

Proceso primario para  
disminuir la demanda  
bioquímica de oxígeno y los  
sólidos en suspensión en  
piscigranja de tilapia  
(*Oreochromis niloticus*  
Linnaeus)

*por* Kaira Alejandra - Lozada Saldaña

---

**Fecha de entrega:** 21-ago-2023 08:11a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2148907143

**Nombre del archivo:** ING.\_SANITARIA\_-\_Kaira\_Alejandra\_Lozada\_Salda\_a\_1.docx (2.49M)

**Total de palabras:** 13835

**Total de caracteres:** 73443



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Obra publicada con autorización del autor

12

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**Proceso** primario para disminuir **la** demanda bioquímica **de** oxígeno y los sólidos en suspensión en piscigranja de tilapia (*Oreochromis niloticus Linnaeus*)

1

**Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario**

**AUTORA:**

Kaira **Alejandra** Lozada Saldaña

12

**ASESOR:**

Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

**Código N° 6051920**

**Moyobamba – Perú**

**2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**FACULTAD DE ECOLOGÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**Proceso** primario para disminuir **la** demanda bioquímica **de** oxígeno y los sólidos en suspensión en piscigranja de tilapia (*Oreochromis niloticus Linnaeus*)

**AUTORA:**

Kaira Alejandra Lozada Saldaña

<sup>2</sup> Sustentada y aprobada el 07 de setiembre del 2022, por los siguientes jurados:

.....  
**Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**

**Presidente**

.....  
**Ing. M.Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera**

**Secretario**

.....  
**Blgo. M.Sc. Estela Bancas Zapata**

**Miembro**

<sup>2</sup> .....  
**Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza**

**Asesor**

## Declaratoria de autenticidad

**Kaira Alejandra Lozada Saldaña**, con DNI N° 70932130, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autora de la tesis titulada: **Proceso primario para disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión en piscigranja de tilapia (*Oreochromis niloticus Linnaeus*)**.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 07 de setiembre del 2022.



.....  
**Kaira Alejandra Lozada Saldaña**

DNI N° 70932130

## **Dedicatoria**

A mi querida Universidad y docentes que  
me brindaron sus conocimientos día a día  
en las aulas por cinco años.

A mi madre ELIDIA  
SALDAÑA ANGULO, mi  
padre PABLO LOZADAD  
TRIGOZO

## **Agradecimientos**

A mi universidad por acogerme durante cinco años, a mis profesores por compartir sus conocimientos conmigo y a mis compañeros de trabajo por apoyarme durante mi desarrollo profesional.

A mis queridos padres Elidia Saldaña Angulo y Pablo Lozada Trigozo por su apoyo incondicional, su paciencia y dedicación para convertirme en una profesional.

A mis mejores amigos José Manuel Cruz Quintos y Elena Milagros Hoyos Guadalupe por su compañía, sus consejos, sobre todo por creer y confiar en mí.

Al Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, asesor y ser un apoyo incondicional durante el proceso de ejecución de mi proyecto de tesis.

**Índice general**

Dedicatoria .....	vi
Agradecimientos .....	vii
Índice general .....	viii
Índice de tablas .....	ix
Índice de figuras .....	x
Resumen .....	xi
Abstract .....	xii
Introducción .....	1
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
1.1. Antecedentes de la investigación .....	4
1.2. Bases teóricas .....	6
1.3. Definición de términos .....	15
<b>CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	18
2.1. Materiales .....	18
2.2. Métodos .....	18
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
3.1. Resultados .....	22
3.2. Discusión de resultados .....	41
<b>CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	44
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	45
<b>ANEXOS</b> .....	50

## Índice de tablas

Tabla 1. Cantidad promedio de DBO <sub>5</sub> .....	7
Tabla 2. Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales .....	12
Tabla 3. Riego de vegetales y bebida de animales .....	14
Tabla 4. Ensayos con el coagulante inorgánico Sulfato de aluminio .....	21
Tabla 5. Caracterización físico química del río Tonchima antes del contacto con el efluente de la piscigranja .....	22
Tabla 6. Caracterización físico química del río Tonchima después del efluente de la piscigranja.....	23
Tabla 7. Caracterización físico química del efluente de piscigranjas.....	27
Tabla 8. Primer ensayo de prueba de jarras 0,5%.....	28
Tabla 9. Segundo ensayo de prueba de jarras 0,5%. .....	29
Tabla 10. Tercer ensayo de prueba de jarras 0,5% .....	30
Tabla 11. Cuarto ensayo de prueba de jarras 0,5%.....	31
Tabla 12. Quinto ensayo de prueba de jarras 0,5% .....	32
Tabla 13. Primer ensayo de prueba de jarras 1%.....	33
Tabla 14. Segundo ensayo de prueba de jarras 1% .....	34
Tabla 15. Tercer ensayo de prueba de jarras 1% .....	35
Tabla 16. Cuarto ensayo de prueba de jarras 1%.....	35
Tabla 17. Quinto ensayo de prueba de jarras 1% .....	36

## Índice de figuras

Figura 1. Influencia del vertimiento de aguas en la conductividad del río Tonchima....	24
Figura 2. Influencia del vertimiento de aguas en la turbidez del río Tonchima .....	24
Figura 3. Influencia del vertimiento de aguas en los sólidos en suspensión del río Tonchima.....	25
Figura 4. Influencia del vertimiento de aguas en el pH del río Tonchima .....	25
Figura 5. Influencia del vertimiento de aguas en del OD del río Tonchima .....	26
Figura 6. Influencia del vertimiento de aguas en del DBO <sub>5</sub> del río Tonchima .....	26
Figura 7. Ensayo óptimo de sólidos en suspensión al 0,5% .....	37
Figura 8. Ensayo óptimo de sólidos en suspensión al 1% .....	38
Figura 9. Ensayo óptimo de demanda bioquímica de oxígeno al 0,5%.....	38
Figura 10. Ensayo óptimo de demanda bioquímica de oxígeno al 1%.....	39
Figura 11. Disminución de sólidos en suspensión en los ensayos óptimos.....	40
Figura 12. Ensayos de prueba de jarras .....	40

## Resumen

Las piscigranjas de la zona en su mayoría no incluyen ni contienen un pre tratamiento para la disminución de contaminantes (DBO<sub>5</sub> y Sólidos en suspensión), presentes en los efluentes emitidos después de ser utilizadas. Esta investigación se desarrolló en el distrito de Soritor, sector El Bado y tiene como finalidad evaluar el proceso primario, para disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión de las aguas residuales en la crianza de Tilapias (*Oreochromis niloticus Linnaeus*). Se utilizaron métodos como el muestreo y la ejecución de análisis y ensayos, también se aplicó la metodología de prueba de jarras usando el equipo R-Cheminal. Se obtuvo como resultado en el ensayo óptimo valores de: DBO<sub>5</sub> 17 mg/L, el oxígeno disuelto >4 mg/L, el valor del pH es ligeramente ácido, entre los valores de 6,2 y 6,8, los sólidos en suspensión 10 mg/L; concluyendo que el proceso primario logró buenos resultados, llegando a disminuir hasta en 77% la cantidad de sólidos en suspensión y en un 93,2% la cantidad de demanda bioquímica de oxígeno, considerando la dosis óptima de 0,5% de sulfato de aluminio y 150 rpm mezcla rápida y 37,5 rpm mezcla lenta.

**Palabras clave:** Tratamiento, piscigranjas, suspensión, contaminantes.

### **Abstract**

Most of the fish farms of the area do not include or contain a pre-treatment for the reduction of pollutants (BOD5 and suspended solids) present in the effluents emitted after use. This research was carried out in the Soritor district, in the El Bado sector, and its objective is to evaluate the primary process to reduce the biochemical oxygen demand and suspended solids of wastewater in the Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) farm. Methods such as sampling and the execution of analysis and assays were used, as well as the jar test methodology using the R-Cheminal equipment. The optimal test results showed values of: BOD5 17 mg/L, dissolved oxygen >4 mg/L, pH value slightly acidic, between values of 6.2 and 6.8, suspended solids 10 mg/L. It was concluded that the primary process achieved good results, decreasing up to 77% the amount of suspended solids and 93.2% the amount of biochemical oxygen demand, considering the optimal dose of 0.5% of aluminum sulfate and 150 rpm fast mixing and 37.5 rpm slow mixing.

**Key words:** Treatment, fish farms, suspension, pollutants.

## Introducción

A nivel mundial si se habla de calidad y cantidad de los recursos, estos se están viendo afectados por situaciones como las consecuencias que generan las actividades industriales y agropecuarias y el crecimiento poblacional, lo cual acelera el desarrollo de las ciudades y el crecimiento de los territorios. El mal manejo de las fuentes de agua dulce se originó en primer lugar por la contaminación ocasionada por residuos orgánicos y la mala instalación de los sistemas de riego. En la actualidad la situación ha ido empeorando debido que encontramos la presencia de algunos factores tales como metales pesados, desperdicios radiactivos, nitratos, acidificación de estas fuentes y la eutrofización de lagos y aguas costeras (Salazar, 2014).

Si se habla de la problemática de producción acuícola más destacada es la producción excesiva de materia orgánica la cual es producto de los desechos de los peces, residuos de alimentos y otros desechos encontrados en los estanques (Tacon & Foster, 2003). Los residuos de los estanques son dirigidos hacia una fuente de origen natural, produciendo reducción en los contenidos de oxígeno (OD), elevación en el contenido de sólidos en suspensión (SST), incremento en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), incremento en la demanda química de oxígeno (DQO), formas variadas de nitrógeno y fósforo, desarrollo excesivo de algas, eutrofización, etc. (Troell, Neori, Chopin, & Buschmann, 2005).

A nivel nacional las fuentes de agua encontradas en el país se están viendo afectadas con respecto a su calidad por factores relacionados a los desechos industriales, los cuales están cargados de fluidos ácidos o alcalinos, contaminantes como metales pesados, fosfatos, nitratos, sulfatos y elevadas concentraciones de aceites y grasas, sólidos en suspensión y materia orgánica que se miden como BDO, DQO. Estas industrias están en la obligación de aplicar tratamientos a sus aguas residuales, con las tecnologías o los procesos adecuados de acuerdo a la industria, ya sea para que depositen los desechos al alcantarillado o de frente a las fuentes de agua. En este sector encontramos normas ambientales que indican los límites de las concentraciones de los desechos (Salazar, 2014).

En el distrito de Soritor se realiza una de las actividades productivas propias de la región que es la crianza de peces, la cual, dentro del ambiente distrital y regional, no cuenta con

los sistemas adecuados (desarenador, pozo séptico, filtro) para el manejo y disposición final de vertimientos contaminantes, esto implica una mala práctica por parte de los dueños de estos lugares (piscigranjas) y un peligro para la salud en las personas más cercanas a esta situación, es por ellos que se planteó el siguiente problema: ¿En qué medida el proceso primario puede disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de Tilapias (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) en piscigranja, El Bado, Soritor?. La investigación es de tipo aplicada y experimental, debido a que se realiza la manipulación de las variables (aguas residuales de la crianza de tilapias), para buscar una solución a nivel de laboratorio, simula un tipo de tratamiento primario para disminuir algunos parámetros identificados como contaminantes.

Se persiguió el objetivo general: Evaluar el proceso primario para disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de Tilapias (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) en piscigranja El Bado, Soritor, mediante un proceso primario; y los siguientes objetivos específicos: Caracterizar el DBO<sub>5</sub>, OD, pH y sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), del afluente (río). Determinar la concentración de DBO<sub>5</sub>, OD, pH y sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus* Linnaeus) en piscigranja, antes del tratamiento. Identificar parámetros óptimos (dosis de coagulante, velocidad de aplicación), para el diseño del proceso primario (remoción de parámetros físicos abundantes).

La hipótesis principal del estudio considera: El proceso primario podrá disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus*) en piscigranja El Bado, Soritor. Como variables se tiene lo siguiente: Independiente - Proceso primario / Dependiente - Disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión. Se empleó los métodos de ensayos con prueba de Jarras y el método químico.

Debido a que en la región San Martín, y en el distrito de Soritor, la crianza de peces tiene un gran porcentaje, ya que la mayoría de la población está acostumbrada a consumir peces netamente de la zona como vendría a ser la Tilapia, desconociendo el proceso de producción; siendo estos peces criados en estanques, involucrando una serie de peligros, ambientales y sanitarios, por las malas prácticas en referencia a las actividades comunes de las piscigranjas

Los peligros sanitarios que representan los residuos químicos tóxicos de las aguas residuales procedentes de piscigranjas lo cual vuelve importante y necesario el monitoreo de esta situación, cuando las aguas poseen contenidos elevados de efluentes. La investigación busca recrear un proceso primario óptimo para evitar la carga contaminante que se vierte normalmente a las fuentes superficiales y subterráneas más cercanas, las cuales son un peligro para la población, flora y fauna más cercana, así mismo se debe recalcar que podemos evitar esta situación y dejar de contaminar nuestras fuentes de agua de la manera más fácil y económica.

Dividiéndose <sup>61</sup> en los siguientes capítulos: en el capítulo I se coloca la descripción <sup>7</sup> del proceso primario y los contaminantes de las piscigranjas las cuales se disminuyeron, en el capítulo II se indican los materiales y métodos utilizados en la investigación, para finalmente <sup>4</sup> en el capítulo III colocar los resultados, luego se discuten y se indican las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### A nivel internacional

Benavides y Daza (2020), en su estudio “Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua de un sistema acuapónico para la producción de cachama blanca *Piaractus brachyomus*, fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* en la Fundación Universitaria de Popayán”, emplearon 6 muestras que fueron tomadas cada 15 días en la entrada y salida del sistema. Para lo cual con respecto a los parámetros físicos se observó que se tuvo cambios en las temperaturas finales de cada cultivo, ya que estos incrementaban. Por otro lado, en los parámetros químicos al aplicar el ANOVA se determinó que el pH variaba en los calculo finales obteniendo resultados para cada cultivo de: albahaca ( $\neq 0,5$ ) y fresa ( $\neq 0,4$ ). Así mismo el parámetro del amonio mostro reducciones en el valor final promedio de cada medición efectuada, sin embargo, la menor se halló en la cama NFT. El comportamiento de los nitritos era constante al principio y al final de cada medición. Sin embargo, se descubrieron bacterias quitinolíticas que controlan los niveles de carbono y nitrógeno. Las bacterias nitrificantes heterótrofas *Bacillus* sp. son cruciales para la eliminación biológica del nitrógeno en los sistemas acuapónicos. No se descubrieron bacterias nitrosomonas ni nitrobacter.

