



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>





FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jean Paolo Changana Coral
<https://orcid.org/0000-0003-0250-8759>

Asesor:

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
<https://orcid.org/0000-0003-3755-4093>

Código N° 6053421

Moyobamba, Perú

2023



FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis

Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín

Para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Jean Paolo Changana Coral

Sustentado y aprobado el 03 de mayo del 2023, ante el honorable jurado:

Presidente de Jurado
Blgo. Dra. Astriht Ruiz Ríos

Secretario de Jurado
Ing. M.Sc. Alfonso Rojas
Bardález

Vocal de Jurado
Ing. M.Sc. Roydichan Olano
Arévalo

Asesor
Ing. M.Sc. Santiago Alberto
Casas Luna

Moyobamba, Perú

2023



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL INFORME FINAL DE TESIS
CONDUCTENTES A TÍTULO PROFESIONAL N.º 008-2023-UNSM/EPIA/UI**

Jurado reconocido con Resolución N.º 090-2020-UNSM/CFT/ FE de fecha 04 de agosto del 2020; Resolución N.º 187-2021-UNSM/CFT/ FE, de fecha 28 de junio del 2021.

**FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

A las 2:30 pm del día miércoles 03 de mayo del 2023 inicio al acto público de sustentación del informe final de tesis: **“Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas- San Martín”**; para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, presentado por **Jean Paolo Changana Coral**, con la asesoría del **Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna**.

Instalada la Mesa Directiva conformada por la **Blga. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos** (Presidente del jurado), **Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález** (Secretario), **Lic. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo** (Vocal) y acompañado por el **Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna** (Asesor), el presidente del jurado dirige brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la **Resolución N° 244-2021-UNSM/CFT/FE, Moyobamba, 01 de setiembre del 2021**.

Seguidamente el autor expuso el informe final de tesis y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y evaluando, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo 4.2 del RG-CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue **Dieciséis (16)**, tal como se deja constar en la siguiente descripción.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



De acuerdo con el Artículo 40° del RG-CTI, la nota obtenida es **APROBATORIA** y correspondiente a la calificación de **BUENO**. Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación, el secretario dio lectura a las observaciones subsanables al informe final que el autor deberá corregir y alcanzar al jurado en un plazo máximo de treinta (30) días calendarios.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de sustentaciones N° 001 del Programa de Estudios de Ingeniería Ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ecología de la UNSM.

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del informe final tesis, en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las *16:25* horas, el mismo día **03 de mayo** del 2023.

Blga. M.Sc. Astriht Ruiz Ríos
Presidente de Jurado

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
Secretario de Jurado

Lic. M.Sc. Roydichan Olano Arévalo
Vocal del Jurado

Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Asesor

Jean Paolo Changana Coral
Autor

Declaratoria de autenticidad

Jean Paolo Changana Coral, con DNI N° 71503208, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales
3. Toda información que contiene la tesis no ha sido 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, 03 de mayo del 2023.



Jean Paolo Changana Coral
DNI N° 71503208

Ficha de identificación

<p>Título del proyecto Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín.</p>	<p>Área de investigación: Ciencia y Tecnología Ambiental. Línea de investigación: Saneamiento Ambiental. Sublínea de investigación: Análisis y calidad del agua. Grupo de investigación: Tecnologías de tratamiento del agua. Resolución N° 390-2024-UNSM/CF/FE, 26 de julio del 2024. Tipo de investigación: Básica <input type="checkbox"/>, Aplicada <input checked="" type="checkbox"/>, Desarrollo experimental <input type="checkbox"/></p>
<p>Autor: Jean Paolo Changana Coral</p>	<p>Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0003-0250-8759</p>
<p>Asesor: Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna</p>	<p>Dependencia local de soporte: Facultad de Ecología Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental Unidad o Laboratorio Ingeniería Ambiental https://orcid.org/0000-0003-3755-4093</p>

Dedicatoria

A Dios, por haberme dado vida y salud, el cual me permitió llegar hasta este momento importante de mi formación como profesional.

A mis padres Nancy Coral Cárdenas y José Manuel Changana Yanac, a mis abuelitas Martha Miguelina Cárdenas Macedo y Rosadia Yanac Contador, a mi hermana Rocío Del Pilar Changana Coral, a mis sobrinas Sophie Yatziri Cárdenas Changana y Solange Yamil Cárdenas Changana, a mis fieles compañeros caninos y gatunos de aventuras quienes con su amor y apoyo me incentivaron a seguir adelante, a pesar de las difíciles circunstancias de la vida, me apoyaron y creyeron en que lo lograría, a ellos les debo todo y cada uno de mis logros.

Agradecimientos

A Dios por darme la vida y salud que me permitió llegar a esta etapa tan importante de mi vida, Asimismo, a mis padres, abuelitas, hermana, cuñado y sobrinas, por las continuas palabras de aliento para seguir adelante a pesar de las circunstancias vividas, siempre estuvieron apoyándome en cada paso de mi vida.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Martín, en especial a la Facultad de Ecología por los conocimientos brindados en cada una de sus aulas, que fueron en bien de mi formación académica y profesional, que me permitirán desenvolverme en el campo laboral.

A mi asesor, el Ing. M.Sc. Santiago Alberto Casas Luna por compartir sus conocimientos y experiencia, que permitieron concluir esta investigación.

A Wendy Mori Ocampo, mi bonito amor, por apoyarme incondicionalmente, brindarme sugerencias oportunas durante el proceso de elaboración de la tesis.

A los señores miembros del jurado por su orientación durante la revisión de esta investigación.

Al Dr. Augusto R. Llontop Reátegui, por brindarme sus conocimientos y herramientas oportunas en el transcurso de mi investigación in situ.

Con mucho cariño y amor, gracias a todos por estar conmigo y hacer que este sueño se haga realidad.

Índice general

Ficha de identificación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimientos	8
Índice general.....	9
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes de la investigación.....	17
2.2. Fundamentos teóricos	19
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	26
3.1.1. Contexto de la investigación	26
3.1.2. Periodo de ejecución	26
3.1.3. Autorizaciones y permisos.....	26
3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad	26
3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales	26
3.2. Sistema de variables.....	27
3.2.1. Variables principales.....	27
3.3. Procedimientos de la investigación.....	27
3.3.1. Objetivo específico 1	29
3.3.2. Objetivo específico 2	30
3.3.3. Objetivo específico 3	32
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Desarrollo de la actividad acuícola en la laguna Estancia de la provincia de Lamas.....	35

4.1.1. Desarrollo de la actividad acuícola en la laguna Estancia	35
4.1.2. Identificación de zonas de desarrollo de la actividad acuícola y zonas de importancia particular en la laguna Estancia	36
4.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la laguna Estancia .	36
4.3. Índice de calidad del agua de la laguna Estancia haciendo uso del ICA-NSF .	42
4.4. Discusión de resultados.....	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	56

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Impactos de la acuicultura</i>	22
Tabla 2. <i>Funciones de las lagunas relacionadas con el ciclo hidrológico</i>	24
Tabla 3. <i>Coordenadas de puntos de muestreo</i>	28
Tabla 4. <i>Estándares de calidad para agua, categoría 4, subcategoría E1: Lagunas y lagos</i>	32
Tabla 5. <i>Pesos relativos (w_i) para cada uno de los parámetros del ICA-NSF</i>	33
Tabla 6. <i>Clasificación del ICA propuesto por Brown</i>	34
Tabla 7. <i>Tipo y cantidad de especies, tipo y cantidad de alimento, químicos y antibióticos, y prácticas acuícolas en la laguna Estancia</i>	35
Tabla 8. <i>Zonas de desarrollo de actividades acuícolas y zonas de importancia particular</i>	36

Índice de figuras

Figura 1. Concentraciones del parámetro nitrato (mg/L) en la laguna Estancia.	37
Figura 2. Concentraciones del parámetro fosfato (mg/L) en la laguna Estancia.....	37
Figura 3. Concentraciones del parámetro turbiedad (UNT) en la laguna Estancia.	38
Figura 4. Concentraciones del parámetro temperatura (°C) en la laguna Estancia.	39
Figura 5. Concentraciones del parámetro sólidos totales (mg/L) en la laguna Estancia.	39
Figura 6. Concentraciones del parámetro potencial de hidrógeno (Unidad de pH) en la laguna Estancia.....	40
Figura 7. Concentraciones del parámetro oxígeno disuelto (mg/L) en la laguna Estancia.	41
Figura 8. Concentraciones del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅) (mg/L) en la laguna Estancia.....	41
Figura 9. Concentraciones del parámetro coliformes fecales (NMP/100 ml) en la laguna Estancia.	42
Figura 10. Índice de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia en el mes de agosto.....	43
Figura 11. Índice de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia en el mes de octubre.	44
Figura 12. Índice de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia en el mes de agosto y octubre.	44
Figura 13. Proyección de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia. (a) Calidad de agua en el mes de agosto; (b) Calidad de agua en el mes de octubre.	45

RESUMEN

Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín

Las lagunas brindan diversas funciones como control de calidad y almacenamiento del agua, y la regulación clima, evitar alterar sus condiciones organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, siendo la acuicultura una de las actividades antrópicas que puede generar cambios en las condiciones normales del agua. El objetivo general fue “Evaluar la incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín”. El proyecto se desarrolló en la laguna Estancia ubicado en el distrito de Tabalosos, provincia de Lamas y departamento de San Martín. El periodo de ejecución desde el 31/08/2021 al 30/10/2022. La población estuvo conformada por el área total de la laguna que aproximadamente es 23 170 m² y la muestra estuvo conformado por 5 puntos de muestreo distribuidos en la superficie de la laguna; el diseño de la investigación fue no experimental de tipo correlacional. Se evaluó el desarrollo de la actividad acuícola y la identificación de zonas de acuicultura y de importancia particular; asimismo, se analizó 9 parámetros (Nitrato, fosfato, turbidez, temperatura, pH, oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes fecales previa toma de muestra considerando las indicaciones establecidas en la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA y luego los resultados fueron comparados con los ECA-Agua de la “Subcategoría E1: Lagunas y lagos”, establecidos en el “Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM”; por último, se determinó la calidad del agua mediante la metodología del ICA-NSF; para el procesamiento y análisis de datos se utilizó la estadística descriptiva. En la laguna Estancia se crían especies de paiche (*Arapaima gigas*), tilapia (*Colossoma macropomum*), gamitana (*Oreochromis niloticus*) y acarahuzú (*Astronotus ocellatus*) con cantidades de 40, 3 000, 2 000 y 2 000 unidades respectivamente, donde el tipo de alimento, cantidad y prácticas acuícolas depende de los tipos de especies y se identificaron 5 zonas con desarrollo de acuicultura y de importancia particular; por otro lado, se determinó mayor concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en máximas avenidas que en estiaje, donde las concentraciones de sólidos totales en todos los puntos de muestreo excedieron el estándar, las concentraciones DBO₅ y coliformes fecales de PM-3 y PM-4 en octubre y, las concentraciones de nitrato y oxígeno disuelto de PM-3 en octubre también excedieron los respectivos estándares; finalmente, el ICA en agosto fue buena en PM-1, PM-2 y PM-5 y regular en PM-3 y PM- 4, en octubre fue regular en PM-1, PM-2 y PM-5 y mala en PM-3 y PM-4. Se concluye que la actividad acuícola incide en la calidad del agua de algunos puntos de muestreo de la laguna Estancia, particularmente en máximas avenidas y en zonas de importancia particular.

Palabras clave: Actividad acuícola, calidad del agua, índice de calidad del agua y lagunas.

ABSTRACT

Impact of aquaculture activities on the water quality of the Estancia Lagoon, in the province of Lamas - San Martin

The lagoons provide various functions such as water quality control and storage, and climate regulation, avoid altering its organoleptic, physical, chemical and microbiological conditions, and aquaculture is one of the anthropic activities that can generate changes in the normal conditions of the water. The general objective was "To evaluate the incidence of aquaculture activities on the water quality of the Estancia Lagoon, in the province of Lamas -San Martin". The project was developed in the Estancia lagoon located in the district of Tabalosos, province of Lamas and department of San Martin. The execution period was from 08/31/2021 to 10/30/2022. The population consisted of the total area of the lagoon, which is approximately 23 170 m² and the sample consisted of 5 sampling points distributed over the surface of the lagoon; the research design was non-experimental and correlational. The development of aquaculture activity and the identification of aquaculture areas and areas of particular importance were evaluated; likewise, 9 parameters were analyzed (Nitrate, phosphate, turbidity, temperature, pH, dissolved oxygen, BOD5 and fecal coliforms prior sampling considering the indications established in the Jefatural Resolution N° 010- 2016-ANA and then the results were compared with the ECA-Water of the "Subcategory E1: Lagoons and lakes", established in "Supreme Decree N° 004-2017-MINAM"; finally, water quality was determined using the ICA-NSF methodology; descriptive statistics were used for data processing and analysis. In the Estancia lagoon, paiche (*Arapaima gigas*), tilapia (*Colossoma macropomum*), gamitana (*Oreochromis niloticus*) and acarahuazú (*Astronotus ocellatus*) species are raised with quantities of 40, 3 000, 2 000 and 2 000 units respectively, where the type of feed, quantity and aquaculture practices depend on the types of species and 5 areas with aquaculture development and of particular importance were identified; On the other hand, higher concentrations of physicochemical and microbiological parameters were determined in maximum floods than in low water, where total solids concentrations in all sampling points exceeded the standard, BOD5 and fecal coliform concentrations of PM-3 and PM-4 in October, and nitrate and dissolved oxygen concentrations of PM-3 in October also exceeded the respective standards; Finally, the AQI in August was good in PM-1, PM-2 and PM-5 and fair in PM-3 and PM-4, in October it was fair in PM-1, PM-2 and PM-5 and poor in PM-3 and PM-4. It is concluded that aquaculture activity has an impact on water quality in some sampling points of Estancia Lagoon, particularly in maximum floods and in areas of particular importance.

Keywords: Aquaculture activity, water quality, water quality index and lagoons



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

El compuesto más abundante del planeta tierra es el agua, la mayor parte de naturaleza salina y la menor parte agua dulce, que se ha convertido en un bien escaso por la contaminación y sobreexplotación (Basavaraja et al., 2011). Las diversas actividades humanas como la acuicultura, vierten el agua residual, se filtran y los contaminantes alteran fuentes subterráneas, al incrementar los sólidos en suspensión, materia orgánica y nutrientes en los estanques también se incrementa la turbidez, demanda de oxígeno y eutrofización del cuerpo receptor. Asimismo, las variaciones estacionales inciden en las características del agua (Shinde et al., 2011).

Durante los últimos años, la acuicultura se ha convertido en una de las actividades agropecuarias que ha mostrado un mayor crecimiento, paralelamente a ello, ha crecido también la preocupación ambiental que ocasiona en el ambiente (Imués-Figueroa et al., 2018). A nivel mundial, la pesca y la acuicultura representan a una importante fuente de alimentos, ingresos y medios de subsistencia para millones de personas, aumentando la producción acuícola desde el 2010 de 29,5 millones de toneladas hasta el 2020 en 37,5 millones de toneladas en el mundo (Gathoni, 2020).

La acuicultura puede generar impactos negativos en el ambiente por la propagación de enfermedades, destrucción de manglares y humedales, disminución de la población natural de peces debido a la fuga de peces no autóctonos y la polución de aguas subterráneas y superficiales por el vertido de efluentes (Ottinger et al., 2016; Van Rijn, 2013; Wang et al., 2018). Las actividades acuícolas que alteran las aguas incluyen el empleo de piensos comerciales, acumulación de heces y descomposición de peces muertos; además, la perturbación de sedimentos que genera la mezcla vertical en la columna de agua y el empleo excesivo de químicos que producen contaminación (Wang et al., 2018).

Asimismo, la eliminación indiscriminada de residuos de pescado como peces muertos, despojos y escamas, contribuye también en la contaminación del agua, cuyos efectos son niveles elevados de nitrógeno, fósforo y materia orgánica que negativamente impactan en el agua de crianza y niveles más bajos de oxígeno disuelto por la descomposición de sustancias orgánicas (Farrelly et al., 2015; Morata et al., 2015; Srithongouthai y Tada, 2017). Las inadecuadas condiciones del agua amenazan a la supervivencia de organismos acuáticos y hacen que las aguas superficiales y subterráneas no sean seguros para otros organismos (Hlordzi et al., 2020).

A nivel mundial, el Perú se considera el octavo país con mayor cantidad de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2003); sin embargo, la calidad del agua superficial relativamente es crítica en las regiones del país (Autoridad Nacional del Agua [ANA], 2013). Dejoux y Ittis (1991), refieren que entre los problemas importantes en estanques, lagunas y lagos es el reciclaje de materia orgánica en sedimentos, que genera anoxia e hipoxia conllevando a la disminución de la biodiversidad bentónica y predominancias de especies de mayor tolerancia (Cornel y Whoriskey, 1993).

En la región San Martín, estudios realizados ponen en evidencia la problemática, donde Amacifen y Guevara (2017); Mesía (2015) coinciden en que el suministro de alimento balanceado y el sistema de producción de cultivo son de los principales problemas que generan impactos ambientales negativos como la reducción de oxígeno disuelto y el incremento de materia orgánica.

El creciente incremento poblacional y la expansión de la urbanización genera un aumento de los efluentes industriales, urbanos y agrícolas vertidos a los ambientes acuáticos (Heneash et al., 2021). Es así que, la presente investigación busca determinar la calidad del agua de la laguna Estancia por efectos de la actividad acuícola, la misma que desde años ha sido implementada en este ambiente acuático y hasta la actualidad no se ha conocido sobre los efectos que podría generar en el ambiente acuático el desarrollo de esta importante actividad antrópica.

La presente investigación se enmarcó en la problemática: ¿Incide la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín?, planteándose a partir de ello la hipótesis alterna (H1): Si incide la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín.

