

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación del efecto en los parámetros físico, químico  
y microbiológico del agua debido a la producción  
intensiva de trucha en jaulas flotantes en la laguna  
Choclococha - Huancavelica 2018**

Jhordany Frankovsky Janssen Tunque Huamani

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Ambiental

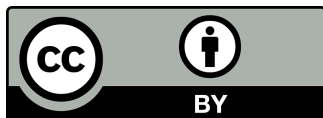
Huancayo, 2022

---

---

---

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

M.Sc. Ing. Edwin Paucar Palomino

## **AGRADECIMIENTOS**

El proceso de desarrollo de la investigación fue un largo camino de tropiezos y fortalecimientos, estuvieron personas apoyándome en todo momento a la cual siempre estaré agradecido, comenzare agradeciendo a la Universidad Continental por brindarme un lugar donde desarrollar mis conocimiento y actividades que conllevaron a la culminación de mi tesis.

Agradezco al M. Sc. Ing. Edwin Paucar Palomino por su colaboración y su apoyo en el desarrollo de la investigación confiando en mi para una investigación completa de la tesis.

De igual manera agradezco a todos los docentes que me apoyaron a lo largo de mi desarrollo universitario que sin ellos no hubiera adquirido los conocimientos necesarios para el desarrollo de mi tesis.

## **DEDICATORIA**

Comienzo esta dedicatoria mencionando a la persona que me dio la vida, nunca dejo de apoyarme en las buenas y malas a mi madre Haydee que siempre estuvo a mi lado y me motivo a seguir adelante.

A mi padre David que siempre con su apoyo me motivo en no dejar de luchar y terminar todas las metas que me trace.

A mi hermano Jair por su apoyo, aunque no esté a mi lado siempre estuvo pendiente de mí y siendo el hermano menor siempre tiene algo que enseñarme.

A todas las personas que no alcanzaría espacio para mencionar, todos ellos estuvieron en mi desarrollo académico, siempre los tendré en mi corazón gracias a todos.

# ÍNDICE

|                                                     |             |
|-----------------------------------------------------|-------------|
| <b>ASESOR .....</b>                                 | <b>ii</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>                        | <b>iii</b>  |
| <b>DEDICATORIA.....</b>                             | <b>iv</b>   |
| <b>ÍNDICE .....</b>                                 | <b>v</b>    |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>                      | <b>viii</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>                        | <b>x</b>    |
| <b>RESUMEN.....</b>                                 | <b>xi</b>   |
| <b>ABSTRACT .....</b>                               | <b>xii</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                           | <b>xiii</b> |
| <b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema ..... | 1           |
| 1.1.1. Planteamiento del problema .....             | 1           |
| 1.1.2. Formulación del problema .....               | 3           |
| 1.1.2.1. Problema general.....                      | 3           |
| 1.1.2.2. Problemas específicos .....                | 3           |
| 1.2. Objetivos .....                                | 3           |
| 1.2.1. Objetivo general .....                       | 3           |
| 1.2.2. Objetivos específicos.....                   | 3           |
| 1.3. Justificación e importancia.....               | 4           |
| 1.3.1. Justificación social .....                   | 4           |
| 1.3.2. Justificación ambiental.....                 | 4           |
| 1.3.3. Importancia.....                             | 5           |
| 1.4. Hipótesis y descripción de variables .....     | 5           |
| 1.4.1. Hipótesis de investigación .....             | 5           |
| 1.4.2. Hipótesis nula.....                          | 5           |
| 1.4.3. Hipótesis alterna.....                       | 5           |

|                                         |                                                                          |           |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.4.4.                                  | Hipótesis específicas .....                                              | 5         |
| 1.4.5.                                  | Descripción de las variables .....                                       | 6         |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b> |                                                                          | <b>7</b>  |
| 2.1.                                    | Antecedentes de la investigación.....                                    | 7         |
| 2.1.1.                                  | Antecedentes internacionales.....                                        | 7         |
| 2.1.2.                                  | Antecedentes nacionales.....                                             | 9         |
| 2.1.3.                                  | Antecedentes locales.....                                                | 10        |
| 2.2.                                    | Bases teóricas .....                                                     | 11        |
| 2.2.1.                                  | Fundamentos teóricos de la investigación .....                           | 11        |
| 2.2.1.1.                                | Crianza de trucha de manera intensiva en sistema de jaulas flotantes.... | 11        |
| 2.2.1.2.                                | La crianza de trucha en el departamento de Huancavelica .....            | 13        |
| 2.2.1.3.                                | Calidad de agua.....                                                     | 21        |
| 2.3.                                    | Definición de términos básicos .....                                     | 32        |
| <b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....</b>   |                                                                          | <b>35</b> |
| 3.1.                                    | Método y alcances de la investigación.....                               | 35        |
| 3.1.1.                                  | Método de la investigación .....                                         | 35        |
| 3.1.1.1.                                | Método general o teórico de la investigación.....                        | 35        |
| 3.1.1.2.                                | Método específico de la investigación .....                              | 36        |
| 3.1.2.                                  | Tipo de la investigación .....                                           | 36        |
| 3.1.3.                                  | Nivel de la investigación .....                                          | 36        |
| 3.2.                                    | Diseño de la investigación .....                                         | 36        |
| 3.2.1.                                  | Tipo de diseño de la investigación.....                                  | 37        |
| 3.3.                                    | Población y muestra .....                                                | 37        |
| 3.3.1.                                  | Población.....                                                           | 37        |
| 3.3.2.                                  | Muestra .....                                                            | 38        |
| 3.4.                                    | Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....                     | 40        |
| 3.4.1.                                  | Técnicas de recolección de datos.....                                    | 40        |
| 3.4.2.                                  | Instrumentos de recolección de datos.....                                | 41        |