García (2018), en su tesis titulada “Evaluación de las características fisicoquímicas del agua en la piscícola de Asojuncal-Huila, asociados al ciclo de producción de la tilapia roja” Para evaluar las propiedades físico-químicas del agua utilizada en la piscifactoría de Asojuncal (Huila), se realizaron muestreos a la entrada del sistema, en la fase de producción y a la salida después de la cosecha. La frecuencia del monitoreo fue de tres veces por semana, en donde se realizaron la medición de los parámetros en las siguientes horas: 7 am, 11 am, 5 pm, obteniendo un total de 2 478 registros, en el lapso de 5 meses que duró la toma total de muestras. Como resultados del estudio se observó un incremento del parámetro Amonio el cual es altamente toxico para el cultivo, debido a que puede ser letal, determinan como principal causa del incremento del Amonio las excretas de los peces.

Tapia (2019), en su investigación “Formulación de un modelo para el tratamiento de efluentes procedentes del proceso productivo de la piscícola HVS ubicada en el corregimiento el Charco – Planeta Rica, Córdoba”, determinó que la calidad de agua de los estanques productivos de la piscícola HVS, muestra niveles reducidos de carga inorgánica, compuestos nitrogenados y sólidos suspendidos; lo cual puede ser producido por el sistema de aireación que funciona en las noches, así mismo otro factor que puede estar influyendo es el cambio de agua el cual se efectúa dos veces a la semana. Según la investigación, los procesos físicos, químicos y biológicos que favorecen la eliminación de compuestos nitrogenados, orgánicos y partículas en suspensión hacen que el sistema de tratamiento mediante humedales artificiales sea la mejor opción para los efluentes pesqueros de la región estudiada.

#### A nivel nacional

Vásquez (2020), en su investigación “Evaluación del nivel de contaminación generado por la actividad piscícola hacia la quebrada del anexo de Taquia, Chachapoyas”, tuvo como finalidad describir las aguas de la quebrada estudiando los parámetros físico químicos de 3 puntos de muestreo, en donde obtuvieron un valor de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) de 23,460 ppm en la parte alta, en la intersección aumenta a 28,456 ppm, aguas abajo obtuvo 7 ppm. Para la DQO arrojó 11,557 ppm, 14,376 ppm y 6 ppm respectivamente, según cada punto de muestreo. El pH obtuvo 7,1; 7,5 y 7. Los Sólidos Suspendidos Totales arrojó 7,701 ppm en la parte alta y 11,604 en la parte baja. Los fosfatos aguas mostraron datos de cero, una vez atravesada la piscigranja arrojó 0,13. Los nitratos mostraron valores de cero en la parte elevada, en la parte central 0,18 y en la parte inferior 0,41 ppm NO<sub>3</sub>. No se registró contenidos de amoníaco en ningún punto de estudio.

#### A nivel local

Amacifen y Guevara (2017), en su investigación, “Incidencia de la crianza de “Tilapia” *Oreochromis niloticus* en la calidad del Agua y su impacto ambiental, en el Distrito de Moyobamba”, realizó el análisis de parámetros como la temperatura, la transparencia, el pH, el oxígeno disuelto, la alcalinidad, los nitritos, los nitratos, la dureza y el amoníaco en los parámetros de calidad del agua de 5 explotaciones acuícolas. Los resultados del estudio revelaron que los niveles de temperatura, transparencia, pH y oxígeno disuelto del afluente

aumentaron ligeramente tanto en la estación húmeda como en la seca. En cambio, los nitratos y nitritos se mantuvieron en sus niveles preestacionales, mientras que el amoníaco tendió a disminuir en 0,04 mg/L. En cuanto a los efluentes, se ha producido un ligero aumento de la temperatura, la claridad y el oxígeno disuelto; sin embargo, se ha producido una disminución de los nitritos, los nitratos y el amoníaco. Una vez estudiado el efluente, los parámetros de nitritos y amoníaco sí superan los valores de 0,36 mg/L y 0,12 mg/L de 0,1 mg/L, respectivamente, en los efluentes, pero no superan los criterios de calidad ambiental. El estudio llega a la conclusión de que las fases de funcionamiento y construcción son las que tienen efectos más perjudiciales.

## 1.2. Bases teóricas

### 1.2.1. Calidad del agua.

La calidad del agua viene a ser un aspecto que facilita decidir el destino correcto del agua para sus diferentes usos. La calidad se encuentra establecida por la hidrología, fisicoquímica y biológica del agua (Bautista & Ruiz, 2011). Las fuentes hídricas por lo general reciben efluentes de aguas residuales producidas por el desarrollo de actividades económicas o domésticas, las cuales son depositadas en las mismas sin tratamiento alguno, lo que ocasiona un deterioro en la calidad del agua (Buschmann, 2001).

Las fuentes hídricas son clasificadas según los criterios de calidad que presentan, las cuales son atribuidas a los valores que obtiene cada parámetro, estas con el fin de determinar qué tipo de uso se les dará, así como también establecer si cumple con el reglamento vigente. Algunos de los parámetros que se toman en cuenta al momento de hablar de calidad del agua, son los fisicoquímicos, orgánicos y bacteriológicos. Las cantidades que estas deben presentar para no alterar de manera negativa la flora y fauna, estas determinadas en base a estudios científicos realizados (Rodier, 2010).

#### Parámetros del agua:

- Oxígeno Disuelto (OD)

Este parámetro está representado por el contenido de oxígeno atmosférico que se encuentran en los cuerpos de agua. Una falta elevada de oxígeno disuelto muestra que el agua presenta elevado contenido orgánico (polución), a causa de las aguas residuales (Higashino y Stefan, 2017), “lo que provoca que la fuente de agua requiera una manera de rescatar sus condiciones en cuanto al oxígeno que fue consumido” (Orduz, 2016).

- Turbiedad

Este parámetro es un atributo óptico que genera que la luz se extienda y se esconda, en lugar de transmitirse. El esparcimiento de la luz que pasa por un líquido generada en su mayoría por la presencia de sólidos en suspensión. Mientras exista mayor turbidez, más será la luz dispersa (HANNA, 2019).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

El DBO<sub>5</sub> es una escala del contenido de oxígeno empleado por los microorganismos para el establecimiento de la materia de origen orgánico biodegradable, en aspectos aeróbicos, por un lapso de tiempo de cinco días a una temperatura de 20°C. Cuando se encuentran en aguas residuales domésticas, el contenido de la DBO<sub>5</sub> a un tiempo de cinco días, representa aproximadamente un 65 a 70% del total de la materia de origen orgánico inoxidable. Este parámetro, como cualquier otro análisis biológico, exige un cuidado especial en su ejecución, así como también entendimiento y saberes sobre los atributos necesarios que se deben tener en cuenta, con la finalidad de obtener resultados confiables. El estudio implica medir o calcular la cantidad de oxígeno empleado por los organismos vivos en la utilización de la materia orgánica encontrados en un residuo; por esa razón es importante asegurar que se cuente con la cantidad de oxígeno suficiente en todo el lapso de prueba para ser usado por los organismos. (KASALAB, 2017)

**Tabla 1**

*Cantidad promedio de DBO<sub>5</sub>*

Fuente	Cantidad
Agua Potable	0,75 a 1,5 ppm
Agua poco contaminada	5 a 50 ppm
Agua potable negra industrial	100 a 400 ppm
Residuos industriales	500 a 10 000 ppm

Fuente: (Martínez et al., 2015)

- Sólidos en suspensión

Este parámetro es de naturaleza orgánica, está conformado por diversos materiales presentes en las aguas residuales. La mayoría de estos sólidos son residuos de origen humano, restos de alimentos, papel, trapos, entre otros, los cuales conforman una masa

de sólidos presentes en el agua. Sin dejar de lado las moléculas de residuos inertes los cuales adsorben sustancias orgánicas en su superficie (Camacho, 2014)

Las consecuencias que acarrea la presencia de sólidos en suspensión, son la generación de espacios expuestos a la absorción de agentes químicos y biológicos, así como la presencia de material de origen orgánico que al descomponerse influye en la contaminación de la calidad del agua.

A su vez, existe prioridad e importancia en los estudios de sólidos para el monitoreo de los procesos biológicos y físicos del tratamiento. De misma forma se indica que los sólidos en suspensión pueden dar pase a la acumulación de fango y condiciones anaeróbicos cuando se da el desecho de aguas residuales sin tratamiento alguno a los cuerpos acuáticos (Gabino, 2018).

### 1.2.2. La piscicultura

Dicha actividad está considerada como el cultivo de especies acuáticas, la cual implica intervenciones en el proceso de desarrollo de estas especies para el crecimiento de la producción. La finalidad de esta actividad es producir alimentos con fines de consumo humano, especies para actividades recreativas, ornamentales, etc. (FAO, 2018). Por lo general la producción de especies acuáticas se dan en estanques de agua dulce, en donde se realiza un constante cambio del agua, se adicionan fertilizantes o productos que son considerados alimento para las especies acuáticas que se crían. El tipo de actividad se clasifica teniendo en cuenta las dimensiones del área de cultivo y la densidad, encontrándose los extensivos, intensivos y superintensivos.

#### Contaminación de efluentes de piscigranjas

Al igual que toda actividad económica, la piscicultura, implica el uso de recursos y materiales para posteriormente convertirse en productos y desechos. El desarrollo de esta actividad implica el uso de grandes cantidades de agua, tierra, alimentos, materiales y productos químicos (Pérez et al., 2017).

Según diversas investigaciones desarrolladas con respecto a esta actividad, se ha identificado que dentro de los principales factores que causan el deterioro a la calidad hídrica de una fuente natural que recibe o que tienen contacto con efluentes piscícolas, se tiene a la proteína que es adicionada al cultivo, de las cuales en promedio el 30% no es

ingerida y <sup>10</sup> en conjunto con las heces y la orina de los peces, estas se alojan en el fondo del estanque, ocasionando la producción y acumulación de materia orgánica lo que a su vez produce bacterias y produce variaciones en la composición química y estructural del agua. Así mismo, se produce la reducción de las cantidades de oxígeno, lo que provoca un incremento en la DBO. Por otro lado, la disminución del oxígeno disuelto produce un incremento en la concentración de <sup>10</sup> la demanda bioquímica de oxígeno y macronutrientes como el nitrógeno y fósforo (Pardo y Soriano, 2006).

<sup>58</sup>

### 1.2.3. Procesos primarios para tratamiento de aguas residuales

Los procesos de tratamientos primarios “son aquellos que se encargan de la expulsión de los sólidos que se encuentran flotando en el agua residual. Los principales procesos físicoquímicos que conforman el tratamiento primario son los siguientes: sedimentación, flotación, coagulación – floculación y filtración” (CYCLUS, 2020).

#### Sedimentación

Esta etapa es un sencillo tratamiento físico del agua que se efectúa antes de la realización de otros procesos como la purificación, filtración y desinfección. Expulsa diminutas materias que se encuentran en suspensión no deseadas (arena, arcilla, etc.) y algunos contaminantes biológicos que se encuentran en agua causa de la gravedad. Mientras más extenso sea el tiempo de reposo del agua, se asentarán en mayor cantidad los sólidos en suspensión y materias depositadas en el fondo del contenedor (Gestión de agua y contenido y saneamiento sostenible, 2020).

#### Coagulación – Floculación

El tratamiento más común empleado <sup>4</sup> en la remoción de partículas y materia orgánica es la aplicación de tratamientos como la coagulación y floculación. La coagulación viene a ser la neutralización de la carga, la cual involucra la estabilización <sup>1</sup> de la materia suspendida, coloidal y disuelta, al momento de agregar los coagulantes. Por otro lado, se tiene la floculación, “la cual implica la agitación de la masa coagulada, sirve para el desarrollo y acumulación de los flóculos recientemente formados, los cuales tienen como finalidad incrementar en tamaño y peso necesario para que se dé la sedimentación de los mismos” (Spinelli, 2001).

Lo cual en nuestra investigación el proceso de coagulación- floculación se hizo con sulfato de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  a una concentración de 0.5 % y 1%.

### 13 Mecanismos de coagulación y floculación

#### - Compresión de la doble capa eléctrica

Casi todas las partículas del agua tienen, en general, una carga superficial negativa. Los cationes y aniones que forman esta capa eléctrica se disuelven en la solución. Además, la doble capa tiende a contraerse a medida que aumenta la fuerza iónica, disminuyendo las fuerzas de repulsión (Spinelli, 2001).

#### - Neutralización de cargas

Dado que la mayor parte de las partículas de las aguas naturales están cargadas negativamente a pH neutro, pueden modificarse añadiendo cationes cargados positivamente, como sales metálicas hidrolizadas y polímeros orgánicos catiónicos, o adsorbiéndolos sobre ellas. Para el desarrollo de los siguientes procesos de floculación, se requieren grandes concentraciones de dichas sales o polímeros. La carga se neutralizará y las partículas se unirán si se aplica la cantidad adecuada. Si las cantidades son demasiado grandes, las partículas recogerán una carga positiva y volverán a estabilizarse (Spinelli, 2001).

#### - Adsorción y puenteo entre partículas

Las partículas pueden adsorberse en la cadena cuando se añaden polímeros no aniónicos de cadena grande con baja carga superficial, y el polímero residual también puede adsorberse cuando hay partículas presentes. Este fenómeno produce el desarrollo de un puente entre las partículas. Cabe indicar que, si se adiciona mucha cantidad de polímero, las partículas se enredarán y no flocularán, es por eso que es muy importante el cálculo de la dosis óptima (Spinelli, 2001).

#### - Precipitación y enredo

Debido a que la adición de sales de aluminio y hierro provoca la creación de muchos polímeros de agua que precipitan de la solución, el enredo es el resultado de la aplicación de una dosis elevada de estas sales. Este fenómeno se produce cuando las sales de aluminio y hierro se emplean en cantidades elevadas mientras el pH se mantiene en un nivel neutro (Spinelli, 2001).