El objetivo general fue “Evaluar la incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín” y los objetivos específicos que fueron, 1ro: Evaluar el desarrollo de la actividad acuícola en la laguna Estancia de la provincia de Lamas; 2do: Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la laguna Estancia y; 3ro: Determinar el índice de calidad del agua de la laguna Estancia haciendo uso del ICA-NSF.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Antecedentes internacionales

Urbano (2019). En el embalse del Guajaro del departamento del Atlántico, evaluó el impacto ambiental que genera la producción de tilapia roja en los componentes sedimentos y agua. Encontró diferencias significativas en los parámetros fisicoquímicos de las jaulas y el punto testigo, con mayores cambios ambientales en las jaulas; asimismo, determinó mediante el análisis discriminante que las variables como transparencia, materia orgánica, sólidos suspendidos totales, DQO, DBO, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y pH, fueron de mayor afectación e influencia en las variaciones ambientales evidenciados en los sedimentos y la columna del agua.

Gathoni (2020). En Tigon en el condado de Kiambu, determinó la idoneidad de estanques de acuicultura para el desarrollo de la piscicultura en función a la calidad del agua. Encontró que, los valores promedios para la temperatura del agua oscilaron entre $19,69 \pm 0,480$ y $22,54 \pm 0,570$ °C, el pH entre $7,57 \pm 0,52$, la conductividad eléctrica de $190,25 \pm 127,86$ a $416,50 \pm 168,93$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, transparencia de $14,13 \pm 3,36$ a $28,38 \pm 7,13$ cm, los nitratos entre $0,38 \pm 0,10$ y $8,86 \pm 1,20$ mg/L, fosfatos entre $5,06 \pm 1,05$ a $57,57 \pm 15,84$ mg/L y DBO entre $1,99 \pm 0,52$ a $2,82 \pm 0,48$ mg/L. Concluyeron que, los estanques con alto contenido de nitratos y fosfatos presentaron más géneros de algas.

Ibearugbulam et al. (2021). En un estanque de peces localizado en Umudiba Nekede, Owerri analizaron las características fisicoquímicas del agua, mediante la recolección de 4 muestras de efluentes. Encontraron que, la conductividad eléctrica varió entre 137,6 y 144,3 $\mu\text{mhos}/\text{cm}$, la turbidez entre 12 a 170 NTU, la dureza total entre 19,7 y 21,5 mg/L, los sólidos disueltos totales entre 27,9 y 95,2 mg/L, la alcalinidad total entre 43,1 y 50,4 mg/L, el pH entre 6,24 y 3,1 y la temperatura entre 23,0 y 25,9 °C. Concluyeron que, las aguas residuales del estanque estuvieron contaminadas pudiendo alterar los cuerpos de agua donde se descargan los efluentes.

Wisnu et al. (2021). Evaluaron el impacto en la calidad del agua del lago Cilala, Borgor Regency generado por los alimentos de consumo para peces. Identificaron la calidad del agua en 4 puntos de muestreo, analizando parámetros como nitrato, fosfato, OD, DBO, pH, TSS y TDS. Encontraron que la DBO (valor máximo de 13,8 mg/L) y TSS (valor máximo de 152 mg/L) excedieron el estándar de calidad; asimismo, encontraron

que por la actividad de alimentación de peces el nitrógeno liberado fue de 6,49 kg y que las heces de los peces favorecieron al nitrógeno y fósforo liberado en 7,03 y 32,82 kg, por lo cual se liberó 13,53 kg de nitrógeno total. Concluyeron que, la actividad acuícola afectó a la calidad del agua del lago Cilala.

Antecedentes nacionales

Ocola (2021). En zonas de reproducción de trucha en el Lago Titicaca, particularmente en el sector de El Faro, examinó las propiedades fisicoquímicas del agua y la composición del sustrato. Descubrió que los indicadores de calidad del agua no superaron los límites de los estándares de calidad, excepto por el fósforo total; además, estableció que el estado trófico fue oligotrófico; y, conforme al estudio de sedimentos, observó que las áreas de estudio, en contraposición al punto control, mostraron niveles más altos de nitrógeno total, fosforo y materia orgánica.

Castro et al. (2022). En la laguna Aricota, situada en la región de Tacna, analizaron el efecto medioambiental ocasionado por el avance en la producción de alevinos de truchas. Encontraron que, los impactos negativos ambientales fueron leves; asimismo, la laguna no mostró indicios de contaminación biológica ni orgánica; sin embargo, encontraron niveles elevados de boro ($8,78 \pm 0,2687$ mg/L) y arsénico ($0,672 \pm 0,0056$ mg/L) de acuerdo a lo establecido en los ECA para el cuerpo de agua estudiado; por último, según la clasificación Vollenweider categorizaron a la laguna como eutrófico.

Yzquierdo (2022). En Cajamarca, evaluó el efecto que genera el criadero de *Oncorhynchus mykiss* "Truchas Arcoíris" en la calidad del agua del río Michiquilla y en la Encañada. Encontró valores de 19,73 °C de temperatura, 7,78 para pH, 1,54 NTU de turbidez, 0,05 mg/L de nitritos, 2,35 mg/L de nitratos, 6,5 mg/L de oxígeno disuelto, 8,3 mg/L de DQO y 2,6 mg/L de DBO, cuyos resultados fueron relativamente los mismos en el efluente y afluente a diferencia de la conductividad eléctrica con valor de 391 $\mu\text{mhos/cm}$ y 279,4 $\mu\text{mhos/cm}$, respectivamente; asimismo, encontró que no hubo efecto significativo de la crianza de Truchas en la calidad del agua.

Antecedentes regionales y locales

Amacifen y Guevara (2017). Evaluaron la incidencia de *Oreocromis niloticus* "Tilapia" en la calidad del agua y el impacto ambiental que la actividad genera. Encontraron mayores valores de nitritos, nitratos y amoníaco en los afluentes de granjas acuícolas por la presencia de carga orgánica al ingreso del agua; asimismo, en el efluente los parámetros de calidad de agua no excedieron los estándares establecidos por el D.S.

Nº 015-2015- MINAM, mientras que en afluentes el amoníaco y nitritos excedieron los estándares con 0,12 y 0,36 mg/L, respectivamente.

Hoyos y Delgado (2022). Se estableció la correlación entre la producción de agua y el desarrollo económico en la región de San Martín desde 2010 hasta 2019, utilizando un coeficiente de correlación de 0,853. Definiéndose entre la producción de agua y el desarrollo económico en San Martín, desde 2010 hasta 2019. Muestra una correlación positiva relevante con una probabilidad de 0,002 y inferior a 0,05, lo que también evidencia que existe una relación significativa entre las dos variables en estudio.

Mendoza (2022). Evaluó el proceso de producción de peces que llevan a cabo los centros acuícolas de Moyobamba, lo que contribuyen notorios contaminantes orgánicos, muestra de esto se evidencia en la necesidad de oxígeno bioquímica, la necesidad de oxígeno química y el carbono orgánico total y otros contaminantes orgánicos, entre los cuales las concentraciones promedio más altas y más bajas de DBO₅ son 16.23 y 6.41 mg/L, DQO entre 84,69 y 44,23 mg/L, COT entre 14,91 y 5,84 mg/L.

2.2. Fundamentos teóricos

2.2.1. Actividad acuícola

Se conoce como actividad acuícola al cultivo de organismos de origen acuático donde se incluye a plantas acuáticas, crustáceos, moluscos y peces, este cultivo conlleva a desarrollar intervenciones en el proceso a fin de incrementar la cantidad de producción, por ejemplo, la protección contra depredadores, alimentación, siembra regular, etc. (Haroun et al., 2007).

Según lo establecido en el Decreto Supremo No 030-2001-PE "Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura", la acuicultura se refiere al conjunto de acciones tecnológicas orientadas a la cría o cultivo de especies hídras que abarcan todos o parte de sus ciclos biológicos, y se llevan a cabo bajo selección y regulación en entornos acuáticos artificiales o naturales, ya sean de agua marina, dulce o salobre.

a. Actividades de la acuícola

De acuerdo al Decreto Supremo Nº 003-2016-PRODUCE que aprueba el "Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo Nº 1195", las actividades de la acuicultura son las siguientes:

- Selección del medio y su acondicionamiento: actividad que permite determinar el ambiente adecuado en función a la especie objetivo para el normal desarrollo de

actividades de la piscicultura, modificando o ajustando el ambiente artificial o natural, para permitir el crecimiento normal de los cultivos.

- Obtención o producción de semillas: actividad que permite la obtención de individuos seleccionados, ya sea de forma artificial o natural para la siembra, referido a plántulas, juveniles, alevines, post larvas, larvas u ovas embrionadas.
- Siembra: actividad referida a la introducción de semillas en ambientes acondicionados previamente, cuyo objetivo es el crecimiento y desarrollo.
- Cultivo: esta actividad engloba a la producción controlada de especies hidrobiológicas en cualquier etapa, bien sea en ambientes artificiales o naturales correctamente acondicionados y seleccionados.
- Cosecha: corresponde a la última fase del proceso de acuicultura, donde haciendo uso de técnicas determinadas es posible recolectar recursos hidrobiológicos desde centros productivos acuícolas, esta cosecha puede desarrollarse de forma total o parcial.
- Proceso primario: es la actividad de pre tratamiento de sacado de cabezas, desvalvado, eviscerado, fileteado, secado, picado y la limpieza, actividades desarrolladas en condiciones adecuadas para el manipuleo y en aspectos pertinentes de temperatura, higiene y otros.
- Investigación, desarrollo e innovación tecnológica: actividad a través del cual es posible obtener y proporcionar de forma permanente bases tecnológicas y científicas que sustentan el desarrollo integral y sostenible de la actividad acuícola.

b. Tipos de acuicultura

De acuerdo a la carga y densidad de manejo, la acuicultura se clasifica en:

- Extensiva: es aquel tipo de actividad acuícola donde se explotan al máximo los recursos naturales, particularmente en agua marinas o fluviales (Zárate y Rubio, 2010). Es un tipo de actividad caracterizado por funciones productoras donde la acción antrópica está centrada en la reproducción del stock, pudiendo intervenir a través de la construcción física de particulares y la colocación libre de huevos de vivero en el ambiente natural (González et al., 2004).
- Semi-intensiva: tipo de actividad acuícola donde se emplea estanques con dimensiones comunes de 4 y 15 has, donde además se bombea agua desde el mar, estuarios o canales (FAO, 1995). Además, la alimentación natural se puede mejorar

empleando fertilizantes de tipo orgánico y químico. En este tipo de acuicultura existe también una densidad mayor de individuos (Díaz et al., 1989).

- Intensivo: en este tipo de cultivo se requiere un mayor manejo y cuidado, debido a que los cultivos se manejan con bastante tecnología de forma intensiva, los organismos se siembran a una densidad elevada a fin de obtener una productividad máxima por unidad de agua; generalmente, son monocultivos donde se emplea alimentos de concentraciones especiales y costosas (Meyer, 2004).

De acuerdo a la cantidad de especies para criar, la acuicultura se clasifica en:

- Monocultivo: cultivo donde solamente se maneja a una especie y tiene el nombre del conjunto biológico a donde pertenece, por ejemplo, para peces es llamado “piscicultura” (Ramos et al., 2013).

- Policultivo: cultivo donde de forma simultánea se manejan dos o más especies (Gobierno Regional de Lambayeque, 2018).

- Cultivo asociado: cultivo donde se cría peces en asociación con otros animales no hidrobiológicos (Gobierno Regional de Lambayeque, 2018).

De acuerdo a la cantidad de especies para criar, la acuicultura se clasifica en:

- Acuicultura de recursos limitados (AREL): acuicultura que se desarrolla a nivel extensivo, realizada exclusivamente o complementariamente por personas naturales, principalmente se desarrolla para emprendimientos que se orientan al autoempleo y para el consumo propio. Para este tipo de cultivo la producción no supera las 3,5 TB de producción (Reglamento de la Ley General de Acuicultura, 2016).

- Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMYPE): tipo de acuicultura que se desarrolla a través de cultivos extensivos, intensivos y semi intensivo, y es realizada para el comercio por personas del ámbito natural y jurídico. Al año la cantidad a producir no excede las 150 TB (Reglamento de la Ley General de Acuicultura, 2016).

- Acuicultura de mediana y gran empresa (AMYGE): tipo de cultivo desarrollado de carácter intensivo y semi intensivo, realizada para el comercio por personas del ámbito natural o jurídico. Anualmente, esta actividad produce mayor a 150 TB (Reglamento de la Ley General de Acuicultura, 2016).

2.2.2. Impactos al ambiente de la actividad acuícola

El desarrollo e intensificación de actividades acuícolas han generado una serie de cuestiones que se asocian al estado del ambiente, debido a que los crustáceos y peces

se alimentan con elevadas concentraciones de aceites y proteínas en sus dietas, particularmente aceite de pescado y harinas. Los reproductores y juveniles son obtenidos a veces de poblaciones de tipo silvestres, debido a lo difícil que resulta criar en ambientes de cautiverio, incrementando de esta manera la presión entre especies. Otro problema es la interrelación química generada por la descarga de efluentes de instalaciones acuícolas, los mismos que pueden tener alimentos no ingeridos, productos antifouling y terapéuticos. Si la gestión es de manera no correcta, se pueden generar diversos problemas, por ejemplo, agotamiento de oxígeno, eutrofización de la columna hídrica, cepas de patógenos que resisten a antibióticos y otros problemas que alteran al ambiente acuático (Haroun et al., 2007).

El desarrollo exponencial de la actividad acuícola ha generado diferentes preocupaciones entre la sociedad, grupos ambientalistas y gobiernos, debido a las probables alteraciones que podrían generar en el ambiente acuático. Al considerarse como una actividad en proceso expansivo se debe tomar en consideración dónde y cómo se desarrolla, debido a que puede alterar la calidad hídrica y alterar de forma negativa a los ambientes ecosistémicos, en el mar y particularmente en ríos, fuentes superficiales que se alteran fuertemente por residuos de granjas (Bordehore, 2005).

Tabla 1

Impactos de la acuicultura

Actividades	Impactos
Alimentación y heces	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de peces y diversidad de zooplancton. - Mortalidades en plantas y animales principalmente bentónicos. - Incremento de consumo de oxígeno heterotrófico que conlleva a agotarse el oxígeno y normal desarrollo de sistemas anóxicos con la generación de sulfato de hidrógeno. - Aumento de la cantidad de individuos filtradores, bentónicos y detritívoros. - Variación en la forma de distribución vertical de algas de tipo bentónicas, siendo posible reducir el ingreso de luz solar en la columna acuática. - Desarrollo de masas (blooms) de poca vida, los cuales pueden ser una molestia en playas de esparcimiento, al navegar en fuentes superficiales y para el desarrollo de la pesca. - Reducción de la diversidad de fauna y flora asociada. - Desaparición o disminución de la comunidad vegetal perenne debido a la presencia de otras especies de rápido crecimiento. - Fenómenos de 'blooms' de fitoplancton. - Aumento del nivel de nutrientes.
Químicos y antibióticos	<ul style="list-style-type: none"> - Afectan a las poblaciones salvajes. - Genera bacterias de tipo resistentes. - Puede fomentar al desarrollo de condiciones anaeróbicas. - Se almacena en el fondo de las fuentes.

Fuga de especies cultivadas	<ul style="list-style-type: none"> - Portadores de enfermedades. - Pueden alterar la sólides genética, debido a que los genes aceptables para la sobrevivencia en la granja tienden a diluir a aquellos genes que fueron desarrollados para vivir en ambientes naturales. - Establecimiento de especies de tipo foráneos. - Amenaza de especies nativas por la competición por alimentos y áreas donde vivir.
-----------------------------	---

Nota. Tomado y adaptado de Rabasso (2006).

2.2.3. Calidad del agua

La calidad de un entorno acuático se define como: i) una serie de características, rasgos físicos y contenidos de elementos orgánicos e inorgánicos, y ii) la composición y condición de la biota acuática presente en un cuerpo superficial. De esta forma la calidad del agua muestra variaciones espaciales y temporales, debido a factores externos e internos característicos de la masa hídrica (Sierra, 2011).

La calidad del recurso hídrico se define como una serie de propiedades microbiológicas, químicas, físicas y organolépticas que el agua debe presentar, a fin de que sea conferido para un determinado uso, por ejemplo, consumo doméstico y humano, transporte acuático, navegación, acuicultura y maricultura, recreativo, pesca, estético, industrial, pecuario, agrícola y para la preservación de la fauna y flora acuática (Lozano, 2013).

2.2.4. Calidad del agua en lagunas

Según Bermúdez et al. (2003), existen 2 condicionantes principales de la composición biológica y química de las fuentes superficiales, particularmente de los canales, ríos y lagunas, la primera condicionante es el arrastre y disolución de compuestos naturales característicos de los terrenos por donde circularon las aguas previamente, la cual podría definirse como polución natural; la segunda condicionantes es la recepción de descargas provenientes de la actividad industrial, pastoreo, agrícola, acuícola, urbana y de la actividad humana, cuyas fuentes forman parte de la polución artificial.

La calidad hídrica de una laguna se asocia con su origen, la eutrofización, su riqueza nutricional, el aporte de contaminantes, el movimiento del agua, la forma física del estante, el tiempo de retención, la estratificación y la existencia de menor o mayor intensidad de mezcla (Romero, 2005).

2.2.5. Importancia de las lagunas

Las lagunas permiten establecer a diversos organismos, de tipo acuático y terrestre, residentes o migratorias, lo que genera un incremento del valor paisajístico; contribuyen en el incremento de la calidad de vida y la mitigación de adversidades de las

precipitaciones y clima urbano; a su vez, son empleados para el desarrollo de actividades recreativas y educativas (Naselli-Flores, 2008; Quirós, 2007). Asimismo, las lagunas presentan características que lo diferencian de los demás y los hace únicos (Schueler y Simpson, 2001).

Tabla 2

Funciones de las lagunas relacionadas con el ciclo hidrológico

Funciones	Características
Control de calidad del agua	Retenimiento de agentes contaminantes. Retención de sedimentos. Retención de nutrientes. Purificación del agua
Almacenamiento de agua	Regulación de caudales. Mitigación de inundaciones. Recarga y descarga de aguas subterráneas. Retención de aguas superficiales.
Regulación del clima local	Estabilización del clima local. Regulación de temperatura y precipitación

Nota. Tomado y adaptado de Huamancayo (2019).

