento de los nutrientes. Un análisis comparativo de las tasas de generación para estanques MULTIPRO con estanques convencionales, tierra y concreto, se presentará en el ítem 7.3.

Con el fin de comparar las cargas contaminantes generadas por la estación piscícola de Ambaló, con las generadas por nueve estaciones piscícolas en el departamento del Cauca (Fernández, J. 2014) que utilizan estanques convencionales en tierra y concreto, con diferentes producciones. Para ello se tomó el valor de carga contaminante mensual

reportado por las piscícolas y se dividió entre la producción mensual (17.840 Kg), obteniendo de esta manera las cargas contaminante unitarias. Para establecer una carga contaminante mensual que pueda ser comparada con la Piscícola de Ambaló se multiplicó por la producción mensual de esta piscícola. Las cargas contaminantes encontradas tanto para las nueve piscícolas como para la de Ambaló se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Comparación de cargas contaminantes de 9 piscícolas y Ambaló

Parámetro	9 Piscícolas (Fernández, 2014)			**Carga Contaminante Ambaló (kg/mes)	% de reducción respecto de 9 piscícolas
	Carga contaminante (Kg/mes)	*Carga Unitaria (kg/mes -ton)	Carga contaminante comparación Ambaló (Kg/mes)		
SST	15.873,0	0,889	1.601,53	306	**80,9**
NTK	597,0	0,033	60,28	36,3	**39,8**
PT	604,0	0,034	60,93	16,8	**72,4**

* Se dividió la carga contaminante entre la producción mensual (1780 Kg)

** Se consideró una producción mensual en Ambaló de 1800 Kg

Tal como se muestra en la Tabla 7 la piscícola de Ambaló alcanza reducción importantes respecto de las nueve piscícolas evaluadas, mostrando que la implementación de estanques MULTIPRO en la producción de trucha permite reducir en gran medida las cargas contaminantes vertidas. En este sentido la utilización de estanques MULTIPRO debe ser considerada en el departamento del Cauca como una buena alternativa para reducir las cargas contaminantes generadas por la producción de trucha.

7.2 DESARROLLO OBJETIVO 2: Establecer la tasa de recurso hídrico utilizado para llevar a cabo el proceso de producción de trucha en cada uno de los estanques MULTIPRO estudiados en la piscícola de Ambaló.

"El cálculo del caudal de agua necesario para una instalación piscícola debe realizarse para asegurar un óptimo aporte de oxígeno para la respiración de los peces y una adecuada eliminación del amoníaco excretado y de los restos sólidos de pienso y heces" (Jover, 2003).

Teniendo en cuenta que el agua aún no ha sido usada, es decir sus condiciones fisicoquímicas no han cambiado, los estanques 1 y 2 presentan altos niveles de oxígeno dado que están trabajando con abundante agua. Para los estanque siguientes el agua llega con menores concentraciones de oxígeno dado a los cambios que ya ha sufrido por el uso de los anteriores estanques, en éstos se requiere que el caudal a usar sea más alto para que el nivel de oxigeno no disminuya dado que la biomasa se incrementa y por tanto el consumo también.

Tabla 8. Caudal utilizado y requerido por cada estanque y la piscícola

. Estanque	Caudal unitario (m^3/día/ton biomasa)	Caudal utilizado (m^3/día)	Caudal teórico requerido * (m^3/día)
1	89.797	2.981	147
2	39.857	1.642	218
3	6.854	1.244	1.069
4	2.566	1.175	1.568
5	4.620	2.843	3.353
Piscícola	2.518	10.057	8.912

*Los datos se calcularon teniendo en cuenta lo planteado por Blanco, 1995, considerando el tamaño del pez, la temperatura del agua y el oxígeno disuelto a la entrada.

Según lo que indica la Tabla 8 el caudal que entra a cada estanque es variado, ya que no es controlado. Su variación se debe principalmente a la forma en que debe distribuirse el agua en cada sección y a la velocidad con que llega a estos. El caudal requerido teóricamente en cada estanque cambia según el oxígeno disuelto, es decir, el que se puede consumir garantizando niveles mayores de 5.5 mg/L en cualquier punto del estanque para no afectar el desarrollo del pez.

Los estanques 1 y 2 trabajan con un exceso de agua si se compara con lo que teóricamente necesitan. Estos reciben un gran caudal porque la estructura de entrada no facilita una adecuada distribución del flujo, sin embargo, no es necesario utilizar tanto recurso dado que la cantidad de biomasa presente en estos estanques es muy baja ya que en ellos se encuentran los peces más pequeños. El estanque 3 al igual que los dos primeros también trabaja con más caudal de lo que necesita pero no en exceso, caso contrario ocurre con los estanques 4 y 5 en donde se requiere teóricamente más agua de la utilizada, esto porque el oxígeno disuelto es menor, además porque se encuentran los peces de mayor peso y por ende mayor biomasa. En cuanto a la cantidad de agua que utiliza la piscícola, ésta emplea un 12,8% más de lo que requiere teóricamente teniendo en cuenta la cantidad de biomasa y el oxígeno disponible presente en ella, este exceso puede relacionarse al hecho de que el afluente principal no tiene un adecuado sistema de medición y control de flujo, lo que obliga a la piscícola a trabaja con todo el caudal que le llega.

El estudio muestra que el sistema de reutilización del agua es una buena alternativa para la producción piscícola dado que en el trascurso de todo el sistema el oxígeno disuelto se pudo mantener por encima de 5,5 mg/L que es valor mínimo recomendado por Blanco (1995) para la cría de trucha. El sistema mostró que a pesar de que en algunos estanques se manejó menos agua de la requerida desde el punto de vista teórico, las concentraciones de oxígeno disuelto siempre fueron mayores de 5,5 mg/L indicado que la tecnología de estanques MULTIPRO podría permitir el uso de menores cantidades de agua. Este fenómeno está asociado posiblemente a que la rápida extracción del lodo facilitada por el estanque evita consumos de oxigeno por la degradación del lodo.

7.3 COMPARACIÓN CON OTROS ESTUDIOS

Se comparó los datos arrojados en el proyecto con otros estudios realizados utilizando estanques MULTIPRO, para ello se tuvo en cuenta el caudal utilizado, numero de peces, peso promedio de peces y las condiciones climatológicas como temperatura promedio y altura sobre el nivel del mar en cada zona de estudio. Esto se hizo en tres estanques: convencional en concreto, convencional en tierra y MULTIPRO, con el fin de determinar las tasas de generación en términos de NTK, NA, PT Y SST en cada uno de ellos. Todos los estudios se realizados bajo condiciones diferentes tal como la muestra la Tabla 9.

Tabla 9. Condiciones iniciales en tres tipos de estanque.

ESTANQUE		CAUDAL (L/s)	NÚMERO DE PECES	PESO PROMEDIO DE PECES (g)	BIOMASA (ton)
MULTIPRO	1	34,5	2.680	13	0,035
	2	19,0	2.773	20	0,055
	3	14,3	2.496	85	0,212
	4	13,6	2.336	218	0,509
	5	32,9	1.739	376	0,654
Convencional en concreto		4,7	1.642	114	0,187
Convencional en Tierra		4,0	482	226	0,109

La comparación entre los estanques MULTIPRO y los estanques convencionales se realiza teniendo en cuenta especialmente la cantidad de biomasa presente en cada uno de ellos. Los estanques 1 y 2 al presentar una biomasa muy baja respecto a los convencionales dificultan su comparación, es por ello que dicha comparación se realiza con los estanques restantes, los cuales presentan condiciones similares.

Tabla 10. Tasas generadas en tres tipos de estanque

PARAMETRO	ESTANQUE						
	MULTIPRO					Convencional	Tierra
	1	2	3	4	5		
Nitrógeno total Kjeldahl (kg/dia/ton-pez)	4,28	1,46	0,13	0,64	0,07	0,45	1,90
Nitrógeno Amoniacal Total (kg/dia/ton-pez	1,31	0,67	0,30	0,19	0,44	0,13	0,25
Sólidos suspendidos (kg/dia/ton-pez)	13,75	25,01	11,47	5,54	-9,54	23,10	138,87
Fósforo total (kg/dia/ton-pez)	1,42	0,52	0,23	0,08	0,19	0,44	0,48
Caudal unitario (m^3/hora-Ton pez)	34,52	19,01	14,35	13,58	32,97	58,92	132,11

El estanque MULTIPRO en general, presenta menores tasas de generación con respecto los estanques convencionales, pese a que trabaja con mayor biomasa. Según como lo

muestra la Tabla 10, para SST, PT y NTK los valores más bajos se presentan en los MULTIPRO, seguido del convencional en concreto y finalmente en el convencional en tierra. Sin embargo para el NAT se presenta un incremento en la tasa generada debido a que este puede estar influenciado por la cantidad de biomasa presente en los mismos, dado que el amonio es el principal componente de las excretas del pez (53 al 68 %) (Kajimura et al., 2004), por tanto, a mayor número de peces mayor concentración de NAT. Los niveles de fósforo dependen básicamente de la composición del alimento, su digestibilidad, tasa de conversión, densidad del cultivo y métodos de procesamiento (Ackefors & Enell, 1994; Bergheim, et al, 1993; Boaventura et al, 1997; Bureau & Cho, 1999; Dalsgaard & Pedersen, 2011; citado por Fernández, 2014). Su contenido en los sólidos suspendidos es mayor en las partículas más grandes por tal motivo es de esperar que al ser removido el sólido retenido en el estanque también se remueva el fósforo, siempre y cuando se garanticen tiempos cortos de permanencia del lodo dentro del estanque, tal como lo mostró Hoyos, (2011). El diseño de los estanques MULTIPRO facilita la acumulación de los sólidos suspendidos en el fondo y su rápida extracción, lo cual permite que en efluente se presente una menor concentración de este contaminante con respecto a otros tipos de estanque. Lo mismo ocurre con los niveles de NTK dado que su concentración está asociada a la cantidad de sólidos suspendidos (Piedrahita, 2003; Lefebvre, et al., 2001; García-Ruiz & Hall, 1996), y al ser acumulados y evacuados rápidamente del estanque MULTIPRO no se re suspenden, degradar o disuelven tan fácilmente dentro del mismo.

Con respecto a las tasas de caudal utilizado en cada estanque y dado que estos no utilizaron la misma cantidad de biomasa, por lo cual sus caudales son diferentes, para comparar la cantidad de recurso hídrico utilizado por los estanques, se determinó la cantidad unitaria de agua utilizada por día en la producción de una tonelada de biomasa, los resultados se presentan en la Tabla 10. Estos datos evidencian que los estanques MULTIPRO trabajan con caudales muy bajos mostrando diferencias apreciables con respecto a los otros estanques. El estaque en tierra trabaja con un caudal de hasta el 100% mayor que los MULTIPRO y considerando que la biomasa presente en este es baja los requerimientos de recurso hídrico necesario para llevar a cabo la actividad no son amigable con el ambiente por su exceso de agua. El bajo uso del recurso hídrico en los estanques MULTIPRO está asociada a la posibilidad de una rápida extracción de los lodos que se sedimentan en el fondo, lo cual evita una mayor actividad en la degradación de la materia orgánica dentro del estanque, y a su vez un mayor consumo de oxígeno disuelto, permitiendo mantener un oxígeno disponible para el pez sin la necesidad de grandes incrementos en la cantidad de agua suministrada (Dalsgaard & Pedersen, 2011; Davidson & Summerfelt, 2004; Sindilariu, 2007).