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos .....                      | 41        |
| <b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y CONCLUSIÓN .....</b>                             | <b>42</b> |
| 4.1. Resultados de la investigación.....                                      | 42        |
| 4.1.1. Parámetros físicos .....                                               | 43        |
| 4.1.2. Parámetros químicos.....                                               | 46        |
| 4.1.3. Parámetro microbiológico .....                                         | 55        |
| 4.1.4. Determinación de la calidad del agua a través del ECA Agua - Perú..... | 56        |
| 4.1.5. Prueba de hipótesis.....                                               | 66        |
| 4.2. Discusión de resultados.....                                             | 77        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>                                                     | <b>79</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                                                   | <b>80</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                        | <b>81</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                                                           | <b>86</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01. Demanda poblacional de Santiago de Chocorvos y el Valle de Ica.....                                                                                  | 11 |
| Figura 02. Mapa satelital de la laguna Choclococha.....                                                                                                         | 14 |
| Figura 03. Vertientes del Perú.....                                                                                                                             | 22 |
| Figura 04. Volumen de agua en el Perú.....                                                                                                                      | 22 |
| Figura 05. Ciclo de fósforo.....                                                                                                                                | 27 |
| Figura 06. Alteraciones del ciclo del fósforo.....                                                                                                              | 27 |
| Figura 07. Esquema general del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas acuáticos y los principales problemas medioambientales derivados de la contaminación..... | 31 |
| Figura 08. Vista satelital de la laguna Choclococha con los puntos de muestreo.....                                                                             | 40 |
| Figura 09. Comportamiento del parámetro color en el agua.....                                                                                                   | 44 |
| Figura 10. Comportamiento del parámetro sólidos suspendidos totales en el agua.....                                                                             | 45 |
| Figura 11. Comportamiento del parámetro temperatura en el agua.....                                                                                             | 46 |
| Figura 12. Comportamiento del parámetro DBO en el agua.....                                                                                                     | 47 |
| Figura 13. Comportamiento del parámetro DQO en el agua.....                                                                                                     | 48 |
| Figura 14. Comportamiento del parámetro fósforo total en el agua.....                                                                                           | 49 |
| Figura 15. Comportamiento del parámetro nitratos en el agua.....                                                                                                | 50 |
| Figura 16. Comportamiento del parámetro nitrógeno amoniacal en el agua.....                                                                                     | 51 |
| Figura 17. Comportamiento del parámetro nitrógeno total en el agua.....                                                                                         | 52 |
| Figura 18. Comportamiento del parámetro oxígeno disuelto en el agua.....                                                                                        | 53 |
| Figura 19. Comportamiento del parámetro cianuro libre en el agua.....                                                                                           | 54 |
| Figura 20. Comportamiento del parámetro pH en el agua.....                                                                                                      | 55 |
| Figura 21. Comportamiento del parámetro coliformes termotolerantes en el agua.....                                                                              | 56 |
| Figura 22. Comparación del resultado del parámetro color con el ECA Agua - Perú.....                                                                            | 58 |
| Figura 23. Comparación del resultado del parámetro sólidos suspendidos totales con el ECA Agua - Perú.....                                                      | 59 |
| Figura 24. Comparación del resultado del parámetro DBO con el ECA Agua - Perú.....                                                                              | 60 |
| Figura 25. Comparación del resultado del parámetro fósforo total con el ECA Agua - Perú.....                                                                    | 61 |
| Figura 26. Comparación del resultado del parámetro nitratos con el ECA Agua - Perú.....                                                                         | 62 |
| Figura 27. Comparación del resultado del parámetro nitrógeno total con el ECA Agua - Perú.....                                                                  | 63 |
| Figura 28. Comparación del resultado del parámetro oxígeno disuelto con el ECA Agua - Perú.....                                                                 | 64 |