Una manera de elevar la efectividad de los procesos de expulsión de sólidos suspendidos es la agregación de algunos reactivos químicos, lo cual en primera instancia alteraría la suspensión coloidal y siguiente a esto ayudaría en la floculación para la obtención de partículas sencillas de sedimentar. Los productos químicos conocidos como coagulantes suelen impartir carga eléctrica opuesta a la del coloide en solución. El emparejamiento habitual de polielectrolitos orgánicos con sales con cationes de alta relación carga/masa ( $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) es facilitar la floculación:

Sales de  $\text{Fe}^{3+}$ : Pueden ser  $\text{Cl}_3\text{Fe}$  o  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , con efectividad semejante. Se emplean tanto en estado sólido como en soluciones. Su utilización está ligada al anión, si es que no se espera la presencia de cloruros o sulfatos.

Sales de  $\text{Al}^{3+}$ : Suele ser  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  o policloruro de aluminio. En el primer caso es más manejable en disolución, mientras que en el segundo tiene la ventaja de mayor porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.

Polielectrolitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, no iónicos (poliacrilamidas) aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Los contenidos a dosificar son mucho menores que para las sales, pero tanto la eficiencia como el costo es más elevado (CYCLUS, 2020).

#### 1.2.4. Prueba de jarras

La coagulación química y la dosis adecuada de reactivos debe ser seleccionado con cuidado y bajo la simulación de un proceso de clarificación a nivel laboratorio. La prueba de jarras es considerada la mejor prueba capaz de simular el proceso químico que conlleva la clarificación, mediante el empleo de vasos precipitados y paletas, las cuales facilitan la comparación de diferentes mezclas químicas. Este ensayo se desarrolla con la finalidad de establecer la cantidad óptima de coagulante que se necesita para la obtención de un floc de las mejores características (Restrepo, 2009)

En la investigación se realizó a concentraciones de coagulante de sulfato de aluminio de 0.5 % y 1% con cinco diferentes velocidades (100rpm,150rpm,200rpm,250rpm,300rpm) con la prueba de jarras para lograr encontrar la dosis óptima y velocidad de aplicación.

### 1.2.5. Marco legal

<sup>3</sup>  
D.S. 004-2017 MINAM

**Categoría 2: Extracción, agricultura y demás actividades marinas continentales y costeras.**

**Subcategoría C2:** “Desarraigo y labranza de otros tipos de especies hidrobiológicas en aguas marino costeras y para el consumo humano directo e indirecto. Esta subcategoría está conformada por peces y las algas comestibles” (MINAM, 2017).

**Tabla 2**

*Categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales*

Parámetros	Unidad de medida	C1	C2
		Extracción y cultivo de moluscos, equinodermos y tunicados en aguas marino costeras	Extracción y cultivo de <sup>24</sup> especies hidrobiológicas en aguas marino costeras
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	1,0	1,0
Cianuro Wad	mg/L	0,004	0,004
Color (después de	Color	100 (a)	100 (a)
Materiales Flotantes		Ausencia de material	Ausencia de material
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	**	10
Fósforo Total	mg/L	0,062	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	16	16
Oxígeno Disuelto (valor	mg/L	≥ 4	≥ 3
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH	7 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos en suspensión	mg/L	80	60
Sulfuros	mg/L	0,05	0,05
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
<b>INORGÁNICOS</b>			
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	**	**
Antimonio	mg/L	0,64	0,64
Arsénico	mg/L	0,05	0,05
Boro	mg/L	5	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001
Níquel	mg/L	0,0082	0,1
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,071	0,071
Talio	mg/L	**	**

Zinc	mg/L	0,081	0,081
<b>ORGÁNICO</b>			
Hidrocarburos Totales	mg/L	0,007	0,007
<b>Bifenilos Policlorados</b>			
Bifenilos Policlorados	mg/L	0,00003	0,00003
<b>ORGANOLÉPTICO</b>			
Hidrocarburos de	mg/L	No visible	No visible
<b>MICROBIOLÓGICO</b>			
Coliformes		≤ 14 (área aprobada) (d)	≤ 30
Termotolerantes	NMP/100 mL	≤ 88 (área restringida) (d)	

Fuente: (MINAM, 2017).

- (a) Sin cambio anormal (enfocada a aguas que muestran coloración natural).
- (b) Después de la filtración simple.
- (c) En caso las técnicas de análisis indiquen el contenido en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4,43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ).
- (d) **Área aprobada:** zonas libres de organismos infecciosos, productos químicos nocivos o tóxicos y materiales posiblemente peligrosos donde se recolectan y siembran moluscos bivalvos destinados al comercio y consumo directos.
- (e) **Área restringida:** Espacios acuáticos afectados por la cantidad de contaminación, de donde se consiguen moluscos bivalvos seguros para consumo humano, para consecuente a esto pasar a ser desinfectados.

$\Delta$  3: significa variación de 3 grados Celsius atribuido a la media mensual multianual del espacio estudiado.

### **Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales**

**Subcategoría D1:** Riego de vegetales. Son aquellas aguas destinadas al riego vegetal, las cuales están directamente relacionadas con los factores como el tipo de riego a emplear en los sembríos, el tipo de consumo a destinar (crudo o cocido) y los posibles procesos industriales por los que pueda pasar:

<sup>12</sup>  
- Agua para riego no restringido

Incluye aquellas aguas cuyas cualidades hacen viable su uso <sup>11</sup> para el riego de cultivos alimentarios de consumo en crudo (como hortalizas, <sup>11</sup> frutales de tallo bajo o similares); cultivos de árboles frutales o bayas con sistemas de riego por aspersión, donde el fruto o las partes comestibles tienen contacto directo con el agua de riego, ignorando la longitud del tallo; parques públicos, campos deportivos, zonas verdes y plantas ornamentales; o cualquier otro tipo de cultivos. - Agua utilizada para riego limitado.

Abarcan las aguas cuya calidad hace viable su uso para el riego de: cultivos alimentarios que se cocinan para el consumo; cultivos de altura para que el agua no entre en contacto con la fruta; cultivos que se van a transformar, envasar y/o exportar, por ejemplo, trigo, arroz, etc.; cultivos industriales de origen no alimentario, como el algodón; y cultivos forestales, forrajeros, pastos o similares (por ejemplo, maíz forrajero y alfalfa) (MINAM, 2017).

<sup>1</sup>  
**Tabla 3**

*Riego de vegetales y bebida de animales*

<sup>15</sup> Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>				
Aceites y Grasas	mg/L		5	10
Bicarbonatos	mg/L		518	**
Cianuro Wad	mg/L		0,1	0,1
Cloruros	mg/L		500	**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/ Co		100 (a)	100 (a)
Conductividad	( $\mu$ S/cm)		2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<sup>11</sup>	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L		40	40
Detergentes (SAAM)	mg/L		0,2	0,5
Fenoles	mg/L		0,002	0,01
Fluoruros	mg/L		1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) +	mg/L		100	100
Nitritos 2(NO <sub>2</sub> -N)	mg/L		10	10
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	-			

<sup>49</sup> Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq 4$	$\geq 5$
<sup>42</sup> Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000	1 000
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$

Fuente: (MINAM, 2017).

(a): Para aguas claras. No presentan cambios excesivos (para aguas contienen <sup>19</sup> coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Destinadas al riego de parques, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, solo utilizan parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.  $\Delta 3$ : significa varianza de 3 grados Celsius con respecto a la media mensual multianual de la zona evaluada.

### 1.3 Definición de términos básicos

#### Acuicultura.

Grupo de actividades o tareas tecnológicas que están enfocadas al cultivo o crianza de organismos acuáticos en su total <sup>1</sup> ciclo biológico o parcial, y se desarrolla en un área seleccionada y controlada, pueden ser aguas marinas o dulces. “A su vez incluyen las actividades de desarrollo poblacional o re cultivo, así como las acciones de estudio y procesamiento primario de los productos provenientes de dicha actividad” (Arteaga et al., 2017).

#### Agua.

Recurso natural renovables, vital <sup>54</sup> para la subsistencia de la vida y el desarrollo de la misma, así mismo, juega un papel importante en el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales <sup>1</sup> (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

#### Agua residual.

Aquellas aguas cuyos atributos han sido alterados por el desarrollo <sup>28</sup> de actividades económicas o domésticas, y debido a su calidad requieren tratamiento antes de ser reutilizadas, vertidas a una fuente hídrica o descargadas en la red de alcantarillado (OEFA, 2014).

### **Concentración.**

Es la cantidad o la masa en la que se encuentra una sustancia o elemento contaminante, la cual se encuentra expresado en miligramos por litro (mg/L) (Decreto 1076, 2015).

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es un parámetro muy usado para la descripción de las aguas residuales. Facilita tener conocimiento sobre el contenido de residuos orgánicos que los microorganismos pueden descomponer a través de un tratamiento biológico (Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 2018)

### **Efluente.**

Vienen a ser los residuos que encontramos en el agua y tiene como destino final el consumo. En su mayoría, se caracterizan por sus propiedades físicas y químicas. Por otro lado, teniendo en cuenta la respuesta que tenga el agua, se le asignará un adecuado tratamiento. Cuando hablamos de estas situaciones, estas vienen contenidas de residuos orgánicos que se encuentran mezclados con el agua. A su vez, acarrearán elevado contenido de sustancias tóxicas que suman a la contaminación (Grupo Vento, 2019).

### **Estándar de Calidad Ambiental (ECA).**

Se describe como una escala que determina la cantidad o concentración de materiales físicos, químicos y biológicos, sustancias químicas o características que están presentes en el aire, el agua o el suelo en las circunstancias del cuerpo receptor y que no representan un daño grave para la salud humana o el medio ambiente (MINAM, 2017).

### **Flóculos.**

Conjunto de material orgánico el cual se desarrolla por la presencia de sólidos suspendidos (“Reglamento de la calidad de agua para consumo humano”, 2010)

### **Límites Máximos Permisibles (LMP).**

Establecen el contenido de los elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presente en las emisiones, efluentes o descargas producidas por una actividad productiva (minería, hidrocarburos, electricidad, etc.), que al ser excesivos pueden generar consecuencias dañinas a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2017).

45

**Potencial de hidrógeno (pH)**

Es el parámetro que determina si una muestra es ácida, neutra o básica, en base a la cantidad de iones de hidrogeno presentes en la sustancia. Es una escala que va desde el 0 al 14, en donde 7 indica que la muestra es neutra. Si se tiene un valor por debajo de 7 significa que la muestra es acida y si excede el mismo, indica que es básica (Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, 2010).

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Materiales**

- Vasos de precipitación, recipiente de vidrio utilizado para los ensayos en la prueba de jarras, donde se colocaron en mezcla rápida y mezcla lenta.
- Recipientes aforados, fueron recipientes de vidrio como vasos, matraces y otros elementos utilizados para la medición volumétrica del agua de muestra y del insumo utilizado como coagulante.
- Guantes, los guantes de látex semi esterilizados, han sido utilizados dentro del laboratorio, al momento de la manipulación de muestras.
- Guardapolvo y mascarilla, utilizado dentro del laboratorio para el ingreso y trabajo realizado dentro del laboratorio.
- pHmetro, <sup>41</sup>Equipo utilizado para la medición del potencial de hidrogeno del agua, que se analizó en el laboratorio.
- Equipo HI 98193; Dissolved Oxygen, equipo utilizado para la medición de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno.
- Turbidímetro TURBIQUANT, equipo utilizado para la medición de parámetro de turbidez del agua de muestra.
- Equipo DR 900; <sup>6</sup>equipo utilizado para la medición de sólidos totales del agua de muestra.
- Prueba de jarras mecánica R-Cheminal, equipo utilizado para realizar los ensayos de mezcla rápida y lenta, donde se gradúa el tiempo y la velocidad.

<sup>4</sup>

#### **2.2. Métodos**

##### **Selección del área de estudio:**

Para este trabajo se tomó como fuente de experimentación las aguas residuales de la piscigranja “El Bado”, Soritor, como muestra de la población total de piscigranjas de todo Moyobamba.

### **1 Toma de muestras para los análisis y estudios:**

Se tomaron un total de 80 L de agua residual de la piscigranja “El Bado” en un bidón, los cuales fueron llevados al Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín (considerando el estado de emergencia y asumiendo los protocolos de bioseguridad del proceso a experimentar), para los ensayos y análisis correspondientes.

Los análisis se realizaron en equipo especializado automático de Prueba de Jarras (R.Cheminal), se realizaron tratando de conservar siempre las características propias del agua dentro del laboratorio.

### **1 Frecuencia de muestreo**

Las muestras para los ensayos, se recolectaron de manera semanal durante 1 mes y posterior a esto se volvieron a tomar muestras de la misma forma después de un lapso de 3 semanas: (80 L totales).

Semana	Muestreo	Fecha
1	m1	30/11/2021
2	m2	7/12/2021
3	m3	14/12/2021
4	m4	21/12/2021

### Técnica de prueba de jarras R-Cheminal

La técnica de prueba de jarras describe el uso de un equipo mecánico R- Cheminal en donde se colocaron 6 vasos de precipitado de 500 mL y en donde se dejó reposar las aletas que permitieron la mezcla rápida de los coagulantes en un tiempo determinado y a una velocidad estimada.

Se realizó los ensayos a diferentes concentraciones del coagulante químico Sulfato de Aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  con el método de prueba de jarras para simular la coagulación, floculación y sedimentación, obteniendo de esta forma los resultados que se necesitan para el estudio.

Con las muestras obtenidas; se hicieron los análisis respectivos para verificar la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno y sólidos en suspensión. Aquellos estudios fueron efectuados en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria y laboratorio de Biología y Química; pues se dispone de Incubadora, balanza analítica y materiales para los análisis respectivos en las siguientes fechas:

Fecha
1/12/2021
8/12/2021
15/12/2021
21/12/2021
22/12/2021
23/12/2021

### Análisis de muestras

#### Caracterización del DBO<sub>5</sub>, OD, pH y sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus* Linnaeus), del afluente (río)

Se determinó los parámetros de la muestra antes y después del contacto del vertimiento de aguas residuales de la piscigranja con el río cercano al lugar, donde llegan a parar las vertientes, efectuando el uso de los equipos del laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología.

#### Determinación de los parámetros iniciales de la muestra, para el cumplimiento del segundo objetivo

Se determinó los parámetros iniciales de la muestra: demanda bioquímica de oxígeno y sólidos en suspensión; empleando el equipamiento del laboratorio de Ingeniería Sanitaria.