El uso de estanques MULTIPRO es una buena alternativa en la producción de cría de trucha; garantiza niveles de producción altos en menos tiempo, reducción del uso del recurso hídrico y además es un diseño que funciona como sedimentador lo que hace posible la extracción de los lodos antes que sufran procesos de degradación y disolución permitiendo así que los efluentes vertidos de dicha actividad tengan bajas concentraciones de contaminantes, por lo tanto, contribuye al control de la contaminación.

8. CONCLUSIONES

- La piscícola de Ambaló usando estanques MULTIPRO presentó reducciones en la generación de cargas contaminantes del 80,9% en sólidos suspendidos totales, 39,8% en nitrógeno total Kjeldhal y un 72,4% en fósforo total respecto a las nueve piscícolas estudiadas en el departamento del Cauca utilizando estanques en concreto y tierra.

- La implementación de los estanques MULTIPRO permiten reducir las tasas de contaminación generadas por la producción piscícola, en comparación con estanques convencionales, descargando a las fuentes receptoras concentraciones menores de sólidos suspendidos, nitrógeno total kjendahl y fósforo total. Por tanto, la utilización de este tipo de estanque es una buena alternativa para el control de la contaminación en la producción de trucha.

- La cantidad y la calidad de recurso hídrico empleado en la piscícola presenta características físicas y químicas adecuadas para que el desarrollo del pez se lleve a cabo adecuadamente.

- El uso de estanques MULTIPRO el cultivo de trucha permite la reducción de la tasa de recurso hídrico respecto a los estanques convencional en tierra y convencional en concreto del 75% y 45% respectivamente.

- La cantidad de agua utilizada por la piscícola presenta un exceso del 12.8% de la teóricamente requerida para su producción, sin embargo, garantiza niveles de oxígeno disuelto mayores a 5.5mg/L como lo recomienda Blanco (1995)

- Con base en los resultados obtenidos en este proyecto se validó la información de estudios en campo mostrando que la utilización de estanques MULTIPRO en la producción de trucha permite realizar el control de la contaminación generada y de un menor uso del recurso hídrico.

9. RECOMENDACIONES

Se requiere tener un control adecuado en la alimentación en cuanto al horario como en las raciones diarias del pez para garantizar bajas cantidades de alimento no consumido por exceso del mismo y que permita que las cargas contaminantes no se eleven, para ello teniendo en cuenta que el tamaño del pez es variado en cada estanque.

Se recomienda el uso de polisombras en todos los estanques para evitar la proliferación de algas, esto para reducir la formación de sedimentos en las paredes.

Es necesario que el caudal entrante en cada estanque pueda ser controlado para garantizar las condiciones aptas que requiere cada uno de ellos, y que las cargas contaminantes no se eleven por excesos del mismo.

Se encontró puntos de fugas de agua por rebose de la misma conllevando al desperdicios de la misma.

El estanque MULTIPRO al funcionar también como sedimentador necesita que los lodos acumulados en el fondo sean retirados en menos de 48 horas, para esto se recomienda un buen control con el fin de evitar la re-suspensión y la disolución de los mismos.

REFERENCIAS

Aguilera, J, F; Presente y futuro de la producción animal en el mundo con limitaciones y recursos alimenticios; En: Anales de la academia de ciencias veterinarias de Andalucía oriental; vol,1; No,5; 52-57;1989.

Alonso, C., Gortázar, J., García de Jalón, D. (2012). Trucha común – Salmo trutta. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles.

ÁNDELA O., CORTES J., Identificación y estudio de la calidad del agua durante el periodo de formación de lodos en un estanque construido en tierra en la piscícola de Chiliglo, Coconuco: Universidad del Cauca, Facultad de ingeniería Civil., Tesis. 2009.

ASH, K. R; Tek B. G; SADHU R. B; RAJA, M. M. Present Status and Prospect of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) Farming in Nepal. Proceedings of 1st National Workshop on Scaling-up of Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) Farming Strategies in Nepal. Organisers: Fisheries Research Division, Godawari (NARC). 2010

BERGHEIM, A., SANNI, S., INDREVIK, G., & HLLAND, P. Sludge removal from salmonid tank effluent using rotating microsieves. *Aquacultural Engineering*.1993.

BLANCO, M. La trucha: Cría industrial. 1995

Boaventura R., Pedro A., Coimbra J. & Lencastre E. 1997. Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. Environmental Pollution, Vol. 95, No. 3, pp. 379-387

Boza, J,J., Jiménez, J., Espinosa, C, & Boza; Importancia de los alimentos de origen animal en la dieta humana; En: Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental; No 4; 105-122; 1992.

BUSCHMANN, A; Impacto Ambiental de la Acuicultura, El Estado de la Investigación en Chile y el Mundo; Diciembre, 2001.

CAMACHO, B.; MORENO, R.; RODRÍGUEZ, G.; Luna, R.; Vásquez, M. Guía para el cultivo de trucha. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México D.F, 2000

COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Acuerdo de Competitividad de la Cadena de la Piscicultura en Colombia, 2005. En: www.agrocadenas.gov.co/piscicultura/documentos/Acuerdo_Piscicultura.pdf

CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL (CCI). Sistema de información de precios y mercados. TRUCHA ARCO IRIS EN COLOMBIA: estructura y costos de producción. 2009. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/200946111918_boletin13.pdf

CRIPPS, S., & BERGHEIM, A. Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems, Aquacultural Engineering .2000.

DE LA CRUZ, C. A., & SALAZAR FERNÁNDEZ, A. F. Caracterización y Estudio de Tratabilidad del Efluente de Estaciones Piscícolas. Universidad del Cauca. 2007

FERNÁNDEZ, J; CAICEDO, J. Comparación entre estanques MULTIPRO y tradicional en concreto para producción de trucha arcoíris (O*ncorhynchus mykiss*) . S.F

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Oportunidades y desafíos. Roma, 2014.

FERNANDEZ, J; NUEVO DESARROLLO TECNOLOGICO PARA LA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA DE TRUCHA ARCO IRIS; Tesis para optar el título de Doctor en Ingeniería Sanitaria y Ambiental; Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2014.

FERNANDEZ, J; CAICEDO, J; Estanque MULTIPRO. Una Alternativa para el Control de los Lodos en la Producción de Trucha; VII Seminario Nacional en ingeniería de la producción Acuícola, Universidad de Nariño, Pasto, 2012.

FERNÁNDEZ, J. E. Nuevo desarrollo tecnológico para la producción más limpia de trucha arco iris. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Tesis Doctoral. 2014

FERNÁNDEZ, J; CAICEDO, J. Estanque MULTIPRO: Una alternativa para el control de los lodos en la producción de trucha. S.F

HOYOS, D. Evaluación del Impacto de la Retención de Sólidos Suspendidos en los Estanques de Cultivo De Trucha Sobre la Calidad Fisicoquímica del Agua Para la Producción De Peces. Universidad del Valle, Cali, Colombia, 2011

HOYOS, D., FERNANDEZ J., CAICEDO J. R. Disolución de los lodos piscícolas y su efecto en la calidad del agua. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Sf.

Martínez, H. J. Grupo de investigación: Estudio y Control de la Contaminación. Evaluación del impacto de la retención de sólidos suspendidos en los estanques de cultivo de trucha sobre la calidad fisicoquímica del agua para la producción de peces. (Tesis). Universidad del Valle. Santiago de Cali. 2011.

MERINO,M; INCODER; El Cultivo de la Trucha Arco iris *(Oncorhynchus mykiss)*

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Plan nacional para el desarrollo de la acuicultura sostenible en Colombia. Bogotá, D.C. 2014. Disponible en línea en: http://www.aunap.gov.co/files/Plan_Nacional_para_el_Desarrollo_de_la_Acuicultura_Sostenible_-_Colombia.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo y Desarrollo Rural. 2005. Acuerdo de Competitividad de la Cadena de la Piscicultura en Colombia, Visitado Septiembre de 2007, en: www.agrocadenas.gov.co/piscicultura/documentos/Acuerdo_Piscicultura.pdf

Mondragón,D,G., Gallego,I., EspinozaA., García A.,& Arriaga,C; Desarrollo de la producción de trucha arcoíris *(Oncorhynchus mykiss)* en el Centro de México;En: Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura(AquaTIC); nº 38; pp. 46-56; 2013;ISSN 1578-4541; Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles; www.vertebradosibericos.org

Montaña, C,A; crecimiento y sobrevivencia en el levante de alevinos de trucha ARCOIRIS *(Oncorhynchus mykiss*) en sistemas cerrados de recirculación de agua; proyecto de tesis;2009.

PARRADO, Y; 2012; Historia de la Acuicultura en Colombia; En: Revista AguaTIC; n^{0}37 – 2012; Pág. 64-66.

Piedrahita, R. (2003). Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. Aquaculture, 226(1-4), 35–44. doi:10.1016/S0044-8486(03)00465-4

ROMERO, J. Diseño de criaderos y cultivo de trucha y tilapia. Universidad del Callao. Lima, Perú, 2011. Disponible en: http://www.unac.edu.pe/documentos/organizacion/vri/cdcitra/Informes_Finales_Investigacion/Setiembre_2011/IF_ROMERO%20DEXTRE_FIPA/INFORME%20FINAL.pdf

SALAZAR, M.; ROLDAN, L. D.; TEJADA, M. 2001.caracterización de la cadena de piscicultura en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 1-13.