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 29. Comparación del resultado del parámetro cianuro libre con el ECA Agua - Perú .....              | 65 |
| Figura 30. Comparación del resultado del parámetro coliformes termotolerantes con el ECA Agua - Perú ..... | 66 |
| Figura 31. Representación de la prueba t para el parámetro fósforo total .....                             | 69 |
| Figura 32. Representación de la prueba t para el parámetro nitrógeno total .....                           | 70 |
| Figura 33. Representación de la prueba t para el parámetro nitratos .....                                  | 71 |
| Figura 34. Representación de la prueba t para el parámetro oxígeno disuelto .....                          | 72 |
| Figura 35. Resultado de la prueba de signos para el parámetro color .....                                  | 73 |
| Figura 36. Resumen de contraste de hipótesis para el parámetro color .....                                 | 74 |
| Figura 37. Resultado de la prueba de signos para el parámetro sólidos suspendidos totales .....            | 74 |
| Figura 38. Resumen de contraste de hipótesis para el parámetro sólidos suspendidos totales .....           | 75 |
| Figura 39. Resultado de la prueba de signos para el parámetro de coliformes termotolerantes .....          | 76 |
| Figura 40. Resumen de contraste de hipótesis para el parámetro de coliformes termotolerantes .....         | 76 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 01. Ubicación geográfica de la laguna Choclococha.....                                                      | 13 |
| Tabla 02. Análisis químico y microbiológico de las aguas superficiales de la cuenca<br>integrada del río Ica..... | 14 |
| Tabla 03. Principales fuentes antropogénicas de nitrógeno inorgánico en los<br>ecosistemas acuáticos.....         | 30 |
| Tabla 04. Descripción de la población.....                                                                        | 38 |
| Tabla 05. Resultados de las muestras analizadas.....                                                              | 42 |
| Tabla 06. ECA Agua - Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos.....                                        | 57 |
| Tabla 07. Comparación del resultado del parámetro pH con el ECA Agua - Perú.....                                  | 65 |
| Tabla 08. Parámetros analizados en el SPSS.....                                                                   | 67 |
| Tabla 09. Resultados de la prueba de normalidad.....                                                              | 68 |
| Tabla 10. Prueba t para el parámetro fósforo total.....                                                           | 69 |
| Tabla 11. Prueba t para el parámetro nitrógeno total.....                                                         | 70 |
| Tabla 12. Prueba t para el parámetro nitratos.....                                                                | 71 |
| Tabla 13. Prueba t para el parámetro oxígeno disuelto.....                                                        | 72 |

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo determinar cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes en la calidad del agua en la laguna Choclococha en el año 2018; la investigación fue no experimental transeccional. Para identificar el efecto de la crianza de trucha de manera intensiva sobre el agua se evaluaron los parámetros físicos, químicos y microbiológico, los cuales fueron: color, sólidos suspendidos totales, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), fósforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, oxígeno disuelto, cianuro libre, pH y coliformes termotolerantes. Se tomaron 3 muestras en un mismo tiempo que a continuación se describe: el primer punto de muestreo se ubicó a la entrada de la laguna, donde el efluente presenta un mayor caudal, el segundo punto de muestreo se ubicó en la laguna, lo más cercano a las jaulas flotantes, y el tercer punto de muestreo fue ubicado a la salida de la laguna. En el parámetro físico color se obtuvo como resultado una concentración de 9.47 UC en la entrada de la laguna, resultado opuesto a la salida de la laguna donde se llegó a obtener una concentración de 1 UC; para el parámetro sólidos suspendidos totales a la entrada de la laguna se obtuvo una concentración de 5.42 mg/L, dicho resultado considerado como el de mayor que la concentración dado que a la salida de la laguna se obtuvo una concentración de 5 mg/L; respecto al parámetro químico fósforo total, se tuvo una concentración de 0.146 mg/L en la salida de la laguna con un incremento respecto a la entrada, donde se llegó a obtener una concentración de 0.135 mg/L. Se utilizó la prueba estadística de normalidad, con un intervalo de confianza al 95 %; la prueba estadística arrojó que los parámetros analizados tienen el comportamiento de distribución normal y no normal, tal es el caso de los parámetros coliformes termotolerantes, color, nitrógeno amoniacal y sólidos suspendidos, a ello se demuestra que la crianza de trucha de manera intensiva no tiene un efecto en los parámetros físicos químicos y microbiológico; se recomienda investigar en mayor tiempo a los parámetros fósforo total y nitrógeno total ya que estos parámetros tienen una concentración mayor después del impacto.

**Palabras clave:** laguna Choclococha, crianza de trucha de manera intensiva, calidad de agua, parámetros.

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of intensive trout rearing in floating cages on the water quality in the Choclococha lagoon in 2018; the research was non-experimental transectional. To identify the effect of intensive trout farming on water, physical, chemical and microbiological parameters were evaluated, which were: color, total suspended solids, temperature, Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), total phosphorus, nitrates, ammoniacal nitrogen, total nitrogen, dissolved oxygen, free cyanide, pH and thermotolerant coliforms. Three samples were taken at the same time as described below: the first sampling point was located at the entrance of the lagoon, where the effluent has a higher flow rate, the second sampling point was located in the lagoon, the closest to the floating cages, and the third sampling point was located at the outlet of the lagoon. In the color physical parameter, a concentration of 9.47 UC was obtained as a result at the entrance of the lagoon, opposite result to the exit of the lagoon where a concentration of 1 UC was obtained; For the total suspended solids parameter at the entrance of the lagoon, a concentration of 5.42 mg/L was obtained, said result considered as higher than the concentration since at the exit of the lagoon a concentration of 5 mg/L was obtained. Regarding the chemical parameter total phosphorus, there was a concentration of 0.146 mg/L at the outlet of the lagoon with an increase compared to the entrance, where a concentration of 0.135 mg/L was obtained. The statistical test of normality was used, with a confidence interval of 95 %; the statistical test showed that the analyzed parameters have normal and non-normal distribution behavior, such is the case of thermotolerant coliform parameters, color, ammoniacal nitrogen and suspended solids, it is shown that intensive trout farming does not have an effect on physical chemical and microbiological parameters; It is recommended to investigate the total phosphorus and total nitrogen parameters for a longer time, since these parameters have a higher concentration after the impact.