### Método químico

#### Elaboración de las soluciones patrones Sulfato de Aluminio, para el cumplimiento del tercer objetivo específico

Se utilizó el siguiente modelo para la obtención de la solución patrón del Sulfato de Aluminio:

Para obtener 1L de solución al 0.5 % de Sulfato de

Aluminio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>).

$$\%W = \text{WSTO} \times 100 / \text{WSTO} + \text{WSOL}$$

$$\%W = 5\text{gr Sulfato de Aluminio} \times 100 / (5\text{gr} + 995\text{gr})$$

$$\%W = 0.5\% \text{ Sulfato de Aluminio}$$

Para obtener 1L de solución al 1 % de Sulfato de Aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ).

$$\%W = \frac{W_{\text{STO}} \times 100}{W_{\text{STO}} + W_{\text{SOL}}}$$

$$\%W = 10 \text{ gr Sulfato de Aluminio} \times \frac{100}{(10\text{gr} + 990\text{gr})}$$

$$\%W = 1\% \text{ Sulfato de Aluminio}$$

#### Método - Ensayos con prueba de Jarras

La muestra se introdujo en cada uno de los seis vasos de precipitados, cada uno de los cuales tenía un volumen de 1000 mL.

La maquinaria se configuró para funcionar con diferentes periodos de prueba de los vasos de precipitados.

Se administró la dosis elegida del coagulante; donde se sometieron a diferentes tiempos. Se evidenció la precipitación de la materia al formarse los flocs respectivos. Se evaluó los tiempos de precipitación y verificó el mejor comportamiento de las sustancias.

**Tabla 4**

*Ensayos con el coagulante inorgánico Sulfato de aluminio*

Concentración del coagulante	Velocidad de prueba	Cantidad de ensayos
0,5%	300 rpm, 250 rpm, 200 rpm, 150 rpm, 100 rpm	5 ensayos
	300 rpm, 250 rpm, 200 rpm, 150 rpm, 100 rpm	
1,0 %	300 rpm, 250 rpm, 200 rpm, 150 rpm, 100 rpm	5 ensayos
	300 rpm, 250 rpm, 200 rpm, 150 rpm, 100 rpm	

35  
**CAPÍTULO III**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

46  
**3.1. Caracterización del DBO<sub>5</sub>, OD, pH y sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis Niloticus Linnaeus*), del afluente (río)**

En la siguiente tabla se muestran los resultados del río Tonchima antes del vertimiento de las aguas de la piscigranja, lecturas que se han realizados en cuatro semanas, como se muestra a continuación:

**Tabla 5**  
*Caracterización físico química del río Tonchima antes del contacto con el efluente de la piscigranja*

Parámetros	Unidad de medida	30				Promedio
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
Conductividad eléctrica	mV	0,45	0,5	0,7	0,6	0,5
Turbidez (UNT)	UNT	2,5	3	2,3	3,3	2,7
Sólidos en suspensión	mg/L	29,5	30	31	30,7	30,4
pH	pH	7,4	7,1	6,6	7,7	7,2
Temperatura	°C	15	17	13	12,9	14,5
OD	mg/L	7	6	6,75	6,6	6,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	20	15	28	30	23,3

Analizando la tabla, con los parámetros determinados de la DBO<sub>5</sub> y oxígeno disuelto, se observa que la carga orgánica es baja, lo cual indica que se encuentra en la escala de levemente contaminada y la calidad del agua es aceptable; respecto a las normas peruanas D.S. 004-2017 MINAM, en la categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) indicando que la cantidad de DBO<sub>5</sub> debería ser máximo 15 mg/L y esté tiene valores superiores por ende no conserva los valores estándares promedios, aunque en los demás valores se conserva valores estándares de acuerdo a la norma.

Además, se observa que el río es claro y transparente, pero tiene un cierto grado de contaminación debido a que kilómetros arriba se encuentra otra piscigranja de tilapia.

50  
 En la siguiente tabla se muestran los resultados del río después del vertimiento de las aguas de la piscigranja, lecturas que se han realizados en cuatro semanas, como se muestra a continuación:

**Tabla 6**  
*Caracterización Físico Química del río Tonchima después del efluente de la piscigranja.*

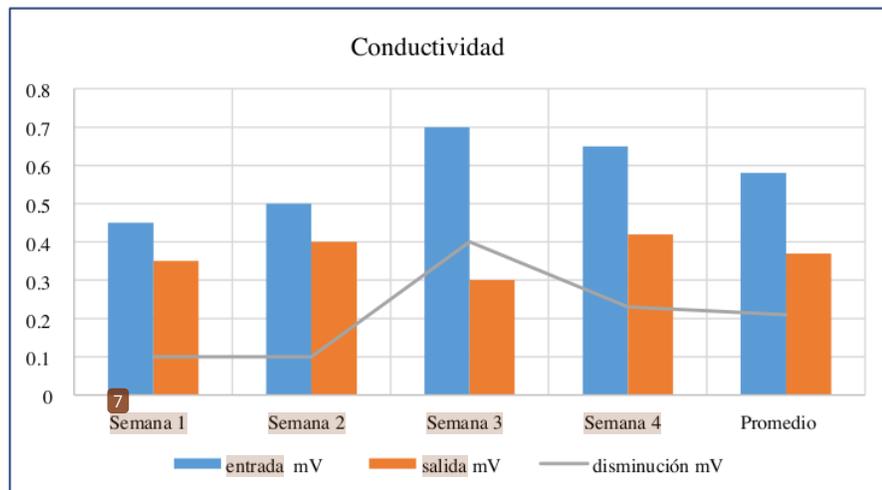
Parámetros	Unidad de medida	30				Promedio
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
Conductividad eléctrica	mV	0,35	0,4	0,3	0,42	0,4
Turbidez (UNT)	UNT	50	55	62,3	60	56,8
Sólidos en suspensión	mg/L	60	62	64	58	61
pH	pH	3,5	4	3,8	3,2	3,6
Temperatura	°C	15,2	14,3	15,6	14,5	14,9
OD	mg/L	2,5	3	1,2	3,2	2,5
DBO <sub>5</sub>	mg/L	105	104	110	100	104,8

Analizando la tabla, con los parámetros determinados de la DBO<sub>5</sub> y oxígeno disuelto, se observa que la carga orgánica aumenta, por lo cual se encuentra en la escala levemente contaminada, respecto a las normas peruanas D.S. 004-2017 MINAM, en la categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) indicando que la cantidad de DBO<sub>5</sub> debería ser máximo 15 mg/L y éste tiene valores superiores por ende no conserva los valores estándares promedios, por lo que se concluye que el río no es apto para el uso de riego y bebidas de animales.

El pH y la temperatura según los datos reportados, están dentro de los márgenes establecidos para un tratamiento de agua residual. Esto permite acondicionar en forma fácil estos dos parámetros en el momento de la simulación del tratamiento previo de estas aguas residuales.

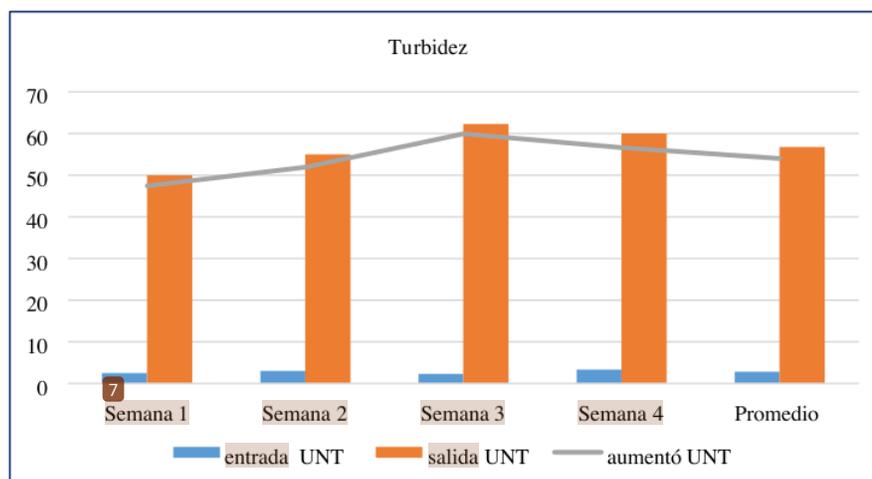
La turbidez cambia de forma abrupta antes del contacto se tiene un rango de 2,30 a 3,30 UNT y después del contacto de 50,00 a 62,30 UNT. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la demanda química de oxígeno (DQO), son parámetros que permiten indicar que la quebrada, está contaminada, puesto que están por encima de los 15 mg/L y de 40 mg/L respectivamente.

Debido a todo lo indicado en las tablas anteriores se ha realizado el análisis gráfico del comportamiento de los parámetros frente al vertimiento de las aguas de las piscigranjas como se muestra:



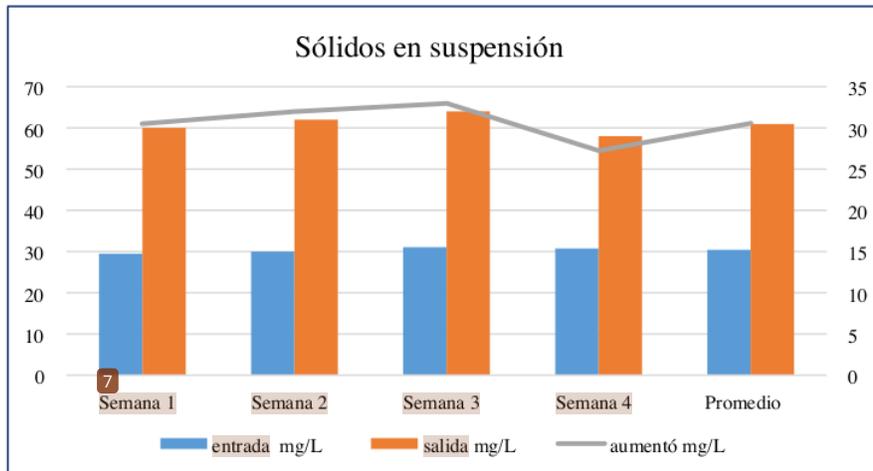
**Figura 1.** Influencia del vertimiento de aguas en la conductividad del río Tonchima

La conductividad es un valor que tiende a disminuir después del contacto con las aguas vertidas de las piscigranjas, por lo que se describe una disminución del valor en las cuatro semanas de monitoreo.



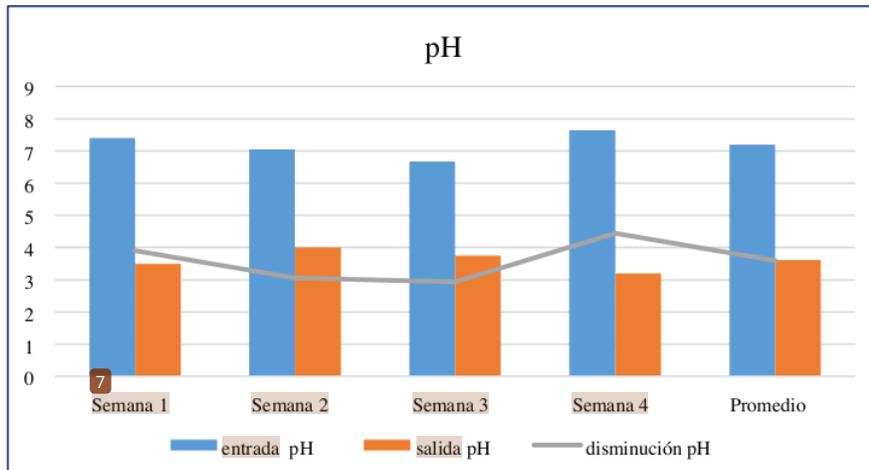
**Figura 2.** Influencia del vertimiento de aguas en la turbidez del río Tonchima

Se observa como la turbidez después de tener contacto con el vertimiento de aguas de la piscigranja este aumenta drásticamente, en todas las semanas de muestreo, por lo que se describe una elevación en todos los muestreos.



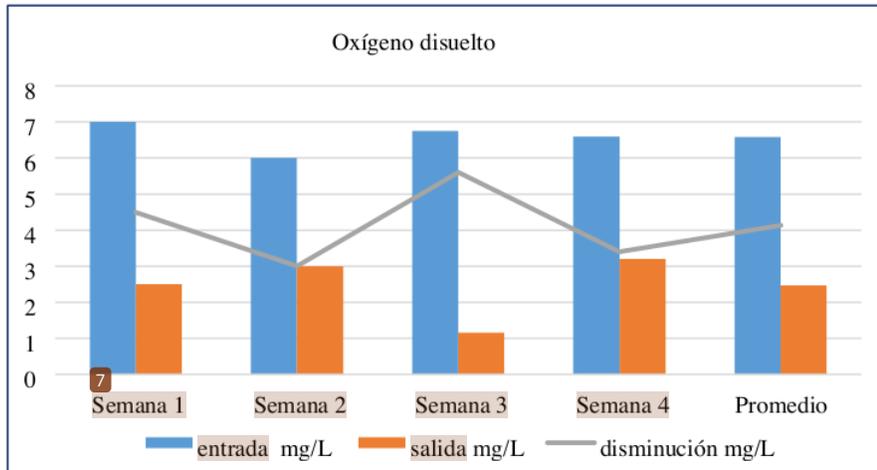
**Figura 3.** Influencia del vertimiento de aguas en los Sólidos en suspensión del río

Se observa que los sólidos en suspensión, después de tener contacto con el vertimiento de aguas de la piscigranja estos aumentan drásticamente, en todas las semanas de muestreo, por lo que se describe una elevación en todas las semanas de muestreo.



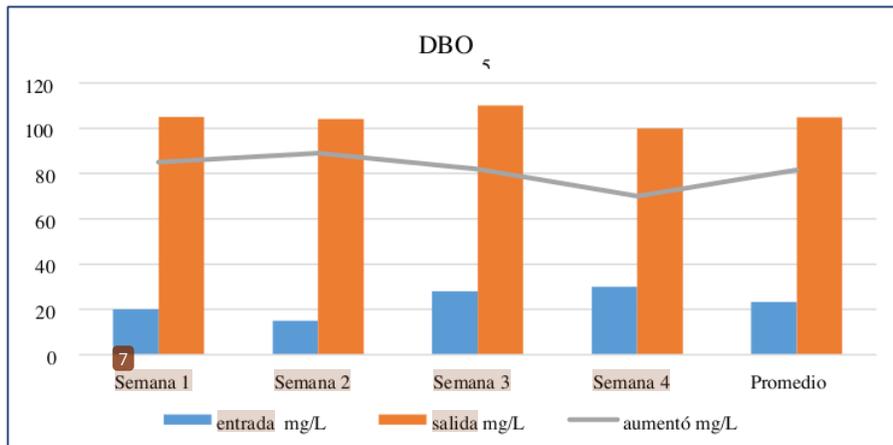
**Figura 4.** Influencia del vertimiento de aguas en el pH del río Tonchima

El pH es un valor que tiende a disminuir después del contacto con las aguas vertidas de las piscigranjas, por lo que se describe una disminución del valor en las cuatro semanas de monitoreo, considerándose un efecto negativo pues acidifica el agua del río.