Salvador, A., Elvira, B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. http://www.vertebradosibericos.org/

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. - American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) Water Pollution Control Federation (WPCP). 1998.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA, UNIVERSIDAD DEL VALLE. CENTRO REGIONAL DE PRODUCTIVIDAD DEL CAUCA, MINISTERIO DE AGRICULTURA DE COLOMBIA.Proyecto estudio, diseño y evaluación de un prototipo de estanque piscicola. Informe final. 2010

VERGARA, J; HAROUN, R; GONZALES M; Evaluación de impacto de Acuicultura en Jaulas en Canarias; 2000-2001

ANEXO A

Concentración de los parámetros físicos del agua

A1. Temperatura (^{0}C)

FECHA DE MUESTREO	DIA	ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	15,90	16,10	16,00	16,00	16,10	16,10	16,00	15,80	16,10	16,10
17/02/2015	**3**	15,10	14,80	15,30	15,30	15,40	16,40	16,70	16,10	15,70	15,50
19/02/2015	**4**	17,00	15,90	15,80	15,80	17,10	16,80	16,90	15,80	16,90	16,70
24/02/2015	**5**	14,40	14,10	14,20	14,50	14,50	14,50	14,70	14,20	15,20	14,60
26/02/2015	**6**	14,90	14,60	14,50	14,40	15,00	14,50	14,60	14,40	15,50	15,00
03/03/2015	**7**	15,60	15,40	15,40	15,40	16,10	15,70	16,40	15,80	16,00	15,80
05/03/2015	**8**	14,70	14,10	14,60	14,30	15,00	14,50	14,50	14,40	14,50	14,50
12/03/2015	**9**	15,20	14,90	14,90	14,90	14,90	15,10	15,00	14,90	16,10	15,30
19/03/2015	**10**	14,20	13,70	14,20	13,90	13,90	14,20	14,20	14,20	14,20	14,20
26/03/2015	**11**	13,60	13,60	13,60	13,60	13,70	13,60	13,70	13,70	13,80	13,50
31/03/2015	**12**	13,90	13,40	13,40	13,40	13,70	13,50	13,60	13,60	13,70	13,70
09/04/2015	**13**	14,90	14,30	14,30	14,30	14,30	14,30	14,50	14,40	14,40	14,40
16/04/2015	**14**	15,30	14,90	14,90	14,90	14,90	14,90	15,00	15,00	15,20	14,90
21/04/2015	**15**	-	-	-	-	16,10	14,90	14,90	14,90	16,20	15,30
23/04/2015	**16**	-	-	-	-	15,40	14,70	15,20	15,10	15,00	15,00
28/04/2015	**17**	15,10	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50	14,80	14,60	15,50	14,90
30/04/2015	**18**	14,70	14,20	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,10	14,30	14,10
05/05/2015	**19**	14,00	14,00	15,00	14,80	14,70	14,60	14,70	14,70	14,80	14,80
07/05/2015	**20**	14,90	14,80	15,80	15,40	15,50	15,60	15,50	15,40	15,80	15,60
12/05/2015	**21**	16,30	16,00	16,00	15,90	15,80	15,80	15,80	15,80	15,90	15,80
14/05/2015	**22**	15,20	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50	14,40	14,50	14,40

A .2 Potencial de Hidrógeno: pH (unidades)

FECHA DE MUESTREO	DIA	ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	7,08	7,02	7,13	6,9	7,00	6,64	6,85	6,37	6,60	6,50
17/02/2015	**3**	7,46	7,35	7,66	7,44	7,41	7,21	7,50	7,26	7,19	7,06
19/02/2015	**4**	7,8	7,74	7,87	7,72	7,75	7,38	7,67	6,99	7,30	7,18
24/02/2015	**5**	7,8	7,67	7,76	7,8	7,75	7,63	7,73	7,22	7,38	7,26
26/02/2015	**6**	7,96	7,91	7,95	7,9	8,09	7,69	7,97	7,34	7,41	7,32
03/03/2015	**7**	7,84	7,93	7,89	8,01	7,87	7,72	7,81	7,46	7,50	7,61
05/03/2015	**8**	7,99	7,99	7,98	8,01	7,89	7,68	7,97	7,51	7,58	7,65
12/03/2015	**9**	7,88	7,88	7,98	7,99	7,74	7,57	7,85	7,34	7,52	7,62
19/03/2015	**10**	8,04	7,95	8,13	8,16	8,06	7,87	8,02	7,67	7,70	7,62
26/03/2015	**11**	8,11	8,1	8,07	8,07	8,04	7,72	8,01	7,54	7,64	7,47
31/03/2015	**12**	8,05	8,06	8,08	8,05	8,12	7,79	8,10	7,63	7,72	7,74
09/04/2015	**13**	8,1	8,16	8,19	8	8,10	7,90	8,14	7,72	7,77	7,76
16/04/2015	**14**	8,07	8,06	8,14	7,93	8,03	7,80	8,02	8,13	7,87	7,57
21/04/2015	**15**	-	-	-	-	7,99	7,72	8,03	7,45	7,70	7,44
23/04/2015	**16**	-	-	-	-	8,17	7,72	8,12	7,64	7,74	7,71
28/04/2015	**17**	8,13	8,1	8,19	8,16	8,24	7,96	7,99	8,00	7,89	7,73
30/04/2015	**18**	8,14	8,21	8,26	8,24	7,97	7,94	8,26	8,00	8,00	7,94
05/05/2015	**19**	8,5	8,21	8,13	8,18	8,34	8,08	8,33	7,92	8,05	7,89
07/05/2015	**20**	8,28	8,25	8,35	8,29	8,39	8,16	8,33	7,91	8,07	7,92
12/05/2015	**21**	8,42	8,35	8,51	8,39	8,42	8,11	8,41	7,91	8,10	7,88
14/05/2015	**22**	8,42	8,35	8,47	8,31	8,36	6,64	8,36	7,74	8,04	7,86

A.3 Concentración de Oxígeno Disuelto (mg/L)

FECHA DE MUESTREO	DIA	ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	7,46	7,4	7,55	7,32	7,26	6,54	7,32	4,76	6,43	5,81
17/02/2015	**3**	7,74	7,54	7,63	7,52	7,5	6,53	7,28	6,73	6,73	5,99
19/02/2015	**4**	7,37	7,4	7,64	7,39	7,05	6,13	7,18	4,63	6,22	5,19
24/02/2015	**5**	7,8	7,53	7,85	7,64	7,73	7,37	7,31	5,29	6,59	5,72
26/02/2015	**6**	7,63	7,72	7,8	7,73	7,59	7,11	7,6	5,33	6,48	5,71
03/03/2015	**7**	7,54	7,5	7,6	7,56	7,27	6,86	7,26	5,66	6,3	6,46
05/03/2015	**8**	7,75	7,71	7,78	7,83	7,49	6,98	7,56	5,59	6,44	6,74
12/03/2015	**9**	7,62	7,45	7,66	7,59	7,33	6,7	7,36	4,34	6,24	6,56
19/03/2015	**10**	7,79	7,64	7,86	7,98	7,7	7,13	7,75	6,43	6,92	6,31
26/03/2015	**11**	8,07	8,02	8,07	8,02	7,92	7,03	7,91	5,89	6,95	5,15
31/03/2015	**12**	7,92	7,96	8,07	7,98	7,94	7,06	7,97	6,15	7,03	6,49
09/04/2015	**13**	7,69	7,75	7,89	7,21	7,78	7,5	7,74	6,17	6,9	6,12
16/04/2015	**14**	7,62	7,56	7,72	7,17	7,55	6,88	7,53	7,62	7	6,61
21/04/2015	**15**	-	-	-	-	7,38	6,86	7,67	4,94	6,63	5,31
23/04/2015	**16**	-	-	-	-	7,71	6,45	7,67	5,89	6,65	5,77
28/04/2015	**17**	7,66	7,73	7,83	7,71	7,78	7,2	7,72	6,45	7,3	6,18
30/04/2015	**18**	7,73	7,77	7,87	7,75	7,25	7,26	7,8	6,96	7,26	6,7
05/05/2015	**19**	7,98	7,82	7,74	7,58	7,76	7,12	7,15	6,39	7,15	6,39
07/05/2015	**20**	7,8	7,67	7,61	7,35	7,58	7,06	7,54	6,34	6,91	6,01
12/05/2015	**21**	7,44	7,32	7,54	7,26	7,43	6,47	7,41	5,52	6,57	5,7
14/05/2015	**22**	7,57	7,47	7,73	7,17	7,5	6,98	7,49	4,35	6,69	5,67

A.4 Saturación de oxigeno (%sat)

FECHA DE MUESTREO	DIA	ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA	ENTRADA	SALIDA
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	101,30	99,70	101,60	98,70	98,00	88,20	98,70	63,90	87,00	78,50
17/02/2015	**3**	102,30	99,10	102,10	100,00	99,80	89,10	99,80	91,20	90,30	80,00
19/02/2015	**4**	101,70	99,50	102,60	99,10	97,10	84,00	97,60	62,10	85,60	71,10
24/02/2015	**5**	106,60	97,50	101,80	99,80	101,00	96,20	99,80	68,70	87,40	79,90
26/02/2015	**6**	101,80	101,10	101,90	101,00	100,40	92,90	99,60	69,60	86,60	75,50
03/03/2015	**7**	101,10	99,40	101,30	100,80	98,40	90,00	99,00	75,30	85,00	86,90
05/03/2015	**8**	101,80	99,90	102,00	102,10	99,10	91,30	98,90	73,00	84,30	88,00
12/03/2015	**9**	101,00	98,20	101,00	100,00	97,40	88,60	97,30	67,30	84,40	87,20
19/03/2015	**10**	100,80	97,70	101,50	102,50	100,20	92,10	100,30	83,20	89,50	81,60
26/03/2015	**11**	103,10	102,50	103,20	102,40	101,40	89,70	101,30	75,30	89,10	65,60
31/03/2015	**12**	101,80	101,20	102,60	101,30	101,60	90,00	101,90	78,40	90,10	83,00
09/04/2015	**13**	101,40	100,90	101,60	95,20	101,20	97,50	101,10	80,30	89,90	79,80
16/04/2015	**14**	101,10	99,30	101,50	99,20	99,40	92,70	93,40	100,50	94,10	78,20
21/04/2015	**15**	-	-	-	-	99,70	90,20	101,10	64,90	89,80	70,50
23/04/2015	**16**	-	-	-	-	102,90	84,60	101,80	77,80	87,90	76,10
28/04/2015	**17**	101,20	100,90	102,20	100,70	101,70	94,00	101,50	84,50	97,60	81,60
30/04/2015	**18**	101,20	100,60	101,90	100,30	93,60	93,80	100,70	90,00	94,10	86,00
05/05/2015	**19**	102,60	100,80	102,20	99,50	101,60	93,20	101,10	86,30	94,00	83,80
07/05/2015	**20**	101,90	100,90	102,30	98,00	101,40	94,50	100,70	84,50	92,90	80,50
12/05/2015	**21**	101,00	98,90	101,90	98,20	100,00	87,10	99,80	74,40	88,60	76,70
14/05/2015	**22**	100,40	97,80	101,20	93,70	98,10	91,20	98,00	56,70	87,50	74,10