2.2.6. Índice de calidad del agua

El índice de calidad hídrica representa a un mecanismo con el cual es posible la identificación la calidad del agua de una determinada fuente superficial o subterránea en un tiempo en particular, de forma general el ICA considera la incorporación de un conjunto de datos de compuestos biológicos, químicos y físicos dentro de ecuaciones matemáticas, lo cual permite evaluar el estado de cuerpos hídricos (Yogendra y Puttaiah, 2008).

En una ecuación, el índice de calidad de agua añade parámetros fisicoquímicos, los que permiten determinar en un tiempo y lugar establecido la calidad del agua (Caho y López, 2017).

a. Índice de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSF)

El índice de calidad hídrica de la “National Sanitation Foundation (NSF) de los Estados Unidos”, se estableció empleando la “técnica de investigación Delphi de la Rand Corporation's” (Ball y Church, 1980).

El método trabaja con un total de nueve parámetros como: oxígeno disuelto, temperatura, potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos totales, coliformes fecales, turbidez, fosfatos y nitratos (Brown, 1972).

Estimación del índice de calidad de agua

El índice de calidad hídrica se considera como óptimo cuando alcanza un máximo valor de 100, cuya calidad disminuye de acuerdo al incremento de la polución del agua; en otras palabras, hay una relación inversamente proporcional. Posterior a la determinación del ICA se continúa con la clasificación de la calidad (Tabla 5).

El valor del "ICA" a estimar en un punto deseado, mide a un total de nueve parámetros. Para calcular el índice de Brown se realiza una sumatoria lineal ponderada del total de subíndices (ICA_a) o se puede utilizar una función ponderada multiplicativa (ICAm), de forma matemática estas agregaciones son expresadas de la siguiente manera (Servicio Nacional de Estudios Territoriales [SNET], 2000):

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Donde:

w_i : Pesos relativos que son asignados a cada parámetro (Sub_i) con ponderación entre 0 y 1, con el objetivo de obtener una suma igual a 1.

Sub_i : Subíndice del parámetro i .

En la ecuación es pertinente sustituir datos Sub_i que se obtienen a partir de curvas de función, donde el factor obtenido debe ser multiplicado por sus respectivos w_i (Tabla 5), cuyos subtotales deben ser sumados y el resultado que se obtiene representa al índice de calidad del agua (SNET, 2000).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito y condiciones de la investigación

3.1.1. Contexto de la investigación

El área de estudio se encuentra localizado entre 6, 332° y 6, 335° de latitud sur y entre los paralelos 76, 653° y 76, 656° de longitud oeste, de acuerdo al sistema de coordenadas geográficas WGS 1984 (ver Anexo 2), cuyas dimensiones aproximadas de perímetro y área total son de 644 m y 23 170 m².

Políticamente el área de estudio se encuentra en el distrito de Tabalosos, provincia de Lamas, perteneciente al departamento de San Martín.

3.1.2. Periodo de ejecución

El periodo de ejecución fue desde el 31/08/2021 hasta el 30/10/2022.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

No aplica, debido a que se tuvo normal ingreso al área de estudio sin necesidad de presentar autorizaciones o permisos.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

Se tomaron todas las medidas de bioseguridad, empleando guantes, mascarillas y mandil a fin de evitar cualquier contacto con el preservante.

Por otro lado, se usaron las medidas de control ambiental para los residuos sólidos generados en todo el proceso de investigación, haciendo uso de bolsas plásticas para el recojo temporal y su posterior desecho final en un lugar pertinente.

3.1.5. Aplicación de principios éticos internacionales

Se aplicaron principios éticos en la investigación como son: la integridad, respeto a la ecosistema, personas, justicia y beneficencia; asimismo, se aplicaron los principios éticos de transparencia y confiabilidad.

3.2. Sistema de variables

3.2.1. Variables principales

- Variable independiente : Actividad acuícola.
- Variable dependiente : Calidad de agua.

3.3. Procedimientos de la investigación

Tipo de investigación:

La investigación es de tipo aplicada, ya que se evaluó el desarrollo de la actividad acuícola y se caracterizó parámetros biológicos y fisicoquímicos para la aplicación del ICA-NSF en 5 puntos de muestreo en la laguna Estancia. Este tipo de investigación se orienta a buscar nuevos conocimientos y campos de estudio sin necesidad de un fin práctico específico e inmediato, cuyo fin es crear cuerpos de conocimiento teóricos sobre los hechos sin preocuparse por su aplicación práctica (Sánchez y Reyes, 2006).

Nivel de investigación:

La investigación es de nivel correlacional, debido a que se tuvo a bien relacionar la variable independiente y dependiente, en función a los ECA-Agua para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos”, y de acuerdo al ICA-NSF en cada punto de monitoreo estudiado. El fin de este nivel de investigación se sustenta en saber la magnitud de asociación, influencia y relación entre 2 o más variables, categorías o conceptos, dentro de una determinada muestra o un contexto particular (Sánchez y Reyes, 2006).

Población y muestra:

La población estuvo representada por la superficie total de la laguna Estancia que en cantidad es de 23 170 m².

De acuerdo a la superficie de la laguna Estancia se determinó el número de muestras tomando en cuenta lo referido en el “Protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)”, determinándose un total de 5 puntos de muestreos, 4 distribuidos en las orillas de la laguna y uno en el centro de la laguna (ver Anexo 2) (Tabla 3).

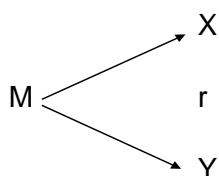
Tabla 3
Coordenadas de puntos de muestreo

Descripción del punto	Coordenadas de ubicación	
	Latitud	Longitud
PM-1	-6,334223	-76,654459
PM-2	-6,333453	-76,653661
PM-3	-6,332554	-76,654215
PM-4	-6,333260	-76,654809
PM-5	-6,333515	-76,654254

Diseño:

a) Diseño experimental o muestral

El diseño del estudio es no experimental y obedece a un diseño coeficiente de correlación, el cual de acuerdo a Ñaupás et al. (2018) presenta el siguiente diagrama simbólico:



Donde:

M: Muestra.

X: Actividad acuícola.

r: relación entre variables

Y: Calidad del agua.

b) Representación de la información

Los hallazgos de concentraciones derivados del desarrollo de la actividad acuícola, del estudio de parámetros fisicoquímicos y biológicos realizados en el laboratorio y de la medición del ICA-NSF. se ilustran mediante figuras y tablas.

c) Análisis estadístico

Se utilizó la estadística básica para tratar los resultados de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y biológicos suministrados por el laboratorio. Además, se compararon los resultados con los ECA-Agua correspondientes a la subcategoría "E1: Lagunas y lagos", y se estableció el índice de calidad del agua en cada lugar de muestreo de la laguna Estancia.

3.3.1. Objetivo específico 1

Evaluar el desarrollo de la actividad acuícola en la laguna Estancia de la provincia de Lamas.

a. Actividades y tareas

- Entrevista y presentación de trabajo de investigación a responsables de la laguna Estancia.
- Evaluación del desarrollo de la actividad acuícola.
- Identificación de zonas de desarrollo de la actividad acuícola y zonas de importancia particular.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Entrevista y presentación de trabajo de investigación a responsables de la laguna Estancia

- Primero, se desarrolló una reunión con los responsables de la laguna Estancia a fin de hacer de conocimiento el proyecto de investigación y comprometer en brindar las facilidades para el ingreso al área y desarrollo del estudio sin dificultad alguna.

Evaluación del desarrollo de la actividad acuícola

- Mediante el método de observación directa en terreno y utilizando un formulario de recopilación de datos, se obtuvieron datos sobre especies, número, tipo y cantidad de alimentos, sustancias químicas y antibióticas, así como sobre las prácticas de pesca acuícola que se llevan a cabo en el área de estudio.

Identificación de zonas de desarrollo de la actividad acuícola y zonas de importancia particular

- Asimismo, mediante la técnica de la observación directa fue posible identificar las zonas de desarrollo de la actividad acuícola (pesca y acuicultura) y las zonas de importancia particular (zonas de crianza de peces o desove, zona de ingreso o descarga de afluentes, zonas de floración de algas y otras características similares). El desarrollo de esta actividad permitió determinar la red de puntos de muestreo de calidad del agua.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva, para la elaboración de tablas a través del paquete estadístico del programa Excel.

3.3.2. Objetivo específico 2

Analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la laguna Estancia.

a. Actividades y tareas

- Establecimiento de la red de puntos de muestreo.
- Medición de parámetros de campo.
- Toma de muestras de agua.
- Llenado de cadenas de custodia, etiquetado y rotulado, conservación y transporte de las muestras al laboratorio.
- Comparación de resultados de laboratorio con ECA-Agua subcategoría “E1: Lagunas y lagos”.
- Procesamiento y análisis datos.

b. Descripción de los procedimientos

Establecimiento de la red de puntos de muestreo

- Para establecer la red de puntos de monitoreo en la laguna Estancia, se consideró criterios estipulados en la “Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA”.
- Los puntos de muestreo fueron ubicados en zonas con el desarrollo de actividades específicas (acuicultura, zona de pesca) o áreas con importancia en particular (zonas de crianza de peces o desove, zonas de ingreso de afluentes, zonas de floración de algas y otras características atípicas *in situ*).
- El número de puntos de muestreo fue definido de acuerdo al tamaño de la laguna Estancia, considerando 4 puntos de muestreo en la zona de las orillas (PM-1, PM-2, PM- 3 y PM-4) y 1 en el centro de la laguna (PM-5) (Tabla 3).

Medición de parámetros de campo

- Los parámetros medidos *in situ* fueron: oxígeno disuelto, pH y temperatura; cuyos criterios tomados en cuenta son los estipulados en la “Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA”.

- Se midieron los parámetros *in situ* de manera directa en la fuente superficial, empleando un equipo multiparámetro HANNA HI98129, cuya lectura de datos fue realizado al momento.
- La data obtenida de los parámetros *in situ* se registraron en una ficha de recolección de datos (ver Anexo 3).
- Posterior al empleo del equipo en los puntos de monitoreo, se realizó la limpieza usando agua destilada a fin de evitar el deterioro y posibles contaminantes.

Toma de muestras de agua

- Para el desarrollo de esta actividad se tomaron en cuenta lineamientos estipulados en la “Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA”.
- Antes de tomar las muestras, se colocó implementos de bioseguridad (mandil, mascarillas y guantes).
- La toma de muestra fue desarrollada de forma directa desde la fuente, previo enjuagado de los frascos como mínimo dos veces a diferencia de frascos donde se recolectaron muestras para parámetros biológicos.
- Se sumergieron los frascos entre 20 a 30 cm aproximadamente tomando como referencia a la superficie del espejo de agua.
- Se dejó un espacio libre de 10 % para la muestra del parámetro coliformes fecales, con el objetivo de favorecer al suministro de oxígeno para las bacterias.
- El frasco se llenó al 100 % de forma lenta para la muestra de DBO₅, procurando no formar burbujas.
- En lo posible, se evitó recolectar suciedad, películas superficiales y sedimentos del fondo en las muestras de agua.

Llenado de cadenas de custodia, conservación y transporte de las muestras al laboratorio

- Después de la recolección de las muestras, se llenaron las cadenas de custodia (ver Anexo 4).
- Asimismo, se etiquetaron y rotularon los frascos de muestras, registrando información principal que permita diferenciar a las muestras de cada punto de muestreo.
- Haciendo uso de refrigerantes (ice pack) se conservaron las muestras, a fin de que estas lleguen al laboratorio en condiciones óptimas de enfriamiento.

- Finalmente, las muestras se trasladaron cuidadosamente a la empresa “Anaquímicos Servicios Generales EIRL” para ser analizadas.

Comparación de resultados de laboratorio con ECA-Agua subcategoría “E1: Lagunas y lagos”

- Obtenido los resultados de laboratorio, estos también fueron comparados con los estándares de calidad para agua de la “Categoría 4: Conservación del ambiente acuático” para la “Subcategoría E1: Lagunas y lagos”, establecidos en el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (Tabla 4).

Tabla 4

Estándares de calidad para agua, categoría 4, subcategoría E1: Lagunas y lagos

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos
Nitrato	mg/L	13
Fosfato	mg/L	**
Turbidez	UNT	**
Temperatura	°C	Δ 3
Potencial de hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5
Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	1 000

Nota. ** Parámetro no aplica para la subcategoría estudiada. Δ 3: 3 °C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada. Fuente: Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó la estadística descriptiva utilizando el programa SPSS Statistics, con el objetivo de simplificar el análisis e interpretación de los datos y su comparación con los estándares de calidad del agua, se crearon figuras utilizando el software citado.

3.3.3. Objetivo específico 3

Determinar el índice de calidad del agua de la laguna Estancia haciendo uso del ICA-NSF.

a. Actividades y tareas

- Evaluación de resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- Determinación de subíndice del parámetro i (Sub_i).
- Asignación de pesos relativos (w_i) a cada parámetro.
- Determinación de la calidad del agua.

- Evaluación de la clasificación de calidad del agua.
- Procesamiento y análisis de datos.

b. Descripción de los procedimientos

Evaluación de resultados de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

- Primeramente, los resultados de laboratorio fueron evaluados y ordenados de acuerdo a cada punto de muestreo a fin de facilitar el desarrollo normal de las actividades siguientes.

Determinación de subíndice del parámetro i (Sub_i)

- La determinación del Sub_i, se realizó para cada uno de los nueve parámetros en cada punto de muestreo, para ello se usaron las curvas de función (ver Anexo 6) y con la ayuda de una regla en referencia a las concentraciones obtenidas fue posible determinar el Sub_i.

Asignación de pesos relativos (w_i) a cada parámetro

- Para cada parámetro estudiado, la asignación de pesos relativos (w_i) se realizó tomando en consideración lo referido en la Tabla 5.

Tabla 5

Pesos relativos (w_i) para cada uno de los parámetros del ICA-NSF

Parámetros	w_i
Nitrato	0,10
Fosfato	0,10
Turbidez	0,08
Temperatura	0,10
pH	0,12
Sólidos totales disueltos	0,08
Oxígeno disuelto	0,17
DBO ₅	0,10
Coliformes fecales	0,15

Nota. Tomado de Méndez-Zambrano. et al (2020).

Determinación de la calidad del agua

- Previa determinación de los valores de Sub_i y w_i se procedió a calcular el índice de calidad de agua en cada uno de los puntos de muestreo haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$


Donde:

w_i : Pesos relativos que son asignados a cada parámetro (Sub_i) con ponderación entre 0 y 1, con el objetivo de obtener una suma igual a 1.

Sub_i : Subíndice del parámetro i .

Tabla 6

Clasificación del ICA propuesto por Brown

Calidad del agua	Representación	Valor
Pésima		0 – 25
Mala		26 – 50
Regular		51 – 70
Buena		71 – 90
Excelente		91 – 100

Nota. Tomado de Brown (1972).

c. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se empleó la estadística descriptiva con el software SPSS Statistics, a fin de facilitar el procesamiento de datos y para el análisis e interpretación de resultados se elaboraron figuras de barras con el software mencionado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Desarrollo de la actividad acuícola en la laguna Estancia de la provincia de Lamas

4.1.1. Desarrollo de la actividad acuícola en la laguna Estancia

En la laguna Estancia, el desarrollo de actividades acuícolas se sustenta en la presencia de 4 especies identificadas que son: paiche (*Arapaima gigas*), tilapia (*Colossoma macropomum*), gamitana (*Oreochromis niloticus*) y acarahuzú (*Astronotus ocellatus*), cuyas cantidades aproximadas son de 40, 3 000, 2 000 y 2 000 unidades respectivamente; asimismo, la alimentación y cantidad utilizada depende del tipo de especie y cantidad de animales presentes en el área, que de acuerdo a la información recolectada se llegaron a utilizar 25 kg de HANfish para la alimentación de paiches (*Arapaima gigas*), 20 kg de acuario TL para la alimentación de tilapias (*Colossoma macropomum*) y 40 kg de CoriGamitana para la alimentación de especies de gamitana (*Oreochromis niloticus*); no se especificó el uso de químicos y antibióticos en la crianza de peces en la laguna; por último, los tipos de prácticas acuícolas también dependen de las especies que se crían, siendo las principales prácticas la red y/o anzuelos (Tabla 7).

Tabla 7

Tipo y cantidad de especies, tipo y cantidad de alimento, químicos y antibióticos, y prácticas acuícolas en la laguna Estancia

Especies	Nombre científico	Cantidad	Tipo y cantidad de alimento	Químicos y antibióticos	Prácticas acuícolas
Paiche	<i>Arapaima gigas</i>	40	HANfish (25 kg)	No especifica	Red
Tilapia	<i>Oreochromis niloticus</i>	3 000	Acuario TL (20 kg)	No especifica	Red y anzuelo
Gamitana	<i>Colossoma macropomum</i>	2 000	CoriGamitana (40 kg)	No especifica	Red y anzuelo
Acarahuazú	<i>Astronotus ocellatus</i>	2 000	No especifica	No especifica	Red y anzuelo

Asimismo, en los alrededores de la laguna Estancia se desarrolla actividades acuícolas, particularmente en un estanque o piscigranja ubicado al norte de la laguna Estancia, cuyas aguas residuales son descargadas de forma directa en el cuerpo superficial de la laguna, lo cual podría estar incidiendo en la alteración de la calidad del agua, dado a que en la laguna Estancia durante los últimos tiempos ha bajado la intensidad de la alimentación de los peces y se ha dejado de introducir nueva cantidad de alevines.

4.1.2. Identificación de zonas de desarrollo de la actividad acuícola y zonas de importancia particular en la laguna Estancia

En la laguna Estancia, se identificaron un total de 5 zonas con características de desarrollo de la actividad acuícola y zonas de importancia particular, los mismos que se describen en la Tabla 8.