**Keywords:** Choclococha lagoon, intensive trout farming, water quality, parameters.

## INTRODUCCIÓN

La crianza de trucha en el Perú se incrementó en estos últimos años; la acuicultura se convirtió en una fuente importante de alimentos a nivel mundial, para el año 2019 el Ministerio de Producción indicó que el sector acuícola crecerá 6.8 %, es decir, una producción superior a las 110 000 toneladas.

En el año 2018 la producción fue de 103 000 toneladas de las cuales la trucha representa el 53.1 % de la producción total acuícola, seguido por el langostino con un 28.7 % y en tercer lugar la concha de abanico con un 12 %. Es preciso mencionar que Puno tiene el 82.4 % de producción de trucha arcoíris.

La laguna Choclococha está ubicada en el distrito de Santa Inés, la cual comprende las provincias de Castrovirreyna y Huaytará en el departamento de Huancavelica, naciente de la cuenca del río Pampas y fuente de agua para la ciudad de Ica que se transporta a través de un canal por la Cordillera de los Andes.

El ecosistema comprende de factores bióticos, abióticos y antrópicos relacionados entre sí; si un ecosistema es afectado, éste automáticamente afecta a los demás, es por ello por lo que se realiza esta investigación como un estudio para ver el efecto de la actividad económica principal de la zona.

Como objetivo principal se plantea determinar cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en la calidad ambiental del agua en la laguna Choclococha, 2018.

La investigación se divide en cuatro capítulos, que a continuación son explicados:

En el Capítulo I se realiza el Planteamiento de la Investigación, que comprende la fundamentación y formulación del problema de investigación, con un problema general y específico, los objetivos, la justificación e importancia de la investigación, el planteamiento de hipótesis. Es una pieza importante por tener en su contenido el sustento de la investigación.

En el Capítulo II se presenta el Marco Teórico que se divide en: antecedentes, donde se cotejan investigaciones realizadas en el ámbito local, nacional e internacional para tener una base sólida y sirva como punto de discusión con los resultados obtenidos, bases teóricas de la investigación y la sección de definición de términos básicos.

En el Capítulo III se presenta la Metodología de investigación, donde se analiza la obtención de datos. El método general es el hipotético deductivo analítico, mientras que el método de obtención de datos fue la observación en campo y se realizó una toma de muestras siendo estas algunas analizadas *in situ*; todo el resultado obtenido se llevó a su interpretación y desarrollo a través de SPSS y Microsoft Excel.

En el Capítulo IV se describen los resultados en relación con los parámetros físicos, químicos y microbiológico, además de analizar éstos para así evaluar el impacto de la crianza de trucha de manera intensiva y comparar con el Estándar de Calidad Ambiental para agua vigente a nivel nacional.

El autor.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad el crecimiento poblacional genera una demanda de alimentos que lleva consigo una explotación de los recursos hídricos en busca de la extracción de proteínas de animal; una de las actividades que surge por la necesidad es la acuicultura, una actividad en proceso de desarrollo y como una alternativa ante el agotamiento de los recursos pesqueros, sin embargo, la acuicultura trae muchos problemas al ambiente, ya que afecta en varias formas la calidad del agua de los ríos, mares, lagos, lagunas y ecosistemas acuáticos (1).

La crianza de truchas en el Perú creció exponencialmente en los 10 últimos años; la crianza se realiza en tres tipos: de manera extensiva, semi intensiva e intensiva, esta última va en aumento en nuestro país y diversas regiones aplican tecnologías para lograr una mayor producción. La piscicultura está en crecimiento y desarrollo, sobretodo en Puno, una de las regiones con mayor crecimiento en la crianza de trucha, donde se produce la mayor cantidad de truchas para exportación y abastece a los mercados de la capital y los principales supermercados. Asimismo, un informe de PRODUCE muestra que Huancavelica ocupa el segundo lugar en exportaciones de ovas embrionarias con 17 545 millares (7.8 %) (2).