ANEXO B
Concentración de los parámetros químicos del agua

B 1. Concentración de Sólidos Suspendidos totales (mg/L)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	1	6,80	2,00	5,20	20,40	7,600	31,60	6,40	24,40	4,00	10,80	7,20	9,60
09/02/2015	2	13,00	19,00	21,00	15,00	11,500	11,50	25,50	26,00	20,00	17,00	13,00	10,00
17/02/2015	3	7,50	3,50	1,00	1,00	3,000	7,50	4,00	5,75	1,50	6,00	8,00	5,50
19/02/2015	4	10,50	3,50	6,00	5,00	6,500	4,00	8,50	4,00	2,50	3,00	3,50	4,50
24/02/2015	5	11,00	12,00	11,00	10,50	8,000	6,00	9,50	11,00	8,50	10,00	6,00	9,00
26/02/2015	6	4,00	5,00	3,50	3,00	1,000	3,50	6,00	3,00	4,00	8,50	3,50	2,00
03/03/2015	7	4,00	10,50	1,50	3,00	6,000	4,50	4,00	3,00	2,50	5,50	11,50	7,00
05/03/2015	8	3,00	10,00	0,50	0,50	1,500	0,50	1,50	1,50	25,50	25,50	0,50	1,50
12/03/2015	9	1,50	2,50	2,00	1,00	1,000	2,00	2,00	3,50	2,00	1,00	1,00	1,00
19/03/2015	10	7,00	6,00	2,00	2,50	2,500	-	2,00	1,00	1,00	3,00	37,00	2,50
26/03/2015	11	5,50	8,50	1,00	6,50	5,000	14,00	6,00	1,00	1,00	1,50	1,50	4,50
31/03/2015	12	21,00	16,00	11,00	7,00	8,500	1,50	11,00	24,50	19,00	10,00	9,00	1,50
09/04/2015	13	5,00	6,50	7,50	3,50	4,500	4,50	3,50	23,50	1,00	2,50	8,50	4,50
16/04/2015	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/04/2015	15	13,50	17,50	-	-	-	-	8,50	15,50	4,00	12,00	11,50	18,50
23/04/2015	16	9,00	1,00	-	-	-	-	2,00	6,50	4,00	10,50	19,50	2,00
28/04/2015	17	5,00	11,00	6,00	4,00	11,000	6,50	1,00	5,50	1,50	7,00	6,00	5,50
30/04/2015	18	6,50	8,00	8,50	7,00	8,500	5,00	6,00	7,50	13,50	3,00	24,00	10,50
05/05/2015	19	14,50	5,00	4,00	10,50	5,000	12,50	11,00	1,50	1,50	6,50	9,00	12,50
07/05/2015	20	1,50	6,00	8,00	7,50	2,500	10,50	6,00	1,50	1,00	10,00	2,50	2,50
12/05/2015	21	8,00	16,00	3,00	4,00	8,000	17,50	3,50	2,50	10,00	13,00	8,00	2,00
14/05/2015	22	15,00	20,50	5,50	11,50	9,000	9,00	5,00	8,00	5,50	18,50	3,50	4,00

B.2 Concentración de Nitrógeno Total Kjeldahl (mg/L)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	0,712	0,600	0,203	0,040	0,203	0,393	0,542	0,481	0,325	0,895	0,175	0,457
09/02/2015	**2**	0,427	0,817	0,427	0,298	0,427	0,837	0,040	0,912	0,868	1,570	0,739	0,817
17/02/2015	**3**	0,776	0,416	0,776	1,329	0,678	1,288	1,020	1,132	0,888	1,054	0,939	1,238
19/02/2015	**4**	-	0,688	0,209	0,233	0,000	0,532	0,175	0,308	0,264	0,528	0,464	0,579
24/02/2015	**5**	0,033	0,535	0,606	0,450	0,674	0,708	0,108	0,074	1,407	1,132	1,048	0,491
26/02/2015	**6**	1,200	1,309	1,010	1,007	1,010	0,749	0,922	1,126	0,922	1,173	1,438	0,515
03/03/2015	**7**	0,114	0,111	0,114	0,175	0,046	0,141	0,233	0,477	0,382	0,559	0,515	0,315
05/03/2015	**8**	0,437	0,562	0,535	0,549	0,053	0,298	0,369	0,301	0,593	0,868	0,929	0,813
12/03/2015	**9**	0,352	0,610	0,287	0,332	0,074	0,114	0,169	0,460	0,186	1,020	0,841	0,315
19/03/2015	**10**	0,552	0,654	0,552	0,803	0,457	0,253	0,179	0,328	0,043	0,199	0,186	0,223
26/03/2015	**11**	0,485	0,962	0,427	0,668	0,412	0,446	0,335	0,929	0,446	0,610	0,552	0,962
31/03/2015	**12**	0,644	0,036	0,948	1,126	0,644	0,345	0,938	1,305	0,364	0,282	0,282	0,403
09/04/2015	**13**	1,343	1,464	0,991	0,967	0,991	0,485	0,760	1,155	0,499	0,089	0,036	1,228
16/04/2015	**14**	0,933	0,557	0,398	0,244	0,398	0,885	1,131	1,199	-	-	0,924	0,649
21/04/2015	**15**	0,986	1,261	-	-	-	-	0,861	0,210	0,552	1,242	0,847	1,011
23/04/2015	**16**	0,634	1,019	-	-	-	-	0,750	0,558	0,248	0,525	0,746	0,795
28/04/2015	**17**	0,658	0,754	0,144	0,321	0,144	-	0,429	0,160	0,268	0,562	0,489	0,429
30/04/2015	**18**	0,349	0,939	0,349	0,377	0,349	0,236	0,108	0,256	0,232	0,080	0,385	0,425
05/05/2015	**19**	0,188	0,481	0,313	0,373	0,329	0,393	0,766	0,554	0,076	0,550	0,341	0,401
07/05/2015	**20**	0,562	0,578	0,574	0,341	0,200	0,308	0,762	0,550	0,076	0,381	0,774	0,393
12/05/2015	**21**	0,176	0,110	0,208	0,120	0,345	0,622	0,855	0,317	0,457	0,750	0,670	0,638
14/05/2015	**22**	0,433	0,831	0,076	0,168	0,224	0,377	0,349	0,112	0,216	0,835	0,903	0,501

B.3 Concentración de Nitrógeno amoniacal total (mg/L)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	0,037	0,111	0,023	0,052	0,037	0,023	0,045	0,052	0,033	0,039	0,083	0,105
09/02/2015	**2**	0,044	0,083	0,044	0,047	0,039	0,047	0,033	0,088	0,045	0,089	0,079	0,132
17/02/2015	**3**	0,047	0,237	0,055	0,093	0,069	0,091	0,110	0,229	0,100	0,145	0,173	0,208
19/02/2015	**4**	0,052	0,176	0,028	0,040	0,030	0,055	0,039	0,088	0,055	0,183	0,113	0,164
24/02/2015	**5**	0,022	0,186	0,022	0,023	0,022	0,030	0,023	0,055	0,020	0,113	0,098	0,190
26/02/2015	**6**	0,044	0,089	0,044	0,055	0,037	0,064	0,033	0,076	0,040	0,123	0,103	0,169
03/03/2015	**7**	0,025	0,062	0,028	0,054	0,028	0,047	0,030	0,110	0,055	0,188	0,145	0,113
05/03/2015	**8**	0,035	0,055	0,039	0,078	0,035	0,039	0,035	0,044	0,030	0,191	0,083	0,076
12/03/2015	**9**	0,020	0,162	0,042	0,059	0,023	0,032	0,042	0,111	0,032	0,347	0,244	0,190
19/03/2015	**10**	0,023	0,110	0,023	0,028	0,023	0,032	0,030	0,040	0,023	0,042	0,067	0,100
26/03/2015	**11**	0,030	0,195	0,027	0,030	0,027	0,033	0,037	0,111	0,071	0,074	0,076	0,242
31/03/2015	**12**	0,039	0,334	0,266	0,303	0,288	0,318	0,364	0,329	0,257	0,286	0,324	0,374
09/04/2015	**13**	0,030	0,230	0,035	0,062	0,047	0,069	0,057	0,151	0,045	0,170	0,160	0,332
16/04/2015	**14**	0,037	0,146	0,037	0,045	0,033	0,037	0,037	0,093	-	-	0,093	0,172
21/04/2015	**15**	0,054	0,182	-	-	-	-	0,054	0,030	0,076	0,052	0,170	0,175
23/04/2015	**16**	0,046	0,158	-	-	-	-	0,146	0,154	0,146	0,136	0,176	0,198
28/04/2015	**17**	0,070	0,118	0,046	0,052	0,046	0,078	0,052	0,088	0,050	0,090	0,058	0,172
30/04/2015	**18**	0,044	0,116	0,040	0,042	0,040	0,064	0,038	0,098	0,052	0,082	0,050	0,138
05/05/2015	**19**	0,060	0,166	0,050	0,054	0,048	0,062	0,050	0,102	0,062	0,122	0,096	0,192
07/05/2015	**20**	0,062	0,108	0,050	0,040	0,048	0,066	0,040	0,112	0,072	0,146	0,084	0,251
12/05/2015	**21**	0,042	0,200	0,040	0,046	0,040	0,080	0,040	0,092	0,070	0,126	0,056	0,243
14/05/2015	**22**	0,068	0,198	0,038	0,102	0,052	0,072	0,060	0,144	0,072	0,164	0,098	0,307

B.4 Concentración de fósforo total (mg/L)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	0,108	0,158	0,071	0,132	0,116	0,179	0,131	0,269	0,112	0,216	0,136	0,238
09/02/2015	**2**	0,034	0,084	0,055	0,064	0,010	0,023	0,049	0,075	0,070	0,079	0,003	0,007
17/02/2015	**3**	0,012	0,332	0,062	0,079	0,062	0,071	0,090	0,164	0,049	0,051	-	0,123
19/02/2015	**4**	0,058	0,155	0,058	0,060	0,062	0,079	0,034	0,108	0,079	0,112	0,082	0,247
24/02/2015	**5**	0,095	0,217	0,114	0,143	0,121	0,190	0,142	0,182	0,184	0,230	0,230	0,240
26/02/2015	**6**	0,070	0,118	0,058	0,071	0,068	0,095	0,092	0,101	0,101	0,158	0,168	0,140
03/03/2015	**7**	0,062	0,168	0,051	0,166	0,077	0,095	0,095	0,119	0,134	0,151	0,094	0,123
05/03/2015	**8**	0,042	0,132	0,042	0,077	0,047	0,049	0,062	0,164	0,073	0,214	0,134	0,223
12/03/2015	**9**	0,073	0,095	0,062	0,071	0,064	0,118	0,086	0,121	0,134	0,197	0,094	0,094
19/03/2015	**10**	0,092	0,138	0,045	0,058	0,045	0,014	0,092	0,092	0,010	0,010	0,094	0,349
26/03/2015	**11**	0,045	0,053	0,045	0,055	0,044	0,047	0,060	0,031	0,060	0,095	0,107	0,140
31/03/2015	**12**	0,047	0,066	0,047	0,073	0,068	0,077	0,084	0,058	0,092	0,125	0,129	0,208
09/04/2015	**13**	0,042	0,119	0,042	0,060	0,057	0,060	0,053	0,088	0,088	0,051	0,129	0,153
16/04/2015	**14**	0,086	0,123	0,086	0,097	0,086	0,103	0,099	0,129	-	-	0,119	0,118
21/04/2015	**15**	0,040	0,070	-	-	-	-	0,070	0,136	0,077	0,116	0,070	0,118
23/04/2015	**16**	0,042	0,119	-	-	-	-	0,047	0,107	0,066	0,112	0,118	0,125
28/04/2015	**17**	0,005	0,018	0,020	0,021	0,023	0,038	0,033	0,060	0,060	0,036	0,103	0,097
30/04/2015	**18**	0,029	0,068	0,038	0,042	0,045	0,057	0,040	0,070	0,038	0,088	0,081	0,071
05/05/2015	**19**	0,033	0,084	0,045	0,042	0,055	0,082	0,062	0,136	0,079	0,095	0,042	0,044
07/05/2015	**20**	0,049	0,108	0,060	0,060	0,057	0,084	0,055	0,084	0,045	0,119	0,118	0,110
12/05/2015	**21**	0,040	0,114	0,042	0,064	0,044	0,049	0,058	0,107	0,071	0,079	0,084	0,066
14/05/2015	**22**	0,051	0,021	0,025	0,007	0,040	0,055	0,060	0,007	0,071	0,045	0,023	0,055

