

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA



Determinación de sólidos suspendidos totales y evaluación de la
calidad ambiental del agua en crianza de peces con geotanques,
Jepelacio – 2018

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Gabriela Chuqui Vega

ASESOR

Luis Darío Santillán García

Rioja, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 031 - 2023/UCSS/FIA/DI

Siendo las 02:00 p.m. del 31 de mayo de 2023, a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| 1. Elvira Teófila Castañeda Chirre | Presidente |
| 2. Juan José Monroy Ramos | Primer miembro |
| 3. Rossio del Pilar Alva Pretel | Segundo miembro |
| 4. Luis Darío Santillán García | Asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Determinación de sólidos suspendidos totales y evaluación de la calidad ambiental del agua en crianza de peces con geotanques, Jepelacio – 2018**, que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Gabriela Chuqui Vega**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **SUFICIENTE** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AMBIENTAL.

Lima, 31 de mayo de 2023.

Elvira Teófila Castañeda Chirre
PRESIDENTE

Juan José Monroy Ramos
1° MIEMBRO

Rossio del Pilar Alva Pretel
2° MIEMBRO

Luis Darío Santillán García
ASESOR(A)

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE **TESIS** / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

RIOJA, 16 de...ENERO.. de 2024....

Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ingeniería Agraria

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** bajo mi asesoría, con título: **Determinación de sólidos suspendidos totales y evaluación de la calidad ambiental del agua en crianza de peces con geotanques, Jepelacio – 2018**, presentado por **Gabriela Chuqui Vega** (código de estudiante: **2010200889** y DNI: **47439150**) para optar el título profesional/grado académico de **INGENIERO AMBIENTAL** ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

Firma del Asesor (a)
DNI N°: **45056117**
ORCID: **0000-0001-9218-764X**.
Facultad de Ingeniería Agraria - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A **Dios** por darme sabiduría, salud y su eterno amor y porque con él todo se puede lograr en esta vida. A mis padres Olinda Vega Olivera y Juan Manuel Chuqui Saldaña por apoyarme en los momentos más difíciles en el logro de mi carrera, y por inculcarme los valores morales, personales, sociales, familiares y espirituales que día a día me ayudan a perseverar en mis aspiraciones.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por darme la vida y la salud.
- A la Universidad Católica Sedes Sapientiae, por abrirme las puertas y formarme en sus aulas en la carrera de Ingeniería Ambiental.
- A mis padres Olinda Vega Olivera y Juan Manuel Chuqui Saldaña.
- Al Ing. Luis Darío Santillán García Mg. Sc, mi asesor principal, por brindarme conocimiento para el cumplimiento de esta Tesis.
- A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en el desarrollo y culminación de este proyecto.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas especializadas	11
1.2.1. Calidad del agua para la piscicultura	11
1.2.2. Tipos de piscicultura	11
1.2.3. Descripción de especies para el desarrollo de la piscicultura	12
1.2.4. Tanques de geomembrana	14
1.2.5. Uso de geotanques en piscicultura	14
1.2.6. La evaluación y fiscalización ambiental piscícolas en el Perú	16
1.2.7. Impacto ambiental de la piscicultura	18
1.2.8. Evaluación de la calidad ambiental del agua	18
1.2.9. Sistema de Recirculación de Agua (RAS)	19
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	22
2.1. Diseño de la investigación	22
2.2. Lugar y fecha	22
2.3. Descripción del experimento	23
2.3.1. Etapa preliminar	23
2.3.2. Etapa campo	23
2.3.3. Etapa gabinete	24
2.4. Identificación de la variable y su mensuración	24
2.5. Análisis estadístico de los datos	25
CAPÍTULO III: RESULTADOS	27

3.1. Descripción del proceso productivo a nivel semi intensivo de la crianza de peces en el geotanque evaluado	27
3.2. Monitoreo de concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en geotanques	30
3.3. Evaluación de la calidad ambiental del agua	33
CAPÍTULO IV: DISCUSION.....	37
4.1. Proceso productivo de la crianza de peces en el geotanque.....	37
4.2. Resultados de la concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en geotanque	37
4.3. Evaluación de la calidad ambiental del Agua	41
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	43
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
TERMINOLOGÍA.....	51
APÉNDICES	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 1</i>	31
Tabla 2. <i>Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 2</i>	32
Tabla 3. <i>Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales geotanques N° 1, con los estándares de calidad ambiental-ECA</i>	33
Tabla 4. <i>Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales geotanque N° 02, con los estándares de calidad ambiental-EC</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Ubicación de estaciones de muestreo	24
<i>Figura 2.</i> Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 1	31
<i>Figura 3.</i> Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 2.....	32
<i>Figura 4.</i> Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales del geotanque N° 1, con los estándares de calidad ambiental – ECA.....	34
<i>Figura 5.</i> Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales de geotanque N° 2, con los estándares de calidad ambiental – ECA	36

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1 Informes de ensayos, Geotanque N° 1	53
Apéndice 2 Informes de ensayos, Geotanque N° 2	60
Apéndice 3 Anexo D.S. N°004-2017-MINAM- Estándares de Calidad del Agua	67
Apéndice 4 Imágenes fotográficas.....	68
Apéndice 5 Ubicación satelital del lugar de evaluación	76

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo la determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) del agua usada en la crianza de peces con sistema de geotanques y su impacto ambiental, en el distrito de Jepelacio. Para la investigación se consideró un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y diseño no experimental, la recopilación de datos fue mediante la observación directa, georreferenciación del área, evaluación de las condiciones físicas, meteorológicas y productivas del entorno, además del análisis de agua mediante puntos de muestro antes y después. En la presente investigación se utilizó la especie *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) “tilapia” en dos geotanques de 7 m de diámetro, con un volumen 39,40 m³ de agua cada uno y densidad de siembra de 20 peces /m³. Asimismo, tuvo una duración de cuatro meses, con periodos de muestreo de calidad de agua de 30 días. De acuerdo al contenido de sólidos suspendidos totales, en el punto de ingreso, el geotanque N° 1 registró 39,76 y el geotanque N° 2 registró 39,83 mg/l, cuatro meses después, el geotanque N° 1 registró 43,74 mientras que el geotanque N° 2 registró 47,39 mg/l. Se comparó los resultados de cada geotanque con los valores máximos permitidos según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM específicamente en la categoría 4, se evidenció que ambos geotanques no superaron los 400 mg/l, lo cual permite concluir que no existió un impacto ambiental significativo.

Palabras clave: Calidad de agua, acuicultura semi-intensiva, sólidos suspendidos totales

ABSTRACT

This investigation had as objective the determination of the total suspended solids (SST) of the water used in the raising of fish with a geotank system and its environmental impact, in the district of Jepelacio. For the research, a quantitative approach with descriptive scope and non-experimental design was considered, data collection was through direct observation, georeferencing of the area, evaluation of the physical, meteorological and productive conditions of the environment, in addition to water analysis through sampling points. before and after. In the present investigation, the species *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) "tilapia" was used in two 7 m diameter geotanks, with a volume of 39.40 m³ of water each and a stocking density of 20 fish/m³. Likewise, it lasted four months, with 30-day water quality sampling periods. According to the SST content at the entry point, geotank No. 1 registered 39.76 and geotank No. 2 registered 39.83 mg/l; four months later, geotank No. 1 registered 43.74, while geotank No. 2 registered 47.39 mg/l. The results of each geotank were compared with the maximum values allowed according to Supreme Decree No. 004-2017-MINAM specifically in category 4, it was evidenced that both geotanks did not exceed 400 mg/l, which allows us to conclude that there was no significant environmental impact.

Keywords: Water quality, semi-intensive aquaculture, total suspended solids

INTRODUCCIÓN

La volátil dinámica poblacional representa un desafiante y preocupante escenario, que demanda cada vez más alimentos e insumos para las generaciones futuras, la piscicultura se ha convertido en una opción viable para la producción de alimentos de elevado valor nutricional (Berger, 2020). La producción piscícola de “tilapia” alcanzó 6,19 millones de toneladas de peso vivo en el año 2019 (Statista, 2022). Prochmann (2003, como se citó en Vera *et al.*, 2019) menciona que, la piscicultura es una actividad que se fundamenta en la crianza y producción de peces para consumo humano, la cual es realizada bajo condiciones controladas (extensivo, semi-intensivo e intensivo).

El uso racional de nuestros recursos naturales promueve la protección del ambiente, es por ello que, en la actividad de piscícola es necesaria la implementación de las buenas prácticas forma parte de los protocolos de producción, que garantizan la calidad del producto de acuerdo a las exigencias del mercado (La Organización Mundial de Ingredientes Marinos [IFFO], 2021). Los impactos al ambiente provocados por la actividad piscícola son variables, dependen del nivel tecnológico, densidad de siembra y tipo de alimentación. Esta actividad genera desechos orgánicos e inorgánicos, que son depositados en cuerpos de agua libre como los ríos, luego pasan al medio marino (Rabasso, 2006).

En la región San Martín, las políticas regionales consideran a la piscicultura como una actividad importante, enmarcada en el plan regional de la acuicultura para el desarrollo y la inclusión económica y social de manera sostenible. Estas acciones permiten mejorar la calidad de vida a través de la mejora en la seguridad alimentaria e integración con la agricultura, potenciando la diversificación productiva (Berger, 2020). La piscicultura en la región San Martín ha experimentado un desarrollo y cambio tecnológico muy importante. El empleo de nuevos sistemas intensivos de cultivo, específicamente en lo que respecta a la piscicultura, en especies como la “tilapia” (Plan Regional de la Acuicultura, 2019).

Dentro del marco de la promoción con la intención de elevar la productividad de la actividad acuícola en la región, se viene incorporando el uso de tecnologías que lleven a desarrollar este sector a nivel intensivo. Parte de esto, es la adaptación de geotanques en los cuales es posible manejar densidades de siembra de 10 hasta los 50 unid. pez/m³, reduciendo así la superficie del espejo de agua en un 80 %. La alta densidad en superficies pequeñas incrementa la dieta alimenticia y en consecuencia los sólidos suspendidos totales, el mismo que debe ser determinado y evaluado en función de los estándares de calidad ambiental- ECAs para el agua, como acción de prevención, control y mitigación de impactos negativos que podrían generar en el ambiente (Aguilar *et al.*, 2017).

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la concentración de los sólidos suspendidos totales y calidad ambiental del agua usada en la crianza de peces con sistema de geotanques distrito de Japelacio - 2018.

Objetivos secundarios

- Describir el proceso semi intensivo de la crianza de peces en dos geotanques.
- Monitorear la concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en geotanques.
- Evaluar la calidad ambiental del agua a través del uso de los estándares de calidad del ambiental – ECA's.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Internacionales

Carpio y Fernández (2019) realizaron una investigación que tuvo como objetivo analizar la calidad del agua para el manejo de “tilapia” y *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) “Chame” con alimentación de maíz y soya hidropónica en el km 27,5 vía a Daule. Universidad Guayaquil – Ecuador. El trabajo fue de tipo experimental, exploratorio y comparativo. La muestra estuvo conformada por un total de 5 tanques con capacidad de 1000 litros cada uno, cada tanque recibió un tratamiento diferente: a) el tanque A tuvo “tilapias” con alimentación de maíz hidropónico; b) el tanque B tuvo “tilapias” con alimentación de soya hidropónica; c) el tanque T1 tuvo “tilapias” con alimentación de balanceado comercial; d) el tanque C tuvo “chames” con alimentación de maíz hidropónico; e) el tanque T2 tuvo “chames” con alimentación de balanceado comercial. La metodología consistió en la evaluación del análisis físico (potencial de hidrógeno temperatura, oxígeno disuelto, sólidos totales) del efluente de los tanques. El análisis estadístico fue realizado a través de la estadística descriptiva. Los resultados del examen físico del oxígeno disuelto (4,98 mg/l), el potencial de hidrógeno (6,85) y la temperatura (24,75 C°) estuvieron dentro de los límites máximos permitidos, sin embargo, el estudio químico del nitrito arrojó resultados elevados. El autor concluyó que la calidad del agua utilizada para el manejo de “tilapia” y “chame” fue importante puesto que contribuyó a un óptimo desarrollo de los peces. Contrariamente, el agua en malas condiciones representa un riesgo de gran importancia para la salud de los peces, así como en el ser humano, quienes finalmente los consumen.

Hoyos (2011) realizó un trabajo de investigación cuyo objetivo fue Evaluar el impacto generado por los procesos de degradación química y microbiológica de los sólidos suspendidos retenidos en los estanques de cultivo de *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) “trucha” sobre la calidad fisicoquímica del agua para la producción de los peces. Este trabajo fue realizado en la Universidad del Valle Santiago de Cali - Colombia. El autor construyó un estanque a escala real (14 m de largo, 2 m de ancho y 1 m de alto. Capacidad de 21 m³) en concreto, los parámetros evaluados fueron sólidos disueltos y en suspensión, temperatura, potencial de hidrógeno, nitrógeno, fósforo y oxígeno disuelto en diferentes partes del estanque. Asimismo, llevo a cabo análisis en las fracciones sólidas y disueltas para calcular la tasa de acumulación de sólidos, la tasa de generación de contaminación disuelta y la tasa de descomposición de los sólidos acumulados; de esa forma establecer cambios en la calidad físico-química del agua y el crecimiento de los peces. El análisis estadístico lo realizo mediante el uso de cuadro y gráficos descriptivos. Los resultados mostraron que, el potencial de hidrógeno promedio fue 7,3, la temperatura promedio fue 11,75 °C, el oxígeno disuelto decrecieron de 8 hasta los 5,5 mg O₂/l, los sólidos disueltos, el nitrógeno y el fósforo total produjeron contaminación disuelta en tasas de hasta 55; 12 y 1,8 g/h toneladas de pescado para cada parámetro respectivamente. Asimismo, determinó que la descomposición puede consumir hasta una cuarta parte del oxígeno disuelto que ingresa al estanque. El autor concluyó que una buena parte de las partículas sólidas producidas por el desove del salmón o por afluentes, probablemente se acumulan en el interior del estanque y a partir de ahí se inicia el proceso de descomposición, sugiriendo que la tasa de retención promedio es de 68,49 %.