**Figura 5.** Influencia del vertimiento de aguas en del OD del río Tonchima

El Oxígeno disuelto es un valor que tiende a disminuir después del contacto con las aguas vertidas de las piscigranjas, por lo que se describe una disminución del valor en las cuatro semanas de monitoreo, considerándose un efecto negativo pues acidifica el agua del río, considerando importante para la oxigenación del río.



**Figura 6.** Influencia del vertimiento de aguas en del DBO<sub>5</sub> del río Tonchima

Se observa que la demanda bioquímica del oxígeno, después de tener contacto con el vertimiento de aguas de la piscigranja estos aumentan drásticamente, en todas las semanas de muestreo, por lo que se describe una elevación en todas las semanas de muestreo, implicando el aumento de la carga orgánica en el agua, permitiendo ser más posible la contaminación de las mismas.

### 3.2. Concentración de DBO<sub>5</sub>, OD, pH y sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus Linnaeus*) en piscigranja, antes del tratamiento

Para conocer las características contables del efluente que se vierte al río, se ha realizado el análisis físico químico del agua durante varias semanas para conocer su comportamiento usual dentro de un tiempo mayor a 3 semanas, como se muestra a continuación:

**Tabla 7**  
Caracterización físico química del efluente de piscigranja

Parámetros	Unidad de medida	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Promedio
Conductividad eléctrica	mV	122,5	120	125,8	115	120,8
Turbidez	UNT	120	115	130	125	122,5
Sólidos en suspensión	mg/L	42	40	47	45	43,5
pH	pH	6,5	7,5	6,5	7,7	7,1
Temperatura	°C	15,4	15,1	15,3	15	15,2
OD	mg/L	4	3,7	4,5	4,2	4,1
DBO <sub>5</sub>	mg/L	145	140	150	155	147,5

La cantidad promedio en el efluente de la piscigranja fue 120,83 mV de conductividad eléctrica, además 122,5 UNT de turbidez, 43,5 sólidos en suspensión, 7 unidades de pH, 4,1 mg/L de OD y 147,5 mg/L de DBO<sub>5</sub>.

El efluente drenado de la sala de procesamiento de tilapias, tiene un grado de contaminación de medianamente contaminada. Esto permite determinar que el efluente debe ser tratado, puesto que la descomposición de la materia orgánica, da pase a la reducción del contenido de oxígeno disuelto (OD) en el río y a su vez aumenta la eutrofización del agua.

Se observa los parámetros Físico-Químico, son considerablemente altos y no están dentro de la Ley general de Aguas en el Perú, específicamente para el uso de riego de vegetales y de bebida de animales; estos datos son permisibles según estas normas: 15 mg/L de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), la demanda química de oxígeno (DQO) es de 40 mg/L, oxígeno disuelto mayor a 5 mg/L.

En cuanto a los parámetros físicos como la turbidez, es elevado debido a la sangre y algunos sólidos en suspensión que se filtran en la malla que separa las vísceras del pescado (tilapia), el pH aumenta a un nivel básico y la conductividad eléctrica es baja debido a la carga orgánica que tienen estas aguas residuales.

### 3.3. Identificación parámetros óptimos (dosis de coagulante, velocidad de aplicación), para el diseño del proceso primario (remoción de parámetros físicos abundantes)

En la siguiente tabla se colocarán los resultados del ensayo realizados durante el primer ensayo con sulfato de aluminio al 0,5%, con velocidad mezcál rápida 100 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 25 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 8**

Primer ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 0,5%

Parámetros	Unidad de medida	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	122,5	120	125,8	115	118	120,8
Turbidez	UNT	65	55	68	48	54	65
Sólidos en suspensión	mg/L	30	25	26	22	23	24
pH	pH	6,3	7,2	6,4	7,3	7,1	7
Temperatura	°C	15	15,1	15,1	15	15,1	15
OD	mg/L	3,8	3,5	4	3,8	3,9	4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	80	75	56	45	46	52

Según el D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 45 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto mayor a 3 mg/L lo cual indica que se tiene buena oxigenación y regulación del agua, el valor del pH conserva un valor entre 6,3 y 7,3, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo ha logrado mejorar solo algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma.

A continuación, muestran los datos del ensayo realizados durante el primer análisis con sulfato de aluminio al 0,5%, con velocidad mezcla rápida 150 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 37,5 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 9**

Segundo ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 0,5%

Parámetros	Unidad de medida	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	123	119	120	110	115	116
Turbidez	UNT	18	20	14	16	13	22
Sólidos en suspensión	mg/L	12	16	10	13	12	11
pH	pH	6,2	6,8	6,5	6,7	6,7	6,8
Temperatura	°C	15	15	15,1	15,2	15,3	15,5
OD	mg/L	4	4,5	4,3	4,2	4,4	4,4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	35	32	17	20	20	22

Según el D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras han sido moderadamente superior a ello con 17 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se visualiza la presencia de valores de oxígeno disuelto mayores a 4 mg/L lo cual indica que se tiene mejor oxigenación y regulación del agua, el valor del pH conserva un numero neutro entre 6,2 y 6,8, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 10 mg/L como valor mínimo, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma, cabe recalcar que se han observado valores muy bajos en cuanto a los contaminantes que tenía la muestra inicial del agua.

En el siguiente cuadro se colocan los datos del análisis realizado durante el primer ensayo con sulfato de aluminio al 0,5%, con velocidad mezcla rápida 200 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 50 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 10***Tercer ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 0,5%*

Parámetros	Unidad de medida	6					
		Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	123	118	122,5	116	116,5	118,5
Turbidez	UNT	70	65	63	55	52	50
Sólidos en suspensión	mg/L	38	33	32,5	26	25	21
pH	pH	6,2	6,4	6,4	6,9	6,6	6,6
Temperatura	°C	15	15,1	15	15	15,1	15,1
OD	mg/L	3,5	3,5	3,2	4,1	4,0	4,1
DBO <sub>5</sub>	mg/L	99	85	76	80	83	72

Según el <sup>3</sup> D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 72 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,2 <sup>5</sup> mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH conserva un valor que oscila entre 6,2 y 6,85, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 25 mg/L como valor mínimo, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma, cabe recalcar que se han observado valores muy bajos en cuanto a los contaminantes que tenía la muestra inicial del agua.

<sup>31</sup> En la siguiente tabla se colocan los resultados obtenidos durante el primer ensayo con sulfato de aluminio al 0,5%, con velocidad mezcal rápida 250 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 62,5 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**37**  
**Tabla 11**

Cuarto ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 0,5%

Parámetros	Unidad de medida	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	120	119	113	116	115	118
Turbidez	UNT	75	68	72	63	65	70
Sólidos en suspensión	mg/L	38	32	37	28	30	34
pH	pH	6,4	6,8	6,4	7,1	6,9	6,9
Temperatura	°C	15,1	15,6	15	15,2	15,3	15,3
OD	mg/L	3,8	3,5	3,8	3,3	3,5	3,6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	95	105	90	88	85

<sup>3</sup> Según el D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 85 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,3 <sup>5</sup> mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH conserva un numero neutro entre 6,35 y 6,99, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 28 mg/L como valor mínimo, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma, cabe recalcar que se han observado valores muy bajos en cuanto a los contaminantes que tenía la muestra inicial del agua.

A continuación, muestran los resultados, durante <sup>1</sup> el primer ensayo, con sulfato de aluminio al 0,5%, con velocidad mezcal rápida 300 rpm y velocidad mezcla lenta 75 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 12**

Quinto ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 0,5%

Parámetros	Unidad de medida	6					
		Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	119	118	112	113	113	115
Turbidez	UNT	80	95	75	68	65	72
Sólidos en suspensión	mg/L	40	35	42	33	35	41
pH	pH	6,5	6,8	6,2	6,6	6,1	6,1
Temperatura	°C	15	15,2	15,3	15,5	15	15
OD	mg/L	3,5	3,2	3,8	3,9	3,7	3,7
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	98	96	88	88	89

Según el <sup>3</sup> D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 88 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto mayores a <sup>27</sup> 3,2 mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 33 mg/L como valor mínimo, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma, cabe recalcar que se han observado valores muy bajos en cuanto a los contaminantes que tenía la muestra inicial <sup>5</sup> del agua.

<sup>1</sup> A continuación, se muestran los resultados obtenidos del ensayo realizados durante el primer ensayo con sulfato de aluminio al 1%, con velocidad mezcál rápida 100 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 25 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 13**

Primer ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 1%

Parámetros	Unidad de medida	Jarra					
		1	2	3	4	5	6
Conductividad eléctrica	mV	100	105	110	112	111	110
Turbidez	UNT	78	75	65	68	65	58
Sólidos en suspensión	mg/L	25	26	23	18	20	24
pH	pH	5,9	5,5	5,3	5,3	5,3	5,5
Temperatura	°C	16,1	16,1	16,1	16,2	16,3	16,3
OD	mg/L	3,5	3,8	3,5	3,9	3,9	4
DBO <sub>5</sub>	mg/L	90	92	85	75	73	68

Según el D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 68 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,5 mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH presentan valores ácidos pues están entre 5,25 y 5,95, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 18 mg/L como valor mínimo, contrario a ello se observa presencia elevada de turbidez, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo no ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma.

En la siguiente tabla se muestran los resultados durante el primer ensayo con sulfato de aluminio al 1%, con velocidad mezcra rápida 150 r.p.m. y velocidad mezcla lenta 37,5 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 14**

Segundo ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 1%

Parámetros	Unidad de medida	1					
		Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	105	110	112	99	100	95
Turbidez	UNT	80	75	70	65	63	60
Sólidos en suspensión	mg/L	28	30	25	20	23	25
pH	pH	6	5,5	5,3	5,4	5,5	5,8
Temperatura	°C	16	16,1	16,1	16,2	16,3	16,5
OD	mg/L	3,6	4	3,8	3,5	4,0	4,1
DBO <sub>5</sub>	mg/L	95	86	79	82	76	70

Según el <sup>3</sup> D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 70 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,5 <sup>5</sup> mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH presentan valores ácidos pues están entre 5,3 y 6, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 20 mg/L como valor mínimo, contrario a ello se observa presencia elevada de turbidez, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo no ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma.

<sup>2</sup> En la siguiente tabla se indican los resultados del ensayo realizados durante el <sup>1</sup> primer ensayo con sulfato de aluminio al 1%, con velocidad mezcál rápida 200 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 50 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 15**Tercer ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 1%

Parámetros	Unidad de medida	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	112	110	115	112	113	114
Turbidez	UNT	85	86	75	68	66	65
Sólidos en suspensión	mg/L	35	33	29	25	25	27
pH	pH	6,0	5,59	5,5	6,5	6,1	5,7
Temperatura	°C	16	16,1	16,5	16,5	16,5	16,5
OD	mg/L	3,8	3,5	3,3	3,1	3,5	3,6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	98	96	85	79	72	65

Según el D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 65 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,1 mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH presentan valores ácidos pues están entre 5,5 y 6,5, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 25 mg/L como valor mínimo, contrario a ello se observa presencia elevada de turbidez, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo no ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma.

En la siguiente tabla se registran los resultados obtenidos durante el primer ensayo con sulfato de aluminio al 1%, con velocidad mezcál rápida 250 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 62,5 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 16**Cuarto ensayo de prueba de jarras con  $Al_2(SO_4)_3$  al 1%

Parámetros	Unidad de medida	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	110	100	115	110	112	112
Turbidez	UNT	83	82	93	75	70	68
Sólidos en suspensión	mg/L	38	35	35	29	30	35
pH	pH	6,1	6,2	6	5,5	5,8	6,1
Temperatura	°C	16	16,1	16,1	16,3	16,3	16,3
OD	mg/L	4	3,5	3,8	3,5	3,3	3,3
DBO <sub>5</sub>	mg/L	95	93	92	90	88	85

Según el <sup>3</sup> D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 85 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,3 <sup>5</sup> mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH presentan valores ácidos pues están entre 5,5 y 6,1, además se observa que presentan valores bajos en relación a los sólidos en suspensión con 29 mg/L como valor mínimo, contrario a ello se observa presencia elevada de turbidez, habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo no ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma.

<sup>2</sup> En la siguiente tabla se registran los resultados del ensayo realizados durante el <sup>1</sup> primer ensayo con sulfato de aluminio al 1%, con velocidad mezcal rápida 300 revoluciones por minuto y velocidad mezcla lenta 75 r.p.m., obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 17**

*Quinto ensayo de prueba de jarras con Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> al 1%*

Parámetros	Unidad de medida	<sup>6</sup>					
		Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Conductividad eléctrica	mV	113	110	116	112	112	114
Turbidez	UNT	85	88	95	76	74	72
Sólidos en suspensión	mg/L	40	38	42	41	40	39
pH	pH	6,2	6,5	6,0	5,6	5,9	6,2
Temperatura	°C	16	16,2	16,38	16	16	16
OD	mg/L	4,0	3,9	4,3	3,9	6,9	3,9
DBO <sub>5</sub>	mg/L	100	99	96	98	95	95

Según el <sup>3</sup> D.S. 004 -2017 MINAM, en la categoría 2: Extracción, cultivo y otras actividades marino costeras y continentales, en la sub categoría C2, se indica que el DBO<sub>5</sub> para la crianza debería ser 10 mg/L y según resultados obtenidos en el tratamiento con prueba de jarras ha sido elevado, con 95 mg/L como valor mínimo, por otro lado, se observa que presenta valores de oxígeno disuelto son mayores a 3,85

5 mg/L lo cual indica que se tiene la cantidad de oxígeno adecuada dentro del agua, el valor del pH presentan valores ácidos pues están entre 5,58 y 6,5, además se observa que presentan valores más elevados en relación a los sólidos en suspensión con 38 mg/L como valor mínimo, se observa elevada turbidez; habiéndose observado estos resultados se puede decir que el ensayo no ha logrado mejorar algunos parámetros del agua de la piscigranja en relación a los estándares manejados en la norma.