ANEXO C

Cargas contaminantes

C.1 Cargas contaminantes de sólidos suspendidos totales (KgSST/día)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	77,030	22,656	17,475	68,556	14,062	58,467	8,941	34,089	5,286	14,273	23,109	30,812
09/02/2015	**2**	113,342	165,654	54,317	38,798	16,376	16,376	27,420	27,958	20,343	17,292	32,114	24,703
17/02/2015	**3**	58,281	27,198	2,305	2,305	3,808	9,519	3,834	5,511	1,360	5,440	17,614	12,110
19/02/2015	**4**	85,195	28,398	14,443	12,036	8,614	5,301	8,506	4,003	2,367	2,840	8,046	10,345
24/02/2015	**5**	59,067	64,437	17,523	16,727	7,016	5,262	6,292	7,285	5,325	6,265	9,129	13,693
26/02/2015	**6**	29,504	36,880	7,659	6,565	1,205	4,217	5,458	2,729	3,442	7,315	7,315	4,180
03/03/2015	**7**	30,371	79,725	3,379	6,758	7,441	5,581	3,746	2,809	2,215	4,872	24,740	15,059
05/03/2015	**8**	34,098	113,659	1,686	1,686	2,785	0,928	2,103	2,103	33,814	33,814	1,610	4,831
12/03/2015	**9**	14,360	23,934	5,680	2,840	1,564	3,127	2,361	4,133	2,234	1,117	2,713	2,713
19/03/2015	**10**	65,983	56,557	5,593	6,991	3,849	-	2,325	1,163	1,100	3,299	98,818	6,677
26/03/2015	**11**	55,522	85,807	2,995	19,466	8,244	23,084	7,470	1,245	1,178	1,767	4,290	12,871
31/03/2015	**12**	203,636	155,151	31,644	20,137	13,463	2,376	13,156	29,301	21,495	11,313	24,727	4,121
09/04/2015	**13**	62,683	81,488	27,894	13,017	9,214	9,214	5,412	36,335	1,463	3,657	30,192	15,984
16/04/2015	**14**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/04/2015	**15**	126,718	164,264	-	-	-	-	9,840	17,944	4,380	13,141	30,584	49,201
23/04/2015	**16**	64,378	7,153	-	-	-	-	1,764	5,734	3,338	8,762	39,521	4,053
28/04/2015	**17**	53,996	118,790	19,222	12,815	19,402	11,465	1,332	7,325	1,890	8,819	18,359	16,829
30/04/2015	**18**	93,169	114,670	36,145	29,766	19,900	11,706	10,607	13,259	22,576	5,017	97,470	42,643
05/05/2015	**19**	192,994	66,550	15,794	41,460	10,870	27,174	18,057	2,462	2,329	10,093	33,940	47,139
07/05/2015	**20**	20,216	80,865	31,987	29,988	5,503	23,114	9,973	2,493	1,572	15,724	9,547	9,547
12/05/2015	**21**	97,832	195,665	10,884	14,512	15,979	34,955	5,279	3,771	14,267	18,547	27,719	6,930
14/05/2015	**22**	167,767	229,282	18,249	38,158	16,441	16,441	6,897	11,035	7,177	24,140	11,091	12,676

C.2 Carga contamínate de nitrógeno total kjeldahl (kgNTK/día)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	8,061	6,792	0,681	0,133	0,375	0,726	0,757	0,672	0,429	1,183	0,563	1,467
09/02/2015	**2**	3,719	7,121	1,103	0,770	0,607	1,192	0,043	0,980	0,883	1,597	1,825	2,018
17/02/2015	**3**	6,030	3,235	1,789	3,064	0,860	1,635	0,978	1,085	0,805	0,956	2,067	2,725
19/02/2015	**4**	-	5,581	0,504	0,561	0,000	0,705	0,176	0,308	0,250	0,500	1,066	1,332
24/02/2015	**5**	0,177	2,873	0,966	0,717	0,591	0,621	0,071	0,049	0,882	0,709	1,594	0,747
26/02/2015	**6**	8,853	9,654	2,210	2,203	1,217	0,902	0,839	1,024	0,793	1,009	3,005	1,076
03/03/2015	**7**	0,868	0,843	0,258	0,395	0,058	0,175	0,218	0,447	0,339	0,495	1,107	0,677
05/03/2015	**8**	4,964	6,391	1,804	1,850	0,099	0,552	0,517	0,422	0,786	1,151	2,991	2,619
12/03/2015	**9**	3,369	5,838	0,816	0,942	0,115	0,179	0,199	0,544	0,207	1,140	2,280	0,853
19/03/2015	**10**	5,204	6,164	1,544	2,246	0,704	0,390	0,208	0,381	0,047	0,219	0,496	0,595
26/03/2015	**11**	4,894	9,715	1,279	2,001	0,680	0,736	0,417	1,156	0,526	0,719	1,580	2,753
31/03/2015	**12**	6,245	0,351	2,727	3,240	1,020	0,546	1,122	1,561	0,412	0,319	0,775	1,107
09/04/2015	**13**	16,843	18,354	3,687	3,597	2,030	0,993	1,175	1,786	0,730	0,131	0,129	4,361
16/04/2015	**14**	9,666	5,769	1,223	0,748	0,673	1,497	1,445	1,531	-	-	2,710	1,904
21/04/2015	**15**	9,260	11,841	-	-	-	-	0,997	0,243	0,605	1,360	2,252	2,688
23/04/2015	**16**	4,534	7,292	-	-	-	-	0,662	0,492	0,207	0,438	1,513	1,610
28/04/2015	**17**	7,105	8,147	0,461	1,027	0,254	0,000	0,571	0,213	0,338	0,708	1,497	1,313
30/04/2015	**18**	4,998	13,461	1,483	1,602	0,816	0,553	0,190	0,453	0,388	0,133	1,563	1,726
05/05/2015	**19**	2,502	6,405	1,234	1,472	0,714	0,854	1,258	0,909	0,117	0,853	1,285	1,512
07/05/2015	**20**	7,568	7,785	2,293	1,362	0,440	0,679	1,267	0,913	0,119	0,599	2,957	1,500
12/05/2015	**21**	2,152	1,345	0,755	0,434	0,688	1,242	1,289	0,477	0,652	1,071	2,322	2,210
14/05/2015	**22**	4,843	9,291	0,251	0,557	0,409	0,688	0,481	0,154	0,282	1,089	2,862	1,589

C.3 Carga contaminante de nitrógeno amoniacal total (kgNAT/día)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	0,417	1,263	0,078	0,175	0,068	0,043	0,063	0,073	0,044	0,051	0,265	0,336
09/02/2015	**2**	0,380	0,720	0,113	0,122	0,055	0,067	0,036	0,094	0,046	0,091	0,196	0,326
17/02/2015	**3**	0,365	1,842	0,128	0,214	0,088	0,116	0,105	0,219	0,090	0,132	0,380	0,458
19/02/2015	**4**	0,423	1,428	0,068	0,097	0,040	0,074	0,039	0,088	0,053	0,173	0,260	0,377
24/02/2015	**5**	0,116	0,999	0,034	0,037	0,019	0,026	0,015	0,037	0,012	0,071	0,149	0,288
26/02/2015	**6**	0,322	0,660	0,095	0,121	0,044	0,077	0,030	0,069	0,035	0,106	0,215	0,354
03/03/2015	**7**	0,189	0,473	0,064	0,121	0,035	0,058	0,028	0,103	0,049	0,166	0,313	0,243
05/03/2015	**8**	0,399	0,631	0,130	0,261	0,065	0,071	0,049	0,061	0,040	0,254	0,266	0,244
12/03/2015	**9**	0,190	1,554	0,119	0,167	0,036	0,050	0,049	0,132	0,035	0,388	0,661	0,514
19/03/2015	**10**	0,219	1,035	0,065	0,079	0,036	0,049	0,035	0,047	0,026	0,046	0,180	0,266
26/03/2015	**11**	0,303	1,965	0,080	0,090	0,044	0,055	0,046	0,139	0,083	0,087	0,217	0,692
31/03/2015	**12**	0,373	3,236	0,765	0,872	0,456	0,504	0,436	0,393	0,291	0,324	0,889	1,029
09/04/2015	**13**	0,378	2,888	0,130	0,229	0,096	0,141	0,088	0,233	0,065	0,249	0,570	1,178
16/04/2015	**14**	0,387	1,511	0,115	0,137	0,055	0,063	0,048	0,119	-	-	0,272	0,506
21/04/2015	**15**	0,509	1,709	-	-	-	-	0,063	0,035	0,083	0,057	0,452	0,465
23/04/2015	**16**	0,328	1,132	-	-	-	-	0,129	0,136	0,122	0,114	0,357	0,402
28/04/2015	**17**	0,755	1,275	0,147	0,166	0,081	0,137	0,069	0,117	0,063	0,113	0,177	0,527
30/04/2015	**18**	0,628	1,664	0,169	0,178	0,093	0,150	0,067	0,173	0,087	0,137	0,202	0,561
05/05/2015	**19**	0,797	2,213	0,197	0,213	0,104	0,134	0,082	0,167	0,096	0,190	0,362	0,726
07/05/2015	**20**	0,834	1,456	0,199	0,159	0,105	0,145	0,066	0,186	0,113	0,230	0,321	0,957
12/05/2015	**21**	0,511	2,451	0,144	0,166	0,079	0,160	0,060	0,139	0,100	0,180	0,193	0,841
14/05/2015	**22**	0,759	2,219	0,125	0,339	0,095	0,131	0,083	0,199	0,094	0,214	0,311	0,973

C.4 Carga contaminante de fosforo (kgP/día)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA		ESTANQUE 1		ESTANQUE 2		ESTANQUE 3		ESTANQUE 4		ESTANQUE 5	
		ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL	ENTR	SAL
26/01/2015	**1**	1,227	1,793	0,240	0,445	0,214	0,330	0,182	0,376	0,148	0,285	0,437	0,763
09/02/2015	**2**	0,300	0,735	0,142	0,165	0,015	0,033	0,053	0,081	0,071	0,080	0,007	0,016
17/02/2015	**3**	0,095	2,581	0,143	0,182	0,079	0,091	0,086	0,157	0,045	0,046	-	0,271
19/02/2015	**4**	0,474	1,254	0,141	0,145	0,082	0,104	0,034	0,108	0,075	0,106	0,190	0,568
24/02/2015	**5**	0,512	1,168	0,181	0,229	0,106	0,166	0,094	0,121	0,115	0,144	0,351	0,365