Caicedo y Coello (2010) realizaron una investigación cuyo objetivo fue determinar la calidad del agua de los ríos de la provincia de Chimborazo usando como estadígrafos la carga orgánica y la concentración de amonio, la cual fue realizada en la Universidad Nacional de Chimborazo, Ciudad de Riobambama - Ecuador. La metodología de la investigación empleada fue sistémica y de medición; el nivel de investigación fue descriptivo. La población estuvo conformada por los ríos de la Provincia de Chimborazo y la muestra estuvo considerada por todos los elementos constitutivos de la población. Las técnicas aplicadas fueron: recolección de información, procesamiento y análisis de datos. Las variables consideradas para esta investigación fueron: calidad del agua (dependiente) e indicadores ambientales (independiente), los parámetros evaluados

fueron potencial de hidrógeno, sólidos disueltos totales, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y amonios; los cuales fueron obtenidos mediante el análisis de físico y químico del agua realizado en el laboratorio. El procesamiento de los resultados fue a través de cuadros, diagramas y gráficos. De acuerdo a los resultados, el 64,7 % de los ríos de la provincia de Chimborazo superaron el límite permitido dado en el TULAS para la variable DBO₅; la corriente más impactada fue el río Guano, que tuvo un valor de 220 mg/l DBO en el sector comprendido entre las coordenadas UTM 170757383; 9758689 y 170757383; 9825137, las aguas de los ríos mencionados tuvieron un potencial de hidrógeno entre 6,35 – 8,8 unidades, con muy baja presencia de nitratos (menor a 1,5), amonio (menor a 0,5) y baja concentración de sólidos disueltos totales (menores a 480 mg/l). La conclusión fue que las aguas presentan condiciones para su uso, no obstante, para poder ser utilizadas, estas requieren tratamientos convencionales de desinfección.

Nacionales

Choque (2021) realizó una investigación que tuvo como objetivo determinar los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), la cual fue realizada en Puno. La población fue la totalidad del volumen de agua que circunda a la zona de crianza de truchas en la bahía de Pomata. La muestra estuvo constituida por una total de 4 muestras de agua de 250 ml cada una. El tipo de investigación fue de nivel no experimental con un diseño de investigación descriptivo simple. La metodología consistió en la recolección de agua superficial de los puntos de muestreos, los cuales fueron enviados al laboratorio para el análisis químico. El análisis estadístico de los datos fue realizado con la prueba estadística paramétrica de T de Student para una sola muestra con un nivel de confianza del 95 %. Las variables analizadas fueron: temperatura, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, sulfatos, oxígeno disuelto, cloruros, nitratos y dureza total. Los resultados indicaron que, en la zona de crianza de truchas en jaulas flotantes, las temperaturas fueron de 18 y 18,2 grados Celsius, la conductividad eléctrica era de 2 050 y 2 730 uS/cm, y los sólidos disueltos totales fueron de 745,1 y 954,2 NTU, respectivamente. Los valores de potencial de hidrógeno fueron de 8,621 y 8,602, los sulfatos tuvieron un contenido de 31,69 y 31,69 mg/l, concentraciones de oxígeno disuelto de 4,5 y 4,9 mg/l, cloruros 262,4 y 276,58 mg/l, nitratos 24,8 y 24,8 mg/l, dureza total de 88,17 y 40,57 mg/l. Concluyó que, la conductividad eléctrica y los cloruros estuvieron por encima de los niveles

máximos permitidos. Los demás parámetros, en cambio, se mantuvieron dentro del rango típico.

Añazco (2020) realizó una investigación titulada “Diseño e implementación de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas - Región Amazonas, 2019”, tuvo como objetivo analizar la eficiencia de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas – Región Amazonas, 2019. El diseño de investigación fue no experimental de tipo aplicado y descriptivo. La población estuvo conformada por el agua de la quebrada Ponasapa y la muestra estuvo conformada por el caudal de 6,83 m³/día para cada uno de los dos filtros. La variable independiente fue el filtro de agua a base de lechos filtrantes y la variable dependiente fue la eficiencia en la calidad del agua, cuyos parámetros evaluados fueron potencial de hidrógeno, temperatura, oxígeno disuelto. El análisis estadístico fue a través del uso de cuadros descriptivos. Los resultados indicaron que el potencial de hidrógeno neutro y la temperatura por debajo de 21 °C favoreció el desarrollo de la trucha. El oxígeno disuelto estuvo por debajo del ECA, también hubo baja concentración de nitrógeno amoniacal, aunque dentro de lo normal. En cuanto a los otros parámetros, estos presentaron un valor menor a la Categoría 2 del ECA del D.S. 004-2017-MINAM. El diseño de los filtros tuvo las siguientes medidas: 0,5 m de largo, 0,5 m de ancho y 1,0 m de altura, respectivamente. El caudal de tratamiento fue de 6,83 m³/día, con un tiempo de retención de 41 s. El lecho del filtro de arena (excepto para la fina que fue de 24 cm) estuvo formado por capas de 12 cm de espesor. Las capas estuvieron constituidas por los siguientes materiales: piedra media zonga, piedra triturada, grava, arena fina y piedra. Mientras que, al lecho filtrante del filtro de arena + carbón solo le agregó carbón activado, pero con el mismo espesor de las capas anteriores. La investigación concluyó que el mejor resultado de remoción de los parámetros fue el filtro de Arena + Carbón Activado.

García (2016) realizó una investigación cuyo objetivo fue realizar la caracterización físico – química de los efluentes de los estanques de piscicultura de la estación experimental del IIAP. Huánuco – Perú. La metodología empleada fue no experimental. La calidad del agua fue evaluada a través de las siguientes variables: oxígeno disuelto, temperatura,

potencial de hidrógeno y conductividad. La técnica fue la observación directa y los instrumentos fueron los equipos de campo. Las muestras de efluentes de cada uno de los tanques, fueron colocadas en botellas de vidrio de 500 ml (al borde). El procesamiento de los datos fue mediante el uso de cuadros y gráficas descriptivas. Los resultados determinaron que los valores de demanda biológica de oxígeno, potencial de hidrógeno y de la temperatura de las aguas residuales de los estanques cumplieron las normas de calidad ambiental y de vertido de efluentes. Los valores medios de oxígeno disuelto del efluente del estanque 6 estuvieron dentro del rango aceptable de calidad del agua, sin embargo, los valores medios del efluente de los otros estanques estuvieron dentro del rango que indica una mala calidad del agua. Las características de potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y temperatura en el efluente del estanque 6 fueron mayores que las de los otros efluentes, debido a la menor profundidad del estanque 6. Concluyó que los valores medidos para el tanque 6 presento los mejores resultados.

Local

Amacifen y Guevara (2017) llevaron a cabo una investigación que tuvo como objetivo determinar la incidencia de la crianza de *Oreochromis niloticus* “tilapia” en la calidad del agua y su impacto ambiental, en el distrito de Moyobamba 2015. La investigación fue no experimental, de tipo y nivel de investigación aplicada y descriptiva. La población estuvo conformada por 10 granjas acuícolas de producción de “tilapia” del distrito de Moyobamba. La muestra estuvo constituida por 5 granjas acuícolas. Para la recolección de datos hicieron uso de fuentes primarias y fuentes secundarias. El procesamiento y análisis de datos fueron no informáticos y realizaron la comparación de los resultados con los estándares de calidad ambiental (ECA). Los resultados revelaron que, a lo largo de las estaciones húmeda y seca, el afluente presenta un pequeño aumento de la claridad, temperatura, el potencial de hidrógeno y el oxígeno disuelto en comparación con la campaña 1. Los nitratos y nitritos mantuvieron un comportamiento constante a lo largo de ambas campañas, mientras que el amoníaco disminuyó en 0,04 mg/l. En cuanto a los efluentes, la campaña 2 presentó una pequeña mejora con respecto a la campaña 1, especialmente en lo que respecta a la claridad, temperatura, y el oxígeno disuelto. Los niveles de nitritos, nitratos y amoníaco descendieron a lo largo de la campaña 2; esto debido a que el experimento fue ejecutado durante la estación seca. En conclusión, existió una diferencia significativa en los resultados medios obtenidos de los efluentes y de los

efluentes de las explotaciones acuícolas. Durante el monitoreo registraron valores más altos en los afluentes, lo que significó que la afluencia de agua en las granjas acuícolas tuvo un mayor porcentaje de amoníaco, nitratos y nitritos debido a la carga orgánica de la afluencia. Esto implicó que los indicadores de calidad del agua analizados en el efluente no superaron los requisitos de calidad ambiental del agua definidos por el D. S. N° 015-2015-MINAM para el agua y condiciones óptimas para la piscicultura en hábitats tropicales, aunque los niveles de nitritos y amoníaco superaron los niveles de los afluentes con valores de 0,36; 0,12, y 0,1 mg/l respectivamente.

Mesía (2015) realizó una investigación que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los parámetros de temperatura, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno y sólidos totales en suspensión de los efluentes generados por la actividad acuícola continental, distrito de Moyobamba- 2013. El diseño de la investigación fue no experimental, de tipo de investigación básica y descriptiva. La población estuvo conformada por la totalidad de granjas acuícolas operativas de menor escala que fueron alimentadas en un 100 % con alimentos balanceados del distrito de Moyobamba. La muestra estuvo conformada por 3 granjas acuícolas de menor escala. Para la recolección de datos utilizó la técnica de fuentes primarias y fuentes secundarias. El tratamiento y el análisis de los datos fueron realizados manualmente, ya que estuvieron basadas en la comparación de los resultados del laboratorio con las normas de calidad ambiental del ECA's, y en la proyección de tablas y gráficos derivados de los resultados de campo y de oficina. Los resultados mostraron que los efluentes de la granja del Sr. Cristir del Águila Cruz - Estación de Monitoreo No. 02 excedieron los ECA's definidos para el total de sólidos suspendidos en 50,7 partes por millón. El autor al comparar los promedios correspondientes con la calidad del agua de los insumos de la granja acuícola, encontró un aumento de 395,9 partes por millón en los sólidos suspendidos totales. Esto significó que la concentración de sólidos en el agua se multiplica por ocho tras su utilización. La demanda bioquímica de oxígeno aumentó en 5,7 mg/l, es decir, un 203,6 %, o el doble en comparación con el valor inicial. En cambio, el oxígeno disuelto decreció en 0,7 mg/l, lo cual representó solo al 11,1 %, esto se debió especialmente al incremento del proceso de desintegración orgánica e incremento de sólidos, así como el potencial de hidrógeno incrementó en un 0,5 mg/l lo cual significó el 7,46 % de los procesos de oxidación reducción del contenido orgánico compuestos por excretas y alimento balanceado no aprovechado por los peces. Lo que llevó a concluir que la alteración de

estas variables de la calidad del agua producto del suministro de alimento balanceado permite determinar probables y negativos impactos ambientales, lo que podría generar inadecuadas condiciones para su disposición directa.

García (2014) realizó una investigación que tuvo como objetivo determinar la contaminación del agua por sólidos suspendidos generado por el uso de alimento balanceado en la piscicultura. Moyobamba – Perú. El diseño de investigación fue experimental. El tipo de investigación fue de acuerdo con la orientación y de acuerdo con la técnica de contrastación. La población estuvo constituida por la totalidad de granjas acuícolas de menor escala que cultivan las especies “tilapia” Nilótica del distrito de Moyobamba. La muestra estuvo conformada por 4 granjas acuícolas, utilizó la técnica de fuentes primarias y secundarias. La metodología consistió en la determinación de los puntos de muestreo, toma de muestras y frecuencia de muestreo. El procesamiento y análisis de datos fue no informático, es decir, basado en la comparación de los resultados obtenidos en laboratorio con los estándares de calidad ambiental ECA's, y exhibiciones de cuadros y gráficos obtenidos de los resultados obtenidos de campo y gabinete, la variable dependiente fue la concentración de sólidos en suspensión. Como resultado obtuvo que, el nivel de sólidos en suspensión de las granjas piscícolas aumentó de 54,49 ppm a 202,38 ppm, que significa un aumento de 371 %, debido al suministro de alimento balanceado extruido. Lo que llevó a concluir que, aunque los niveles de sólidos suspendidos en los estanques no sobrepasaron los estándares de calidad ambiental, existió un riesgo alto de efectos negativos ambientales, como la reducción del oxígeno disuelto o incremento del contenido orgánico.