Tabla 8

Zonas de desarrollo de actividades acuícolas y zonas de importancia particular

Zonas	Tipo de zona	Descripción de la zona
Zona 1	Desarrollo de actividades acuícolas	Zona ubicada en la parte sur de la laguna, donde se desarrollan actividades de pesca con anzuelo.
Zona 2	Desarrollo de actividades acuícolas	Zona ubicada en la parte este de la laguna, donde se desarrollan actividades de pesca empleando anzuelos.
Zona 3	Desarrollo de actividades acuícolas y zonas de importancia particular	Zona ubicada en la parte norte de la laguna, donde se desarrollan actividades de pesca; asimismo, es una zona de importancia en particular debido a una mínima cantidad de floración de algas y la descarga de aguas residuales provenientes de la crianza de peces en un estanque.
Zona 4	Desarrollo de actividades acuícolas y zonas de importancia particular	Zona ubicada en la parte oeste de la laguna, donde se desarrollan actividades de pesca; asimismo, es una zona de importancia en particular debido a una mínima cantidad de floración de algas y la descarga de aguas de escorrentía.
Zona 5	Desarrollo de actividades acuícolas	Zona ubicada en el centro de la laguna, donde se desarrolla la actividad acuícola de pesca con anzuelos, para ello se emplean botes.

4.2. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la laguna Estancia

En la laguna Estancia se examinaron un total de 9 parámetros, tanto fisicoquímicos como microbiológicos, los cuales se evaluaron y compararon con los estándares de calidad para agua, categoría 4, subcategoría E1 "Lagunas y ríos", definidos en el "Decreto Supremo No 004-2017-MINAM". A continuación, se muestran los resultados:

La mayor concentración de nitrato (13,5 mg/L) fue determinado en PM-3 en el segundo monitoreo, en tanto, la menor concentración (1,83 mg/L) se determinó en PM-2 en el primer monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de nitratos en la laguna Estancia fueron mayores en la época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto). Con respecto a los ECA-Agua, solo la concentración del PM-3 (13,5 mg/L) en el mes de octubre excedió en 0,5 mg/L el estándar del parámetro nitrato (13,0 mg/L) establecido para la subcategoría "E1: Lagunas y lagos" (Figura 1).

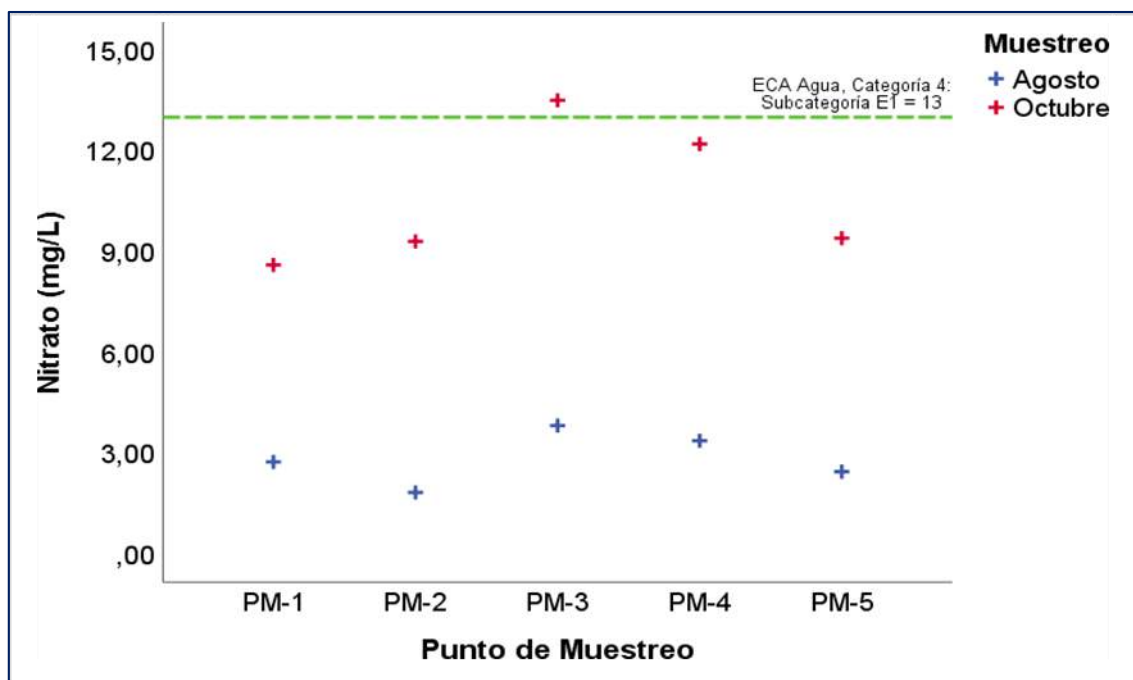


Figura 1
Concentraciones del parámetro nitrato (mg/L) en la laguna Estancia.

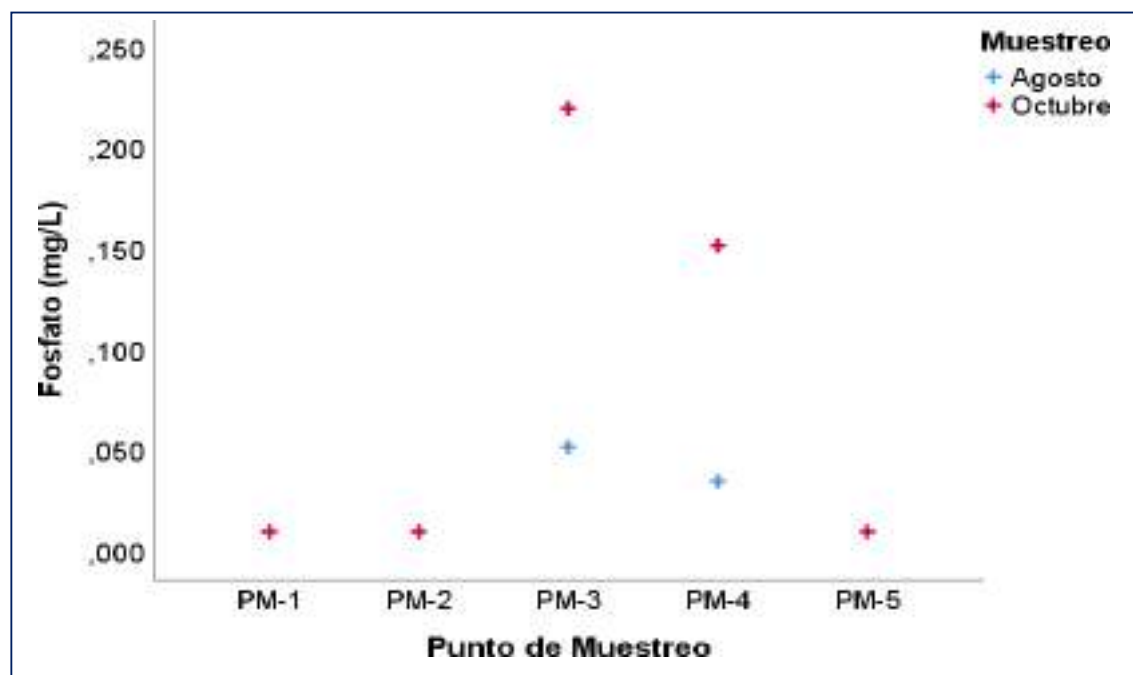


Figura 2
Concentraciones del parámetro fosfato (mg/L) en la laguna Estancia.

La mayor concentración de fosfato (0,220 mg/L) fue determinado también en PM-3 en el segundo monitoreo, en tanto, la menor concentración (<0,010 mg/L) se determinó en el PM-1, PM-2 y PM-5 en el primer y segundo monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de fosfatos en la laguna Estancia relativamente en PM-3 y PM-4 son mayores en la época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto). Con

respecto a los ECA-Agua, el parámetro fosfato no aplica para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 2).

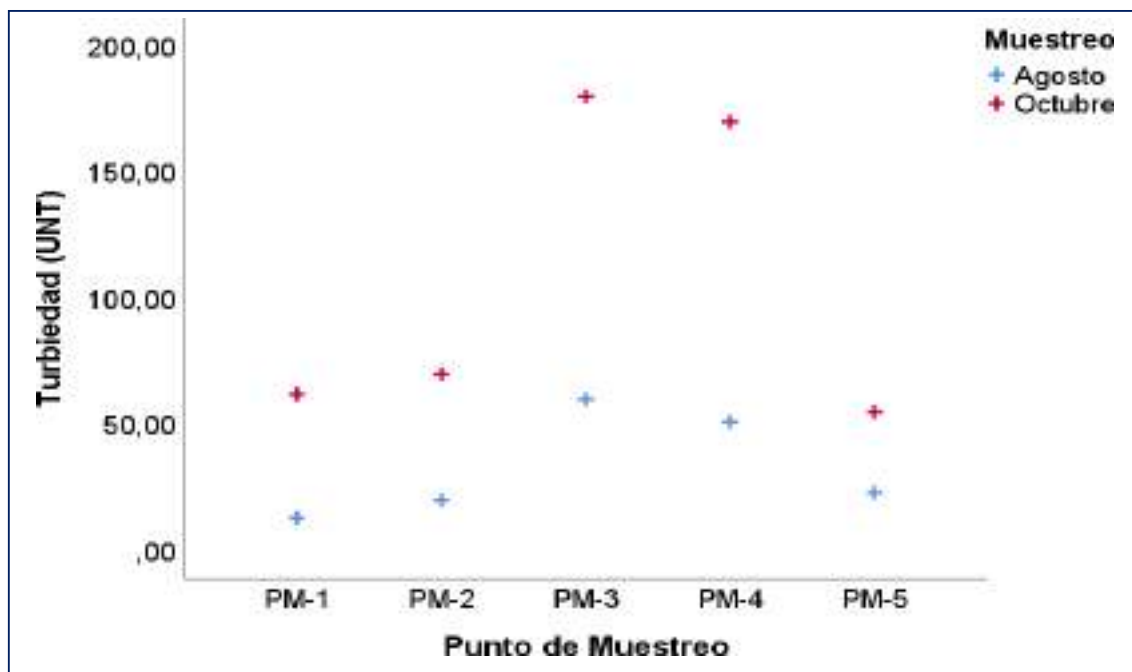


Figura 3

Concentraciones del parámetro turbiedad (UNT) en la laguna Estancia.

La mayor concentración de turbidez (180,0 UNT) fue determinado también en PM-3 en el segundo monitoreo, en tanto, la menor concentración (13,0 UNT) se determinó en PM- 1 en el primer monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de turbidez en la laguna Estancia fueron mayores en la época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto). Con respecto a los ECA-Agua, el parámetro turbidez no aplica para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 3).

El mayor nivel de temperatura (22,4 °C) fue determinado en PM-1 en el segundo monitoreo, en tanto, el menor nivel de temperatura (21,3 °C) se determinó en PM-4 también en el segundo monitoreo desarrollado; asimismo, existió una variación de los niveles de temperatura en los diferentes momentos de monitoreo y puntos de toma de muestra en la laguna Estancia. Con respecto a los ECA-Agua, todos los niveles de temperatura en ambos momentos de monitoreo no excedieron el estándar del parámetro temperatura ($\Delta 3$ °C) establecido para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 4).

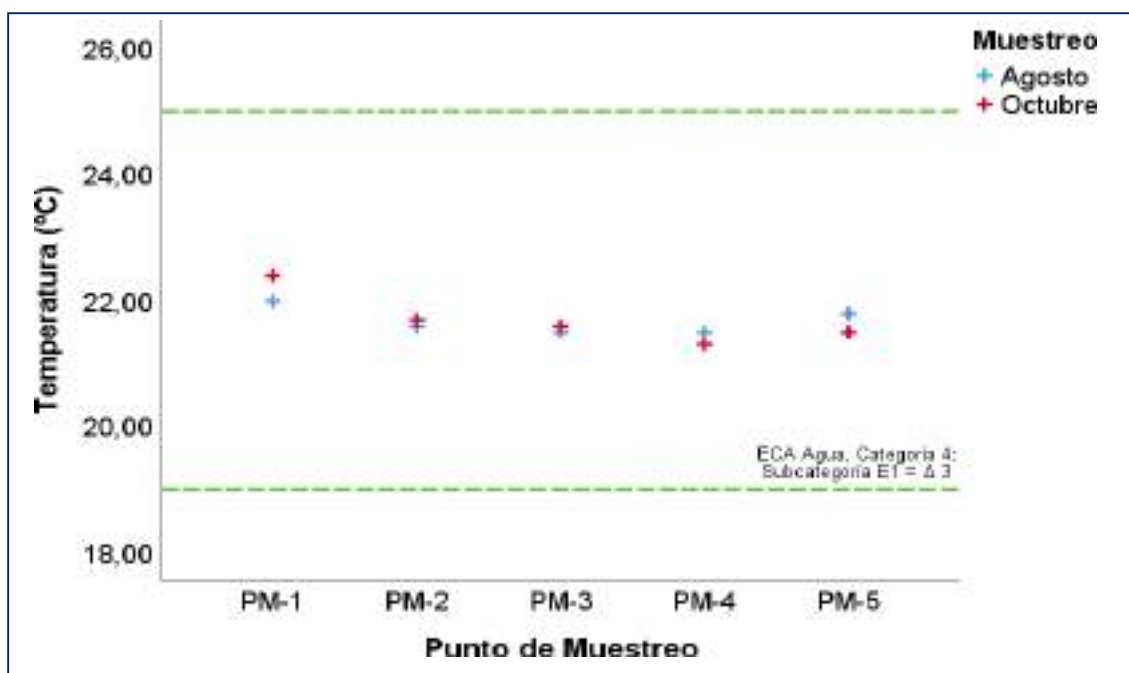


Figura 4

Concentraciones del parámetro temperatura (°C) en la laguna Estancia.

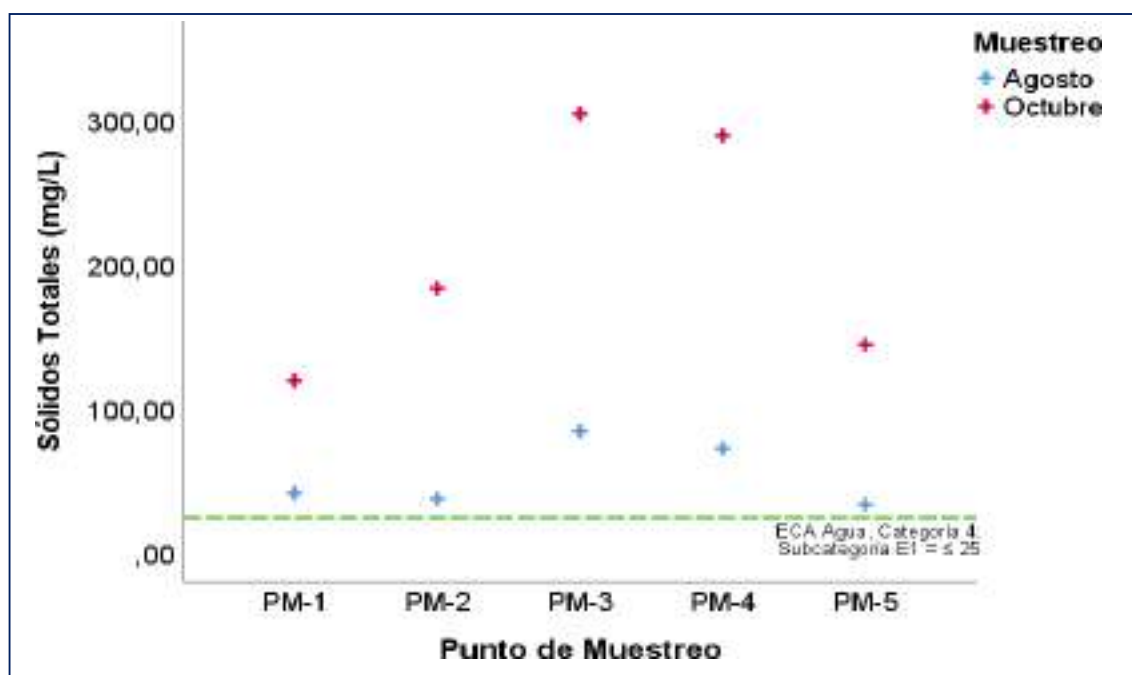


Figura 5

Concentraciones del parámetro sólidos totales (mg/L) en la laguna Estancia.

La mayor concentración de sólidos totales (305,0 mg/L) fue determinado también en PM- 3 en el segundo monitoreo, en tanto, la menor concentración (34,0 mg/L) se determinó en PM-5 en el primer monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de sólidos totales en la laguna Estancia fueron mayores en la época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto). Con respecto a los ECA-Agua, todas

las concentraciones de sólidos totales en ambos momentos de monitoreo excedieron el estándar (≤ 25 mg/L) establecido para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 5).