Sin embargo, el problema comienza con la alimentación; el concentrado de nutrientes que se utiliza en la alimentación viene de un proceso sintético, generando la acumulación de fosfatos y nitratos en las jaulas; estos residuos no son consumidos por los peces y se sedimentan o diluyen en el agua alterando sus componentes. Diversas investigaciones reportan el impacto o efecto que generan la crianza de truchas en diversos países, siendo la eutrofización uno de los principales problemas a causa de las diversas actividades del ser humano, donde se genera el crecimiento acelerado de algas, muerte de peces, modificando los microecosistemas, alterando los componentes acuáticos, así como la flora y fauna.

La laguna Choclococha está ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Castrovirreyna, a 4 600 msnm, la cual abastece de agua al río Ica. En la laguna existen personas naturales y jurídicas que se dedican a la crianza de trucha a través de jaulas flotantes. La cantidad de jaulas de la empresa PATSAC (Peruvian Andean Trout S.A.C.) y su producción va en aumento de 400 000 t/año a 500 000 t/año, valores al año 2014 (3). La producción anual va en aumento, estimándose entre un 20 a 30 % según los pobladores de la zona, observando también una planta de procesamiento de trucha, es decir, se realiza piscicultura de manera intensiva sin considerar el uso del agua para el riego en la cuenca del río Ica y en algunos casos para el consumo humano. Además, es preciso mencionar la escasez de agua de la ciudad de Ica, donde se proponen proyectos para un manejo adecuado del recurso hídrico en las cabeceras de cuenca. Por estas razones, esta investigación se orientó a determinar el efecto de la crianza de truchas en los principales parámetros del agua en la laguna Choclococha.

Con lo expuesto anteriormente se formuló la pregunta principal que guía esta investigación, la cual es: ¿qué efecto tiene la crianza de trucha de manera intensiva en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos?; se pretende comparar los datos recolectados en el estudio con los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA - Agua) de nuestro país y así proponer qué medidas correctivas se tienen que utilizar si se evidencia un cambio en algún parámetro en comparación al ECA - Agua.

### 1.1.2. Formulación del problema

#### 1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en la calidad del agua de la laguna Choclococha?

#### 1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros físicos del agua de la laguna Choclococha?
- ¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros químicos del agua de la laguna Choclococha?
- ¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en el parámetro microbiológico del agua de la laguna Choclococha?
- ¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental del agua - D.S. N° 004-2017?

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en la calidad del agua de la laguna Choclococha.

#### 1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros físicos del agua de la laguna Choclococha.

- Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros químicos del agua de la laguna Choclococha.
- Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en el parámetro microbiológico del agua de la laguna Choclococha.
- Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental del agua - D.S. N° 004-2017.

### 1.3. Justificación e importancia

#### 1.3.1. Justificación social

La laguna Choclococha es naciente del valle del río Pampas y fuente de agua para la ciudad de Ica y toda la población a lo largo del valle del río Ica. La presente investigación tiene como finalidad determinar los efectos en los parámetros físicos, químicos y microbiológico del agua de la laguna, para generar conocimientos de los posibles tratamientos y métodos que se pueden utilizar de acuerdo con el uso a lo largo del valle. Además, este proyecto aporta como un antecedente para investigaciones futuras, en la localidad y en muchos lugares se vienen desarrollando proyectos de piscigranjas a través de jaulas flotantes.

#### 1.3.2. Justificación ambiental

La laguna Choclococha se ubica a una altitud de 4 600 msnm, lugar propicio para el paso de muchas aves migratorias; en la zona de estudio se encuentra una gran variedad de flora y fauna, la crianza de truchas es una de las principales actividades de la zona, empero esta actividad tiene efectos en el ecosistema acuático; la investigación alcanzó a determinar la relación de la crianza de truchas con los parámetros físicos, químicos y microbiológico del agua, lo cual aporta en la proposición de futuros planes de manejo y conservación de flora y fauna.

#### 1.3.3. Importancia

La crianza de trucha de manera intensiva a través de jaulas flotantes es una actividad muy frecuente en las partes altoandinas del Perú. Las lagunas son fuentes naturales de agua de gran importancia donde se realiza esta actividad; la presente investigación tiene como importancia conocer la variación de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológico, y que ello sirva como base de estudio en la localidad de Choclococha y zonas aledañas.

#### 1.4. Hipótesis y descripción de variables

##### 1.4.1. Hipótesis de investigación

La crianza intensiva de trucha influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha.

##### 1.4.2. Hipótesis nula

$H_0$ : La crianza intensiva de trucha no influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha.

##### 1.4.3. Hipótesis alterna

$H_1$ : La crianza intensiva de trucha si influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha en función a los análisis de los resultados obtenidos.

##### 1.4.4. Hipótesis específicas

- El efecto de la crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes influye significativamente en los parámetros físicos del agua de la laguna Choclococha.
- El efecto de la crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes influye significativamente en los parámetros químicos del agua de la laguna Choclococha.
- El efecto de la crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes influye significativamente en el parámetro microbiológico del agua de la laguna Choclococha.
- El efecto de la crianza intensiva de trucha influye significativamente en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental del agua - D.S. N° 004-2017.