Tarazona y García (2010) realizaron una investigación, cuyo objetivo fue evaluar los parámetros físicos y químicos del agua de estanques de fondo firme y fangoso en el cultivo de peces. El diseño de esta investigación fue experimental. La muestra de agua fue tomada en dos niveles del estanque (zona bentónica y zona superficial), específicamente en la zona de vaciamiento, por considerar una columna de mayor dinamismo y zona vulnerable. La toma de muestra fue semanalmente, por un periodo de cuatro (04) meses (entre agosto y diciembre), evaluaron parámetros físicos (transparencia) y químicos (potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto, dióxido de carbono

y amonio). El análisis estadístico de los resultados fue realizado a través de cuadros y figuras estadística, el procesamiento de la información fue realizado en el programa estadístico SAS. De acuerdo a los resultados el potencial de hidrógeno medio global de la zona bentónica fue de 6,32; la transparencia media global del fondo firme fue de 19,16 cm; el oxígeno disuelto medio global de la zona bentónica fue de 2,15 mg/l; el potencial de hidrógeno medio global de la zona superficial fue de 6,71; la zona superficial tuvo una concentración media de amonio de 0,95 mg/l; el dióxido de carbono medio global de la zona bentónica fue de 19,74 mg/l; el oxígeno disuelto medio global de la zona superficial fue de 2,95 mg/l; la zona bentónica tuvo una concentración media de amonio de 1,18 mg/l; el dióxido de carbono medio global de la zona superficial fue de 16,89 mg/l; la zona bentónica tenía una temperatura media de 28,96 °C y la zona superficial tenía una temperatura media de 29,42 mg/. Estos resultados permitieron concluir que los parámetros físicos y químicos del agua de estanques de fondo firme, estuvieron cerca de los parámetros adecuados que permiten el cultivo de peces.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Calidad del agua para la piscicultura

En piscicultura, la calidad del agua es determinante para el desarrollo de peces. Por lo tanto, para obtener un buen rendimiento, es necesario mantener controlados los parámetros físicos y químicos que aseguren el medio para el desarrollo de las especies cultivadas. Estudios ha demostrado que los peces son susceptibles ante cambios en la concentración de minerales, de tal manera que reduce su capacidad respiratoria y metabólica, provocando un retraso en el crecimiento que conduce a una reducción de la productividad. La turbidez, el color, el olor y el sabor, son los parámetros de mayor importancia en la verificación de la calidad del agua (Ríos, 2021; Bautista y Ruiz, 2011).

1.2.2. Tipos de piscicultura

Se entiende como piscicultura a aquellas actividades en donde se aplican técnicas y conocimientos para la crianza de especies animales. En los últimos años, la piscicultura ha llegado a ser una actividad de suma importancia en la producción de alimentos a nivel mundial (Vera *et al.*, 2019). Existen varios tipos de piscicultura.

- a. Piscicultura de repoblación (extensiva). Caracterizada por ser un tipo de crianza en cuerpos de agua libre o pozas artificiales, la siembran peces es con fines recreativos, bajas densidades de siembra, la alimentación de los peces depende de lo que puedan obtener de la naturaleza, sistema de producción de bajo nivel tecnológico (Voto, 2004).
- b. Piscicultura semi intensiva. Considera la construcción de estanques llamados micropresas de nivel tecnológico intermedio, la alimentación de peces es complementaria y de bajo valor nutricional (polvillo de arroz, maíz, yuca, etc). Es el tipo de cultivo más utilizado en por los piscicultores (El productor, 2017)
- c. Piscicultura intensiva. Es un sistema de alto nivel tecnológico, hay un control eficiente del agua utilizada en los estanques (entrada y salida), las dietas utilizadas son de alto valor nutritivo, la siembra y cosecha se realiza exclusivamente con fines comerciales, se usan estanques altamente eficientes en costo y espacio (Vera *et al.*, 2019).

1.2.3. Descripción de especies para el desarrollo de la piscicultura

a. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) “tilapia”

Prabu *et al.* (2019) señalan que, *Oreochromis niloticus* “tilapia”, considerada como una de las especies de peces más importantes en la piscicultura tropical y subtropical, constituye una fuente importante de ingresos económicos y proteína animal en todo el mundo. La “tilapia” puede crecer y reproducirse en medio de una amplia gama de condiciones ambientales y tolerar el estrés inducido por la manipulación. La población de machos de un solo sexo de “tilapia” es bien reconocida por su mayor potencial de producción y sus bajos requisitos de manejo. Hoy en día, la “tilapia” se ha convertido en la estrella brillante de la piscicultura y también se la conoce popularmente como “pollo acuático”, y la tasa de consumo ha aumentado en todos los sentidos. La producción mundial anual de “tilapia” cultivada ha aumentado significativamente en los últimos años.

b. *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816) “gamitana”

Minaya (2018) señala que la “gamitana” (nombre con el que se le conoce en Perú) es una especie que solo se encuentra en la Amazonía peruana. Este pez pertenece al orden de los carácidos y constituye la especie de mayor diversidad piscícola de agua dulce en Sudamérica. Esta especie es considerada el carácido más grande de la Amazonía. Dentro de sus ventajas tenemos la resistencia a enfermedades, por ello su elevado valor comercial, además, este pez puede alcanzar hasta 90 centímetros de longitud y 30 kilos de peso. Sin embargo, la población de esta especie se ha visto reducida considerablemente en la región amazónica, debido a su gran demanda.

c. *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) “paiche”

De acuerdo la Gonzales (2019) es una especie acuática que se encuentra distribuida en los ríos de la Amazonía en América del Sur, esta especie es de gran tamaño con un peso aproximado de 250 kg y 3 m de longitud. Este pez se alimenta de especies como “boquichico”, “carachama”, “sardinas” entre otros, bajo condiciones de crianza acepta alimento balanceado. El color de su carne es de color blanquecino, carece de huesos intermusculares, posee escamas color rojizas, sus branquias son pequeñas y deben salir a la superficie para tomar aire.

d. *Prochilodus nigricans* (Spix y Agassiz, 1829) “boquichico”

Es una especie de tamaño pequeño de color plateado, de escama de borde negro. Se encuentra en ríos y lagos en la Amazonía peruana, pesa hasta 2 kg, puede llegar a medir hasta 40 cm. Los principales centros de producción a nivel nacional están en los departamentos de San Martín, Loreto, Ucayali y Madre de Dios. La boca está adaptada para raer y chupar la superficie del fondo, así como pequeños dientes labiales (Atencio *et al.*, 2013).

e. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) “trucha”

Oriunda de cuencas de norte américa que drenan hacia el pacífico, tolerante a varios climas, la temperatura óptima para la crianza es por debajo de 21 °C, las truchas criadas en agua dulce pueden alcanzar un peso promedio de 4,5 kg en 3 años, la alimentación de esta especie depende de especies acuáticas como peces pequeños, huevos de peces y otros crustáceos. La carne de este pez, suele tener una coloración naranja-rosado. La edad sexual de esta especie es alcanzada a partir del segundo año, las hembras suelen desovar 1 500 huevos por kilogramo de peso vivo, si la hembra pesa 2 kg puede desovar hasta 3 500 huevos (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2021).

1.2.4. Tanques de geomembrana

Son tanques circulares de plástico con soporte metálico que son utilizados en sistemas intensivos de crianza y engorde de especies acuáticas, la geomembrana de polietileno es de alta densidad con diferentes milímetros de grosor, es resistente a los rayos UV y de forma cilíndrica que permita resistir la presión de agua. Este tipo de sistemas ofrece ventajas al productor como: mayor producción con un menor uso mínimo de agua, facilidad en la alimentación de peces, transporte de la infraestructura, facilidad para el recambio de agua (Apaza, 2018).

1.2.5. Uso de geotanques en piscicultura

El uso adecuado de los tanques de las instalaciones de piscicultura debe adaptarse al comportamiento de las especies, para mejorar su capacidad de natación y mejorar su salud al reducir los niveles de estrés. Las dimensiones de los tanques utilizados en piscicultura permiten hacer uso eficiente del espacio, el flujo combinado de agua y oxígeno suministrados, y la reducción de áreas estancadas (zonas muertas) y corrientes de cortocircuito dentro de la piscina. Por último, el uso de geotanques facilitan la eliminación del estiércol y los alimentos no consumidos, de esta manera reducir los riesgos para la salud y los impactos ambientales de las operaciones de piscicultura (Pérez, 2018).

Durante muchos años, los *raceways* o sistemas de flujo continuo, se han utilizado en las instalaciones piscícolas principalmente para facilitar la construcción, la facilidad de captura o clasificación de peces y para hacer también un mejor uso del espacio. Sin

embargo, desde el punto de vista hidrodinámico, los *raceways* presentan varios problemas tales como: menor velocidad del agua, lo que facilita la acumulación de heces y alimentos no consumidos en el fondo del tanque; se presentan zonas muertas y corrientes de cortocircuito. Esto da lugar a un ecosistema diverso con una mayor prevalencia en los lugares más cercanos al suministro de agua (Oca *et al.*, 2004).

Por otro lado, existen diseños que combinan las ventajas de tanques rectangulares como tanques circulares, entre estos diseños se encuentra el tanque multivortex de Watten *et al.* (2000), que consiste en un tanque rectangular con entradas y salidas de agua organizadas de manera que promueven el desarrollo de vórtices idénticos, resultando en un movimiento hidrodinámico bastante similar al de los tanques circulares.

Velocidad del agua en los tanques

Arthur *et al.* (2012) afirma que los niveles óptimos de velocidad del agua en estanques pueden tener importantes efectos beneficiosos en la piscicultura, incluidos aumentos significativos en la eficiencia alimentaria, las tasas de crecimiento, la calidad de la ingesta de carne, la supervivencia y la salud debido a la reducción del estrés. Sin embargo, el diseño de las instalaciones piscícolas a menudo no presta mucha atención a la capacidad de controlar la velocidad del agua en el tanque, lo cual constituye un determinante clave del rendimiento de nado de la mayoría de las especies.

En general, la tasa de reciclaje del depósito está determinada, en primera instancia, por el consumo de oxígeno de la biomasa. En relación a un tanque rectangular, con el fin de ajustar el caudal de agua según las necesidades de las especies cultivadas, es necesario calcular: 1) el flujo de reciclaje según la biomasa que se va a introducir; 2) la cantidad de agua en el tanque en función de la biomasa absorbible por unidad de volumen; 3) la longitud y sección transversal del tanque. En este sentido, se debe tener en cuenta que la velocidad aumenta la longitud y disminuye la sección transversal del tanque (Oca y Masaló, 2007).

Oca y Masaló (2007), señalan que en el caso de tanques circulares y multivortex, el volumen de agua en el tanque rotaría sobre el eje central del vórtice, con una velocidad tangencial dependiente del impulso que ejerce el flujo de agua de la entrada. Para la misma corriente de entrada, los pulsos variarán según el diámetro y la dirección del orificio de entrada. Esto permite cambiar la velocidad dentro del tanque cambiando las propiedades del agua que ingresa. En cuanto a la distribución de la velocidad dentro del tanque, esta variará significativamente según la ubicación de la salida de agua, lo cual muestra la distribución de velocidad en dos tanques con el mismo alimentador, el primero con salida en el medio y el otro con salida a través de la pared del tanque.

Autolimpieza de las heces y pienso no ingerido

Para Masaló (2008), los desechos sólidos producidos por el forraje deben eliminarse del interior del estanque, ya que absorberán parte del oxígeno disponible para los peces y producirán una fuente secundaria de amoníaco (el principal insumo serán los excrementos de los peces). Además de ser retirados del tanque de almacenamiento, deben devolverse posteriormente para su procesamiento o, en todo caso, no liberarse al medio ambiente. La remoción de biosólidos del tanque dependerá de la velocidad del agua, por un lado, lo que contribuirá a promover la reactivación y/o entrenamiento de los biorresiduos, y por otro lado el rendimiento de la natación. También contribuirá a la reanudación de la actividad, por lo que un aumento en la densidad de heces flotantes facilitará la autolimpieza del fondo del tanque.

1.2.6. La evaluación y fiscalización ambiental piscícolas en el Perú

a) Plan Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental – PLANEFA

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2015), la PLANEFA es una herramienta de planificación a través de la cual cada controlador ambiental programa las acciones de control ambiental que están bajo su cargo, las cuales serán implementadas durante el año respectivo, con la finalidad de dirigir y liderar el desarrollo de las funciones técnicas y los programas de evaluación y control de la entidad que corresponda.

b) Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

El OEFA es un organismo técnico especializado dentro del Ministerio del Ambiente, que se encarga del monitoreo ambiental y de asegurar el justo equilibrio entre la inversión privada en las actividades empresariales, la economía, el medio ambiente y la protección ambiental. El control ambiental está a cargo del OEFA, institución que lo realiza a través de la función de evaluación, que incluye el seguimiento y control de la calidad del medio ambiente y sus componentes (como agua, aire, suelo, plantas y animales). Además, esto significa definir las responsabilidades ambientales del subsector de hidrocarburos.

Bajo la jurisdicción del OEFA, hasta la fecha, se encuentran los sectores de minería (medianas y grandes minas), energía (hidrocarburos y electricidad), pesca (pesca industrial y piscicultura a gran escala), manufactura (cerveza, papel, cemento), brotes de bambú, curtido, fundición de metales, biocombustibles, bebidas procesadas, procesamiento de azúcar, etc.

El resto de las actividades económicas se encuentran bajo la jurisdicción de las Entidades de fiscalización ambiental (EFA) de ámbito nacional, regional o local, que conforman el SINEFA. En relación con las entidades mencionadas, el OEFA ejerce una función normativa y una función supervisora a las EFA. Con respecto a organismos vivos modificados (OVM), el OEFA ejerce la vigilancia, control, supervisión, fiscalización y sanción en cuanto al cumplimiento de obligaciones fiscalizables relacionadas a la liberación de los OVM. El OEFA, a través de la fiscalización ambiental que ejerce, realiza una protección ambiental efectiva mediante capacitaciones y con ayuda de la participación ciudadana. Para hacer esto posible, el OEFA cuenta con el servicio de información nacional de denuncias ambientales (SINADA) a través todos pueden denunciar actividades que podrían constituir delitos ambientales. El OEFA mediante su eficiente fiscalización, crea y fortalece lazos de confianza entre la población y las empresas. La rápida intervención del incumplimiento a la normativa ambiental ayuda a prevenir la formación de conflictos socio ambientales, y en los casos en los que existan conflictos recurrentes, el OEFA desempeña un rol muy importante en la solución de dichos conflictos, creando espacios de diálogo, brindando orientación técnica que faciliten llegar a la adopción de acuerdos (OEFA, 2015).