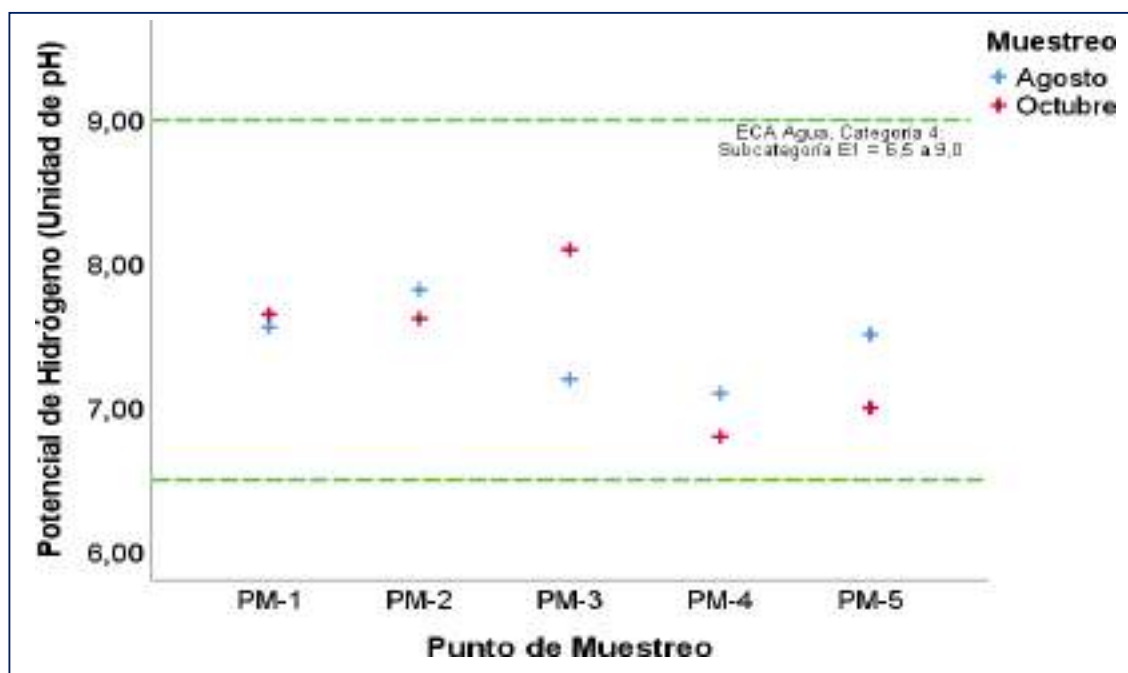


Figura 6

Concentraciones del parámetro potencial de hidrógeno (Unidad de pH) en la laguna Estancia.

El mayor valor de pH (8,1) fue determinado también en PM-3 en el segundo monitoreo, en tanto, el menor valor (6,8) se determinó en PM-4 también en el segundo monitoreo desarrollado; asimismo, existió una variación de los valores de pH en los diferentes momentos de monitoreo y puntos de muestreo en la laguna Estancia. Con respecto a los ECA-Agua, todos los valores de pH en ambos momentos de monitoreo no excedieron el estándar (6,5 a 9,0) establecido para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 6).

La mayor concentración de oxígeno disuelto (8,5 mg/L) fue determinado en PM-2 en el primer monitoreo, en tanto, la menor concentración (4,8 mg/L) se determinó en PM-3 en el segundo monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de oxígeno disuelto en la laguna Estancia fueron menores en la época de estiaje (agosto) y mayores en máximas avenidas (octubre). Con respecto a los ECA-Agua, solo la concentración del PM-3 (4,8 mg/L) en el mes de octubre excedió en 0,2 mg/L el estándar del parámetro oxígeno disuelto (≥ 5 mg/L) establecido para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 7).

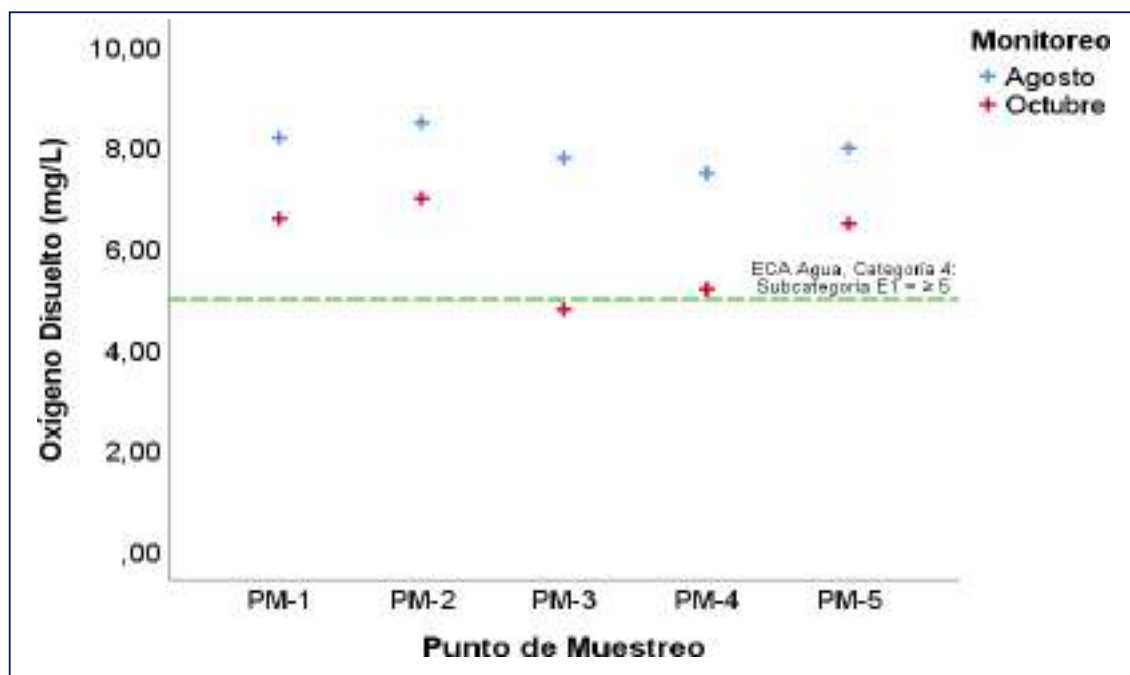


Figura 7

Concentraciones del parámetro oxígeno disuelto (mg/L) en la laguna Estancia.

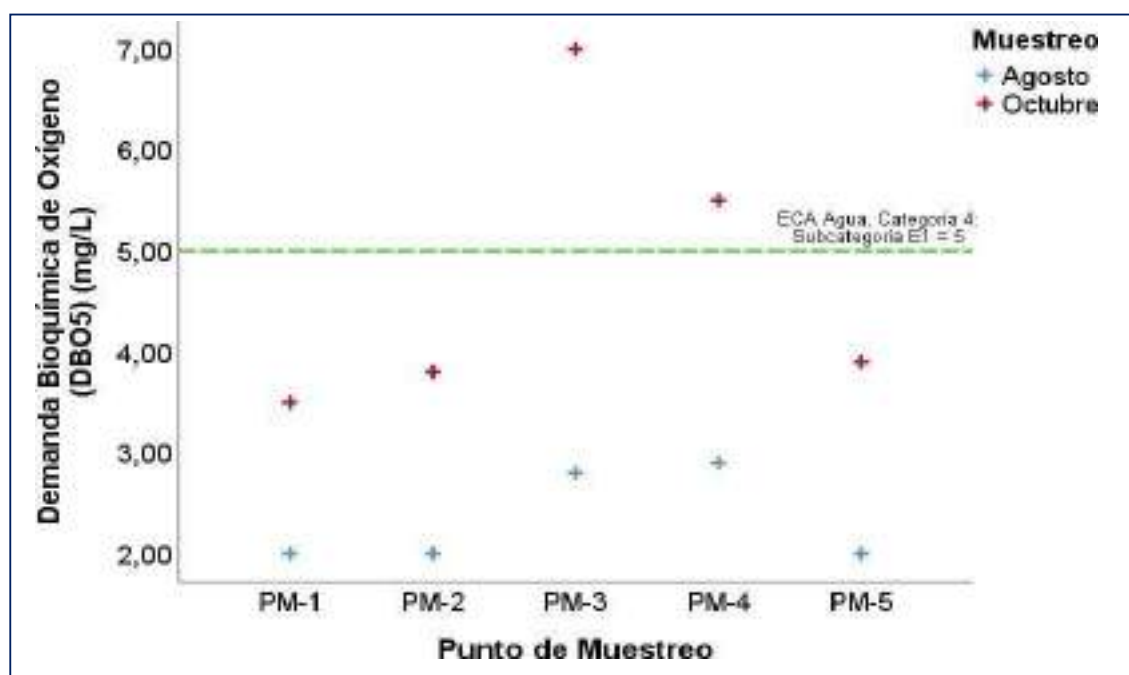


Figura 8

Concentraciones del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) (mg/L) en la laguna Estancia.

La mayor concentración de DBO_5 (7,0 mg/L) fue determinado en PM-3 en el segundo monitoreo, en tanto, la menor concentración (< 2,0 mg/L) se determinó en PM-1, PM-2 y PM-5 en el primer monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de DBO_5 en la laguna Estancia fueron mayores en la época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto). Con respecto a los ECA-Agua, solo la concentración del

PM-3 (7,0 mg/L) en el mes de octubre excedió en 2,0 mg/L el estándar del parámetro demanda bioquímica de oxígeno (5,0 mg/L) establecido para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 8).

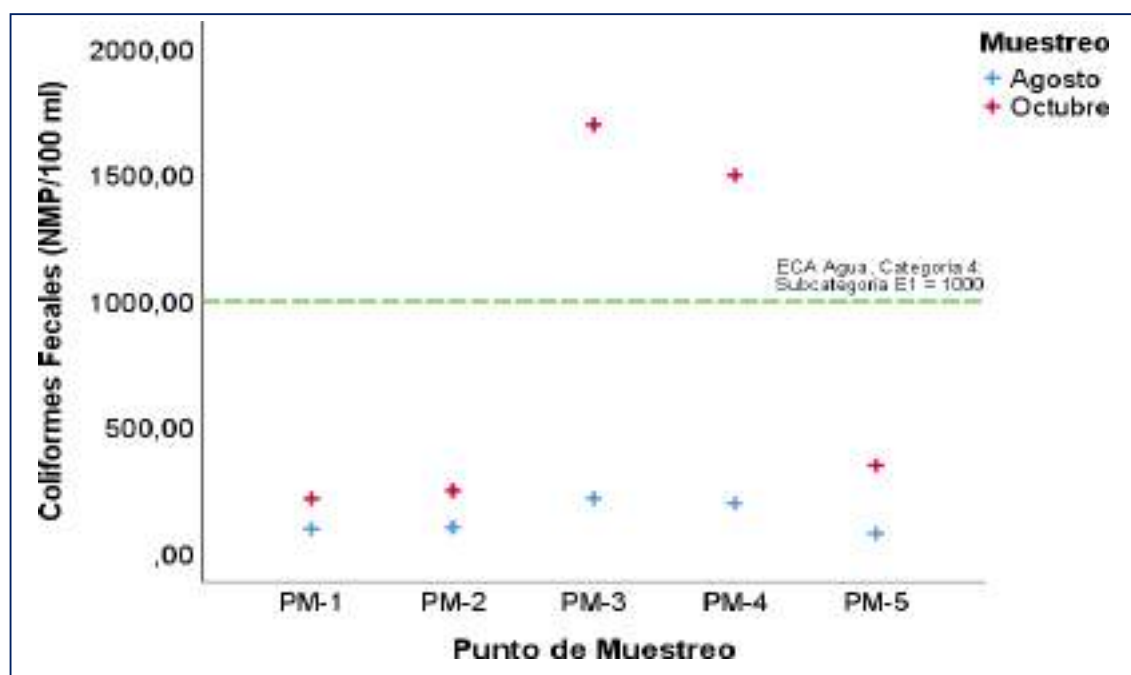


Figura 9

Concentraciones del parámetro coliformes fecales (NMP/100 ml) en la laguna Estancia.

La mayor concentración de coliformes fecales o termotolerantes (1700,0 NMP/100 ml) fue determinada en PM-3 en el segundo monitoreo, en tanto, la menor concentración (80,0 NMP/100 ml) se determinó en PM-5 en el primer monitoreo desarrollado; asimismo, las concentraciones de coliformes fecales en la laguna Estancia fueron mayores en la época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto). Con respecto a los ECA-Agua, solo la concentración del PM-3 (1700,0 NMP/100 ml) y PM-4 (1500,0 NMP/100 ml) en el mes de octubre excedieron en 700 y 500 NMP/100 ml respectivamente, el estándar del parámetro coliformes fecales (1000,0 NMP/100 ml) establecido para la subcategoría “E1: Lagunas y lagos” (Figura 9).

4.3. Índice de calidad del agua de la laguna Estancia haciendo uso del ICA-NSF

Se estableció el índice de calidad del agua utilizando el ICA-NSF en todos los puntos de muestreo analizados en la laguna Estancia, cuyos hallazgos se muestran a continuación:

En el mes de agosto, el menor valor ICA (74,68) fue determinado en PM-1 y el mayor valor ICA (68,26) fue determinado en PM-3; asimismo, la calidad de agua según el ICA-NSF varía en cada uno de los puntos de muestreo, en PM-1, PM-2 y PM-3 la calidad del

agua fue buena y en PM-3 y PM4 la calidad del agua fue regular (Figura 10), de acuerdo a lo evidenciado en la zona de influencia de PM-3 y PM-4 se desarrolla mayormente la actividad acuícola, que sumado a la descarga de aguas residuales provenientes del estanque de paiches en PM-3 (Figura 13a) y escorrentías en PM-4 (Figura 13b), los parámetros como nitrato, fosfato, turbidez, sólidos totales y oxígeno disuelto tienden a incrementar sus concentraciones, lo que convierte a la calidad de agua en un estado regular.

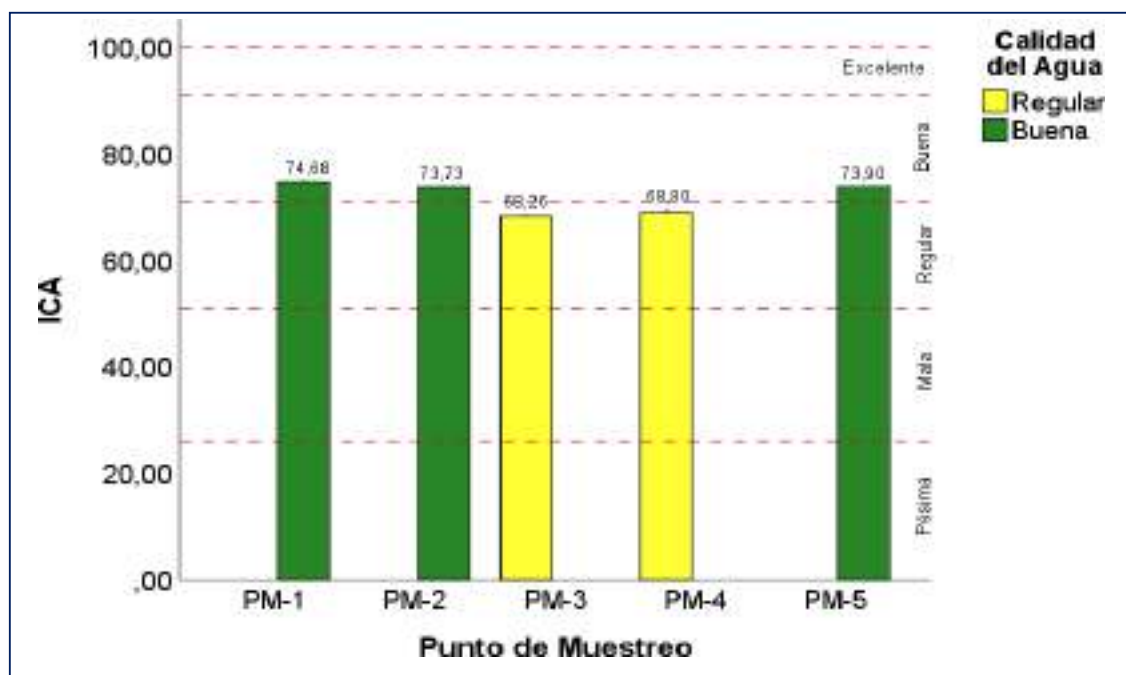


Figura 10

Índice de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia en el mes de agosto.

En el mes de octubre, el menor valor ICA (64,39) fue determinado en PM-1 y el mayor valor ICA (45,60) fue determinado en PM-3; asimismo, la calidad de agua según el ICA-NSF varía en cada uno de los puntos de muestreo, en PM-1, PM-2 y PM-3 la calidad del agua fue regular y en PM-3 y PM4 la calidad del agua fue mala (Figura 11), de acuerdo a lo evidenciado en la zona de influencia de PM-3 y PM-4 se desarrolla mayormente la actividad acuícola, que sumado a la descarga de aguas residuales provenientes del estanque de paiches en PM-3 (Figura 13a) y escorrentías en PM-4 (Figura 13b), los parámetros como nitrato, fosfato, turbidez, sólidos totales y oxígeno disuelto tienden a incrementar sus concentraciones; asimismo, las precipitaciones influyen en un mayor incremento de la carga contaminante que se descarga en la zona de influencia de estos dos puntos de muestreo, convirtiendo en calidad mala al estado del agua en época de máximas avenidas.

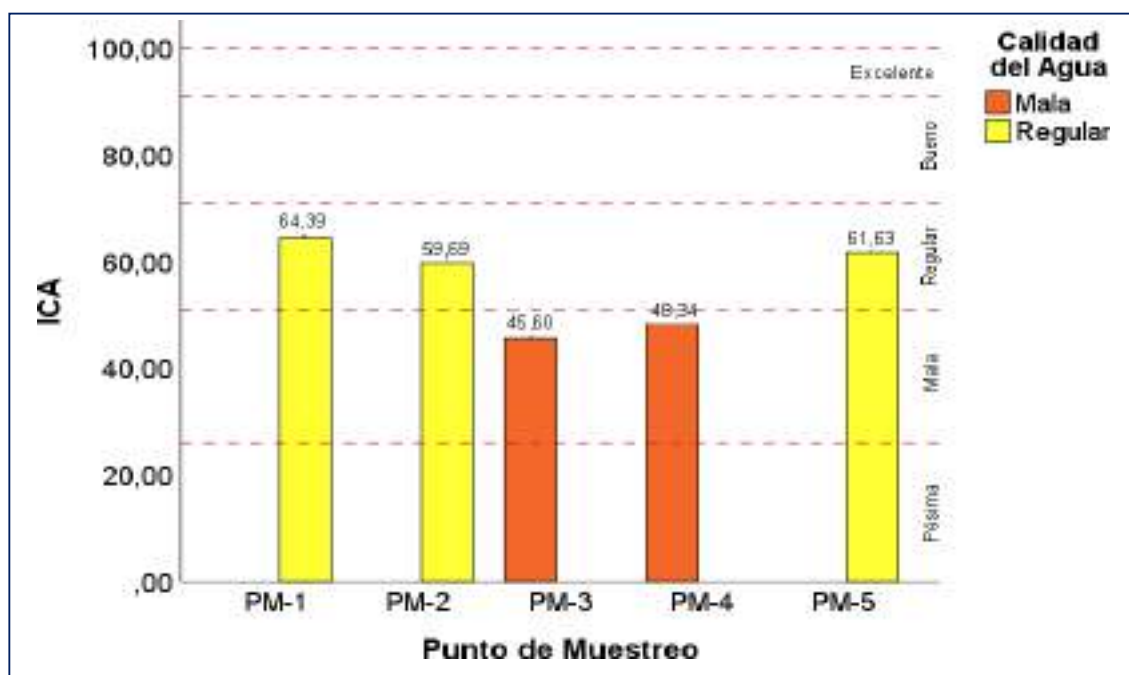


Figura 11

Índice de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia en el mes de octubre.