Tomando en cuenta que el proceso primario de coagulación y floculación ha sido realizado en el laboratorio, este ha tenido la siguiente influencia en los contaminantes (DBO<sub>5</sub> y sólidos en suspensión) a evaluar en la investigación, comportándose de la siguiente manera:

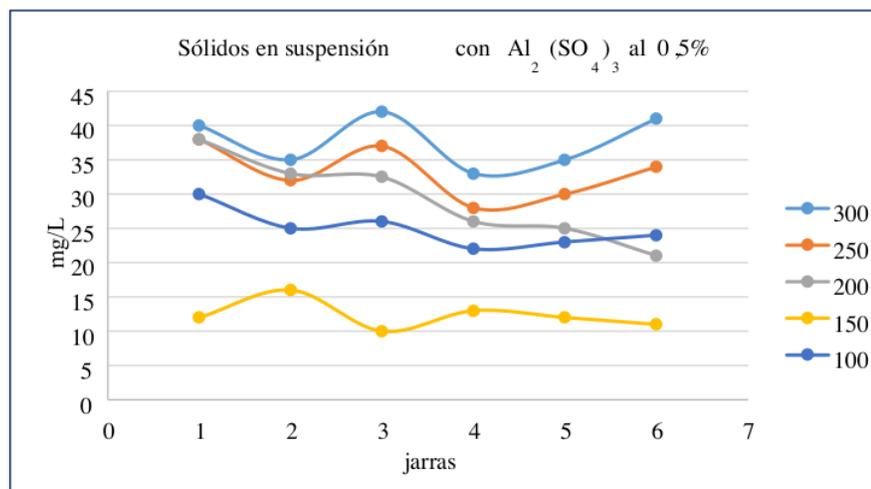
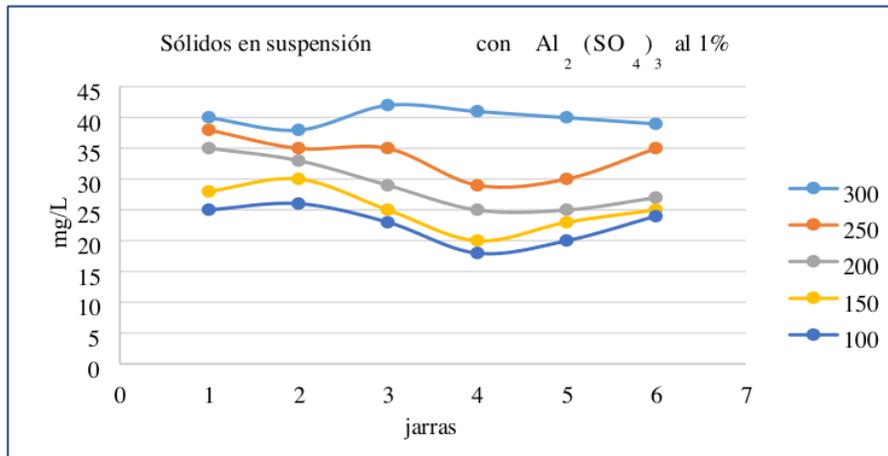


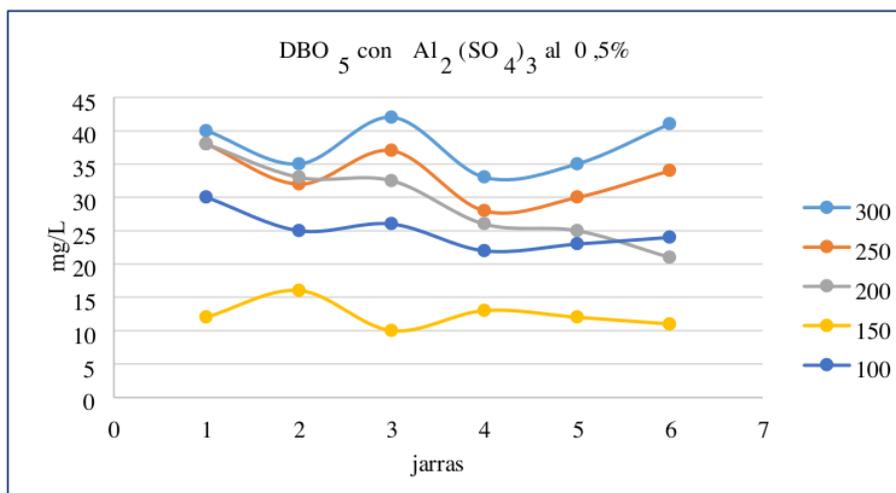
Figura 7. Ensayo óptimo de sólidos en suspensión con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  al 0,5%

El ensayo realizado a diferentes velocidades con 0,5% de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), ha presentado un comportamiento variado para los sólidos en suspensión, en el cual se puede observar que los valores más bajos están presentes en el ensayo realizado a 150 revoluciones por minuto, seguido del ensayo realizado a 100 revoluciones por minuto, luego están los demás ensayos que han ido teniendo valores más elevados, por lo tanto se puede decir que el ensayo óptimo para los sólidos en suspensión es el ensayo a 5% en 150 rpm.



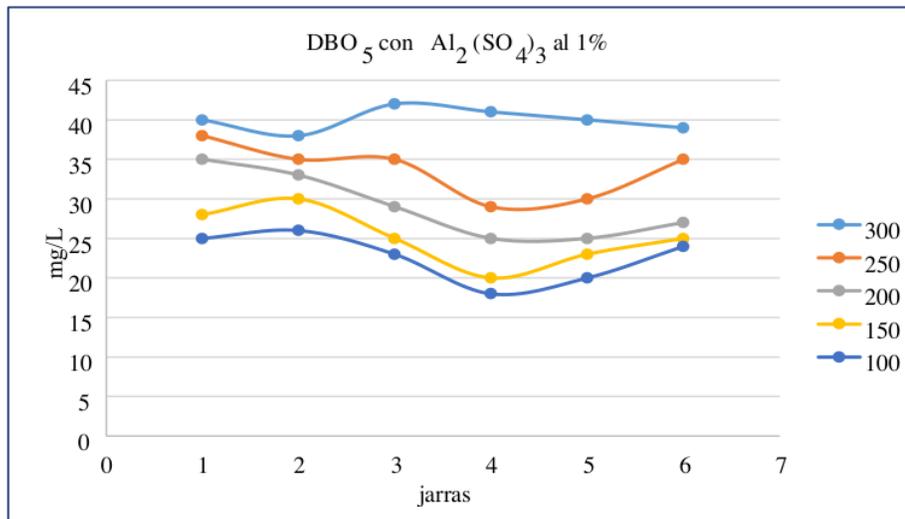
**Figura 8.** Ensayo óptimo de sólidos en suspensión con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  al 1%

El ensayo realizado a diferentes velocidades con 0,5% de sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , ha presentado un comportamiento variado para los sólidos en suspensión, en el cual se puede observar que los valores más bajos están presentes en el ensayo realizado a 100 revoluciones por minuto, seguido del ensayo realizado a 150 revoluciones por minuto, coincidiendo con los anteriores ensayos, en donde se demuestra que a menores velocidades mejores resultados, luego están los demás ensayos que han ido teniendo valores más elevados, por lo tanto se puede decir que el ensayo óptimo para los sólidos en suspensión es el ensayo a 5% en 100 rpm.



**Figura 9.** Ensayo óptimo de demanda bioquímica de oxígeno con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  al 0,5%

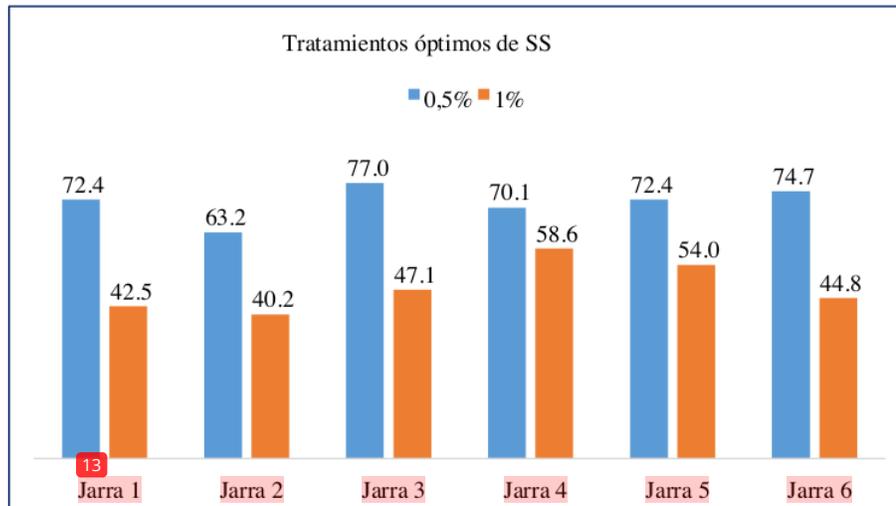
El ensayo realizado a diferentes velocidades con 0,5% de sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), ha presentado un comportamiento variado para la demanda bioquímica de oxígeno, en el cual se puede observar que los valores más bajos están presentes en el ensayo realizado a 150 revoluciones por minuto, seguido del ensayo realizado a 100 revoluciones por minuto, coincidiendo con los anteriores ensayos, en donde se demuestra que a menores velocidades mejores resultados, luego están los demás ensayos que han ido teniendo valores más elevados, por lo tanto se puede decir que el ensayo óptimo para los sólidos en suspensión es el ensayo a 5% en 150 rpm.



**Figura 10.** Ensayo óptimo de demanda bioquímica de oxígeno con  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  al 1%

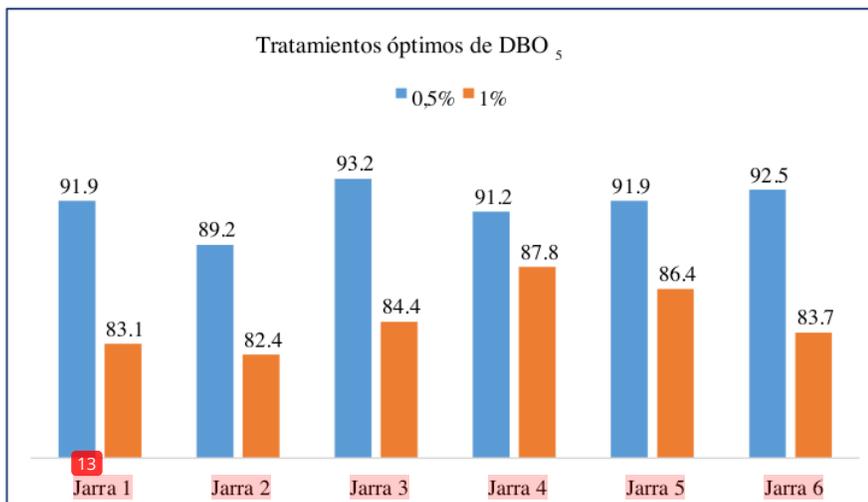
El ensayo realizado a diferentes velocidades con 0,5% de sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , ha presentado un comportamiento variado para la demanda bioquímica de oxígeno, en el cual se puede observar que los valores más bajos están presentes en el ensayo realizado a 100 revoluciones por minuto, seguido del ensayo realizado a 150 revoluciones por minuto, coincidiendo con los anteriores ensayos, en donde se demuestra que a menores velocidades mejores resultados, luego están los demás ensayos que han ido teniendo valores más elevados, por lo tanto se puede decir que el ensayo óptimo para los sólidos en suspensión es el ensayo a 5% en 100 rpm.

Conociendo los ensayos óptimos de cada proceso, se realiza el análisis de la disminución de estos contaminantes en el proceso de coagulación floculación realizado en el laboratorio:



**Figura 11.** Disminución de sólidos en suspensión en los ensayos óptimos

En el gráfico, se observa que la cantidad de sólidos en suspensión ha disminuido en mayor porcentaje con la solución al 0,5% (barras azules), comparado con la disminución óptima de los sólidos en suspensión al 1% de sulfato de aluminio.



**Figura 12.** Disminución de la demanda bioquímica de oxígeno en los ensayos óptimos

El gráfico, indica que la cantidad de demanda bioquímica de oxígeno, ha disminuido en mayor porcentaje con la solución al 0,5% (barras azules), comparado con la disminución óptima de los sólidos en suspensión al 1% de sulfato de aluminio.

Por lo que se puede deducir que la solución óptima para ambos tratamientos es el sulfato de aluminio al 0,5%.

Teniendo en cuenta los resultados de la simulación en laboratorio del proceso de coagulación primaria y floculación, se determinan a continuación los parámetros óptimos, a partir de los cuales se obtuvieron los mejores resultados:

**Tabla 18**

*Parámetros óptimos para el diseño del proceso primario*

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )		Sólidos en suspensión	
Sulfato de aluminio (Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ), al 0,5%			
Velocidad mezcla rápida	150 r.p.m.	Velocidad mezcla rápida	150 r.p.m.
Velocidad mezcla lenta	37,5 r.p.m.	Velocidad mezcla lenta	37,5 r.p.m.

55

### 3.4. Discusión de resultados

En la investigación de Benavides y Daza (2020), en donde evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de un sistema acuapónico, sus resultados mostraron variaciones en los parámetros tanto al inicio como al final de cada medición efectuada, lo cual indica la contaminación de las aguas provocada por la crianza de estas especies, lo que coincide y se relaciona directamente con lo identificado en la investigación actual, ya que en la caracterización de contaminantes del río Tonchima antes y después del contacto con el efluente de las aguas residuales de la piscigranja se observan cambios notables.

Para García (2018), en su investigación concluyó que el incremento del parámetro Amonio es altamente tóxico para el cultivo, debido a que puede ser letal, identificando como principal causa de esta situación a las excretas de los peces, la cual produce alteraciones en la composición natural del agua, afectando directamente a quienes la consumen. Por otro lado, en esta investigación el parámetro con mayor presencia en las aguas después del contacto con el efluente de las aguas residuales de la piscigranja es el DBO<sub>5</sub>.

Otro investigador que persigue el uso de tratamientos biológicos con plantas es Tapia (2019), el cual empleó humedales artificiales para la remoción de carga inorgánica,

compuestos nitrogenados y sólidos suspendidos, y determinó que esta es la opción más adecuada para los efluentes piscícolas de la zona en estudio, debido a los procesos físicos, químicos y biológicos que se tienen y que favorecen la remoción de contaminantes presentes en el agua. Sin embargo, en esta investigación con la aplicación del proceso primario se logró reducir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de Tilapias en la piscigranja El Bado.