1.2.7. Impacto ambiental de la piscicultura

La piscicultura se considera actualmente una fuente fundamental de producción de alimentos. Sin embargo, como resultado de la construcción y el diseño de grandes estanques o jaulas piscícolas que necesitan una cantidad considerable de agua, esta actividad puede llegar a tener un impacto negativo en los cuerpos receptores tales como ríos, lagos, presas, lagunas, etc. De esta manera, los organismos que viven en estos cuerpos receptores podrían ser afectados por la acumulación de alimento industrial, medicamentos para el control de enfermedades y materia orgánica en general, las cuales proporcionan niveles altos de contaminantes ricos en fósforo, potasio y nitrógeno lo que ocasiona a su vez graves consecuencias por procesos de eutrofización (González, 2017).

El impacto de la piscicultura en el medio ambiente se puede verificar a través de tres procesos principales: El consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación del producto final. La producción de alimento para especies carnívoras como los salmónidos, genera una presión muy alta sobre los bancos de peces. A esto se suma, la intensiva intervención que generan las prácticas acuícolas lo cual degrada el medio ambiente de forma paulatina. La actividad piscícola genera impactos a los cuerpos de agua a través de las enormes cantidades de desechos, tales como el alimento que los peces no lograron consumir los cuales se sedimenta en el fondo marino, dañando un espacio que es utilizado por las otras especies. En segundo lugar, se encuentran la introducción de antibióticos y sustancias químicas al ecosistema. También se encuentran la introducción de ovas foráneas las cuales aumentan la probabilidad de proliferación de enfermedades, sin contar los desechos que se generan como resultado de la faena. A esto se suma el hecho de que una significativa cantidad de nutrientes disueltas en las corrientes de aguas podrían producir fenómenos de eutrofización (Buschmann, 2001).

1.2.8. Evaluación de la calidad ambiental del agua

Según Salazar (2020):

los estándares nacionales de calidad ambiental para agua (ECA-Agua), son indicadores de calidad ambiental, las cuales miden las concentraciones de elementos y sustancias en

el agua. Su finalidad es fijar metas que representan el nivel a partir del cual se puede afectar significativamente el ambiente y a la salud humana; estas medidas se realizan en el cuerpo receptor del río (p,15).

De acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM (2017). La categoría 4 hace referencia a la conservación del ambiente acuático indica que “Entiéndase como aquellos cuerpos naturales de agua superficiales que forman parte de ecosistemas frágiles, áreas naturales protegidas y/o zonas de amortiguamiento, cuyas características requieren ser protegidas” (p.11), el cual presenta límites máximos permisibles de agentes contaminantes (Figura 1).

Figura 1

Estándares de Calidad de Ambiental para agua de río

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos	
			Costa y sierra	Selva
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002

Nota. Extraído a partir del Decreto Supremo N° 004-2017 – MINAM

1.2.9. Sistema de recirculación de agua (RAS)

Según Jiménez (2018) La producción acuícola en sistemas de recirculación de agua (RAS) ofrece beneficios ambientales significativos al conservar el agua, reducir la

liberación de contaminantes y permitir un control más efectivo de enfermedades. Estos sistemas también presentan ventajas en términos de eficiencia energética y flexibilidad de ubicación

Arancibia (2023) menciona como ventajas del sistema de recirculación de agua:

- a. **Conservación del agua:** Los sistemas de recirculación de agua en la acuicultura permiten un uso más eficiente del agua en comparación con los sistemas convencionales. En lugar de depender de la reposición continua de agua fresca, los sistemas RAS recirculan y tratan el agua, lo que reduce significativamente la cantidad de agua necesaria para la producción de peces. Esto es especialmente valioso en regiones donde el agua dulce es escasa o costosa.
- b. **Reducción de contaminantes:** Los sistemas RAS son diseñados para minimizar la liberación de contaminantes al medio ambiente. Al recircular el agua, se pueden implementar múltiples etapas de filtración y tratamiento para eliminar los desechos sólidos, los nutrientes en exceso y los productos químicos tóxicos. Esto ayuda a mantener una calidad del agua adecuada para los peces y reduce la carga de contaminantes liberados al entorno.
- c. **Control de enfermedades:** Los sistemas RAS proporcionan un ambiente más controlado y aislado, lo que ayuda a prevenir y controlar la propagación de enfermedades entre los peces. La capacidad de monitorear y mantener parámetros críticos, como la temperatura y la calidad del agua, contribuye a la salud y el bienestar de los peces, reduciendo así la necesidad de utilizar medicamentos y productos químicos para el tratamiento de enfermedades.
- d. **Eficiencia energética:** Si bien los sistemas RAS requieren energía para operar las bombas, los sistemas de filtración y otros equipos, su diseño permite optimizar el uso de energía. La recirculación del agua reduce la necesidad de calentar o enfriar grandes volúmenes de agua, lo que puede resultar en ahorros significativos en comparación con los sistemas de flujo continuo.

- e. **Potencial de ubicación flexible:** Los sistemas RAS son adecuados para diversas ubicaciones, incluidas áreas urbanas o zonas con limitaciones de agua. Dado que no dependen de la disponibilidad de cuerpos de agua naturales, se pueden establecer granjas acuícolas en lugares donde la acuicultura convencional no sería viable.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La presente investigación fue un estudio cuantitativo, puesto que se realizaron mediciones numéricas de la variable objeto de estudio. El alcance fue descriptivo, puesto que se analizó las concentraciones de sólidos suspendidos totales, se realizó una comparación con otros parámetros de interés. El diseño del estudio fue no experimental puesto que solo se realizó la medición de la variable concentración de sólidos totales en suspensión al ingreso de afluente y a la salida del efluente (Fernández *et al.*, 2014).

2.2. Lugar y fecha

La investigación se realizó en la región San Martín, provincia de Moyobamba, distrito de Jepelacio, específicamente en la Piscigranja Comunal de Jepelacio, la cual inició en marzo 2019 y culminó en octubre 2019.

Materiales utilizados en la investigación

- Recipientes porta muestras
- Capota
- Guantes
- Pilas doble A
- Botas de jebe
- Tablero de madera
- Balde (20 litros)
- Papel bond A-4
- Cámara digital
- Tinta de impresora negro
- Tinta de impresora color

- Lapicero
- Equipo Blower

Equipos utilizados en la investigación

- Análisis de laboratorio
- Teléfono, fax, internet
- Fotocopiadora
- GPS

2.3. Descripción del experimento

2.3.1. Etapa preliminar

Descripción del área de ejecución del proyecto

Consistió en la georreferenciación del área de ejecución del proyecto de investigación, evaluación de las condiciones físicas, meteorológicas y productivas del entorno.

2.3.2. Etapa campo

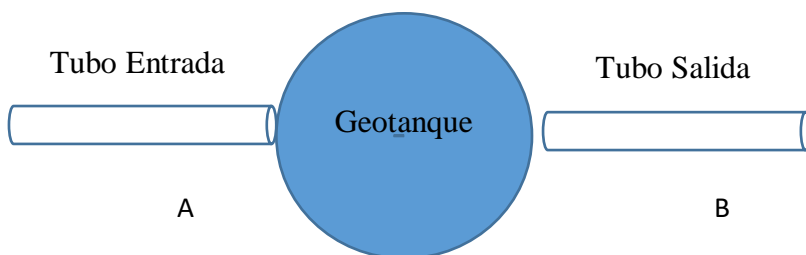
Determinación de los puntos de muestreo

Para realizar el procedimiento de muestreo se tuvo como referencia la investigación realizada por Hoyos (2011), quien reporta haber realizado muestreo inicial para evaluar el estado inicial del afluente. Los puntos de muestreo (Figura 2) fueron los siguientes:

- Tubería de ingreso del agua al geotanque (A), con la finalidad de obtener datos preliminares previos al proceso productivo y conocer la carga en sólido con la que ingresa.
- Tubería de descarga del agua usada del geotanque (B), estuvo ubicado en la parte central del geotanque, el cual determinó la concentración de sólidos suspendidos totales que aporta el proceso productivo.

Figura 2

Ubicación de estaciones de muestreo



Nota. Adaptado de Delfini (2016).

Procedimiento para la toma de muestras para análisis

- Se procedió con la colocación de los guantes de jebe antes de la toma de muestras.
- Se tomó un recipiente, se retiró la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- Antes de coleccionar las muestras se enjuagó como mínimo dos veces, con el agua a ser coleccionado para evitar adulteración en los datos a obtener.
- Se coleccionó la muestra del chorro de la tubería que cae al geotanque y luego otra muestra en la tubería de salida del geotanque, se consideró un espacio alrededor del 1 % aproximadamente de la capacidad del envase (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2016).
- Las muestras fueron recolectadas con frecuencia mensual

2.3.3. Etapa gabinete

En esta etapa se analizó y tabuló la información que se recaudó en la etapa de campo con el fin de determinar los sólidos suspendidos totales del agua usada en la crianza de peces con sistema de geotanques y su impacto ambiental. Posterior a ello, se elaboraron las recomendaciones y luego se concluyó con la redacción del informe final de tesis.

2.4. Identificación de la variable y su mensuración

A continuación, se muestra la variable que se evaluó para este estudio de investigación

Parámetro a evaluar : Sólidos suspendidos totales

Parámetros a comparar : Turbidez, potencial de hidrógeno, temperatura, oxígeno disuelto

Calidad ambiental del Agua : Estándar de calidad ambiental

- **Sólidos suspendidos totales**

Se consideró esta variable en función a las investigaciones realizadas por Carpio y Fernández (2019), Mesía (2015) y Hoyos (2011). Los sólidos suspendidos totales se definen como la proporción de sólidos retenidos por un filtro de fibra de vidrio a una temperatura de 103-105 °C. Una muestra bien mezclada se pasó por un filtro de fibra de vidrio convencional y se pesó previamente, y el resto se secó a una temperatura constante de 103-105 °C. El aumento del peso del filtro corresponde a un aumento del total de partículas en suspensión. Si la suspensión obstruye el filtro y aumenta el tiempo necesario para el filtrado, se puede utilizar la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos disueltos totales para determinar los sólidos suspendidos totales. Este método se puede aplicar al agua potable superficial.

- **Turbidez, potencial de hidrógeno, temperatura, oxígeno disuelto**

En la presente investigación no se realizó la evaluación cuantitativa de: turbidez, potencial de hidrógeno, temperatura y oxígeno disuelto, se realizó una breve descripción de la aproximación de dichos parámetros tomando como punto inicial la concentración de sólidos totales suspendidos y compararlo con los resultados obtenidos en otras investigaciones.

- **Calidad del agua**

La evaluación de la calidad del agua fue analizada tomando en cuenta los estándares de calidad ambiental según Decreto Supremo N° 004 -2017-MINAM, de esa forma calificar el efluente obtenido del proceso de crianza de “tilapia”.

2.5. Análisis estadístico de los datos

Para el análisis de las muestras se realizó un análisis estadístico descriptivo gráfico teniendo en cuenta la metodología sólidos suspendidos totales o disueltos en agua EPA 160.1 March 1983. El mismo procedimiento se realizó con cada muestra obtenida por cada geotanque

durante los 4 meses de evaluación y periodo productivo. Se realizó, además, la comparación con los estándares de calidad ambiental para Agua – ríos de la selva, en el cual se establecen los niveles máximos de sólidos suspendidos totales; determinando así su impacto ambiental. La organización y presentación de los resultados se realizó mediante cuadros y gráficos.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Descripción del proceso productivo a nivel semi intensivo de la crianza de peces en el geotanque evaluado

a) Datos generales de la unidad productiva materia de evaluación

Nombre : Fish y Acuicultura EIRL
Propietaria : Ing. Liz Magaly Vargas Díaz
Autorización : Producción de Semilla y Carne de “tilapia”
Ubicación : Sector - Pablo Yacu
Distrito : Jepelacio
Provincia : Moyobamba
Departamento : San Martín
País : Perú
Coordenadas : WGS84: 286496 – 9329930

b) Características de los geotanques utilizados

Cantidad : 2
Diámetro : 7 metros
Volumen : 39,40 m³
Material : geomembrana HDPE de 1,5 mm

c) **Instalación de la infraestructura**

Se realizó la limpieza, nivelación y diseño del área a trabajar, luego se elaboró el diseño del sistema desde el ingreso hasta la salida del agua. Con apoyo de personal capacitado se desdobló la malla electrosoldada para dar una mayor uniformidad y poder colocarlo con facilidad.

Se colocó un tubo de entre 3" o 4" de instalación sanitaria en el centro de la geomembrana con un codo a 90° para que permita la salida del agua. Se consideró una pendiente de 15 cm hacia el centro para que trabaje de manera rotativa y pueda desechar todos los sólidos. Una vez unida la geomembrana con la instalación sanitaria, se remachó bien para evitar fugas en el centro del estanque.

Posterior a ello, siguió el montaje de la membrana en el soporte de la malla electrosoldada, dándole forma a la circunferencia. Una vez estructurada se colocó cinturones de acero alrededor de la malla y se fijó con pernos para evitar que el estanque pueda tener deformidades. Se colocaron los tubos a una distancia de 1 ½ m. de distancia para dar soporte y firmeza del estanque.

Se realizó la instalación hidráulica para llenar los estanques utilizando tubería de aprox. 2" para un llenado rápido del estanque, Se instaló la válvula sanitaria y se realizó colocación de blower para oxigenar el estanque. En el centro del estanque se colocó cuatro discos difusores de oxígeno para poder tener un mayor incremento de organismos por m³, estos difusores también permitieron realizar el recambio de agua constante empezando con un 10 % y al final de la cosecha tiene que ser un 100 %.