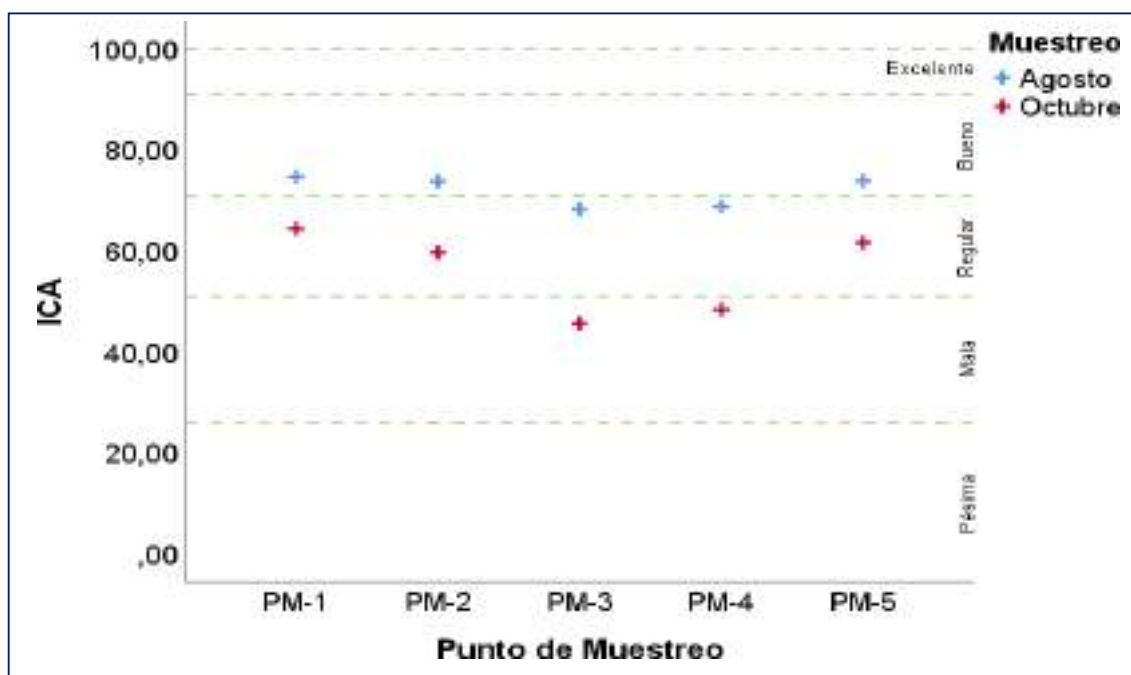


Figura 12

Índice de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia en el mes de agosto y octubre.

En la figura 12 se evidencia que, la calidad de agua se incrementa en cada uno de los puntos de muestreo de la laguna Estancia, pasando de calidad buena en agosto a calidad regular en octubre en PM-1, PM-2 y PM-5, y de calidad regular en agosto a calidad mala en octubre en PM-3 y PM-4, dicho esto las condiciones ambientales repercuten en el incremento de las concentraciones de los parámetros estudiados,

siendo menores en estiaje e incrementándose en máximas avenidas, particularmente ello se evidencia en PM-3 y PM-4, zonas donde se desarrolla mayormente la actividad de la pesca y que además la calidad del agua se ve afectado por el ingreso de aguas residuales acuícolas (Figura 13a) y de escorrentía (Figura 13b), con mayor intensidad en época de máximas avenidas.

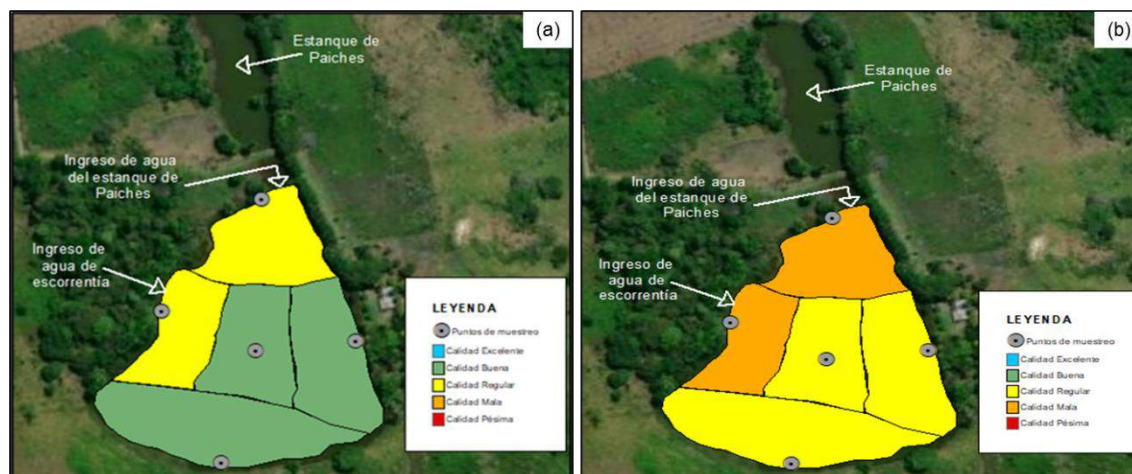


Figura 13
Proyección de calidad de agua en puntos de muestreo de la laguna Estancia. (a) Calidad de agua en el mes de agosto; (b) Calidad de agua en el mes de octubre.

4.4. Discusión de resultados

En la laguna Estancia no se identificó el uso de químicos y antibióticos en la crianza de peces, por lo cual se estaría evitando la afectación de poblaciones salvajes, la acumulación en el fondo, el no favorecimiento a condiciones anaeróbicas y la no creación de bacterias resistentes Rabasso (2006), minimizando de una u otra manera los impactos en el ambiente acuático.

Gathoni (2020) refiere que estanques con elevados contenidos de nitratos y fosfatos generan la presencia de algas, información que se corrobora con lo evidenciado en el área de estudio, debido a que las mayores concentraciones de nitratos y fosfatos se determinaron en los puntos de muestreo tres y cuatro, donde fue posible evidenciar presencia de algas a diferencia de los otros puntos de muestreo.

En la laguna Estancia, alguno de los parámetros fisicoquímicos estudiados como turbidez variaron entre 13 a 180 NTU, sólidos totales entre 34,0 a 305,0 mg/L, pH entre 6,8 a 8,1 y temperatura entre 21,3 y 22,4 °C; al respecto, Ibearugbulam et al. (2021) determinó en un estanque de peces que las concentraciones de turbidez variaron entre 12 a 170 NTU, sólidos totales entre 27,9 y 95,2 mg/L, pH entre 6,24 y 3,1 y temperatura entre 23,0 y 25,9 °C, lo que demuestra similitud en las concentraciones de turbidez en

el estanque y la laguna Estancia y no en los valores de los demás parámetros mencionados.

Wisnu et al. (2021) en el lago Cilala, Borgor Regency determinaron un valor máximo de DBO_5 de 13,8 mg/L y sólido total de 152 mg/L los cuales excedieron estándares de calidad. En esta investigación presente se determinó un valor máximo de DBO_5 de 7,0 mg/L y sólido total de 305,0 mg/L, los mismos que excedieron los estándares determinados en el "D.S. N° 004-2017-MINAM", con lo cual se sustenta que la actividad acuícola afecta la calidad de agua de las fuentes tal y como lo afirma los autores mencionados.

Asimismo, Wisnu et al. (2021) encontró la cantidad de nitrógeno liberado por la alimentación de peces y que las heces favorecen a la liberación de nitrógeno y fósforo, por ende, en la liberación de nitrógeno total; ante ello, se recomienda a investigadores realizar el estudio de nitrógeno y fósforo liberado por actividades de crianza de peces en diferentes lagunas del ámbito del área de estudio.

En el monitoreo del mes de octubre en los puntos de muestreo tres y cuatro se determinaron concentraciones de DBO_5 mayores a 5,0 mg/L, lo cual es un indicador de contaminación del agua (Clerk, 1996), estas concentraciones son características de la época de máximas avenidas y se dan principalmente en zonas de ingreso de aguas a la laguna Estancia.

En los puntos de muestreo tres y cuatro se observa un aumento en los niveles de los parámetros fisicoquímicos en comparación con los otros puntos de muestreo, lo cual se sustenta en que en la zona del tercer punto existe un ingreso de aguas residuales de la crianza de paiches desde un estanque y en el cuarto punto ingresan aguas de escorrentía, los cuales en tiempos de precipitación tienden a incrementar más los parámetros de calidad de agua de la laguna Estancia por el ingreso de mayor carga contaminante.

Amacifen y Guevara (2017) determinaron que parámetros como amoníaco, nitratos y nitritos descendieron en sus concentraciones durante la temporada seca a comparación de la húmeda; al respecto, los muestreos fueron desarrollados en condiciones climáticas de estiaje y máximas avenidas, siendo las concentraciones de nitrato, fosfato, turbidez, sólidos totales y coliformes fecales mucho mayores en esta segunda etapa a comparación de la época de estiaje, por lo cual suele existir una diferencia en los niveles de diferentes parámetros en diversos periodos estudiados.

En el lago Titicaca, Ocola (2021) determinó que el único parámetro que excedió los ECA para agua fue el fósforo total y al analizar los sedimentos encontró niveles elevados de nitrógeno total, fosforo y materia orgánica; en relación a esto, en este estudio se estableció que en el periodo de máximas avenidas, parámetros como el nitrato, fosfato, sólidos totales, oxígeno disuelto, DBO5 y coliformes fecales superan los ECA en un punto de muestreo especialmente, ante ello, se recomienda desarrollar estudios de sedimentos a fin de complementar la información de niveles de nitrógeno total, fosforo y materia orgánica presente en la laguna Estancia.

Entre las funciones de las lagunas se encuentran: control de la calidad del agua, almacenamiento del agua y regulación el clima local Huamancayo (2019) que generan diversos beneficios para las poblaciones locales; ante ello, se debe de evitar descargar aguas residuales de piscigranjas y de escorrentía, sobre todo aguas que previamente discurren por zonas agrícolas y particularmente en época de máximas avenidas donde existe una diferencia significativa en el incremento de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos.

El índice de calidad del agua es definido como un mecanismo que permite identificar la calidad del agua en un tiempo determinado (Yogendra y Puttaiah, 2008), en época de máximas avenidas los valores del ICA se incrementan a comparación de época de estiaje, particularmente en dos puntos de muestreo donde se identificaron zonas de desarrollo de actividad acuícola y zonas de importancia particular, los cuales también propician a la alteración de la calidad de agua de la laguna Estancia.

CONCLUSIONES

1. Entre las especies presentes en la laguna Estancia están el *Arapaima gigas* "Paiche", *Colossoma macropomum* "Tilapia", *Oreochromis niloticus* "Gamitana" y *Astronotus ocellatus* "Acarahuazú" cuyas cantidades aproximadas son de 40, 3 000, 2 000 y 2 000 unidades, respectivamente, donde el tipo y cantidad de alimentos y las prácticas acuícolas, dependen exclusivamente del tipo de especie; asimismo, se identificaron 5 zonas con características de desarrollo de actividad acuícola (pesca y acuicultura) y zonas de importancia particular (ingreso de afluentes de estanque de paiches y de escorrentía).
2. Las concentraciones de nitrato, fosfato, turbidez, sólidos totales, oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes fecales varían de acuerdo a la ubicación de los puntos de muestreo y las condiciones climáticas, siendo las concentraciones mayores en época de máximas avenidas (octubre) y menores en estiaje (agosto); asimismo, todas las concentraciones de sólidos totales exceden el estándar de la subcategoría "E1: Lagunas y lagos", las concentraciones DBO₅ y coliformes fecales de PM-3 y PM-4 en octubre y, las concentraciones de nitrato y oxígeno disuelto de PM-3 en octubre exceden el estándar de los parámetros mencionados.
3. En agosto, en los puntos de muestreo PM-1, PM-2 y PM-5 la calidad del agua fue buena y, en PM-3 y PM-4 la calidad del agua fue regular, valores que en el mes de octubre se incrementaron, siendo en PM-1, PM-2 y PM-5 la calidad del agua regular y, en PM-3 y PM-4 la calidad del agua mala; asimismo, los valores del ICA se incrementan en épocas de máximas avenidas, particularmente en puntos de muestreo donde existe un mayor desarrollo de la actividad acuícola y donde además la calidad del agua de la laguna Estancia se ve afectada por el ingreso de aguas residuales del estanque de paiches y por escorrentías.
4. En respuesta a la hipótesis planteada se concluye que, PM-3 y PM-4 son las zonas con mayor intensidad de desarrollo de la actividad acuícola, donde en época de estiaje la calidad del agua se presenta en estado regular y en máximas avenidas se presenta en estado malo, lo que demuestra que la acuicultura incide en la calidad del agua, lo cual además se evidencia en el exceso de los estándares de la subcategoría "E1: Lagunas y lagos" de nitratos, sólidos totales, oxígeno disuelto, DBO₅ y coliformes fecales.

RECOMENDACIONES

1. A los responsables de la laguna, recomendar minimizar, controlar o evitar la descarga de aguas residuales de piscigranjas en la laguna Estancia, principalmente en época de máximas avenidas, cuyos vertimientos incrementan en mayor proporción las concentraciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Asimismo, controlar la alimentación, uso de químicos y antibióticos.
2. A las autoridades municipales promover actividades de educación ambiental sobre la importancia de las lagunas y el correcto desarrollo de la actividad acuícola.
3. A autoridades regionales y del estado (MINAM, MIDAGRI), tener mayor vigilancia del desarrollo de actividades acuícolas en lagos y lagunas, por ejemplo, exigiendo el monitoreo periódico de la calidad del agua y brindando capacitaciones en tecnología acuícola, dieta alimentaria y otros, que favorezcan a la reducción de los impactos de la actividad en la calidad del agua de fuentes superficiales.
4. A investigadores, recomendar el estudio de nitrógeno y fosforo liberado por la crianza de peces, así como el estudio de sedimentos en la laguna Estancia, a fin de completar la información obtenida y ampliar el conocimiento científico del desarrollo de la actividad acuícola en una de las principales fuentes superficiales de la provincia de Lamas.
5. A estudiantes y docentes asesores de investigaciones recomendarles desarrollar estudios sobre el tema abordado, con el objetivo de aportar información científica a la población en general, haciendo de conocimiento a las autoridades sobre las problemáticas que afectan o alteran al ambiente acuático.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amacifen, M., y Guevara, R. (2017). *Incidencia de la crianza de "Tilapia" Oreochromis niloticus en la calidad del Agua y su impacto ambiental, en el Distrito de Moyobamba - 2015* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2551>
- Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2013). Plan nacional de recursos hídricos del Perú: Memoria 2013.
- Bermúdez, J. D., Beamonte, E., Casino, A., y Veres, E. J. (2003). Un indicador global para la calidad del agua prepotable. 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, 851–872.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1161462>
- Bordehore, C. (2005). Problemas ambientales, problemas humanos (A. Antonio & A. Jose, Eds.). Grupo Editorial Universitario.
- Brown, N. (1972). Indicators of Environmental Quality. Environmental Science Research. (1st ed., Vol. 1).
- Caho, A., y López, E. (2017). Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI 1. *Producción + Limpia*, 12(2). <https://doi.org/10.22507/pml.v12n2a3>
- Castro, Y., Vera, N., y Mendoza, M. (2022). Evaluación del impacto ambiental debido a la crianza de Trucha en la laguna Aricota, Tacna. *Ingeniería Investiga*, 4(584).
- Clerk, R. B. (1996). Marine Pollution (Clarendon Press Oxford, Ed.).
- Cornel, G. E., y Whoriskey, F. G. (1993). The effects of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediments of Lac du Passage, Quebec. *Aquaculture*, 109(2), 101–117.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90208-G](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90208-G)
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias | SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental.
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
- Decreto Supremo N° 003-2016-PRODUCE. Aprueban el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N° 1195.