Amacifen y Guevara (2017), en su investigación estudiaron el impacto producido por la crianza de “Tilapia” *Oreochromis niloticus* en la calidad del agua y su impacto ambiental, en donde concluyeron que la problemática surge en la etapa de operación y construcción, en la cual se observa un aumento en los parámetros de temperatura, transparencia, pH, oxígeno disuelto, lo cual evidencia el impacto de los efluentes descargados y su elevado contenido en carga contaminante, produciendo variaciones y/o alteraciones en las características fisicoquímicas del agua. De misma forma, en esta investigación se concuerda que el contacto con efluentes de aguas residuales de piscigranjas afecta de cierta forma con la calidad del agua, contaminando y alterando sus características físico químicas.

Vásquez (2020), en su investigación estudió el nivel de contaminación producido por la actividad piscícola hacia la quebrada del anexo de Taquia, Chachapoyas, en donde tomó 3 puntos de muestreo (parte alta, intercesión y aguas abajo) y analizó parámetros como la DBO, DQO, pH, sólidos suspendidos totales, fosfatos y nitratos, estableciendo que los valores más altos por lo general se encontraron en la parte media. Con respecto a la presente investigación se también se realizaron análisis en dos puntos, previo y post contacto del río Tonchima con el efluente proveniente de la piscigranja El Bado,

## CONCLUSIONES

La caracterización de contaminantes del río Tonchima antes y después del contacto con el efluente de las aguas residuales de la piscigranja, cambia notablemente, ya que se muestra el aumento del DBO<sub>5</sub> con valores de 23,5 mg/L a 104,8 mg/L y de los sólidos en suspensión de 30,42 mg/L a 61 mg/L, a su vez, se tuvo una disminución del OD con valores de 6,6 mg/L a 2,5 mg/L y el pH de 7,2 – 3,6.

La concentración promedio de las aguas residuales provenientes de la piscigranja fue 120,8 de conductividad eléctrica, además 122,5 UNT de turbidez, 43,5 sólidos en suspensión, 7 unidades de pH, 4,1 mg/L de OD y 147,5 mg/L de DBO<sub>5</sub>.

Los parámetros óptimos para el tratamiento de los sólidos en suspensión han sido con coagulante sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) al 0,5 %, en 150 revoluciones por minuto (mezcla rápida), y 37,5 revoluciones por minuto (mezcla lenta).

Los parámetros óptimos para el tratamiento de la demanda bioquímica de oxígeno han sido con coagulante sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) al 0,5 %, en 150 revoluciones por minuto (mezcla rápida), y 37,5 revoluciones por minuto (mezcla lenta).

En base a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis planteada: El proceso primario podrá disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión de las aguas residuales de la crianza de tilapias (*Oreochromis niloticus*) en piscigranja El Bado, Soritor, llegando a disminuir hasta en 77% la cantidad de sólidos totales y en un 93,2% la cantidad de demanda bioquímica de oxígeno.

## RECOMENDACIONES

Aunque nuestro tratamiento es eficaz, <sup>5</sup> no cumple los criterios de calidad ambiental de la categoría 2, por lo que puede ser necesario un tratamiento secundario para complementarlo.

Los estudios futuros deberían realizar un tratamiento preparatorio para reducir la carga orgánica, ya que de este modo se garantizaría que el <sup>1</sup> proceso de coagulación-floculación cumple las normas de calidad ambiental.

Investigar el proceso de coagulación-floculación utilizando cantidades de sulfato de aluminio distintas de las ya investigadas en la investigación.

Al ALA – Autoridad Local del Agua y el MINSA- Ministerio de salud, realizar el seguimiento y monitoreo de <sup>1</sup> los vertimientos de aguas residuales provenientes de las piscigranjas debido a que se aprecia que podrían estar afectando directamente a fuentes cercanas de aguas superficiales que son utilizadas para riego y bebida de animales.

A los comerciantes y productores de peces en la zona evaluada, realizar un correcto uso del agua y comprometerse a su cuidado y preservación, puesto que estas pueden perjudicar de manera severa los ríos cercanos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andia, Y. (2000). *Tratamiento de agua. Coagulación y floculación. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico*. SEDAPAL. Lima. Perú.
- Bautista, J. & Ruiz, J. (2011). *Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques geomembrana*. Revista Fuente. Recuperado de:  
<http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>
- Benavides, C. & Daza, Y. (2020). *Evaluación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en agua de un sistema acuapónico para la producción de cachama blanca *Piaractus brachyomus*, fresa *Fragaria vesca* y albahaca *Ocimum basilicum* en la Fundación Universitaria de Popayán*. Obtenido de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglefindmkaj/[http://unividafulp.edu.co/repositorio/f\\_iles/original/95aa0e6df4dcd2cf99c5c5ae205af794.pdf](http://unividafulp.edu.co/repositorio/f_iles/original/95aa0e6df4dcd2cf99c5c5ae205af794.pdf)
- Buschmann, A. (2001). *Impacto ambiental de la acuicultura*. Terram. Recuperado de:  
<https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2009.02.001>
- Chaux, G., Caicedo, J., & Fernandez, J. (2013). *Tratamiento de efluentes piscícolas (tilapia roja) en lagunas con azolla pinnata*. Vol. 11 Núm. 2. Obtenido de:  
<https://doi.org/1692-3561>
- CYCLUS (2020). *Tratamiento primario*. Obtenido de:  
<https://www.cyclusid.com/tecnologias-aguas-residuales/tratamientoaguas/tratam>.
- Dormon, K. (2008). *Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de:  
[http://www.repositorio.usac.edu.gt/7775/1/Kathya Iturbide Dormon.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/7775/1/Kathya%20Iturbide%20Dormon.pdf)
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2012). *World Fisheries and Aquaculture*. Recuperado de:  
<http://www.fao.org/3/i2727e/i2727e.pdf>
- Garcia, G. E. (2018). *Evaluación de las características fisicoquímicas del agua en la piscícola de Asojuncal-Huila, asociados al ciclo de producción de la tilapia roja*.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20945/gegarciao.pdf;jsessionid=E32A76CEB061865C175C258BD7ADFE3B.jvm1?sequence=1>

Gonzales, J. P. (2016). *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada*. Baja California Programa de Posgrado en Ciencias en Acuicultura. Obtenido de: [https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/513/1/Tesis\\_Gonzalez\\_Hermoso\\_Juan\\_Pablo\\_07\\_dic\\_2016.pdf](https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/513/1/Tesis_Gonzalez_Hermoso_Juan_Pablo_07_dic_2016.pdf)

HANNA (2019). *Turbidímetro portátil*. Hanna Instruments. Disponible en: [https://www.hannainst.es/parametros/5397-turbidimetro-portatil-000-a-1000ftu.html#/531-suministro-con\\_cubetas](https://www.hannainst.es/parametros/5397-turbidimetro-portatil-000-a-1000ftu.html#/531-suministro-con_cubetas)

Higashino, M. y Stefan, G. *Oxygen uptake prediction in rivers and streams: A stochastic approach*. Journal of Environmental Management. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717307417> ISSN: 03014797

Iturbide, K. (2008). *Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/7775/1/Kathya Iturbide Dormon.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/7775/1/Kathya%20Iturbide%20Dormon.pdf)

KASALAB (2017). *Método para la determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) en aguas*. KASABLOG. Disponible en: <https://www.kasalab.com/metodopara-la-determinacion-de-demanda-bioquimica-de-oxigeno-dbo5-en-aguas/>

Martínez, M., Murcia, D., & Suárez, Y. (2015). *Evaluación de un sistema de biorremediación de aguas residuales porcícolas en la finca el porvenir, verde Suncunchoque, sector la Laja, Ubaté-Cundinamarca, y su reutilización con fines agroambientales*. Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería (Vol. 53).

Bogotá.

Martinez, M., & Reyes, M. E. (2005). *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Editorial Ciencias Médicas. Recuperado de: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-salud-y-seguridad-en-el-trabajo.pdf](https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-salud-y-seguridad-en-el-trabajo.pdf)

MINAM (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias*. Pub. L. No. 004–2017. El Peruano 6 . Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aguaestablecen-disposiciones>

MINSA-DIGESA. (2009). *Digesa Gesta Agua*. Recuperado de: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO DE USO 1.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO_DE_USO_1.pdf)

Orduz, L. (2016). *Determinación y comparación de la tasa de reaeración de los ríos molinos, torca, arzobispo y de la quebrada La Vieja, en la ciudad de Bogotá mediante la aplicación de ecuaciones empíricas*. Universidad Santo Tomás. Facultad de Ingeniería Ambiental. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2853/Orduzluis2016.pdf?sequence=6>

Osnayo, W., Castillo, G., Araujo, E. , & Paco Contreras, J. . L. (2014). *Producción de forraje verde hidropónico de cebada (hordeum vulgare) usando efluente de piscigranja de truchas*. Revista Complutense de Ciencias Veterinarias. Obtenido de: [http://ezproxy.puc.cl/docview/1552151699?accountid=16788%5Cnhttp://sfx.alerta.cl/sfxpuc41??url\\_ver=Z39](http://ezproxy.puc.cl/docview/1552151699?accountid=16788%5Cnhttp://sfx.alerta.cl/sfxpuc41??url_ver=Z39).

Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA /Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Ministerio de Salud, Lima – Perú.

Rodie, E., & Hardenguer, W. A. (2013). *Tratamiento De Aguas Residuales*. Iv Continental S.A.. Recuperado de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lar/oropeza\\_b\\_vm/capitulo4.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf)

- Rodier, J. (2010). *Análisis del agua* (IX). España: Omega.
- Rodríguez, H., & Anzola, E. (2014). *La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura*. In Fundamentos de acuicultura continental. Recuperado de: [http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder\\_id=0&dvs=1528086863883~38](http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/StreamGate?folder_id=0&dvs=1528086863883~38)
- Rodriguez, C. E. (2019). *Eficiencia del jacinto acuatico (Eichhornia crassipes) para la depuración del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Copallin, provincia de Bagua, región Amazonas* (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Recuperado de: [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1685/RodríguezVásquez Carlos Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1685/RodríguezVásquez%20Carlos%20Enrique.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Salazar, R. (2014). *Tratamiento de Aguas Residuales en Acuicultura*. Revista Electrónica de Ingeniería En Producción Acuícola. Obtenido de: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/issue/view/191>
- Sierra, C. A. (2011). *Calidad de agua: Evaluación y diagnóstico*. In Foreign Affairs (Ediciones). Medellin - Colombia.
- Spinneli, J. (2001). *Quitosana, polieletrólito natural para o tratamiento de agua potable*. (Tesis de Maestría). Universidad de Santa Catarina, Brasil.
- Tacon, A. G., & Foster, I. P. (2003). *Alimentos acuícolas y medio ambiente: Implicaciones políticas*. *Acuicultura*, 226(1-4), 181-189. Disponible en: <https://doi.org/10.1016>
- Tapia, E. G. (2019). *Formulación de un modelo para el tratamiento de efluentes procedentes del proceso productivo de la piscícola HSV ubicada en el corregimiento el Charco – Planeta Rica, Córdoba*. Universidad de Córdoba. Disponible en: <chromeextension://efaidnbmninnibpcjpcglclefindmkaj/https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2633/EVY%20TAPIA%20POLO%20>

Troell, M., Neori, A., Chopin, T., & Buschmann, A. (2005). *Biological wastewater treatment in aquaculture-more than just bacteria*. World Aquaculture. Disponible en:

<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300988010>

Vallejos, P. D. (2016). *Determinación del nivel de contaminación del agua producido por la actividad piscícola al estero flor del valle de la parroquia Puerto Libre, cantón Gonzalo Pizarro provincia de Sucumbio*. Universidad Nacional de Loja.

Disponible en:

<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/17876>

**ANEXOS**

**Anexo 1: Ubicación del área a estudiar**



**Anexo 2:****Panel fotográfico**

*Figura 13.* Punto de muestreo (canal)



*Figura 14.* Punto de muestreo (canal)



*Figura 15.* Piscinas de Tilapia



*Figura 16.* Ensayos de prueba de jarras



*Figura 17.* Resultados finales del proceso de tratamiento en la prueba de jarras

### Anexo 3:

Reporte de análisis efectuados en el laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la  
Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE ECOLOGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**  
**Laboratorio de Ingeniería Sanitaria**

#### Información

Tipo de muestra: Agua

Muestreado por:

- Kaira Alejandra Lozada Saldaña

Ensayos realizados por:

- Ing. Yrwin Francisco Azabache Liza
- Kaira Alejandra Lozada Saldaña

#### Afluente

Fecha y hora de análisis:

Semana	Fecha	Hora
1	1/12/2021	8:00 am
2	8/12/2021	8:00 am
3	15/12/2021	8:00 am
4	21/12/2021	8:00 am

Análisis	Unidad	S1	S2	S3	S4
Conductividad eléctrica	mV	0,45	0,5	0,7	0,65
Turbidez (UNT)	UNT	2,5	3	2,3	3,3
Sólidos suspendidos	mg/L	29,5	30	31	30,75
pH	pH	7,4	7,05	6,68	7,65
Temperatura	°C	15	17	13	12,9
OD	mg/L	7	6	6,75	6,6
DBO	mg/L	20	15	28	30

Efluente

Fecha y hora de análisis:

Semana	Fecha	Hora
1	1/12/2021	11:00 am
2	8/12/2021	11:00 am
3	15/12/2021	11:00 am
4	21/12/2021	11:00 am

Análisis	Unidad	S1	S2	S3	S4
Conductividad eléctrica	mV	0,35	0,4	0,3	0,42
Turbidez (UNT)	UNT	50	55	62,3	60
Sólidos suspendidos	mg/L	60	62	64	58
pH	pH	3,5	4	3,75	3,2
Temperatura	°C	15,2	14,3	15,6	14,5
OD	mg/L	2,5	3	1,15	3,2
DBO	mg/L	105	104	110	100

Aguas residuales concentración

Fecha y hora de análisis:

Semana	Fecha	Hora
1	1/12/2021	2:00 pm
2	8/12/2021	2:00 pm
3	15/12/2021	2:00 pm
4	21/12/2021	2:00 pm