26/02/2015	**6**	0,513	0,867	0,128	0,156	0,082	0,115	0,083	0,092	0,087	0,136	0,350	0,292
03/03/2015	**7**	0,472	1,272	0,115	0,373	0,095	0,118	0,089	0,112	0,119	0,134	0,201	0,265
05/03/2015	**8**	0,475	1,505	0,141	0,259	0,088	0,091	0,087	0,230	0,097	0,283	0,432	0,718
12/03/2015	**9**	0,701	0,913	0,176	0,203	0,100	0,184	0,102	0,143	0,150	0,220	0,254	0,254
19/03/2015	**10**	0,865	1,300	0,127	0,163	0,070	0,022	0,107	0,107	0,011	0,011	0,250	0,931
26/03/2015	**11**	0,459	0,534	0,136	0,164	0,072	0,078	0,075	0,038	0,071	0,112	0,305	0,400
31/03/2015	**12**	0,459	0,638	0,136	0,211	0,107	0,122	0,101	0,070	0,104	0,141	0,354	0,572
09/04/2015	**13**	0,524	1,498	0,155	0,224	0,116	0,123	0,082	0,136	0,129	0,075	0,457	0,543
16/04/2015	**14**	0,892	1,275	0,265	0,299	0,146	0,174	0,127	0,164	-	-	0,350	0,345
21/04/2015	**15**	0,375	0,653	-	-	-	-	0,080	0,158	0,084	0,127	0,185	0,313
23/04/2015	**16**	0,299	0,854	-	-	-	-	0,042	0,094	0,055	0,094	0,238	0,253
28/04/2015	**17**	0,052	0,192	0,063	0,069	0,041	0,067	0,043	0,080	0,076	0,046	0,315	0,298
30/04/2015	**18**	0,413	0,970	0,162	0,178	0,106	0,132	0,071	0,123	0,064	0,147	0,327	0,290
05/05/2015	**19**	0,433	1,122	0,180	0,165	0,119	0,179	0,102	0,223	0,122	0,148	0,158	0,165
07/05/2015	**20**	0,663	1,460	0,241	0,241	0,125	0,186	0,091	0,140	0,072	0,188	0,449	0,421
12/05/2015	**21**	0,488	1,393	0,152	0,232	0,087	0,098	0,088	0,161	0,102	0,112	0,292	0,228
14/05/2015	**22**	0,571	0,240	0,083	0,022	0,073	0,100	0,083	0,009	0,093	0,059	0,074	0,173

C.5 Carga contaminante unitaria de sólidos suspendidos totales (kg SST/día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	**DIA**	**PISCICOLA**		**ESTANQUE 1**		**ESTANQUE 2**		**ESTANQUE 3**		**ESTANQUE 4**		**ETANQUE 5**	
		ENTR	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**
26/01/2015	**1**	-	´-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	29,725	43,445	1322,608	944,720	414,529	414,529	187,759	191,440	32,323	27,474	60,347	46,420
17/02/2015	**3**	10,321	4,817	48,510	48,510	68,277	170,694	8,703	12,511	2,245	8,981	31,215	21,460
19/02/2015	**4**	15,087	5,029	303,905	253,254	154,464	95,055	19,310	9,087	3,907	4,689	14,259	18,333
24/02/2015	**5**	13,674	14,917	746,749	712,806	357,725	268,294	38,031	44,036	13,206	15,536	14,236	21,354
26/02/2015	**6**	6,830	8,537	326,373	279,748	61,422	214,977	32,993	16,497	8,536	18,140	11,407	6,518
03/03/2015	**7**	8,510	22,340	116,680	233,361	230,932	173,199	23,096	17,322	5,650	12,429	-	-
05/03/2015	**8**	9,555	31,849	58,221	58,221	86,422	28,807	12,965	12,965	86,263	86,263	-	-
12/03/2015	**9**	3,701	6,169	135,784	67,892	32,065	64,130	10,601	18,551	5,612	2,806	-	-
19/03/2015	**10**	15,664	13,426	249,421	311,777	187,481	0,000	15,544	7,772	3,877	11,630	194,715	13,156
26/03/2015	**11**	13,454	20,793	117,961	766,745	373,217	1045,008	44,038	7,340	3,704	5,555	5,984	17,951
31/03/2015	**12**	53,212	40,543	1066,222	678,505	476,515	84,091	67,486	150,310	53,315	28,061	25,288	4,215
09/04/2015	**13**	13,622	17,709	778,468	363,285	317,880	317,880	27,314	183,395	3,609	9,023	31,866	16,870
16/04/2015	**14**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21/04/2015	**15**	39,677	51,433	-	´-	-	-	90,503	165,034	15,522	46,567	86,178	138,634
23/04/2015	**16**	20,158	2,240	-	-	-	-	16,228	52,740	11,829	31,051	111,358	11,421
28/04/2015	**17**	15,559	34,229	571,837	381,225	302,138	178,536	8,481	46,646	3,296	15,381	18,091	16,584
30/04/2015	**18**	24,209	29,796	1075,254	885,503	309,887	182,286	67,542	84,428	39,371	8,749	96,051	42,022
05/05/2015	**19**	51,141	17,635	438,303	1150,545	130,961	327,403	103,677	14,138	3,471	15,042	58,427	81,149
07/05/2015	**20**	5,357	21,428	887,645	832,167	66,305	278,482	57,263	14,316	2,343	23,432	17,801	17,801
12/05/2015	**21**	22,959	45,918	241,893	322,524	149,061	326,070	25,058	17,899	25,508	33,160	44,505	11,126
14/05/2015	**22**	39,371	53,807	405,590	848,052	153,369	153,369	32,739	52,383	12,831	43,158	17,808	20,352

C.6 Carga contaminante unitaria de nitrógeno total kjeldahl (kg NTK /día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	**DIA**	**PISCICOLA**		**ESTANQUE 1**		**ESTANQUE 2**		**ESTANQUE 3**		**ESTANQUE 4**		**ETANQUE 5**	
		ENTR	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**
26/01/2015	**1**	-	´-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	0,975	1,868	26,864	18,743	15,375	30,175	0,292	6,713	1,402	2,537	3,429	3,791
17/02/2015	**3**	1,068	0,573	37,646	64,476	15,422	29,324	2,220	2,464	1,329	1,578	3,663	4,829
19/02/2015	**4**	0,000	0,988	10,605	11,808	0,000	12,636	0,399	0,699	0,412	0,826	1,890	2,360
24/02/2015	**5**	0,041	0,665	41,165	30,568	30,149	31,667	0,431	0,295	2,186	1,759	2,485	1,165

26/02/2015	**6**	2,049	2,235	94,199	93,882	62,047	45,999	5,070	6,189	1,968	2,503	4,686	1,678
03/03/2015	**7**	0,243	0,236	8,895	13,646	1,789	5,446	1,346	2,757	0,864	1,263	-	-
05/03/2015	**8**	1,391	1,791	62,310	63,891	3,069	17,146	3,188	2,601	2,005	2,935	-	-
12/03/2015	**9**	0,868	1,505	19,513	22,508	2,361	3,667	0,894	2,441	0,521	2,863	-	-
19/03/2015	**10**	1,235	1,463	68,851	100,166	34,277	19,009	1,390	2,550	0,167	0,772	0,977	1,173
26/03/2015	**11**	1,186	2,354	50,360	78,811	30,786	33,307	2,461	6,816	1,653	2,260	2,203	3,839
31/03/2015	**12**	1,632	0,092	91,879	109,180	36,103	19,336	5,756	8,006	1,022	0,792	0,793	1,132
09/04/2015	**13**	3,660	3,989	102,894	100,391	70,027	34,247	5,929	9,016	1,802	0,322	0,136	4,602
16/04/2015	**14**	2,344	1,399	32,093	19,645	4,684	10,418	3,038	3,219	-	-	-	-
21/04/2015	**15**	2,899	3,707	-	-	´-	-	9,168	2,234	2,143	4,820	6,344	7,573
23/04/2015	**16**	1,420	2,283	-	-	-	-	6,088	4,524	0,734	1,554	4,262	4,537
28/04/2015	**17**	2,047	2,347	13,705	30,550	3,950	-	3,638	1,356	0,590	1,234	1,475	1,294
30/04/2015	**18**	1,299	3,498	44,106	47,663	12,711	8,611	1,212	2,885	0,677	0,232	1,540	1,701
05/05/2015	**19**	0,663	1,697	34,244	40,846	8,606	10,290	7,224	5,217	0,175	1,272	2,211	2,602
07/05/2015	**20**	2,006	2,063	63,645	37,795	5,305	8,182	7,276	5,244	0,177	0,892	5,514	2,797
12/05/2015	**21**	0,505	0,316	16,777	9,652	6,422	11,586	6,120	2,266	1,166	1,914	3,727	3,549
14/05/2015	**22**	1,137	2,180	5,569	12,382	3,820	6,421	2,283	0,731	0,504	1,947	4,594	2,551

C.7 Carga contaminante unitaria de nitrógeno amoniacal total (kg NAT /día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	**DIA**	**PISCICOLA**		**ESTANQUE 1**		**ESTANQUE 2**		**ESTANQUE 3**		**ESTANQUE 4**		**ETANQUE 5**	
		ENTR	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**
26/01/2015	**1**	-	´-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	0,100	0,189	2,746	2,960	1,388	1,694	0,246	0,646	0,073	0,145	0,368	0,612
17/02/2015	**3**	0,065	0,326	2,691	4,502	1,572	2,074	0,239	0,497	0,149	0,218	0,673	0,812
19/02/2015	**4**	0,075	0,253	1,435	2,037	0,714	1,318	0,087	0,199	0,087	0,286	0,461	0,668
24/02/2015	**5**	0,027	0,231	1,463	1,578	0,964	1,343	0,093	0,222	0,031	0,176	0,232	0,450
26/02/2015	**6**	0,074	0,153	4,066	5,173	2,261	3,929	0,184	0,417	0,086	0,263	0,336	0,551
03/03/2015	**7**	0,053	0,132	2,204	4,184	1,091	1,809	0,173	0,634	0,125	0,424	-	-
05/03/2015	**8**	0,112	0,177	4,485	9,028	2,023	2,219	0,304	0,377	0,102	0,647	-	-
12/03/2015	**9**	0,049	0,401	2,845	3,997	0,745	1,017	0,222	0,591	0,089	0,975	-	-
19/03/2015	**10**	0,052	0,246	2,899	3,534	1,743	2,379	0,233	0,313	0,090	0,162	0,354	0,524
26/03/2015	**11**	0,073	0,476	3,142	3,542	1,988	2,495	0,270	0,818	0,262	0,275	0,303	0,966
31/03/2015	**12**	0,098	0,846	25,770	29,388	16,141	17,853	2,235	2,016	0,722	0,803	0,909	1,052
09/04/2015	**13**	0,082	0,628	3,630	6,384	3,322	4,856	0,442	1,176	0,161	0,614	0,601	1,243
16/04/2015	**14**	0,094	0,367	3,015	3,598	0,383	0,440	0,100	0,249	0,000	0,000	-	-
21/04/2015	**15**	0,160	0,535	-	-	-	-	0,578	0,321	0,295	0,201	1,274	1,310
23/04/2015	**16**	0,103	0,354	-	-	-	-	1,186	1,252	0,432	0,403	1,007	1,133
28/04/2015	**17**	0,217	0,367	4,364	4,939	1,258	2,140	0,439	0,746	0,109	0,198	0,174	0,520
30/04/2015	**18**	0,163	0,432	5,031	5,285	1,450	2,328	0,425	1,103	0,151	0,239	0,199	0,553
05/05/2015	**19**	0,211	0,587	5,458	5,898	1,252	1,620	0,469	0,962	0,143	0,283	0,623	1,249
07/05/2015	**20**	0,221	0,386	5,527	4,412	1,268	1,747	0,380	1,070	0,168	0,343	0,598	1,785
12/05/2015	**21**	0,120	0,575	3,206	3,692	0,741	1,489	0,285	0,659	0,178	0,322	0,311	1,350
14/05/2015	**22**	0,178	0,521	2,784	7,524	0,883	1,225	0,392	0,944	0,168	0,383	0,499	1,561