- <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-reglamento-de-la-ley-general-de-acuicultura-apr-decreto-supremo-n-003-2016-produce-1360384-1/>
- Decreto Supremo N° 030-2001-PE. Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura.
- https://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/1/jer/PROPESCA_OTRO/marco-legal/1.2.1.%20REGLAMENTO%20LEY%2027460-10.07.pdf
- Dejoux, C., y Iltis, A. (1991). El Lago Titicaca. Síntesis del Conocimiento Limnológico. Talleres Gráficos Hisbol.
- Díaz, G., Vásquez, J., y Mari, A. (1989). Desarrollo de la acuicultura en Cuba: manejo de estaciones y pesquerías en aguas interiores.
- Farrelly, J. C., Chen, Y., y Shrestha, S. (2015). Occurrences of growth-related target dissolved oxygen and ammonia in different catfish pond production systems in southeast Arkansas. *Aquacultural Engineering*, 64, 68–77. <https://doi.org/10.1016/J.AQUAENG.2014.10.002>
- Gathoni, M. (2020). Assessment of water quality in aquaculture ponds in Tigon Kiambu Country, Kenya. School of Environmental Studies of Kenyatta University.
- Gobierno Regional de Lambayeque. (2018). Acuicultura opción productiva para la seguridad alimentaria. <https://www.regionlambayeque.gob.pe/web/noticia/detalle/25278?pass=MTMwOA==>
- González, F., Lupin, H., y Bretón, J. (2004). Acuicultura: Producción, Comercio y Trazabilidad (1ra ed.). NETBIBLO, S.L., A Coruña.
- Haroun, R., Makol, A., Ojeda, J., y Simard, F. (2007). Guía para el desarrollo sostenible de la acuicultura mediterránea 1: interacciones entre la acuicultura y el medio ambiente | accedaCRIS (G. S. y M. E. en colaboración con el M. de A. P. y A. de E. y la F. E. de P. de A. (FEAP). UICN, Ed.). <http://hdl.handle.net/10553/4737>
- Heneash, A. M., Alprol, A. E., Abd El-Hamid, H. T., Khater, M., y El Damhogy, K. A. (2021). Assessment of water pollution induced by anthropogenic activities on zooplankton community in Mariout Lake using statistical simulation. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(7), 1–21. <https://doi.org/10.1007/S12517-021-06977-9>

- Hoyos, Y., y Delgado, D. (2022). *La acuicultura y su impacto en el crecimiento económico de la región San Martín, periodo 2010 – 2019* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/4542>
- Hlordzi, V., Kuebutornye, F. K. A., Afriyie, G., Abarike, E. D., Lu, Y., Chi, S., y Anokyewaa, M. A. (2020). The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture: A review. *Aquaculture Reports*, 18, 100503. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2020.100503>
- Huamancayo, G. L. (2019). Parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna de los Milagros del distrito de Pueblo Nuevo. <https://portal.unas.edu.pe/sites/default/files/epimr/PARAMETROS%20FISICOQUIMICOS%20DEL%20AGUA%20DE%20LA%20LAGUNA%20DE%20LOS%20MILAGROS%20DEL%20DISTRITO%20DE%20PUEBLO%20NUEVO.pdf>
- Ibearugbulam, H. O., Ugwu, E. I., Ekeleme, A. C., Njoku, C. E., Amanamba, E. C., Ezebuoro, V., Ibe, O. P., y Igwegbe, E. W. (2021). A study on physicochemical parameters of fish pond effluents: A case study of Umudibia fish farm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1036(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1036/1/012005>
- Imués-Figueroa, M. A., Gonzalez-Legarda, E. A., Duque-Nivia, G., Burbano-Gallardo, E., y Guerrero-Romero, C. L. (2018). Efecto de la producción acuícola sobre las variables de calidad del agua del lago Guamuez. *Revista Investigación Pecuaria*, 5(1), 33–43. <https://doi.org/10.22267/REVIP.1851.4>
- Lozano, W. (2013). *Calidad fisicoquímica del agua.: Métodos simplificados para su muestreo y análisis* (1st ed.). Universidad Piloto.
- Méndez-Zambrano, P. V., Arcos-Logroño, J. P., y Cazorla-Vinueza, X. R. (2020). Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 734–746. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7504260>
- Mendoza, A. (2022). *Influencia de la actividad acuícola en la calidad ambiental del agua, mediante la determinación de la carga orgánica, Moyobamba 2021* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/4665>
- Mesía, J. (2015). *Vigilancia ambiental de efluentes generados por la actividad acuícola continental, distrito de Moyobamba*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín.

- Meyer, D. (2004). Introducción a la Acuicultura.
- Morata, T., Falco, S., Gadea, I., Sospedra, J., y Rodilla, M. (2015). Environmental effects of a marine fish farm of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in the NW Mediterranean Sea on water column and sediment. *Aquaculture Research*, 46(1), 59–74. <https://doi.org/10.1111/ARE.12159>
- Naselli-Flores, L. (2008). Urban Lakes: Ecosystems at Risk, Worthy of the Best Care. Proceedings of Taal 2007: The 12th World Lake Conference: 1333- 1337. M. Sengupta y R Dalwani (Eds.).
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., y Romero, H. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis (5a edición).
- Ocola, D. B. (2021). *Evaluación de las características físico químicas del agua y la composición del sustrato en zonas de crianza intensiva de trucha (Oncorhynchus mykiss) en el Lago Titicaca, Pomata-Puno*. Universidad Científica del Sur.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1995). Sexta reunión del grupo de trabajo sobre acuicultura.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2003). Acuicultura: principales conceptos y definiciones.
- Ottinger, M., Clauss, K., y Kuenzer, C. (2016). Aquaculture: Relevance, distribution, impacts and spatial assessments - A review. *Ocean and Coastal Management*, 119, 244–266. <https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2015.10.015>
- Quirós, R. (2007). Manejo y recuperación de lagos urbanos. Documento N 6
- Rabasso, M. (2006). Los impactos ambientales de la acuicultura, causas y efectos. 89–98. <http://hdl.handle.net/10553/6671>
- Ramos, A., Monteoliva, M., y Nader, F. (2013). Probióticos y salud. Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Reglamento de la Ley General de Acuicultura. (2016). Aprueban el Reglamento de la Ley General de Acuicultura, aprobada por el Decreto Legislativo N° 1195 - DECRETO SUPREMO - N° 003-2016-PRODUCE.
- Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.j._010-2016-ana_0.pdf

- Romero, J. A. (2005). *Calidad del agua* (2 ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sánchez, C., y Reyes, C. (2006). *Metodología y diseño en la investigación científica* (E. V. Universitaria, Ed.).
- Schueler, T., y Simpson, J. (2001). Why urban lakes are different. *Urban Lake Management*, 747–750.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET). (2000). Índice de calidad del agua general "ICA." <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Shinde, S. E., Pathan, T. S., Raut, K. S., y Sonawane, D. L. (2011). Studies on the Physico-chemical Parameters and Correlation Coefficient of Harsool-savangi Dam, District Aurangabad, India. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(3), 544–554.
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua-Evaluación y diagnóstico* (Ediciones de la U, Ed.; Primera ed).
- Srithongouthai, S., y Tada, K. (2017). Impacts of organic waste from a yellowtail cage farm on surface sediment and bottom water in Shido Bay (the Seto Inland Sea, Japan). *Aquaculture*, 471, 140–145.
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2017.01.021>
- Urbano, C. P. (2019). *Impacto ambiental de la acuicultura en jaulas en los componentes agua y sedimentos en el embalse del Guajaro departamento del Atlántico* [Universidad de Manizales].
<https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4075/TESI%20%20CLAUDIA%20PATRICIA%20URBANO%20MAURY%20.pdf?sequence=2>
- Van Rijn, J. (2013). Waste treatment in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 53, 49–56. <https://doi.org/10.1016/J.AQUAENG.2012.11.010>
- Wang, R., Zhang, Y., Xia, W., Qu, X., Xin, W., Guo, C., Bowker, J., y Chen, Y. (2018). Effects of Aquaculture on Lakes in the Central Yangtze River Basin, China, I. Water Quality. *North American Journal of Aquaculture*, 80(3), 322–333.
<https://doi.org/10.1002/NAAQ.10038>
- Wisnu, R. P., Karuniasa, M., y Moersidik, S. S. (2021). The impact of fish feed on water quality in Lake Cilala, Bogor Regency, West Java. *IOP Conference Series: Earth*

and Environmental Science, 716(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/716/1/012023>

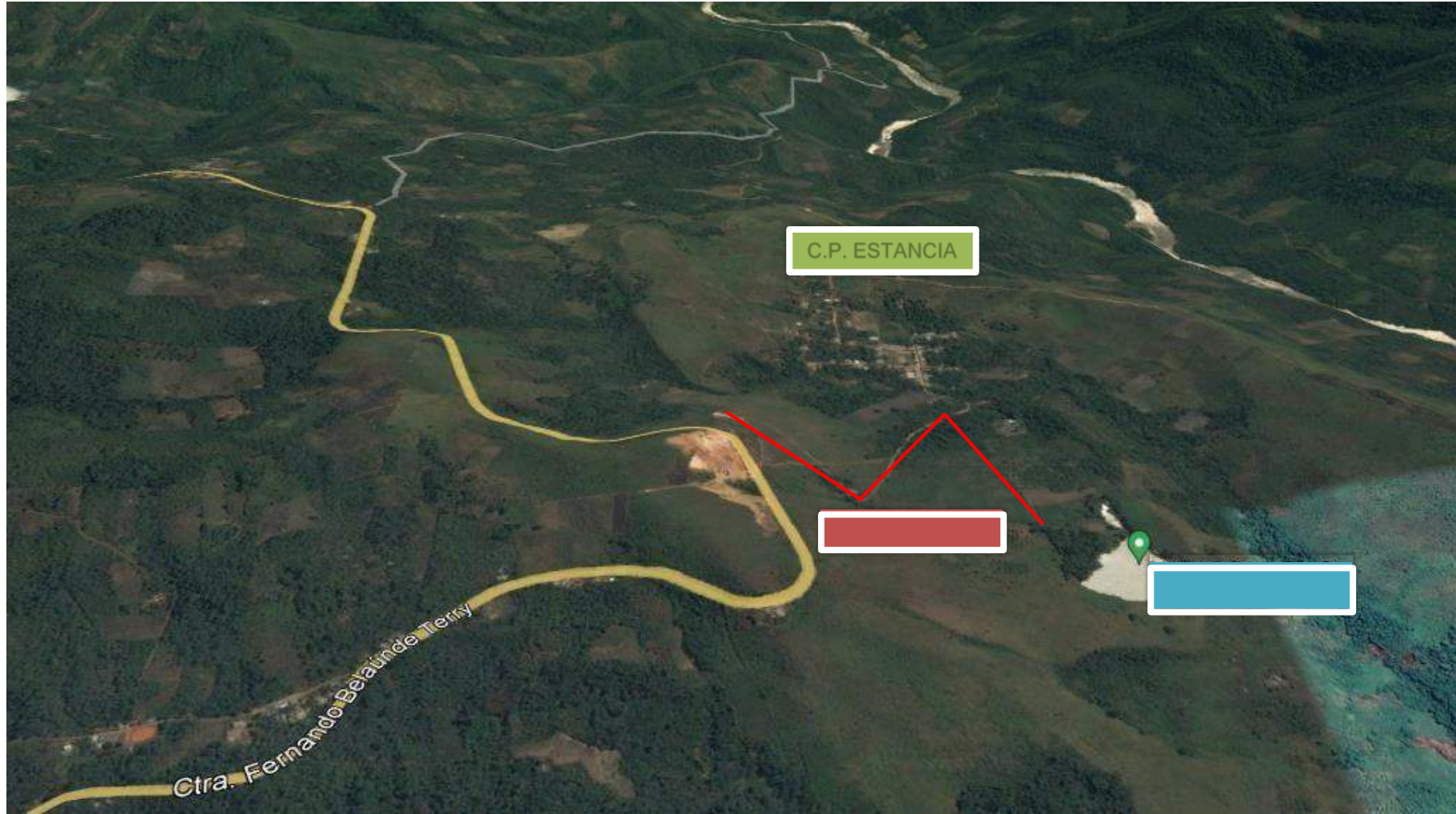
Yogendra, K., y Puttaiah, E. (2008). Determination of water quality index and sustainability of an urban waterbody in Shimoga Town, Karnataka.

Yzquierdo, J. (2022). *Efecto del criadero de Truchas Arcoíris (Oncorhynchus mykiss) sobre la calidad del agua del río Michiquillay y en la Encañada - Cajamarca*. Tesis de Pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo.

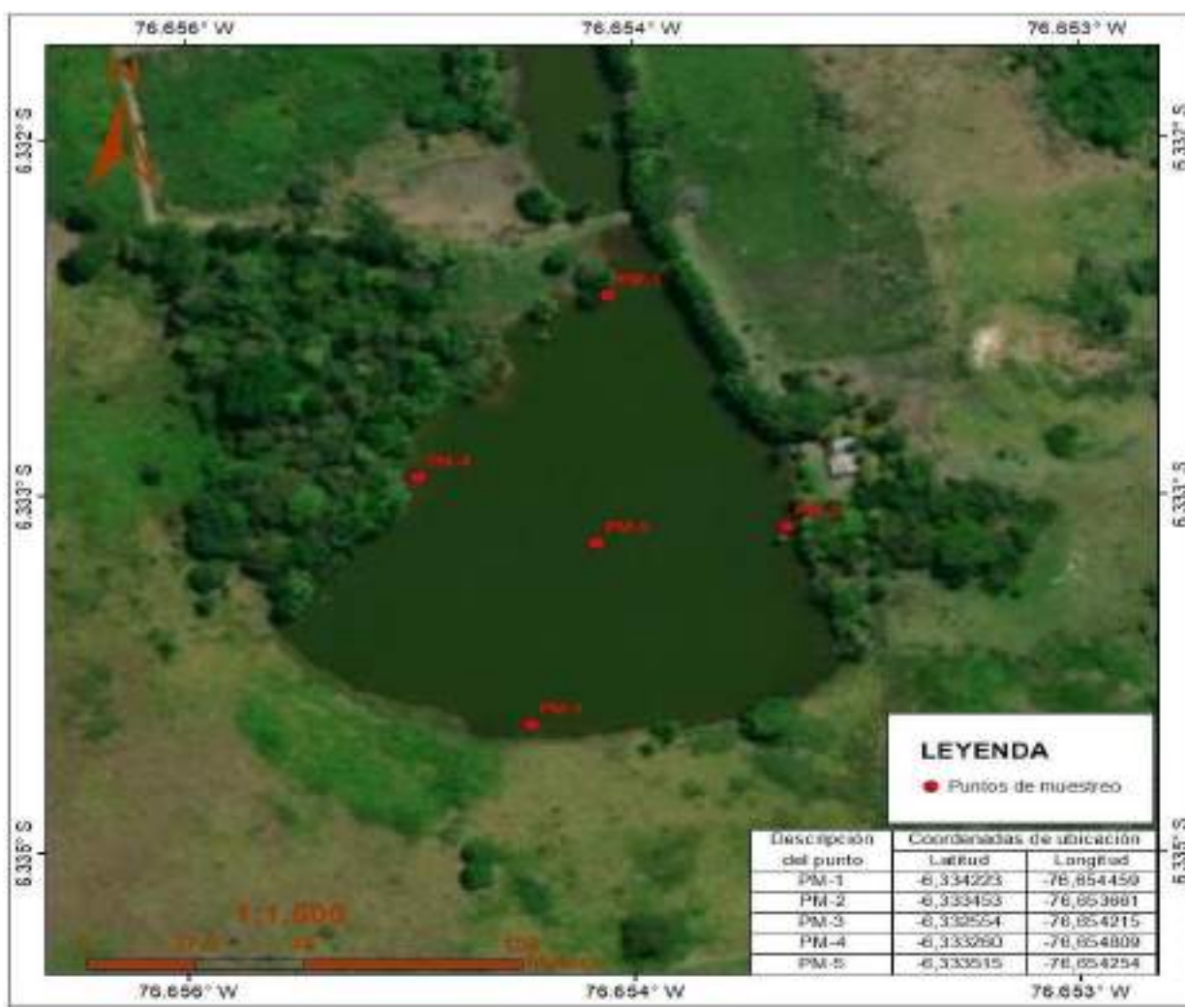
Zárate, M., y Rubio, M. (2010). *Conceptos y prácticas en geografía humana*. Editorial universitaria Ramón Areces.

ANEXOS

Anexo 1. Croquis de ubicación del proyecto



Anexo 2. Ubicación del área de estudio



INCIDENCIA DE LA ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LA LAGUNA ESTANCIA, EN LA PROVINCIA DE LAMAS - SAN MARTÍN

UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

DISTRICTO: TABA, 0505	PROVINCIA: LAMAS REGIÓN: SAN MARTÍN	HOJA Nº: 01
ESCALA: 1:1500	PROYECTO: San José PAOLO Cruz y RAMA CO S.R.L.	
PROYECTO Nº: UTMW0584-150	ACTIVA: Ing. M. Sc. ENRIQUE ALBERTO CASARELLA	FECHA: 28/03/22

Anexo 3. Ficha de registro de parámetros medidos *in situ*

Item	1	2	3	4	5	
Código de punto de muestreo:	PH-1	PH-2	PH-3	PH-4	PH-5	
Coordenadas:	316991.54	317079.60	317017.94	316952.47	317014.01	
UTM WGS 84:	9299557.84	9299643.33	9299742.52	9299664.30	9299636	
Producto:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Sub producto:	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	
Fecha y Hora de Muestreo:	13/03/2022 9:35	13/08/2022 9:55	13/08/2022 10:20	13/08/2022 10:40	13/08/2022 11:10	
Parámetros	Unidad	Resultados				
pH	Unidades de pH	7.56	7.82	7.20	7.10	7.51
Oxígeno Disuelto	mg/L	8.20	8.50	7.80	7.50	8.00
Temperatura	°C	22.0	21.6	21.5	21.5	21.8


 Jean Paolo Changana Coral
 Tesista

Ítem	1	2	3	4	5	
Código de punto de muestreo:	PM-1	PM-2	PM-3	PM-4	PM-5	
Coordenadas:	316991.54	317079.60	317017.94	316952.97	317014.01	
UTM WGS 84:	9299557.34	9299643.33	9299742.52	9299664.30	9299636	
Producto:	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	Agua Natural	
Sub producto:	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	Superficial (Laguna)	
Fecha y Hora de Muestreo:	23/10/2022 10:15	23/10/2022 10:35	23/10/2022 11:05	23/10/2022 11:25	23/10/2022 11:55	
Parámetros	Unidad	Resultados				
pH	Unidades de pH	7.65	7.62	8.10	6.80	7.00
Oxígeno Disuelto	mg/L	6.60	7.00	4.80	5.20	6.50
Temperatura	°C	22.4	21.7	21.6	21.3	21.5