Las labores de mantenimiento consistieron en la revisión frecuente para evitar fugas.

d) Características del cultivo

Nombre común	: “tilapia”
Nombre científico	: <i>Oreochromis niloticus</i>
Densidad de siembra	: 20 x m ³
Nivel de cultivo	: Intensivo
Peso de siembra	: 20 g promedio
Peso de cosecha	: 220 g promedio
Tipo de alimento	: Balanceado extruido
Periodo de cultivo	: 4 meses
Tipo de alimento	: Balanceado extruido

e) Tipo de alimento suministrado

AQUATECH (alimento comercial preparado)

Proteína	: 45 %
Grasa	: 10 %
Fibra	: 4 %
Calcio	: 13 %
Fósforo	: 4 %
Ceniza	: 12 %
Humedad	: 12 %

f) Cálculo del alimento proporcionado y frecuencia de alimentación

La Tabla 1 y Tabla 2 están expuestos los datos sobre la cantidad de alimento y frecuencia de alimentación en la presente investigación.

Tabla 1*Cálculo del alimento proporcionado*

Etapa	Número peces	Peso promedio (g)	Biomasa (g)	Porcentaje alimento (%)	Cantidad de alimento / día (g)	Raciones / día (g)
Precría	788	5	3,940	10	394	49,25 / 8 raciones
Cría	788	20	15,760	6	945,6	189,12 / 5 raciones
Alevín	788	25	19,700	5	985	197 / 5 raciones
Juvenil	788	50	39,400	4	1 576	525,3 / 3 raciones
Engorda	788	100	78,800	3	2 364	788 / 3 raciones

Tabla 2*Frecuencia de alimentación*

Etapa	9:00 a.m.	10:00 a.m.	11:00 a.m.	12:00 m.	1:00 p.m.	2:00 p.m.	3:00 p.m.	4:00 p.m.	Proteína (%)
Cría temprana (g)	49,25	49,25	49,25	49,25	49,25	49,2	49,2	49,25	45
Cría (g)	189,12		189,1		189,1		189,1	189,1	45
Alevín (g)	197		197		197		197	197	45
Juvenil (g)	523,3			523,3				523,3	35
Engorda (g)	788			788				788	35

3.2. Monitoreo de concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en geotanques

Los siguientes resultados son los encontrados en el análisis de los geotanques N° 1 y N° 2, cuyos informes oficiales de ensayo se encuentran en los Apéndices 1 y 2 respectivamente. Además, se corrobora la visita a la zona con evidencias fotográficas que se encuentran expuestas en el Apéndice 4.

3.2.1. Resultados del monitoreo de concentración de sólidos suspendidos totales en suspensión del agua usado en la crianza de peces en el geotanque N° 01

En la Tabla 3 se presentan los resultados encontrados con respecto a los sólidos suspendidos totales en suspensión encontrados en el geotanque N° 1.

Tabla 3

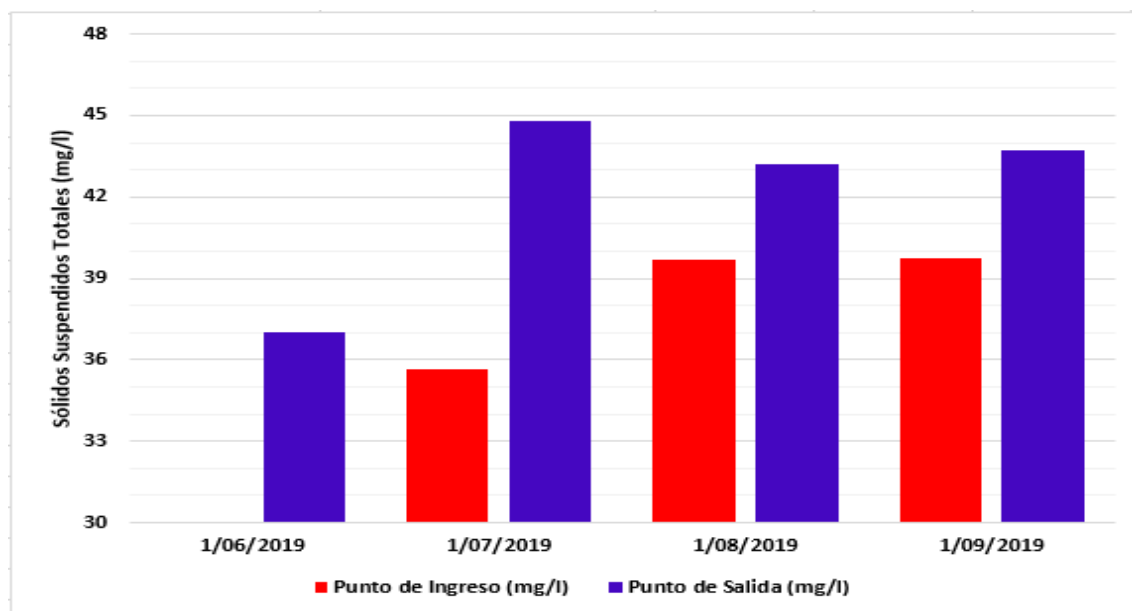
Resultados de sólidos suspendidos totales en suspensión geotanque N° 1

Geotanque	Fecha	Punto de ingreso (mg/l)	Punto de salida (mg/l)
1	1/06/2019	.....	37,02
1	1/07/2019	35,65	44,79
1	1/08/2019	39,69	43,23
1	1/09/2019	39,76	43,74

La Figura 3 muestra que la concentración de sólidos suspendidos totales en el punto de ingreso del agua al geotanque se mantiene por debajo del punto de salida en un rango de entre los 35,65 y 39,76 mg/l.; contrariamente los resultados obtenidos en el punto de salida del agua del geotanque se encuentran por encima de los obtenidos en el punto de ingreso del agua; se evidencia un incremento progresivo que va desde los 37,02 hasta los 44,79 mg/l.

Figura 3

Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 1



3.2.2. Resultados del monitoreo de concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en el geotanque N° 2

La Tabla 4 muestra los resultados encontrados con respecto a los niveles de sólidos suspendidos totales encontrados en el geotanque N° 2.

Tabla 4

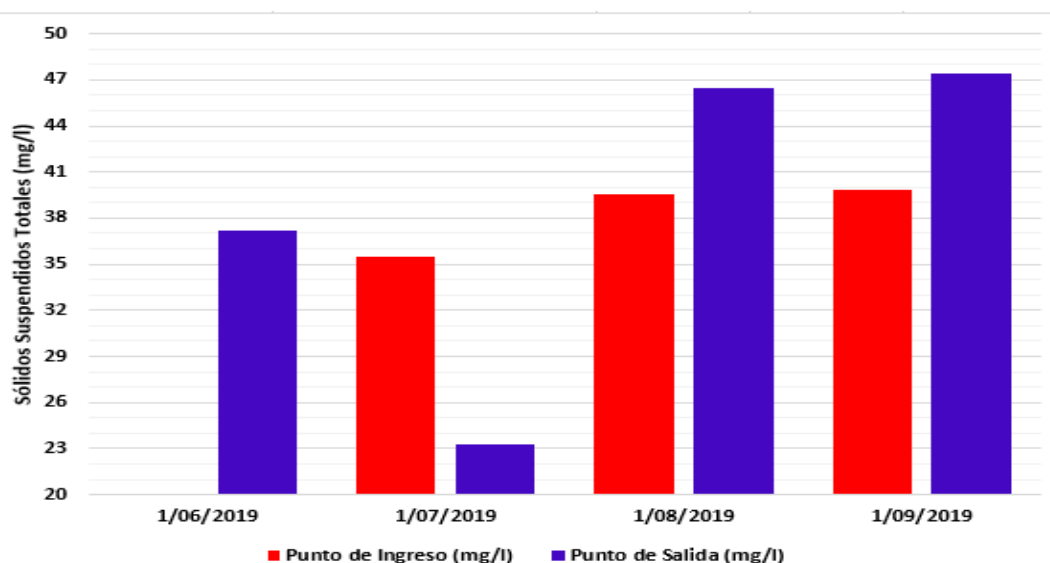
Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 2

Geotanque	Fecha	Punto de ingreso (mg/l)	Punto de salida (mg/l)
2	01/06/2019	.....	37,2
2	01/07/2019	35,47	23,25
2	01/08/2019	39,51	46,45
2	01/09/2019	39,83	47,39

La Figura 4 muestra que la concentración de sólidos suspendidos totales en el punto de ingreso del agua al geotanque N° 2 se mantuvo en un rango de entre los 35,47 y 39,83 mg/l; y los resultados obtenidos en el punto de salida del agua del geotanque en el primer, tercero y cuarto muestreo se encuentra por encima de los obtenidos en el punto de ingreso del agua; se observa un incremento progresivo que va desde los 37,2 hasta los 47,39 mg/l.

Figura 4

Resultados de sólidos suspendidos totales geotanque N° 2



3.3. Evaluación de la calidad ambiental del agua

En esta sección se presentan los resultados de la concentración de sólidos suspendidos totales en relación con los estándares de calidad ambiental.

3.3.1. Resultados de la evaluación de la concentración de sólidos suspendidos totales con los ECAs del agua usado en el geotanque N° 1

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la evaluación de los sólidos suspendidos totales del geotanque N° 1, en comparación con los estándares de calidad ambiental.

Tabla 5

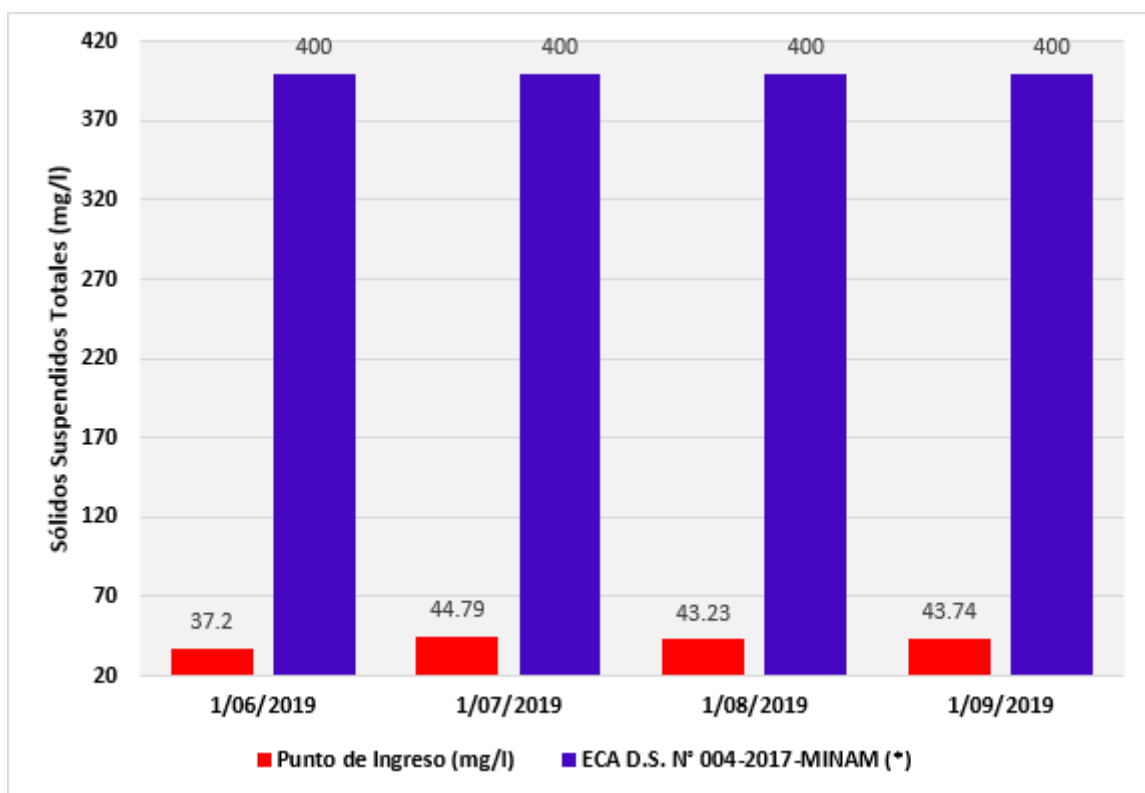
Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales geotanque N° 1, con los estándares de calidad ambiental-ECA

Geotanque	Fecha	Punto de ingreso (mg/l)	ECA D.S. N° 004-2017-MINAM	Punto de salida (mg/l)	ECA D.S. N° 004-2017-MINAM
1	01/06/2019	.....	.....	37,02	400
1	01/07/2019	35,65	400	44,79	400
1	01/08/2019	39,69	400	43,23	400
1	01/09/2019	39,76	400	43,74	400

La Figura 5 muestra que los resultados obtenidos de los muestreos realizados y evaluados con la categoría 4, “Conservación del ambiente acuático– ríos de la selva de los estándares de calidad ambiental para aguas”, establecen que la concentración de sólidos suspendidos totales en el cultivo de “tilapia” en geotanques no superan los ECA’s establecidos que son de 400 mg/l. La mayor concentración obtenida en el geotanque N° 1 durante todo el proceso productivo fue de 43,74 mg/l; no generando impacto ambiental sobre el recurso agua y cuerpo receptor.

Figura 5

Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales geotanque N° 1, con los estándares de calidad ambiental – ECA



3.3.2. Resultados de la evaluación de la concentración de sólidos suspendidos totales con los ECA's del agua usado en el geotanque N° 2

En la Tabla 6 se presentan los resultados sobre la concentración de sólidos suspendidos totales con los ECA's (ver Apéndice 3) del agua usado en el geotanque N° 2.