C.8 Carga contaminante unitaria de fósforo total (kg PT/día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	**DIA**	**PISCICOLA**		**ESTANQUE 1**		**ESTANQUE 2**		**ESTANQUE 3**		**ESTANQUE 4**		**ETANQUE 5**	
		ENTR	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**	**ENTR**	**SAL**
26/01/2015	**1**	-	´-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	0,079	0,193	3,447	4,030	0,373	0,840	0,362	0,553	0,112	0,127	0,014	0,031
17/02/2015	**3**	0,017	0,457	3,014	3,821	1,414	1,624	0,196	0,356	0,074	0,076	0,000	0,481
19/02/2015	**4**	0,084	0,222	2,960	3,053	1,476	1,872	0,078	0,246	0,123	0,175	0,336	1,006
24/02/2015	**5**	0,119	0,270	7,733	9,741	5,424	8,483	0,567	0,730	0,286	0,358	0,547	0,569

26/02/2015	**6**	0,119	0,201	5,449	6,656	4,157	5,861	0,504	0,555	0,215	0,338	0,546	0,456
03/03/2015	**7**	0,132	0,356	3,970	12,888	2,961	3,672	0,551	0,690	0,303	0,341	-	-
05/03/2015	**8**	0,133	0,422	4,866	8,957	2,727	2,834	0,537	1,416	0,248	0,723	-	-
12/03/2015	**9**	0,181	0,235	4,218	4,846	2,051	3,771	0,457	0,643	0,377	0,553	-	-
19/03/2015	**10**	0,205	0,309	5,673	7,287	3,411	1,054	0,713	0,713	0,040	0,040	0,492	1,835
26/03/2015	**11**	0,111	0,129	5,366	6,456	3,257	3,533	0,442	0,225	0,223	0,353	0,425	0,558
31/03/2015	**12**	0,120	0,167	4,588	7,098	3,794	4,312	0,517	0,358	0,257	0,351	0,362	0,585
09/04/2015	**13**	0,114	0,325	4,338	6,257	3,997	4,258	0,413	0,687	0,318	0,184	0,482	0,573
16/04/2015	**14**	0,216	0,309	6,949	7,843	1,014	1,210	0,266	0,346	0,000	0,000	-	-
21/04/2015	**15**	0,117	0,204	-	-	-	-	0,740	1,449	0,299	0,449	0,521	0,881
23/04/2015	**16**	0,094	0,268	-	-	-	-	0,384	0,864	0,195	0,331	0,672	0,714
28/04/2015	**17**	0,015	0,055	1,868	2,044	0,640	1,046	0,276	0,511	0,132	0,080	0,310	0,293
30/04/2015	**18**	0,107	0,252	4,819	5,286	1,658	2,063	0,450	0,783	0,111	0,257	0,323	0,286
05/05/2015	**19**	0,115	0,297	4,984	4,579	1,434	2,160	0,586	1,283	0,182	0,221	0,271	0,283
07/05/2015	**20**	0,176	0,387	6,689	6,689	1,501	2,236	0,522	0,805	0,107	0,280	0,837	0,785
12/05/2015	**21**	0,115	0,327	3,370	5,159	0,813	0,916	0,418	0,763	0,182	0,201	0,469	0,366
14/05/2015	**22**	0,134	0,056	1,855	0,491	0,681	0,933	0,395	0,044	0,112	0,127	0,119	0,278

ANEXO D

Biomasa (Ton)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	3,813	0,041	0,040	0,146	0,629	0,532
17/02/2015	**3**	5,647	0,048	0,056	0,440	0,606	0,564
19/02/2015	**4**	5,647	0,048	0,056	0,440	0,606	0,564
24/02/2015	**5**	4,320	0,023	0,020	0,165	0,403	0,641
26/02/2015	**6**	4,320	0,023	0,020	0,165	0,403	0,641
03/03/2015	**7**	3,569	0,029	0,032	0,162	0,392	-
05/03/2015	**8**	3,569	0,029	0,032	0,162	0,392	-
12/03/2015	**9**	3,880	0,042	0,049	0,223	0,398	-
19/03/2015	**10**	4,212	0,022	0,021	0,150	0,284	0,508
26/03/2015	**11**	4,127	0,025	0,022	0,170	0,318	0,717
31/03/2015	**12**	3,827	0,030	0,028	0,195	0,40	0,978
09/04/2015	**13**	4,602	0,036	0,029	0,198	0,41	0,95
16/04/2015	**14**	4,123	0,038	0,144	0,476	0,75	-
21/04/2015	**15**	3,194	0,026	0,050	0,109	0,28	0,35
23/04/2015	**16**	3,194	0,026	0,050	0,109	0,28	0,35
28/04/2015	**17**	3,470	0,034	0,064	0,157	0,57	1,01
30/04/2015	**18**	3,849	0,034	0,064	0,157	0,57	1,01
05/05/2015	**19**	3,774	0,036	0,083	0,174	0,67	0,58
07/05/2015	**20**	3,774	0,036	0,083	0,174	0,67	0,54
12/05/2015	**21**	4,261	0,045	0,107	0,211	0,56	0,62
14/05/2015	**22**	4,261	0,045	0,107	0,211	0,56	0,62

ANEXO E

Tasas de generación para SST, NTK, NAT Y PT

E.1 Tasa generada de sólidos suspendidos totales (kg SST /día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	13,719	-377,888	0,000	3,682	-4,848	-13,926
17/02/2015	**3**	-5,505	0,000	102,416	3,808	6,736	-9,755
19/02/2015	**4**	-10,058	-50,651	-59,409	-10,223	0,781	4,074
24/02/2015	**5**	1,243	-33,943	-89,431	6,005	2,330	7,118
26/02/2015	**6**	1,707	-46,625	153,555	-16,497	9,603	-4,889
03/03/2015	**7**	13,829	116,680	-57,733	-5,774	6,780	-
05/03/2015	**8**	22,294	0,000	-57,615	0,000	0,000	-
12/03/2015	**9**	2,467	-67,892	32,065	7,950	-2,806	-
19/03/2015	**10**	-2,238	62,355	-187,481	-7,772	7,754	-181,558
26/03/2015	**11**	7,339	648,784	671,791	-36,698	1,852	11,968
31/03/2015	**12**	-12,670	-387,717	-392,424	82,824	-25,255	-21,073
09/04/2015	**13**	4,087	-415,183	0,000	156,081	5,414	-14,996
16/04/2015	**14**	-	-	-	-	-	-
21/04/2015	**15**	11,756	-	-	74,532	31,045	52,456
23/04/2015	**16**	-17,918	-	-	36,513	19,222	-99,937
28/04/2015	**17**	18,671	-190,612	-123,602	38,165	12,085	-1,508
30/04/2015	**18**	5,587	-189,751	-127,600	16,886	-30,622	-54,028
05/05/2015	**19**	-33,506	712,242	196,442	-89,539	11,570	22,722
07/05/2015	**20**	16,071	-55,478	212,176	-42,948	21,089	0,000
12/05/2015	**21**	22,959	80,631	177,010	-7,159	7,652	-33,379
14/05/2015	**22**	14,436	442,462	0,000	19,644	30,327	2,544

E.2 Tasa generada de nitrógeno total kjeldhal (kg NTK /día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5

26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	0,892	-8,121	14,800	6,421	1,135	0,362
17/02/2015	**3**	-0,495	26,831	13,901	0,244	0,249	1,165
19/02/2015	**4**	0,988	1,203	12,636	0,301	0,414	0,470
24/02/2015	**5**	0,624	-10,596	1,517	-0,136	-0,427	-1,320
26/02/2015	**6**	0,185	-0,316	-16,049	1,120	0,536	-3,008
03/03/2015	**7**	-0,007	4,751	3,657	1,411	0,399	-
05/03/2015	**8**	0,400	1,580	14,076	-0,587	0,930	-
12/03/2015	**9**	0,636	2,995	1,306	1,547	2,342	-
19/03/2015	**10**	0,228	31,315	-15,268	1,160	0,605	0,196
26/03/2015	**11**	1,168	28,452	2,521	4,355	0,607	1,636
31/03/2015	**12**	-1,540	17,300	-16,767	2,249	-0,230	0,339
09/04/2015	**13**	0,329	-2,504	-35,780	3,087	-1,480	4,467
16/04/2015	**14**	-0,945	-12,448	5,734	0,181	-	-
21/04/2015	**15**	0,808	-	-	-6,934	2,677	1,229
23/04/2015	**16**	0,864	-	-	-1,564	0,820	0,275
28/04/2015	**17**	0,300	16,845	-3,950	-2,283	0,644	-0,182
30/04/2015	**18**	2,199	3,557	-4,100	1,673	-0,445	0,161
05/05/2015	**19**	1,034	6,602	1,683	-2,007	1,097	0,391
07/05/2015	**20**	0,057	-25,850	2,876	-2,032	0,715	-2,717
12/05/2015	**21**	-0,189	-7,125	5,164	-3,854	0,748	-0,179
14/05/2015	**22**	1,044	6,813	2,601	-1,552	1,443	-2,044

E.3 Tasa generada de nitrógeno amoniacal total (kg NAT /día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	0,089	0,214	0,306	0,400	0,071	0,244
17/02/2015	**3**	0,262	1,811	0,502	0,258	0,069	0,139
19/02/2015	**4**	0,178	0,602	0,605	0,112	0,199	0,207
24/02/2015	**5**	0,205	0,115	0,379	0,129	0,145	0,217
26/02/2015	**6**	0,078	1,107	1,667	0,233	0,177	0,216
03/03/2015	**7**	0,079	1,980	0,718	0,460	0,299	-
05/03/2015	**8**	0,065	4,544	0,196	0,073	0,545	-
12/03/2015	**9**	0,352	1,152	0,272	0,369	0,886	-
19/03/2015	**10**	0,194	0,635	0,636	0,079	0,072	0,170
26/03/2015	**11**	0,403	0,400	0,507	0,548	0,013	0,663
31/03/2015	**12**	0,748	3,618	1,712	-0,219	0,081	0,143
09/04/2015	**13**	0,545	2,754	1,533	0,734	0,453	0,642
16/04/2015	**14**	0,273	0,584	0,057	0,149	-	-
21/04/2015	**15**	0,376	-	-	-0,257	-0,094	0,036
23/04/2015	**16**	0,252	-	-	0,065	-0,030	0,126
28/04/2015	**17**	0,150	0,574	0,883	0,307	0,088	0,345
30/04/2015	**18**	0,269	0,254	0,879	0,678	0,088	0,354
05/05/2015	**19**	0,375	0,440	0,368	0,492	0,139	0,626
07/05/2015	**20**	0,165	-1,114	0,479	0,690	0,174	1,187
12/05/2015	**21**	0,455	0,486	0,748	0,374	0,143	1,039
14/05/2015	**22**	0,343	4,740	0,342	0,552	0,216	1,063