#### 1.4.5. Descripción de las variables

- Variable independiente:  
 \*V.I.: Crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes.  
 \*En la laguna Choclococha existe una gran cantidad de jaulas flotantes que están ubicadas al largo de la laguna; el 80 % de las jaulas flotantes pertenecen a la empresa PATSAC y el 20 % a los pequeños productores de la zona.
- Variable dependiente:  
 \*V.D.: Calidad de agua.  
 \*Comprende a los parámetros físicos, químicos y microbiológico tomados en la investigación para su respectiva evaluación.

La operacionalización de las variables se detalla y observa en el anexo 01.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

El artículo científico titulado “La acuicultura y sus efectos en el medio ambiente”, tuvo por objetivo describir el enorme potencial que tiene para el desarrollo económico y social las prácticas de acuicultura, además de los principales efectos e impactos que ocurren en el medio ambiente con motivo a la implementación de esta actividad, así como la forma en que los sistemas de gestión ambiental abordan esta problemática proponiendo alternativas para su minimización, a través de la toma de decisiones y acciones orientadas al logro del desarrollo sostenible para estos sistemas de producción. Ante la disyuntiva de conocer cuáles son los efectos ambientales que se generan y de qué manera los sistemas de gestión ambiental plantean esta problemática con el afán de resolverlo, en el presente documento se retoman las aportaciones hechas por diversos investigadores sobre el tema, con el objeto de presentar una idea general de las formas de actuación, llegando a la conclusión que hoy día la acuicultura se le considera como una fuente muy importante en la producción de alimentos comparada solo con la agricultura y ganadería, sin embargo, la construcción de grandes parques acuícolas que demandan, para su funcionamiento en la fase de producción, el uso de

enormes cantidades de agua, pueden llegar a tener implicaciones reales e impactar los cuerpos receptores (ríos, lagos, presas, lagunas costeras y marismas) y afectar a los organismos que ahí viven por las elevadas cargas de contaminantes vertidas ricas en fósforo, potasio y nitrógeno y en consecuencia entrar en un proceso de eutrofización (4).

La tesis titulada “Impacto ambiental de la acuicultura intensiva en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, Nariño”, tuvo por objetivo es determinar el nivel de impacto ambiental ocasionado por una estación acuícola de producción intensiva de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistemas de jaulas flotantes en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, municipio de Pasto, departamento de Nariño. El estudio de investigación se llevó a cabo en la estación acuícola productora de trucha arcoíris en sistemas de jaulas flotantes en una de las empresas de mayor producción del sector, ubicada al oriente de la laguna La Cocha en la vereda Mojondino; la investigación se desarrolló en tres áreas del lago Guamuez, entre los meses de agosto de 2016 a febrero de 2017; estas áreas fueron seleccionadas dependiendo de la ubicación de las jaulas, para un total de nueve estaciones de muestreo. Para el alcance de resultados se realizó la comparación de dos instalaciones de jaulas de cultivo con un área donde no se presenta intervención acuícola o de otra actividad antrópica, obteniendo datos importantes que contribuyen al análisis del estado ambiental en uno de los sectores de mayor producción acuícola en el departamento de Nariño (5).

La tesis titulada “Determinación del nivel de contaminación del agua producido por la actividad piscícola al estero Flor del Valle de la parroquia Puerto Libre, cantón Gonzalo Pizarro provincia de Sucumbíos”, tuvo por objetivo determinar los métodos técnicos para mitigar el nivel de contaminación de los recursos hídricos por la explotación piscícola en la parroquia de Puerto Libre, del cantón Gonzalo Pizarro provincia de Sucumbíos. El trabajo de investigación fue no experimental ya que se limitó a la observación de situaciones ya existentes, y es cualitativo ya que permitió describir las características de las especies de estudio; se tomaron 9 muestres de capa punto, siendo en total 18 muestras. Se obtuvo como resultado que la temperatura del estero Flor del Valle y de las piscinas de

la actividad piscícola de la parroquia Puerto Libre tienen un promedio de 21°C. En el laboratorio LABSU la temperatura se encuentra en un promedio de 26.5°C, siendo considerada como temperatura ambiente para la realización de los exámenes microbiológicos y químicos del agua (6).

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales

En la tesis titulada “Caracterización de parámetros físicos químicos en piscigranjas del Río Obrajillo, microcuenca de Canta - 2016” se planteó como objetivo determinar los parámetros físicos y químicos para conocer la calidad de agua basada en: turbidez, temperatura, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, oxígeno disuelto y fosfatos totales. Para determinar los parámetros físicos y químicos diferenciales se analizaron muestras de puntos de entrada y salida de las instalaciones de crianza, donde se muestran los resultados del contenido de fosfatos totales que fue de 1.39 en el punto de entrada y 2.70 en la salida por lo que se concluye que existe una sobre carga de este elemento en el curso del río que se incrementa en forma significativa en los puntos de salida de agua de las instalaciones de la crianza de truchas (7).