Tabla 6

Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales geotanque N° 02, con los estándares de calidad ambiental-EC

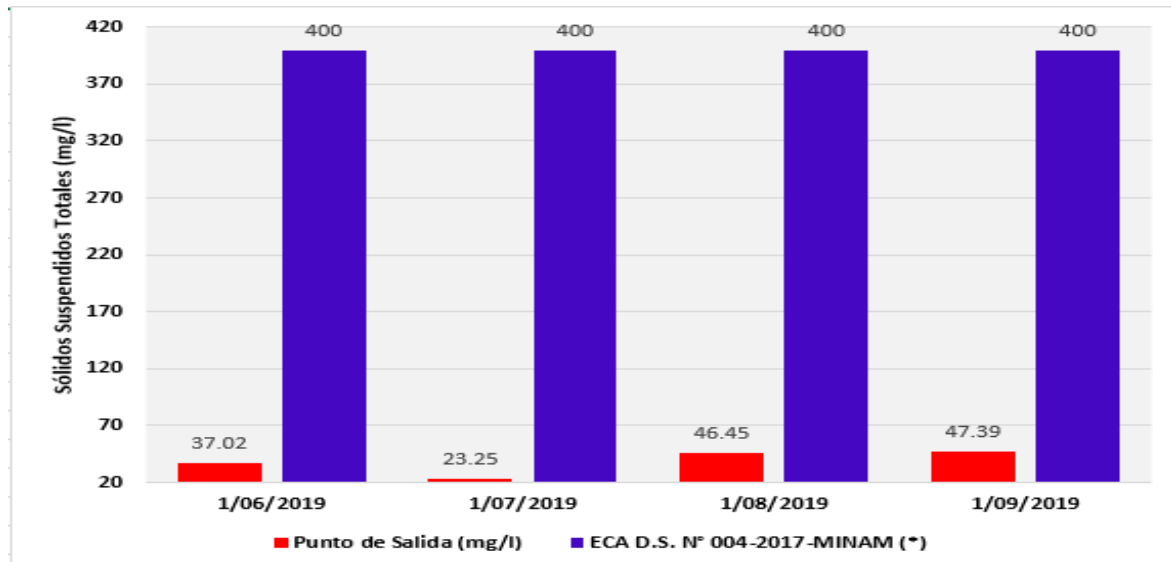
Geotanque	Fecha	Punto de ingreso (mg/l)	ECA D.S. N° 004-2017-MINAM	Punto de salida (mg/l)	ECA D.S. N° 004-2017-MINAM
2	01/06/2019	.....	.....	37,02	400
2	01/07/2019	35,65	400	23,25	400
2	01/08/2019	39,69	400	46,45	400
2	01/09/2019	39,76	400	47,39	400

Nota. Los resultados fueron comparados con la Categoría 4 - Conservación del ambiente acuático - ríos de la selva

La Figura 6 muestra que los resultados obtenidos de los muestreos realizados y evaluados con la categoría 4, “conservación del ambiente acuático– ríos de la selva de los estándares de calidad ambiental para aguas”, establecen que la concentración de sólidos suspendidos totales en el cultivo de “tilapia” en geotanques no superan los ECA’s establecidos que son de 400 mg/l. La mayor concentración obtenida en el geotanque N° 02 durante todo el proceso productivo fue de 47,39 mg/l; no generando impacto ambiental sobre el recurso agua y cuerpo receptor.

Figura 6

Resultados de la evaluación de sólidos suspendidos totales. Geotanque N° 02, con los estándares de calidad ambiental – ECA's



CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Proceso productivo de la crianza de peces en el geotanque

La piscicultura en sistema de geotanques en la Región San Martín, es una actividad innovadora promovida por el Gobierno Regional de San Martín a través de la Dirección Regional de Producción y el proyecto “tilapia”, la cual es una alternativa de desarrollo sostenible que permite garantizar la seguridad alimentaria y es amigable con el medio ambiente, el proceso de alimentación varía de acuerdo al crecimiento y peso de los peces (“tilapia”), desde etapa cría, alevín, juvenil, engorda hasta su reproducción, para ello se adquirió alimento a base de: harina de pescado, polvillo, ñelen, harina de soya, polvillo, sal, aceite y los aminoácidos esenciales tales como metionina y lisina que sirvieron para prevenir enfermedades.

Una vez instalado y subsanado posibles fallas del sistema de geotanque, se procedió al llenado del mismo, para fertilizar el agua del geotanque se utiliza un producto “20 20” diluido con agua $1\text{g}/\text{m}^3$, para $39,40\text{ m}^3$ de agua se utilizó 394 g del producto “20 20” (contiene 20 unidades de nitrógeno y 20 unidades de fósforo) diluido en 3 litros de agua. Se esperó 3 días para que las microalgas proliferen y posterior a ello se realizó la siembra de los alevines cuya densidad poblacional fue $20\text{ peces}/\text{m}^3$, de acuerdo al volumen utilizado se utilizaron 788 peces para siembra. El rango de temperatura ambiental estuvo en el rango de $22^\circ\text{C} - 28^\circ\text{C}$ de acuerdo a las condiciones del lugar, al ser agua de origen pluvial el potencial de hidrógeno estuvo en un rango entre 6,5 y 6,9.

4.2. Resultados de la concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en geotanque

De acuerdo a los resultados de la concentración de los sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en el geotanque N° 1; en el punto de ingreso del agua al geotan-

que se mantuvo por debajo del punto de salida en un rango de entre los 35,65 hasta los 39,76 mg/l. Contrariamente, los resultados obtenidos en el punto de salida del agua del geotanque estuvieron por encima de los obtenidos en el punto de ingreso del agua. Se evidencia un incremento progresivo que va desde 37,02 hasta los 44,79 mg/l. Los resultados de la concentración de los sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en el geotanque N° 2; en el punto de ingreso del agua al geotanque se mantuvo en un rango de entre los 35,47 hasta los 39,83 mg/l; y los resultados obtenidos en el punto de salida del agua del geotanque en el primer, tercero y cuarto muestreo se encontraron por encima de los obtenidos en el punto de ingreso del agua. Se observa un incremento progresivo que va desde los 37,2 hasta los 47,39 mg/l.

Este comportamiento fue similar al hallado en la investigación realizada por García (2014), quien demostró el incremento de la concentración de sólidos suspendidos totales en granjas acuícolas de Moyobamba, cuyo valor incrementó de 54,49 hasta los 202,38 mg/l (371 %), sin embargo, en esta investigación, el incremento no fue tan significativo posiblemente debido a la cantidad de alimento, el tamaño de la piscigranja, lo cual también estaría relacionado con el número de peces; el autor también indicó que las precipitaciones también pueden causar variaciones en las concentraciones de sólidos totales. Por otro lado, en la investigación de Carpio y Fernández (2019) los resultados de sólidos totales fueron de 203, 119 y 110 mg/l, pero es preciso mencionar que estos valores solo fueron analizados del agua de entrada y no del agua de salida, similar situación en la investigación de Caicedo y Coello (2010) quienes analizaron los sólidos suspendidos totales en agua de río, cuyos valores estuvieron por debajo de 480 mg/l.

En cambio Mesía (2015) encontró que, en la entrada de los estanques el agua lleva una concentración de 50,7 ppm y en la salida tiene 395,9 ppm, el agua tuvo 8 veces más sólidos suspendidos totales después de ser utilizada en la acuicultura, estos niveles fueron superiores a los encontrados en esta investigación, la explicación está sustentada en que el autor consideró piscigranjas con un año en funcionamiento, además de tener áreas de más de 2000 m² y el uso de alimento extruido, siendo este último otro factor que pudiera incrementar el contenido de sólidos totales. Además de ello, Choque (2021) presentó valores de 745,1 y 954,2 NTU que equivalen a 248 y 318 mg/l, los cuales estuvieron por encima en

comparación a los resultados de esta investigación debido a que el agua utilizada en dicho estudio estuvo sujeta a eutrofización, lo que provoca el deterioro de la calidad del agua cuya consecuencia final es el deterioro de la actividad piscícola.

Estos dos autores demostraron que la piscicultura afectó la calidad del agua, particularmente comparando los valores de sólidos suspendidos totales en el ingreso y la salida del uso del agua para esta actividad. Este sistema es una alternativa sostenible y eficiente para la producción de peces, ya que permite el uso eficiente del agua y minimiza el impacto ambiental en comparación con otras técnicas de acuicultura. Además, los geotanques utilizados en este sistema son fáciles de construir y mantener, lo que los convierte en una opción económica para los productores de peces. De no utilizarse algún método de crianza moderno, el nivel de sólidos suspendidos totales en la salida de agua de las granjas de piscicultura seguirá encontrándose a elevadas concentraciones.

Los sólidos suspendidos pueden acumularse en los filtros, tuberías y otros componentes del sistema, lo que reduce su eficiencia y capacidad de funcionamiento, Arancibia (2023) afirma que, la obstrucción de los filtros puede disminuir la capacidad de retención de partículas sólidas y afectar la calidad del agua que circula en el sistema, lo que puede resultar en una afectación la salud de los peces y promover el crecimiento de algas y microorganismos no deseados. Así mismo Jiménez (2018), menciona que, Los sólidos suspendidos pueden sedimentar y acumularse en el fondo de los tanques y unidades del sistema. Esta acumulación de lodos puede generar condiciones anaeróbicas y la liberación de compuestos tóxicos, lo que afecta negativamente la salud de los peces y el equilibrio biológico del sistema.

En un sistema de recirculación de agua, la relación entre los sólidos suspendidos totales y el sistema radica en la necesidad de controlar y minimizar la presencia de sólidos suspendidos para garantizar un funcionamiento eficiente, una calidad de agua adecuada y un ambiente saludable para los peces. El uso de estrategias de filtración adecuadas y la implementación de componentes de filtración adecuados son clave para mantener los niveles de sólidos suspendidos dentro de los límites aceptables y preservar la salud y el rendimiento del sistema de recirculación.

- **Parámetros físico químicos**

De acuerdo a LabProcess (2023) existe una correlación directa entre la turbidez con los sólidos suspendidos totales, es decir a medida que sólidos suspendidos totales aumentan, también lo hará la turbidez, ello debido a que los sólidos pueden ser de origen orgánico o inorgánico, disminuyen la claridad del agua; el mismo autor señala que la evaluación cuantitativa de la turbiedad puede. Así mismo, Valenzuela *et al.* (2017) afirma que niveles bajos de turbiedad permiten la disipación del calor que pueda existir en el cuerpo de agua, ello significa el no incremento de la temperatura del medio. Si bien es cierto el presente estudio no evaluó este parámetro y tomando en cuenta los registros fotográficos resulta pertinente afirmar que el nivel de turbiedad al finalizar la investigación fue bajo.

De acuerdo a Brito y Rodríguez (2009), como se citó en Valenzuela *et al.* (2017), la tilapia es una especie acuática que se desarrolla adecuadamente en aguas con potencial de hidrógeno neutro o levemente alcalino, siendo capaz de tolerar el potencial de hidrógeno hasta de 5. Amacifen y Guevara (2017) al evaluar el agua de cinco granjas determinaron rangos de potencial de hidrógeno entre 6,8 y 7,2 es decir cercanos a la neutralidad, así mismo Mesía (2015) quien monitoreó tres granjas piscícolas encontró valores entre 6,3 y 6,8, los valores mas bajos estuvieron en los efluentes. El mismo autor señala que los sólidos totales en suspensión tuvieron valores muy altos, lo cual generó un impacto en el incremento de la temperatura, así mismo en la disminución del potencial de hidrógeno. De ello se puede inferir que existe una relación inversa entre la turbidez y el potencial de hidrógeno. Resulta importante mencionar que las granjas piscícolas mencionadas fueron de origen natural, por lo tanto resulta evidente que los parámetros como turbidez y temperatura presenten cierto incremento en sus valores, así como cierta reducción del potencial de hidrógeno. En función a estos resultados de los sólidos totales suspendidos y comparaciones con la literatura, es adecuado afirmar que el nivel de potencial de hidrógeno estuvo en un rango cercano a la neutralidad y la temperatura no tuvo incremento significativo.

Por otro lado, Blanco (1995), como se citó en Hoyos (2011), menciona que existe una relación inversa entre la temperatura y la concentración de oxígeno disuelto, siendo este último un parámetro importante puesto que los peces necesitan oxígeno para mejorar el

crecimiento del pez. Según los resultados planteados por Hoyos (2011), los valores de los parámetros de calidad de agua no sobrepasaron los estándares de calidad, el valor del oxígeno disuelto estuvo entre 6,5 y 7, Carpio y Fernández (2019) obtuvieron valores entre 4,9 y 5,2 lo cual represento un nivel aceptable de este parámetro. Por otro lado, Choque (2021) al utilizar jaulas flotantes en la crianza de truchas obtuvo valores de oxígeno disuelto entre 4,5 y 4,9. Sin embargo, García (2016) realizó evaluaciones en 6 estanques piscícolas de diferentes tamaños, de los cuales analizó la concentración de oxígeno disuelto y determino que, los estanques más pequeños generan niveles de oxígeno disuelto muy bajos con respecto a los límites establecidos, lo cual lo categoriza como agua de mala calidad, ello posiblemente debido a que existió una mayor densidad poblacional de peces. Amacifen y Guevara (2017) evaluaron el oxígeno disuelto en piscigranjas diseñadas a nivel del suelo y determinaron que el oxígeno disuelto estuvo entre 5,7 y 6,1, a pesar de ello los autores concluyen que estos valores no afectan al medio ambiente.