Análisis	Unidad	S1	S2	S3	S4
Conductividad eléctrica	mV	122,5	120	125,8	115
Turbidez (UNT)	UNT	120	115	130	125
Sólidos suspendidos	mg/L	42	40	47	45
pH	pH	6,47	7,5	6,47	7,65
Temperatura	°C	15,4	15,1	15,3	15
OD	mg/L	4	3,7	4,5	4,2
DBO	mg/L	145	140	150	155

1° ensayo con prueba de jarras usando Al2 (SO4)3 al 0.5%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 8:00 am

Velocidad: 100 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	122,5	120	125,8	115	118	120,83
Turbidez (UNT)	UNT	65	55	68	48	54	65
Sólidos suspendidos	mg/L	30	25	26	22	23	24
pH	pH	6,3	7,2	6,4	7,3	7,12	7
Temperatura	°C	15	15,1	15,1	15	15,1	15
OD	mg/L	3,8	3,5	4	3,8	3,98	4
DBO	mg/L	80	75	56	45	46	52

2° ensayo con prueba de jarras usando Al2 (SO4)3 al 0.5%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 9:45 am

Velocidad: 150 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	123	119	120	110	115	116
Turbidez (UNT)	UNT	18	20	14	16	13	22
Sólidos suspendidos	mg/L	12	16	10	13	12	11
pH	pH	6,2	6,8	6,5	6,7	6,7	6,8
Temperatura	°C	15	15	15,1	15,2	15,3	15,5
OD	mg/L	4	4,5	4,3	4,2	4,4	4,4
DBO	mg/L	35	32	17	20	20	22

3° ensayo con prueba de jarras usando Al2 (SO4)3 al 0.5%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 11:00 am

Velocidad: 200 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	123	118	122,5	116	116,5	118,5
Turbidez (UNT)	UNT	70	65	63	55	52	50
Sólidos suspendidos	mg/L	38	33	32,5	26	25	21
pH	pH	6,2	6,35	6,4	6,85	6,63	6,57
Temperatura	°C	15	15,1	15	15	15,1	15,1
OD	mg/L	3,5	3,5	3,2	4,05	4,01	4,05
DBO	mg/L	99	85	76	80	83	72

4° ensayo con prueba de jarras usando Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> al 0,5%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 12:30 pm

Velocidad: 250 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	120	119	113	116	115	118
Turbidez (UNT)	UNT	75	68	72	63	65	70
Sólidos suspendidos	mg/L	38	32	37	28	30	34
pH	pH	6,4	6,8	6,35	7,1	6,99	6,98
Temperatura	°C	15,1	15,25	15	15,23	15,25	15,3
OD	mg/L	3,8	3,5	3,8	3,3	3,5	3,6
DBO	mg/L	100	95	105	90	88	85

5° ensayo con prueba de jarras usando Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> al 0,5%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 3:00 pm

Velocidad: 300 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	119	118	112	113	113	115
Turbidez (UNT)	UNT	80	95	75	68	65	72
Sólidos suspendidos	mg/L	40	35	42	33	35	41
pH	pH	6,5	6,8	6,2	6,6	6,1	6,1
Temperatura	°C	15	15,2	15,25	15,5	15	15
OD	mg/L	3,5	3,2	3,8	3,9	3,7	3,7
DBO	mg/L	100	98	96	88	88	89

1° ensayo con prueba de jarras usando Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> al 1%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 4:25 pm

Velocidad: 100 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	100	105	110	112	111	110
Turbidez (UNT)	UNT	78	75	65	68	65	58
Sólidos suspendidos	mg/L	25	26	23	18	20	24
pH	pH	5,95	5,45	5,25	5,28	5,3	5,45
Temperatura	°C	16,1	16,1	16,1	16,2	16,3	16,3
OD	mg/L	3,5	3,8	3,5	3,9	3,9	4
DBO	mg/L	90	92	85	75	73	68

2° ensayo con prueba de jarras usando Al2 (SO4)3 al 1%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 5:15 pm

Velocidad: 150 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	105	110	112	99	100	95
Turbidez (UNT)	UNT	80	75	70	65	63	60
Sólidos suspendidos	mg/L	28	30	25	20	23	25
pH	pH	6	5,5	5,3	5,4	5,5	5,8
Temperatura	°C	16	16,1	16,1	16,2	16,3	16,5
OD	mg/L	3,6	4	3,8	3,5	4,01	4,1
DBO	mg/L	95	86	79	82	76	70

3° ensayo con prueba de jarras usando Al2 (SO4)3 al 1%

Fecha y hora de análisis: 22/12/2021 6:45 pm

Velocidad: 200 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	112	110	115	112	113	114
Turbidez (UNT)	UNT	85	86	75	68	66	65
Sólidos suspendidos	mg/L	35	33	29	25	25	27
pH	pH	6,01	5,59	5,5	6,5	6,1	5,7
Temperatura	°C	16	16,1	16,5	16,5	16,5	16,5
OD	mg/L	3,8	3,5	3,3	3,1	3,5	3,6
DBO	mg/L	98	96	85	79	72	65

4° ensayo con prueba de jarras usando Al2 (SO4)3 al 1%

Fecha y hora de análisis: 23/12/2021 8:00 am

Velocidad: 250 rev

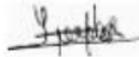
Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	110	100	115	110	112	112
Turbidez (UNT)	UNT	83	82	93	75	70	68
Sólidos suspendidos	mg/L	38	35	35	29	30	35
pH	pH	6,1	6,2	6	5,5	5,8	6,1
Temperatura	°C	16	16,1	16,1	16,25	16,3	16,3
OD	mg/L	4	3,5	3,8	3,5	3,3	3,3
DBO	mg/L	95	93	92	90	88	85

5° ensayo con prueba de jarras usando Al<sub>2</sub> (SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> al 1%

Fecha y hora de análisis: 23/12/2021 9:25 am

Velocidad: 300 rev

Análisis	Unidad	J1	J2	J3	J4	J5	J6
Conductividad eléctrica	mV	113	110	116	112	112	114
Turbidez (UNT)	UNT	85	88	95	76	74	72
Sólidos suspendidos	mg/L	40	38	42	41	40	39
pH	pH	6,2	6,5	6,01	5,58	5,98	6,2
Temperatura	°C	16	16,2	16,38	16	16	16
OD	mg/L	4,05	3,85	4,25	3,9	6,89	3,86
DBO	mg/L	100	99	96	98	95	95



---

Ms. Ing. Yrwin Francisco Azabache Liza  
Encargado de laboratorio de Ingeniería Sanitaria

**Anexo 4:**

Registro de asistencia al laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ecología  
de la Universidad Nacional de San Martín



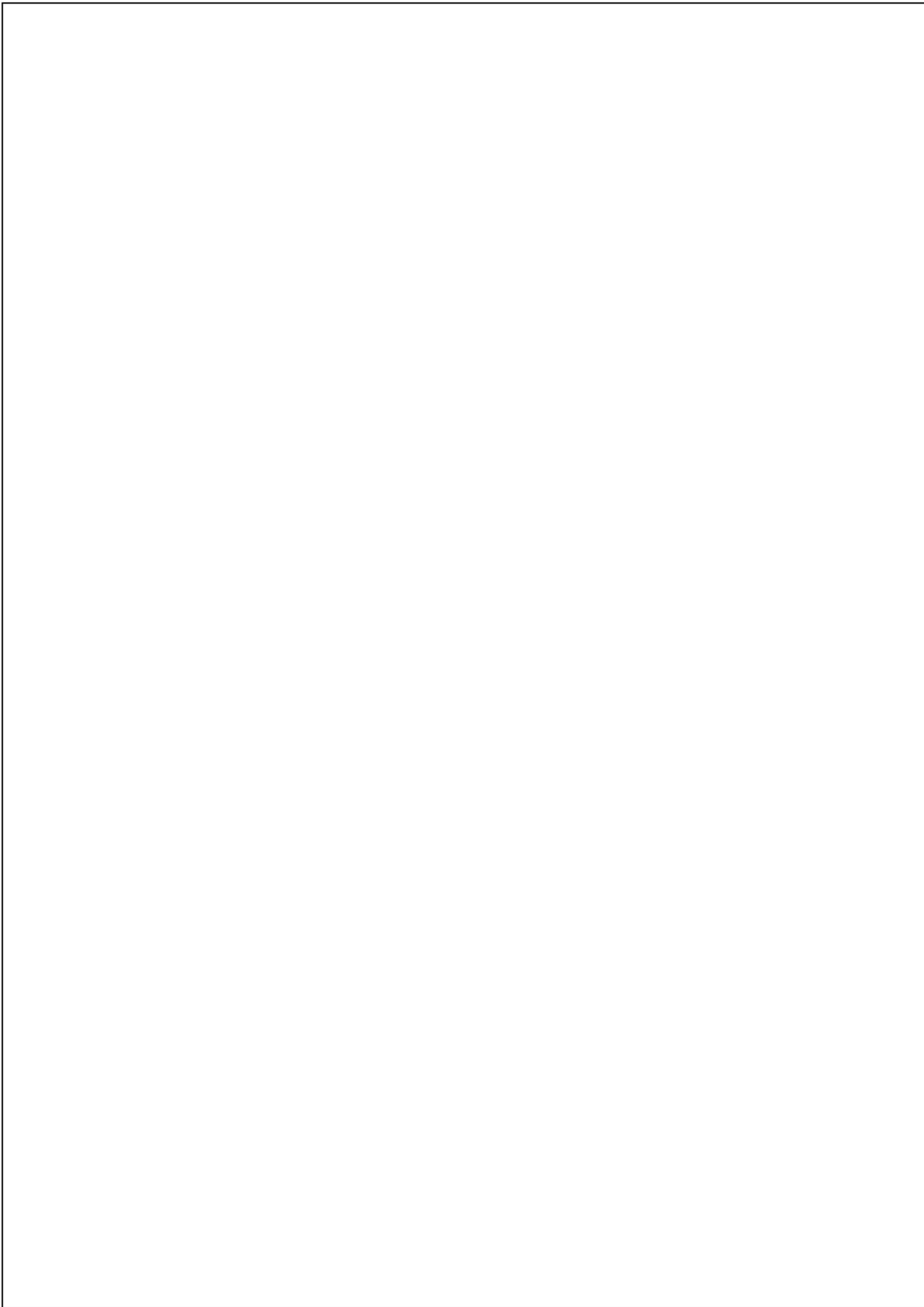
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**FACULTAD DE ECOLOGIA**  
**Escuela profesional de Ingeniería Sanitaria**  
**Laboratorio de Ingeniería Sanitaria**

**REGISTRO DE ASISTENCIA AL LABORATORIO**

<b>Fecha</b>	<b>Hora de entrada</b>	<b>Hora de salida</b>	<b>Nombre usuario del laboratorio</b>	<b>Firma responsable del laboratorio</b>
1/12/2021	8:00 am	7:00 pm	Kaira Alejandra Lozada Saldaña	
8/12/2021	8:00 am	7:00 pm	Kaira Alejandra Lozada Saldaña	
15/12/2021	8:00 am	7:00 pm	Kaira Alejandra Lozada Saldaña	
20/12/2021	8:00 pm	7:00 pm	Kaira Alejandra Lozada Saldaña	
21/12/2021	8:00 am	7:00 pm	Kaira Alejandra Lozada Saldaña	
22/12/2021	8:00 am	7:00 pm	Kaira Alejandra Lozada Saldaña	

Atte:

Ing. Yrwin Francisco Azabache Liza



# Proceso primario para disminuir la demanda bioquímica de oxígeno y los sólidos en suspensión en piscigranja de tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://repositorio.unsm.edu.pe">repositorio.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://tesis.unsm.edu.pe">tesis.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="http://repositorio.upsc.edu.pe">repositorio.upsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="https://repositorio.untels.edu.pe">repositorio.untels.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="https://repository.usta.edu.co">repository.usta.edu.co</a> Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1 %
12	<a href="http://www.grupo-epm.com">www.grupo-epm.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
14	<a href="http://www.cep.unep.org">www.cep.unep.org</a> Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Nacional de Trujillo Trabajo del estudiante	<1 %
16	<a href="http://unividafup.edu.co">unividafup.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="https://fdocuments.net">fdocuments.net</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="https://cybertesis.uni.pe">cybertesis.uni.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %

20	<a href="http://repositorio.unaj.edu.pe">repositorio.unaj.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repository.unad.edu.co">repository.unad.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://ri.ues.edu.sv">ri.ues.edu.sv</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://repositorio.oefa.gob.pe">repositorio.oefa.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://archivosdiversos.weebly.com">archivosdiversos.weebly.com</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://cybertesis.uni.edu.pe">cybertesis.uni.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Nacional de San Martín Trabajo del estudiante	<1 %
30	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://www.adaltis.com">www.adaltis.com</a>	

Fuente de Internet

<1 %

32

Clara Bretas Alvim. "Caracterización de microplásticos en aguas naturales y residuales, y su influencia y separación en procesos biológicos de depuración",  
Universitat Politecnica de Valencia, 2022

Publicación

<1 %

33

[repositorio.lamolina.edu.pe](https://repositorio.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

34

[repositorio.unac.edu.pe](https://repositorio.unac.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

35

[repositorio.uta.edu.ec](https://repositorio.uta.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

36

[www.rineer.com](http://www.rineer.com)

Fuente de Internet

<1 %

37

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

38

[repositorio.upao.edu.pe](https://repositorio.upao.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

39

Submitted to Universidad Santo Tomas

Trabajo del estudiante

<1 %

40

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %

41	CESEL S A. "ITS de las Líneas de Transmisión Chilca – Zapallal a 500 kV y Chilca – Planicie – Zapallal a 220 kV.-IGA0013503", R.D. N° 0114-2021-MINEM/DGAAE , 2021 Publicación	<1 %
42	Submitted to Universidad de Piura Trabajo del estudiante	<1 %
43	ikua.iiap.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
44	repositorio.ucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
46	www.alfinal.com Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
48	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
50	www.senasa.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
51	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

52	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://revistas.unsm.edu.pe">revistas.unsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
55	<a href="http://cidta.usal.es">cidta.usal.es</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="http://dspace.esPOCH.edu.ec">dspace.esPOCH.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="http://linguatoools.de">linguatoools.de</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="http://repositorio.uceva.edu.co">repositorio.uceva.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="http://sisica.dinama.gub.uy">sisica.dinama.gub.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.clubensayos.com">www.clubensayos.com</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