El artículo científico titulado “Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno”, tuvo por objetivo la determinación de parámetros fisicoquímicos y un modelo matemático simplificado para el fósforo. En la investigación se utilizó el diseño experimental "BACI" (Before-After-Control-Impact) para evaluar el impacto en la calidad del agua. Se tuvo como resultado que la concentración de fósforo en la laguna Arapa se incrementó con la actividad de crianza de truchas, alcanzando valores de 32.79 mg/m<sup>3</sup> de PO<sub>4</sub>-P que lo clasifican como lago eutrófico según la clasificación de Vollenweider (8).

El artículo científico titulado “Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú”, tuvo por objetivo describir el deterioro observado desde 1995 al 2007 en siete lagunas andinas donde se realiza cultivo intensivo de trucha. El método empleado para las



mediciones del fósforo total fue el del ácido ascórbico luego de una digestión con persulfato de potasio (APHA 1993). La concentración del oxígeno disuelto se determinó con el método de Winkler modificado por Carrit & Carpenter (1966). La transparencia se determinó empleando el disco de Secchi. La materia orgánica y los carbonatos se determinaron mediante el método de Dean (1974). El tamaño de partícula del sedimento ( $\mu\text{m}$ ) se analizó de acuerdo a lo propuesto por Krumbein & Pettijohn (1938) calculadas con las ecuaciones obtenidas a partir de la velocidad de asentamiento de Stokes. Los resultados obtenidos fueron que las concentraciones del fósforo total se incrementaron desde 1996 al 2007; en el mismo periodo, el oxígeno disuelto y la transparencia disminuyeron en todas las lagunas. Los rangos de variación fueron los siguientes: fósforo total de 1 - 152  $\mu\text{g/L}$ , oxígeno disuelto en el fondo de 0.7 - 8  $\text{mg/L}$  y la transparencia de 0.4 - 7.4 m (9).

#### 2.1.3. Antecedentes locales

El informe titulado “Balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica”, tuvo por objetivo realizar el balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica, considerando la simulación hidrológica del planeamiento hidráulico del sistema Choclococha, sistema de distribución de agua de riego del valle de Ica y de las demandas poblacionales y agrícolas, teniendo en cuenta diversos escenarios de interés de la DGAS y ATDR Ica. La metodología utilizada dependió de los estudios de balance hidrológico de cuencas reguladas, los cuales necesitan ser desarrollados de manera que puedan mostrar resultados según: las particularidades de la operación del planeamiento hidráulico, la variabilidad de la oferta hídrica de las fuentes de agua y los niveles de cobertura de la demanda poblacional, industrial, agrícola y energética, es por ello que planteó emplear un programa de simulación hidrológica interactivo con el usuario y que realiza balances hídricos según la necesidad. Se obtuvo como resultado que el requerimiento de agua poblacional ingresa en el cálculo del balance hídrico de manera creciente según la tasa de crecimiento de las poblaciones que

son abastecidas por el sistema. En la siguiente figura se muestra la proyección de demanda hídrica para los próximos 25 años.

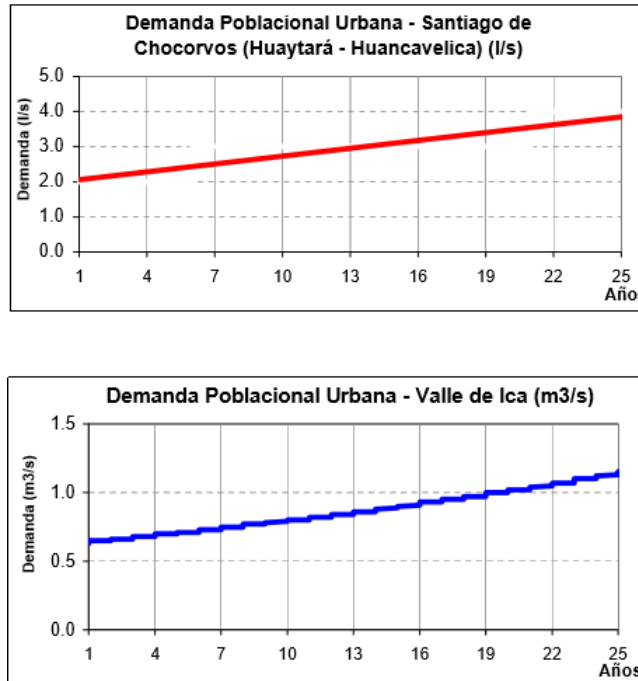


Figura 01. Demanda poblacional de Santiago de Chocorvos y el Valle de Ica.

Fuente: Dirección General de Aguas y Suelos - ATDR Ica (10).

Se llegó a la conclusión que el sistema Choclococha permite la factibilidad de irrigar a corto plazo 27 070.4 ha, a mediano plazo 30 078.2 ha y a largo plazo 34 950 ha (10).