Los peces poseen un umbral de saciedad, lo cual implica que, si se proporciona una cantidad excesiva de alimento, éste no será consumido y en cambio se acumulará en el agua. La descomposición del alimento no consumido resultará en una liberación de amoníaco y otros compuestos orgánicos, ello aumentará los niveles de contaminación en el agua y disminuirá su calidad. En función a lo comparado y analizado, el cambio en la alimentación de los peces en granjas puede causar el incremento en sólidos totales solubles y afectar en la disminución de oxígeno disponible lo cual genera la clasificación de “mala” los efluentes provenientes de esta actividad (García, 2014).

4.3. Evaluación de la calidad ambiental del agua

De los resultados de la evaluación de la concentración de sólidos suspendidos totales obtenidos de los muestreos realizados y evaluados con la categoría 4, “Conservación de los ambientes acuáticos – ríos de la selva de los estándares de calidad ambiental para aguas”, aprobado mediante Decreto Supremo N° 004 -2017-MINAM, se establece que la concentración de sólidos suspendidos totales en el cultivo de “tilapia” en geotanques no superan los ECA’s establecidos que son de 400 mg/l, ya que la mayor concentración obtenida en el geotanque N° 01 durante todo el proceso productivo fue de 43,74 mg/l y la mayor concentración obtenida en el geotanque N° 02 durante todo el proceso productivo fue de

47,39 mg/l, las cuales no generaron impacto ambiental negativo sobre el recurso agua y cuerpo receptor.

Conforme a lo anterior, Carpio y Fernández (2019) determinaron que los niveles obtenidos de sólidos (203, 119 y 110 mg/l) estuvieron por debajo del Límite máximo de aceptación para la normativa mexicana (< 500 mg/l). Por otro lado, Mesía (2015) manifestó que la calidad del agua de las granjas de piscícolas disminuye con el uso intensivo de esta actividad, pues obtuvo un aumento del 395,9 ppm en los sólidos suspendidos totales, lo que significó un incremento de ocho veces los valores obtenidos al inicio de su experimento. Por otro lado, Caicedo y Coello (2010) al analizar los sólidos disueltos totales en el agua de río encontraron valores menores a 480 mg/l, con lo que afirmaron que el agua cumplió con las ECA's, sin embargo, los autores recomendaron tratamiento previo al agua de río. Por otro lado, Choque (2021) a pesar de utilizar otra especie acuática como la "trucha", determinó que los niveles de contaminación del agua de estanque estuvieron por debajo de los límites máximos permitidos. Sin embargo, García (2016) determinó que los contenidos de sólidos totales en los efluentes no cumplieron con los estándares de calidad ambiental, ello podría deberse a la dimensión de los estanques, así como también a las especies utilizadas en dicha investigación y a la cantidad de peces por estanque, el autor dejó en claro que estos valores pueden cambiar con el tiempo y significar implicancias ambientales con el transcurrir del tiempo.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que:

- Los 2 geotanques involucrados fueron de 7 metros de diámetro, con un volumen de agua de 39,40 m³ cada uno y una densidad de siembra de 20 unid/m³. El peso promedio de la “tilapia” en la siembra fue de 20 g y en la cosecha fue de 220 g.
- La concentración de sólidos suspendidos totales para la salida geotanque N° 1 fue 43,74 y la salida en el geotanque N° 2, fue de 47,39 mg/l.
- La Evaluación de la concentración de sólidos suspendidos totales con los estándares de calidad del ambiental – ECA’s del agua concluye que ambos geotanques presentaron una concentración menor al límite permitido por la norma (400 mg/l), ya que, la mayor concentración de sólidos suspendidos totales del geotanque N° 01 fue de 43,74 y del geotanque N° 02 fue de 47,39 mg/l.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Promover este tipo de investigaciones en geo tanques con densidades mayores y nivel de cultivo súper intensivo con la finalidad de conocer más acerca de la descripción del proceso productivo a nivel semi intensivo de la crianza de peces. De esa manera se podría tecnificar la crianza y adaptar tecnologías, reduciendo el uso de agua y calidad de la misma en todo el Alto Mayo.
- Trabajar conjuntamente con las entidades públicas y privadas para realizar el monitoreo de concentración de sólidos suspendidos totales del agua usado en la crianza de peces en geotanques, así como también otros parámetros requeridos para la actividad acuícola con la finalidad de seguir mejorando la crianza de peces. De esta manera se podría contribuir al desarrollo sostenible de estas especies.
- Se sugieren investigaciones que incluyan: el análisis de parámetros físicos químicos como el potencial de hidrógeno, la temperatura, oxígeno disuelto entre otros; así como la valoración de los impactos ambientales de la actividad acuícola. De esa manera plantear estrategias y generar soluciones.

REFERENCIAS

- Atencio, V., Kerguelén, E., Naar, E., y Petro, R. (2013). Desempeño reproductivo del bocachico *Prochilodus magdalenae* inducido dos veces en un mismo año. *Revista MVZ Córdoba*, 18(1), 3304-3310.
- Aguilar, J., Soto, D., y Brummett, R. (2017). Aquaculture zoning, site selection and area management. FAO and World Bank Group, 395. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/958ece24-3675-4f9c-ae1c-7269ff0e791c/>
- Amacifen, M., y Guevara, R. (2017). *Incidencia de la crianza de tilapia *Oreochromis niloticus* en la calidad del agua y su impacto ambiental, en el distrito de Moyobamba - 2015*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio Institucional Digital. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2551>
- Añazco, E. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de lechos filtrantes de agua para la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chachapoyas - Región Amazonas, 2019*. [Tesis de Grado, Universidad Peruana Unión] Repositorio Institucional. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4308>
- Apaza, K (2018). *Cultivo intensivo de paiche (*Arapaima gigas*) desde alevines a juveniles en tanques circulares recubierto de geomembrana a diferentes densidades en la región de Madre de Dios*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9730>
- Arancibia, L. (2023). La acuicultura mediante estanques con agua en recirculación (RAS). Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. https://www.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/34417/2/BCN_La_acuicultura_RAS__VF.pdf
- Arthur, R., Bondad, M., y Subasinghe, R. (2012). Procedimientos para la cuarentena de animales acuáticos vivos. <https://www.fao.org/3/i0095s/i0095s00.htm>
- Autoridad Nacional del Agua [ANA]. (2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de recursos hídricos superficiales https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf
- Bautista, J. y Ruiz, J. (2011). Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana. *Fuente*, 3(8), 10-15. <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/568>

- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), 1-11. doi:10.21142/SS-0101-2020-003
- Buschmann, A. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura. El estado de la investigación en Chile y el mundo. Santiago: Terram Publicaciones.
- Caicedo, J., y Coello, J. (2010). *Determinación de la calidad del agua de los ríos de la Provincia de Chimborazo, Parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Sólidos Totales Disueltos, Oxígeno Disuelto y Amonio* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Repositorio Digital UNACH. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/714>
- Calzada, B. (1985). Métodos estadísticos aplicados a la Investigación científica. <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/240/1/libro3.pdf>.
- Carpio, M., y Fernández, O. (2019). *Análisis de la calidad del agua para el manejo de tilapia (Oreochromis sp) y Chame (Dormitator latifrons) en el Km 27.5 vía a Daule*. [Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39894>
- Cervigon, F. (1983). La Acuicultura en Venezuela. Banapfundaciencia-Avea. Caracas. 121pp
- Choque, G. (2021). *Determinación de parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona faro), 2021*. [Tesina de grado, Universidad Privada San Carlos]. Repositorio Institucional UPSC <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC%20S.A.C./342>
- Delfini, A. (2016). Cultivo de tilapia en estanques de Tierra en Ecuador. *Aquamar S.A.*, 1–41. https://cals.arizona.edu/azaqua/ista/ISTA7/Memorias/alfonso_delfini.pdf
- El Productor (2017). Sistemas y modos de producción acuícola. <https://elproductor.com/2017/05/sistemas-y-modos-de-produccion-acuicola/>
- Fernández, C., Hernández, R., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana editores.
- Galeano, C. (2000). Geoproductos. https://www.academia.edu/6358397/Geotanques_Piscícolas

- García, F. (2014). *Determinación de la contaminación del agua por sólidos suspendidos, generado por el uso de alimento balanceado en la piscicultura*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio Institucional Digital. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/250>
- García, J. (2016). Caracterización de los efluentes en los estanques de piscicultura del IIAP - Huanuco. [Informe de prácticas, Universidad Nacional Agraria de La Selva] https://web2.unas.edu.pe/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/pp-%20GARCIA%20NAMUCHE.pdf
- Gonzales, L. A. (2019). Cultivo experimental del paiche (*Arapaima gigas*) en ambiente controlado del laboratorio costero IMARPE–Huacho.[Tesis de posgrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2659>
- González, E. (2017). *Impacto ambiental de la acuicultura intensiva en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, Nariño*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59203>
- Hoyos, D. (2011). *Evaluación del impacto de la retención de sólidos suspendidos en los estanques de cultivo de trucha sobre la calidad fisicoquímica del agua para producción de peces*. [Tesis de grado, Universidad del Valle] Biblioteca digital Universidad del Valle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7690/3750-0445521.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés [INVEMAR] (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros Fisicoquímicos y contaminantes marinos. [https://www.researchgate.net/publication/317268003_Manual_de_tecnicas_analitic as_para_la_determinacion_de_parametros_fisicoquimicos_y_contaminantes_marinos_aguas_sedimentos_y_organismos](https://www.researchgate.net/publication/317268003_Manual_de_tecnicas_analitic_as_para_la_determinacion_de_parametros_fisicoquimicos_y_contaminantes_marinos_aguas_sedimentos_y_organismos)
- Jiménez, J. (2018). Instructivo para el diseño, construcción y manejo de sistemas de recirculación en el cultivo de paco. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/02/RAS-2018.pdf>
- La Organización Mundial de Ingredientes Marinos [IFFO]. (2021). Evaluación de los impactos ambientales de la acuicultura. <https://www.iffco.com/es/evaluacion-de-los-impactos-ambientales-de-la-acuicultura>

- LabProcess (2023). Turbidéz y Sólidos Suspendidos Totales.
<https://www.labprocess.es/turbidez-y-solidos-suspendidos-totales>
- Masaló, I. (2008). Hydrodynamic characterisation of aquaculture tanks and design criteria for improving self-cleaning properties. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Mesía, J. (2015). *Vigilancia ambiental de efluentes generados por la actividad acuícola Continental, Distrito de Moyobamba - 2014*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio Institucional Digital.
- Minaya, A. (2018). *Evaluación del perfil hematológico y bioquímico en gamitana (Colossoma macropomum) de La Amazonía Peruana*. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3608>
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2021). Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú. Dirección General de Diversidad Biológica. https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2021/07/libro_ldb_trucha.pdf
- Ministerio del Ambiente [MINAM] (2011). Calidad Ambiental. 1–374. <http://www.ambiente.gob.ec/calidad-ambiental/>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. (2015). Plan anual de evaluación y fiscalización ambiental – PLANEFA – OEFA 2015.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2003). Acuicultura. <https://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2022) tilapia del Nilo - Formulación y preparación/producción de alimentos Alimento vivo. <https://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>
- Oca, J., y Masaló, I. (2007). Design criteria for rotating flow cells in rectangular aquaculture tanks. [Criterios de diseño para celdas de flujo giratorias en tanques acuícolas rectangulares]. *Aquacultural Engineering* 36(1), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.06.001>
- Oca, J., Masaló, I., y Reig, L. (2004). Comparative analysis of flow patterns in aquaculture

rectangular tanks with different water inlet characteristics [Análisis comparativo de patrones de flujo en tanques acuícolas rectangulares con diferentes características de entrada de agua]. *Aquacultural Engineering*, 31(3–4), 221–236.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2004.04.002>

Plan Regional de la Acuicultura. (2019). Sistema Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. *Sistema Nacional De Innovación En Pesca Y Acuicultura: Fundamentos y Propuestas 2017-2022*, 6–100.
<https://www.youtube.com/watch?v=dXNeYHDhqbq&list=RDnYbcVK2jjXc&index=33>

Pérez A. A. (2018). *Elaboración del Estudio de Prefactibilidad para el Montaje de una Empresa de Producción de tilapia Roja en Tanques de geomembrana*. [Tesis de Grado - Universidad Distrital Francisco José de Caldas] Repositorio Institucional.
<https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7787>

Ponce, J., Romero, O., Castillo, S., Arteaga, P., Ulloa, M., González, R., Febrero, I., y Esparza, H. (2006). El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina *Redvet*, 7(7) 1-16. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612753004.pdf>

Prabu, E., Rajagopalsamy, B., Ahilan, B., Andro, M., y Renuhadevi, M. (2019). tilapia – An Excellent Candidate Species for World Aquaculture: A Review [tilapia: una excelente especie candidata para la acuicultura mundial: una revisión]. *Annual Research & Review in Biology*, 31(3), 1–14.
<https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>

Rabasso, M (2006). Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos. *Vector Plus*. <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/6671>

Ríos, E. (2021). *Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos*. Editorial Barreto. Perú

Román, B. (1992). *Peces Ornamentales de Venezuela*. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Barcelona, España.

Royero, R. (1993). *Peces Ornamentales de Venezuela*. Lagoven, S.A. Caracas.