E.4 Tasa generada de fósforo total (kg PT /día/ton pez)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCICOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5
26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	0,114	0,582	0,467	0,191	0,015	0,017
17/02/2015	**3**	0,440	0,807	0,210	0,161	0,003	0,481
19/02/2015	**4**	0,138	0,094	0,395	0,168	0,052	0,670

24/02/2015	**5**	0,152	2,008	3,059	0,163	0,072	0,022
26/02/2015	**6**	0,082	1,207	1,704	0,051	0,122	-0,090
03/03/2015	**7**	0,224	8,918	0,712	0,139	0,038	-
05/03/2015	**8**	0,289	4,091	0,107	0,879	0,475	-
12/03/2015	**9**	0,055	0,628	1,719	0,186	0,176	-
19/03/2015	**10**	0,103	1,614	-2,357	0,000	0,000	1,343
26/03/2015	**11**	0,018	1,091	0,276	-0,217	0,130	0,133
31/03/2015	**12**	0,047	2,509	0,518	-0,159	0,093	0,223
09/04/2015	**13**	0,212	1,919	0,261	0,274	-0,133	0,090
16/04/2015	**14**	0,093	0,895	0,196	0,079	-	-
21/04/2015	**15**	0,087	-	-	0,709	0,151	0,360
23/04/2015	**16**	0,174	-	-	0,480	0,137	0,042
28/04/2015	**17**	0,040	0,176	0,406	0,235	-0,053	-0,017
30/04/2015	**18**	0,145	0,468	0,404	0,333	0,146	-0,037
05/05/2015	**19**	0,183	-0,405	0,726	0,697	0,039	0,012
07/05/2015	**20**	0,211	0,000	0,736	0,282	0,173	-0,053
12/05/2015	**21**	0,212	1,789	0,103	0,344	0,019	-0,103
14/05/2015	**22**	-0,078	-1,364	0,252	-0,351	-0,060	0,160

ANEXO F

Caudal

F.1 Caudal (L/s)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCÍCOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5
26/01/2015	**1**	131,11	38,90	21,41	16,17	15,30	37,15
09/02/2015	**2**	100,91	29,94	16,48	12,45	11,77	28,59
17/02/2015	**3**	89,94	26,68	14,69	11,09	10,49	25,48
19/02/2015	**4**	93,91	27,86	15,34	11,58	10,96	26,61
24/02/2015	**5**	62,15	18,44	10,15	7,67	7,25	17,61
26/02/2015	**6**	85,37	25,33	13,94	10,53	9,96	24,19
03/03/2015	**7**	87,88	26,07	14,35	10,84	10,25	24,90
05/03/2015	**8**	131,55	39,03	21,49	16,22	15,35	37,27
12/03/2015	**9**	110,81	32,87	18,10	13,67	12,93	31,39
19/03/2015	**10**	109,10	32,37	17,82	13,46	12,73	30,91
26/03/2015	**11**	116,84	34,66	19,08	14,41	13,63	33,10
31/03/2015	**12**	112,23	33,30	18,33	13,84	13,09	31,80
09/04/2015	**13**	145,10	43,05	23,70	17,90	16,93	41,11
16/04/2015	**14**	119,85	35,56	19,58	14,78	13,98	33,96
21/04/2015	**15**	108,64	32,23	17,74	13,40	12,67	30,78
23/04/2015	**16**	82,79	24,56	13,52	10,21	9,66	23,46
28/04/2015	**17**	124,99	37,08	20,42	15,42	14,58	35,41
30/04/2015	**18**	165,9	49,22	27,10	20,46	19,36	47,01
05/05/2015	**19**	154,05	45,70	25,16	19,00	17,97	43,65
07/05/2015	**20**	155,99	46,28	25,48	19,24	18,20	44,20
12/05/2015	**21**	141,54	41,99	23,12	17,46	16,51	40,10
14/05/2015	**22**	129,45	38,40	21,14	15,97	15,10	36,68

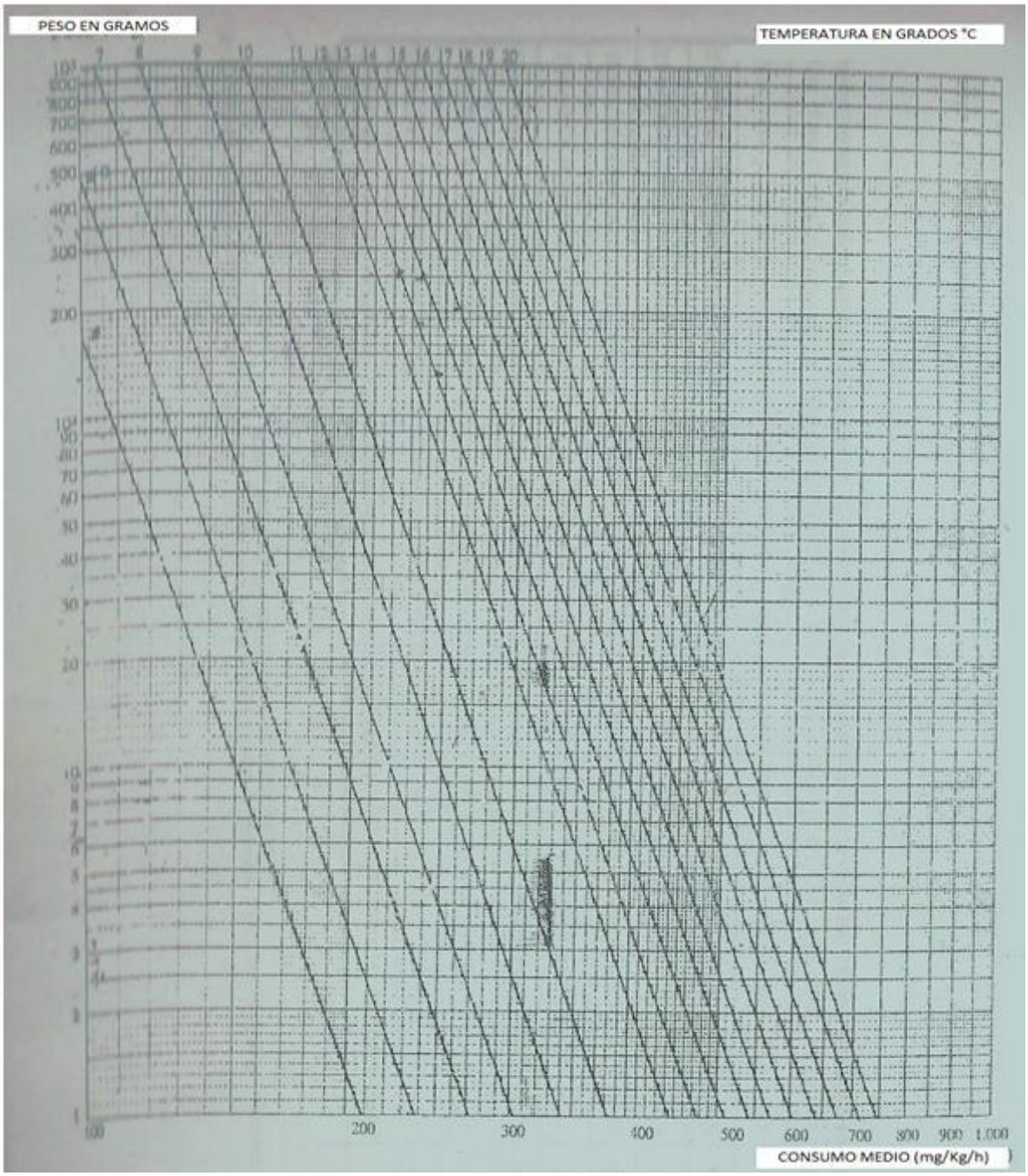
F.2 Caudal utilizado (m3/día/ton-pez)

FECHA DE MUESTREO	DIA	PISCÍCOLA	ESTANQUE 1	ESTANQUE 2	ESTANQUE 3	ESTANQUE 4	ESTANQUE 5

26/01/2015	**1**	-	-	-	-	-	-
09/02/2015	**2**	2286,575	62981,330	36045,991	7363,093	1616,135	4642,044
17/02/2015	**3**	1376,158	48509,536	22759,162	2175,740	1496,852	3901,815
19/02/2015	**4**	1436,903	50650,773	23763,764	2271,778	1562,923	4074,043
24/02/2015	**5**	1243,067	67886,249	44715,677	4003,236	1553,620	2372,671
26/02/2015	**6**	1707,492	93249,382	61422,001	5498,893	2134,071	3259,130
03/03/2015	**7**	2127,595	77786,992	38488,706	5773,887	2259,877	-
05/03/2015	**8**	3184,855	116441,498	57614,808	8643,091	3382,872	-
12/03/2015	**9**	2467,474	67892,068	32064,967	5300,289	2806,002	-
19/03/2015	**10**	2237,728	124710,749	74992,470	7772,235	3876,804	5262,558
26/03/2015	**11**	2446,197	117960,786	74643,446	7339,628	3703,608	3989,182
31/03/2015	**12**	2533,927	96929,235	56060,610	6135,100	2806,065	2809,755
09/04/2015	**13**	2724,444	103795,701	70640,058	7804,038	3609,152	3748,895
16/04/2015	**14**	2511,680	80640,770	11768,772	2685,679	1602,972	-
21/04/2015	**15**	2939,056	-	-	10647,369	3880,592	7493,750
23/04/2015	**16**	2239,731	-	-	8113,915	2957,237	5710,673
28/04/2015	**17**	3111,756	95306,193	27467,098	8481,093	2197,236	3015,210
30/04/2015	**18**	3724,442	126500,500	36457,250	11257,007	2916,406	4002,107
05/05/2015	**19**	3526,941	109575,685	26192,212	9425,207	2314,079	6491,899
07/05/2015	**20**	3571,357	110955,606	26522,059	9543,901	2343,221	7120,264
12/05/2015	**21**	2869,866	80630,957	18632,579	7159,416	2550,757	5563,124
14/05/2015	**22**	2624,729	73743,659	17041,030	6547,876	2332,877	5087,936

ANEXO G

Consumo de oxígeno por la trucha arcoíris



Consumo de oxígeno por la trucha arcoíris, en mg/Kg de peso/hora, en temperaturas comprendidas entre 5 y 20°C y de 1 a 1000 gramos de peso. (Tomado de Blanco, 1995. Según Liao 1970).