 Jean Paolo Changana Coral
 Tesista




ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL RUC: 20572240372

CADENA DE CUSTODIA

DATOS PARA LA EMISIÓN DEL INFORME FINAL		Contacto: <u>Juan Paolo</u>	Número de Solicitud:	N° de Página
Cliente: <u>Juan Paolo Changama Coral</u>		Teléfono: <u>945944389</u>		<u>001</u>
Dirección: <u>Bellavista</u>				
DATOS PARA LA FACTURACIÓN		RUC:	Cobzación:	N° EPSF
Razón Social:		Contacto:		
Dirección:		Teléfono:	Plan de Muestreo (NSF Envirolab):	
DATOS DEL PROYECTO (EPSF)				
Lugar de Muestreo: <u>Laguna Estancia</u>				
Referencia: <u>CC. PP. Estancia</u>		Muestreado por: Cliente <input type="checkbox"/> Envirolab <input type="checkbox"/>	Copia de cadena entregada: Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	

Identificación de Muestra	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Tipo de Muestra (*)	N° de Envases	Preservante y conservante	Número de Muestra	Análisis Requeridos						Para uso de análisis de campo				Observaciones	
							Turbidez	Sólidos Totales	Fosfato	Nitrato	DBO5	Coliformos	E. Coli					
PM-1	13-05-22	09:35	ASF	05	-	05	X	X	X	X	X	X						
PM-2	13-05-22	09:55	ASF	05	-	05	X	X	X	X	X	X						
PM-3	13-05-22	10:20	ASF	05	-	05	X	X	X	X	X	X						
PM-4	13-05-22	10:40	ASF	05	-	05	X	X	X	X	X	X						
PM-5	13-05-22	11:10	ASF	05	-	05	X	X	X	X	X	X						

(*)	Agua Superficial (ASF)	Agua Potable (AP)	Agua Residual Doméstica (RD)	Agua de Mar (AM)	Agua Residual No Dom (ARND)	Suelo (SO) Lodo (LO)	Aire (AR)	OTROS: (Especificar)
	Agua Subterránea (AST)	Agua de Marea (MA)	Agua Residual Industrial (RI)	Agua de Fiebris (DP)	Agua de Proceso (ADP)	Sedimento (SE)	Agua Purificada (APU)	 <small>ANAQUIMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L. CIP. N° 1-00674 VOTACION LIBRE 2010</small>

Anexo 5. Resultados de laboratorio



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

INFORME DE ENSAYO N° 030-2022-M/ANAQUÍMICOS/CC/SLCH

CLIENTE	: Jean Paolo Changana Coral
INVESTIGACIÓN	: Incidencia de la actividad acuícola en la calidad de agua de la laguna de Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín.
TIPO DE MUESTRA	: Agua superficial
FECHA DE MUESTREO	: 13/08/2022
FECHA DE RECEPCIÓN	: 13/08/2022
FECHA DE INICIO DE ENSAYO	: 13/08/2022
LUGAR	: Laguna de Estancia
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 5
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: Frascos de plástico
MUESTREADO POR	: Cliente

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIAL:

Parámetros	Código de cliente	PM-1	PM-2	PM-3
	Descripción	Laguna de Estancia- provincia de Lamas	Laguna de Estancia- provincia de Lamas	Laguna de Estancia- provincia de Lamas
	Coordenadas	18M 316991.54 UTM 9299557.84	18M 317079.60 UTM 9299643.33	18M 317017.94 UTM 9299742.52
	Tipo de producto	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
	Fecha de muestreo	13/08/2022	13/08/2022	13/08/2022
	Hora de muestreo	09:35	09:55	10:20
	Cadena de custodia	001	001	001
	Unidad	Resultados		
Turbidez	NTU	13.00	20.00	60.00
Sólidos totales	mg/L	42.00	38.00	85.00
Fosfato	PO ₄ en mg/L	<0,010	<0,010	0,052
Nitrato	NO ₃ en mg/L	2.74	1.83	3.82
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	DBO ₅ en mg/L	<2.00	<2.00	2.80
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100 ml	98.00	105.00	220.00



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

Parámetros	Código de cliente	PM-4	PM-5
	Descripción	Laguna de Estancia-provincia de Lamas	Laguna de Estancia-provincia de Lamas
	Coordenadas	18M 316952.47 UTM 9299664,30	18M 317014.01 UTM 9299636.26
	Tipo de producto	Agua superficial	Agua superficial
	Fecha de muestreo	13/08/2022	13/08/2022
	Hora de muestreo	10:40	11:10
	Cadena de custodia	001	001
	Unidad	Resultados	
Turbidez	NTU	51.00	23.00
Sólidos totales	mg/L	73.00	34.00
Fosfato	PO ₄ en mg/L	0.035	<0,010
Nitratos	NO ₃ en mg/L	3.37	2.45
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	DBO ₅ en mg/L	2.90	<2.00
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100 ml	200.00	80.00

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

PARÁMETRO	MÉTODO	MATRIZ
Turbidez [NTU]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Agua Superficial
Sólidos Totales [mg TSS/L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Agua Superficial
Fosfatos [mg PO ₄ ³⁻ /L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed	Agua Superficial
Nitratos [mg NO ₃ -/L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO3-E, 23rd Ed	Agua Superficial
Demanda bioquímica de oxígeno [mg DBO ₅ /L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017	Agua Superficial
Coliformes Fecales (Termotolerantes) [NMP/100 ml]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1; 23rd Ed: 2017	Agua Superficial

Atentamente,

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

[Firma manuscrita]
 Ing. Samuel López Chávez
 CIP: 143678
 TITULAR GERENTE



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES EIRL

RUC: 20572240372

INFORME DE ENSAYO N° 035-2022-M/ANAQUÍMICOS/CC/SLCH

CLIENTE : Jean Paolo Changana Coral
INVESTIGACIÓN : Incidencia de la actividad acuícola en la calidad de agua de la laguna de Estancia, en la provincia de Lamas – San Martín.
TIPO DE MUESTRA : Agua superficial
FECHA DE MUESTREO : 23/10/2022
FECHA DE RECEPCIÓN : 23/10/2022
FECHA DE INICIO DE ENSAYO : 23/10/2022
LUGAR : Laguna de Estancia
CANTIDAD DE MUESTRAS : 5
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Frascos de plástico
MUESTREO POR : Cliente

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA SUPERFICIAL:

Parámetros	Código de cliente	PM-1	PM-2	PM-3
	Descripción	Laguna de Estancia-provincia de Lamas	Laguna de Estancia-provincia de Lamas	Laguna de Estancia-provincia de Lamas
	Coordenadas	18M 316991.54 UTM 9299557.84	18M 317079.60 UTM 9299643.33	18M 317017.94 UTM 9299742.52
	Tipo de producto	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
	Fecha de muestreo	23/10/2022	23/10/2022	23/10/2022
	Hora de muestreo	10:15	10:35	11:05
	Cadena de custodia	002	002	002
	Unidad	Resultados		
Turbidez	NTU	62.00	70.00	180.00
Sólidos totales	mg/L	120.00	184.00	305.00
Fosfato	PO ₄ en mg/L	<0,010	<0,010	0,220
Nitratos	NO ₃ en mg/L	8,60	9,30	13,50
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	DBO ₅ en mg/L	3,5	3,8	7,0
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100 ml	218,00	250,00	1700,00



ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.

RUC: 20572240372

Parámetros	Código de cliente	PM-4	PM-5
	Descripción	Laguna de Estancia-provincia de Lamas	Laguna de Estancia-provincia de Lamas
	Coordenadas	18M 316952.47 UTM 9299664.30	18M 317014.01 UTM 9299636.26
	Tipo de producto	Agua superficial	Agua superficial
	Fecha de muestreo	23/10/2022	23/10/2022
	Hora de muestreo	11:25	11:55
	Cadena de custodia	002	002
	Unidad	Resultados	
Turbidez	NTU	170.00	55.00
Sólidos totales	mg/L	290.00	145.00
Fosfato	PO ₄ en mg/L	0.152	<0,010
Nitratos	NO ₃ en mg/L	12.20	9.40
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	DBO ₅ en mg/L	5.5	3.90
Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL	1500.00	350.00

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

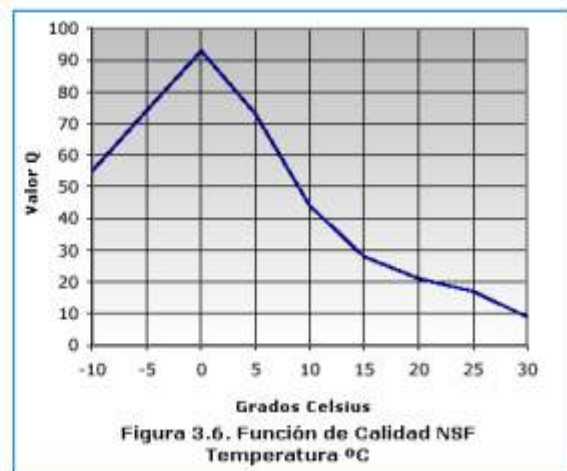
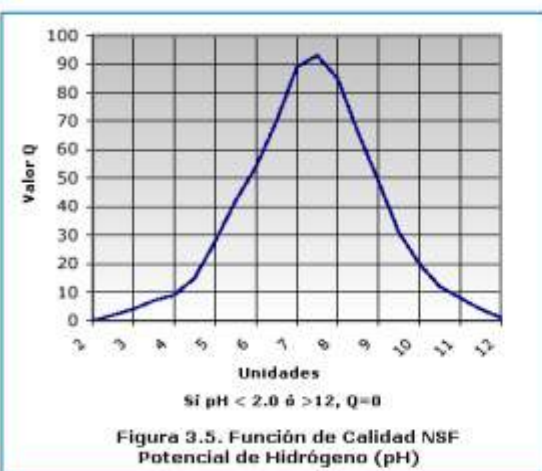
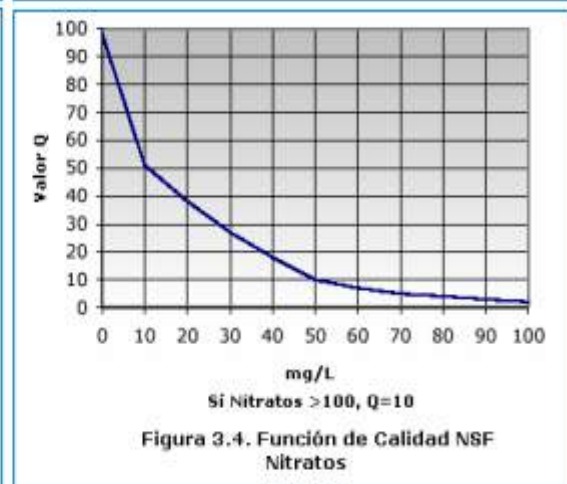
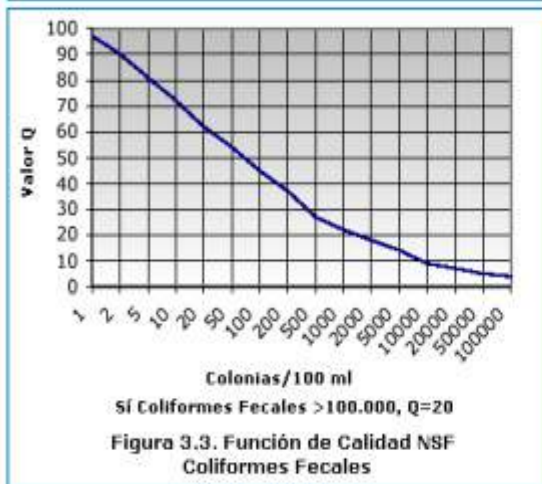
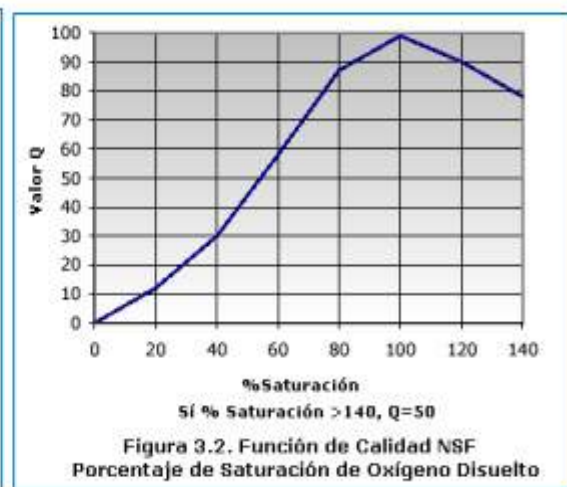
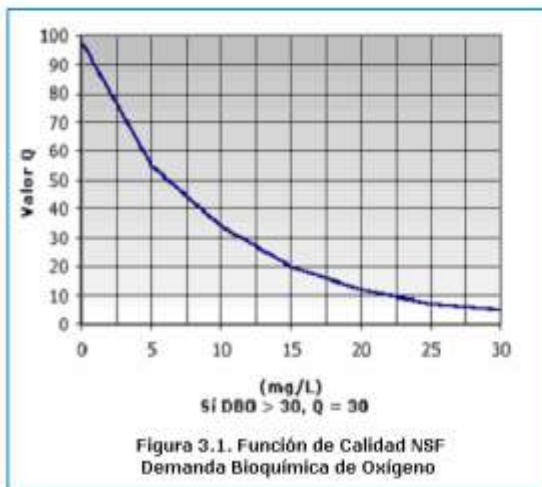
PARÁMETRO	MÉTODO	MATRIZ
Turbidez [NTU]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 B, 23rd Ed. 2017	Agua Superficial
Sólidos Totales [mg TSS/L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed. 2017	Agua Superficial
Fosfatos [mg PO ₄ ³⁻ /L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed	Agua Superficial
Nitratos [mg NO ₃ ⁻ /L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO ₃ -E, 23rd Ed	Agua Superficial
Demanda bioquímica de oxígeno [mg DBO ₅ /L]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed: 2017	Agua Superficial
Coliformes Fecales (Termotolerantes) [NMP/100 ml]	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1; 23rd Ed: 2017	Agua Superficial

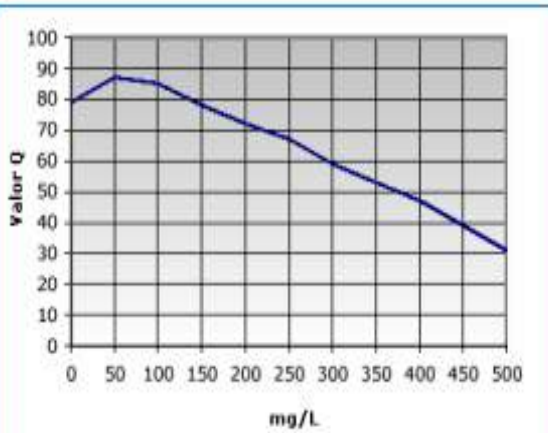
Atentamente,

ANAQUÍMICOS SERVICIOS GENERALES E.I.R.L.


 Top. Samuel López Chávez
 CIP. N° 14.674
 TITULAR VICENTE

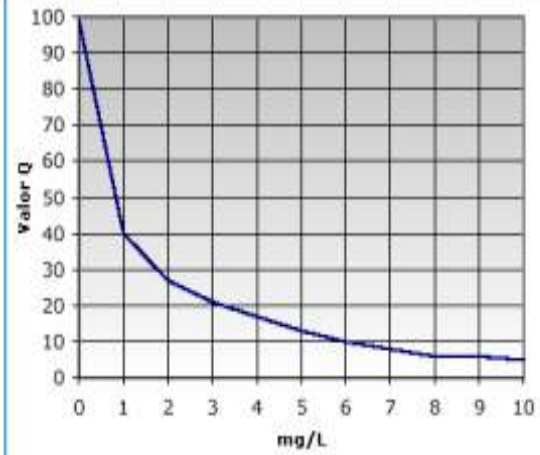
Anexo 6. Curvas de función





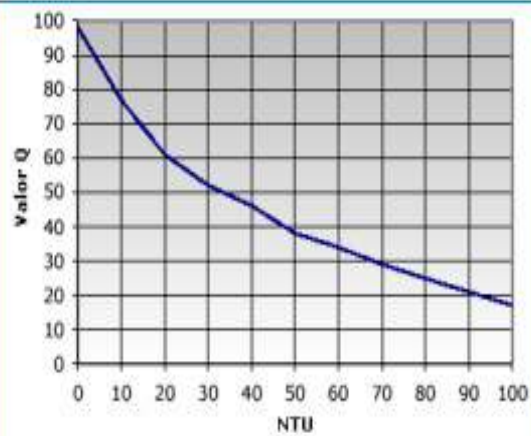
Si STD > 500, Q=20

Figura 3.7. Función de Calidad NSF
Sólidos Disueltos



Si Fosfatos > 10, Q=2.0

Figura 3.8. Función de Calidad NSF
Ortofosfatos



Si Turbidez > 100, Q=5.0

Figura 3.9. Función de Calidad NSF
Turbidez

Anexo 7. Panel fotográfico



Figura N° 1. Vista panorámica de la laguna Estancia.



Figura N° 2. Identificación de zonas de desarrollo de actividad acuícola y zonas de importancia particular.



Figura N° 3. Zonas de importancia en particular.



Figura N° 4. Zonas de importancia en particular.



Figura N° 5. Recolección de muestras de agua.



Figura N° 6. Recolección muestras de agua.



Figura N° 7. Muestrasrecolectadas.



Figura N° 8. Recolección de muestras de agua en la parte céntrica de la laguna.



Figura N° 9. Muestra de agua recolectada en la parte céntrica de la laguna.



Figura N° 10. Llenado de cadena de custodia.

Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín

por Jean Paolo Changana Coral

Fecha de entrega: 27-ene-2025 08:40a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2559387761

Nombre del archivo: TESIS_JEAN_PAOLO_CHANGANA_CORAL_24.01.2025.docx (8.04M)

Total de palabras: 13381

Total de caracteres: 73862

Incidencia de la actividad acuícola en la calidad del agua de la laguna Estancia, en la provincia de Lamas - San Martín

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

8%

2

Submitted to Universidad Nacional de San Martín

Trabajo del estudiante

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

4

tesis.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

13989122159.srv040146.webreus.net

Fuente de Internet

1%

6

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

api-repositorio.unia.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

apirepositorio.unh.edu.pe

Fuente de Internet

1%