Salazar, J. (2020). *Evaluación del impacto de las aguas residuales sobre la calidad del agua del río Tarma en el período 2015-2019*. [Tesis de pregrado. Universidad Continental] Repositorio Institucional.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7893>

- Statista (2022). Ranking de las principales especies de pesca producidas en piscicultura a nivel mundial en 2019. <https://es.statista.com/estadisticas/634876/principales-especies-en-produccion-de-piscicultura-en-el-mundo/>
- Tarazona, D., y García, A. (2010). *Evaluación de parámetros físicos y químicos del agua, en estanques de fondo firme y fangoso, en el cultivo de peces; eje carretero Yurimaguas - Tarapoto -2009* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2030>
- Watten, B. J., Honeyfield, D. C., y Schwartz, M. F. (2000). Hydraulic characteristics of a rectangular mixed-cell rearing unit [Características hidráulicas de una unidad de crianza rectangular de células mixtas]. *Aquacultural Engineering*, 24(1), 59–73. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(00\)00064-9](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(00)00064-9)
- Valenzuela, R; Martínez, P y Arévalo, J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Ingeniería y Región*, (18) 25-33.
- Vera, C, Areco, D., González, Villalba, M y Freire, M. (2019). La piscicultura como actividad económica rentable en el municipio de ponta porã (ms)–brasil. *Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)*, 3(1).
- Voto, J. (2004). Piscicultura amazónica con especies nativas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), Perú, Lima. <https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap/iiap1/texto.htm>.

TERMINOLOGÍA

Aguas residuales. Reciben este nombre todas aquellas aguas que sufrieron modificaciones de sus características naturales, producto del desarrollo de actividades humanas (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2011).

Alimento extruido. Alimento acuícola balanceado el cual es procesado industrialmente, que se caracteriza por permitir la rápida digestibilidad de carbohidratos, proteínas y lípidos, dicho alimento es formulado en base a requerimientos nutricionales de los peces (FAO, 2022)

Calidad ambiental. La calidad ambiental se refiere al equilibrio natural que existe entre los procesos geoquímicos, biológicos, físicos, y sus múltiples interacciones dentro de un determinado lugar (MINAM, 2011).

Calidad del agua. La calidad del agua está relacionada con las propiedades químicas, físicas, biológicas y sus parámetros dependerán los usos que se requiera como: consumo de las personas, riego, agricultura, entre otras (ANA, 2016).

Estándares de calidad ambiental – ECA. Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor y que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente (MINAM, 2011).

Geotanque. Estructuras circulares utilizadas como granjas piscícolas, están conformados por: estructura en aluminio protegido contra la corrosión; bolsa en geomembranas PVC piscícola 900 micras en color azul claro, estos tanques permiten la circulación del agua, lo cual facilita su limpieza (Galeano, 2000).

Impacto ambiental. Es la modificación negativa o positiva de los componentes o factores ambientales, producto de la ejecución de un proyecto, obra u actividad. Los impactos ambientales, pueden ser directos, indirectos, sinérgicos y acumulativos (MINAM, 2011).

Límite máximo permisible – LMP. Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (MINAM, 2011).

Monitoreo. Obtención espacial y temporal de información específica, sobre el estado de las variables ambientales, funcional a los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental (MINAM, 2011).

Piscicultura. Cría de organismos acuáticos, comprendidos peces, moluscos, crustáceos y plantas. La cría supone la intervención humana para incrementar la producción, ello supone tener la propiedad de las poblaciones de peces que se estén cultivando (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2003).

Sólidos. Materia sólida suspendida o disuelta en el agua o en sus desechos, pueden afectar adversamente la calidad de las aguas en varias formas (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés, 2003).

APÉNDICES

Apéndice 1

Informes de ensayos, Geotanque N° 1



INFORME DE ENSAYO N° 60B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : "DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO - 2018"

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : INGRESO DE AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-07-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:20 P.M

MUESTREO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 31-07-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	35.65

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez

CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 68B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : INGRESO DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-08-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:35 P.M

MUESTREO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-09-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	39.69

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 75B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : INGRESO DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-09-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:45 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-10-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	39.76

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


.....
Ing. Samuel López Chávez

CIE: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 55B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 01-06-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 2:45 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 02-06-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	37.02

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 61B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-07-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:30 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 31-07-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	44.79

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



INFORME DE ENSAYO N° 69B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-08-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:40 P.M

MUESTREO POR : Cliente


FECHA DE EMISIÓN : 01-09-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	43.23

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL



 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: N° 140074
 TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 76B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°01

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-09-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:50 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-10-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	43.74

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Apéndice 2

Informes de ensayos, Geotanque N° 2



INFORME DE ENSAYO N° 62B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : "DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO - 2018"

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : INGRESO DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-07-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:55 P.M

MUESTREO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 31-07-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	35.47

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140874
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 70B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : "DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018"

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : INGRESO DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-08-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:45 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-09-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	39.51

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140374
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 77B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : "DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018"

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : INGRESO DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-09-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 4:10 P.M

MUESTREO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-10-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	39.83

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 56B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 01-06-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 2:52 P.M

MUESTREO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 02-06-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	37.20

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 63B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-07-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:58 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 31-07-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	23.25

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez

CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 71B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-08-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 3:49 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-09-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	46.45

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL


Ing. Samuel López Chávez
CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Jr. San Francisco C-02 – Moyobamba-San Martín-Perú

INFORME DE ENSAYO N° 78B-2019/ANAQUIMICOS/CC/SLCH

SOLICITANTE : GABRIELA CHUQUI VEGA

PROYECTO DE TESIS : “DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN DEL AGUA EN CRIANZA DE PECES CON GEOTANQUES E IMPACTO AMBIENTAL, JEPELACIO – 2018”

TIPO DE MUESTRA : AGUA DE CRIANZA DE PECES

ESTACIÓN : GEOTANQUES N°02

PUNTO DE MUESTREO : SALIDA DEL AGUA

REFERENCIA : DISTRITO DE JEPELACIO

FECHA DE TOMA DE MUESTRA : 30-09-2019

HORA TOMA DE MUESTRA : 4:15 P.M

MUESTREADO POR : Cliente

FECHA DE EMISIÓN : 01-10-2019

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA EN CRIANZA DE PECES

ITEM	PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS
01	Sólidos totales en suspensión	mg/L	47.39

METODOLOGÍA: Sólidos Totales suspendidos o Disueltos en Agua. EPA 160.1 March 1983

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

Ing. Samuel López Chávez

CIP: N° 140674
TITULAR GERENTE

Apéndice 3

Anexo D.S. N°004-2017-MINAM- estándares de calidad del agua

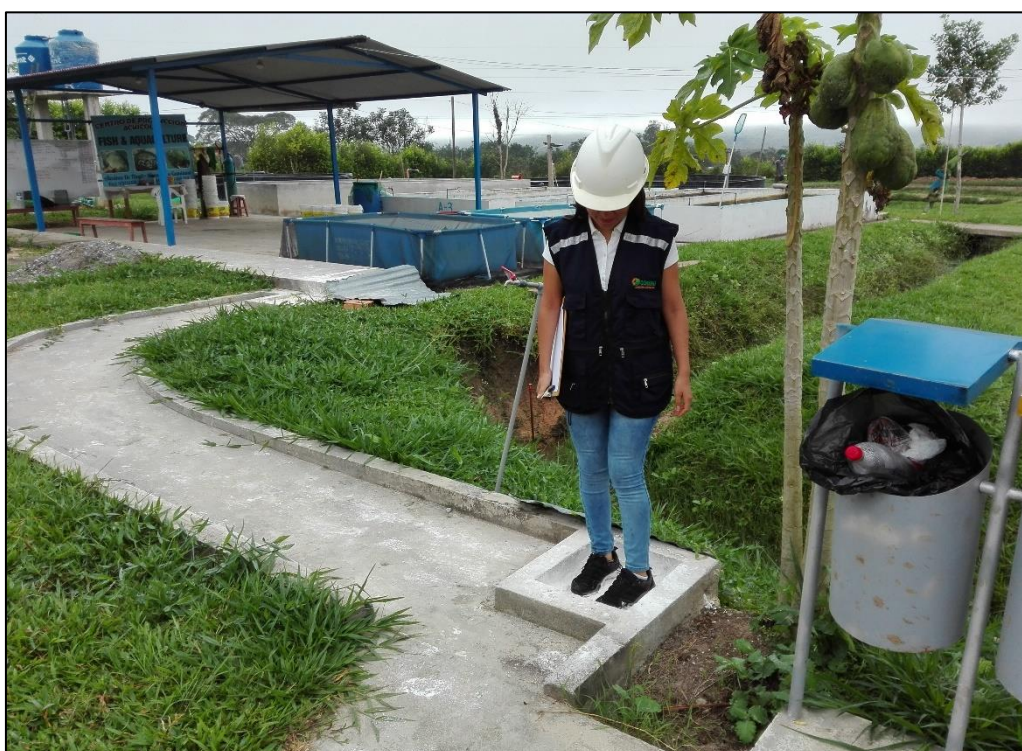
Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃ ⁻) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

Apéndice 4

Imágenes fotográficas

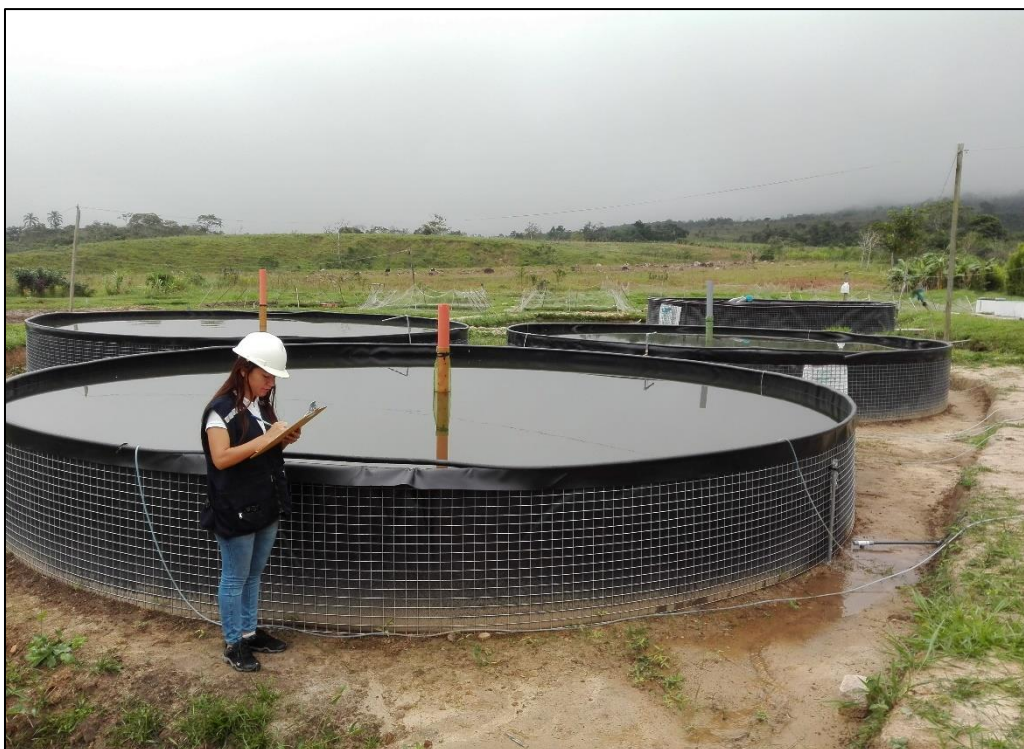
Controles sanitarios en el ingreso al área productiva de la granja acuícola.



Identificación de geotanques y caracterización de la unidad productiva.



Geotanques materia de evaluación.



Limpeza y acondicionamiento de geotanques.



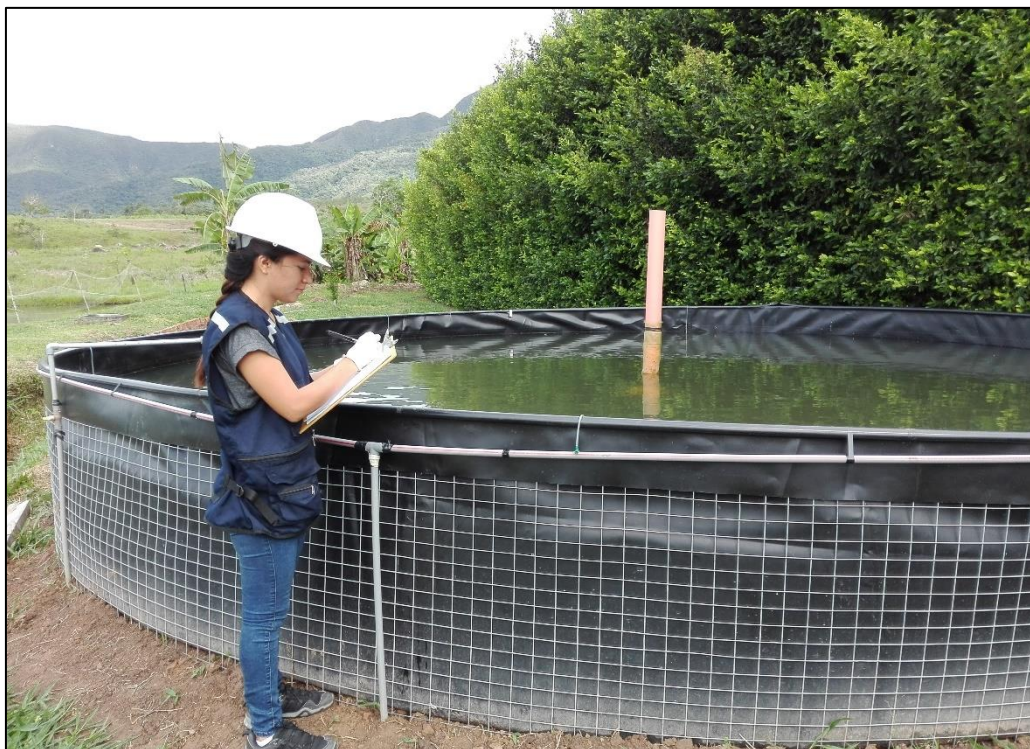
Muestreo de peces de tilapia en evaluación.



Toma de muestras de agua geotanque N° 01.



Toma de muestras de agua geotanque N° 02.





Apéndice 5

Ubicación satelital del lugar de evaluación