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

#### 2.2.1.1. Crianza de trucha de manera intensiva en sistema de jaulas flotantes

##### A. Crianza de truchas:

La crianza de trucha es una de las actividades más importantes en la zona siendo la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), una de las especies con mayor explotación por su adaptación en lugares fríos, una especie resistente y su rápido crecimiento frente a otras especies. Es una especie que pertenece a la familia Salmonidae, se encuentra de manera natural en los ríos que desembocan en el pacífico desde el sur de Alaska hasta el norte de México siendo originaria de América del Norte, por su facilidad y rápida domesticación se trasladó a varias partes del mundo e introducida con fines deportivos y de la crianza acuícola (11).

B. Estado actual de la crianza de trucha en el Perú:

En nuestro país, en todo el recorrido de la Cordillera de los Andes se encuentran distribuidos los recursos hídricos de forma lénticos y lóticos con rasgos biológicos muy específicos; se estima que el Perú cuenta con 12 201 ambientes lénticos (lagos, lagunas y pantanos) y además se cuenta con aproximadamente de 1 367 recursos hídricos lóticos (ríos). Debido a las condiciones físico, químicas y biológicas de las lagunas y ríos de nuestro país, la primera intrusión de trucha se realizó en La Oroya, donde se observó que se adaptaron bien y fue el inicio de una crianza de trucha de manera extensiva. La actividad de la crianza de trucha en el Perú viene creciendo rápidamente, principalmente de manera intensiva, donde se observan dos sistemas: los ambientes convencionales (estanques de concreto, pozas de tierra, entre otros) y los ambientes no convencionales (jaulas flotantes), siendo este último el que logró mayor desarrollo (12).

#### 2.2.1.2. La crianza de trucha en el departamento de Huancavelica

En Huancavelica la crianza de trucha ha venido creciendo de manera extensiva; a partir del 2009 en la laguna Choclococha se elaboró el proyecto de cultivo y producción de trucha a través de jaulas flotantes. La empresa PATSAC instaló la planta más grande y moderna del país que cuenta con procesos automatizados con estándares internacionales. Desde que se instaló la empresa el aumento a 1 500 t/año de producción de trucha. En la actualidad Huancavelica ocupa el segundo lugar de producción anual a nivel nacional.

- Laguna Choclococha:
  - Información geográfica: la laguna Choclococha está ubicada en los distritos de Santa Ana y Pilpichaca de las provincias de Castrovirreyna y Huaytará del departamento de Huancavelica, a 60 km de la ciudad de Huancavelica.

Tabla 01. *Ubicación geográfica de la laguna Choclococha.*

| Altitud   | Coordenadas geográficas | Zona |
|-----------|-------------------------|------|
| 4605 msnm | Latitud: 131141.8092 S  | 18L  |
|           | Longitud: 750435.7055 W |      |

Fuente: elaboración propia.



Figura 02. Mapa satelital de la laguna Choclococha.

Fuente: cotejo propio de Google Maps.

- Hidrografía: pertenece a la cuenca alta del río Pampas y parte del recurso hídrico regulado que permite incrementar la disponibilidad del recurso hídrico del río Ica en estiaje. Tiene una superficie de 16 190 km<sup>2</sup>, con una capacidad de 160 millones de m<sup>3</sup>. La laguna es de origen pluvial y del deshielo de los nevados aledaños.
- Datos de muestreo: en la tabla 02 se presentan los datos de muestreo del Proyecto Especial Tambo - Ccaracocha con fecha de agosto del 2001.

Tabla 02. Análisis químico y microbiológico de las aguas superficiales de la cuenca integrada del río Ica.

| Características | Límites Permisibles |       | Puntos de muestreo |          |
|-----------------|---------------------|-------|--------------------|----------|
|                 | Agua                |       | Laguna Choclococha |          |
|                 | Potable             | Riego | 08.11.02           | 14.09.02 |
| Alcalinidad     |                     |       | 23                 | 26       |

|                                 |       |       |            |       |       |
|---------------------------------|-------|-------|------------|-------|-------|
| <b>Dureza Total</b>             |       |       | > 50       | 68.3  | 88    |
| <b>Nitratos</b>                 |       |       | 0.08 - 0.7 | 0.12  | 0.11  |
| <b>Sulfatos</b>                 |       |       | > 25       | 46.3  | 40.5  |
| <b>Oxígeno Disuelto</b>         |       |       | > 2 - 10   | 6.7   | 7.1   |
| <b>Cianuro Total</b>            | 0.07  | 0.004 |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Arsénico</b>                 | 0.01  | 0.1   |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Boro</b>                     | 0.3   | 4     |            | 0.16  | 0.17  |
| <b>Cadmio</b>                   | 0.003 | 0.006 |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Cobre</b>                    |       | 0.2   |            | 0.023 | 0.021 |
| <b>Cromo</b>                    | 0.05  | 0.1   |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Fierro</b>                   | 0.3   | 5     |            | 0.069 | 0.072 |
| <b>Manganeso</b>                | 0.1   | 0.02  |            | 0.173 | 0.106 |
| <b>Níquel</b>                   | 0.02  | 0.2   |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Plomo</b>                    | 0.01  | 5     |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Magnesio</b>                 |       |       |            | 1.77  | 4.044 |
| <b>Mercurio</b>                 | 0.001 | 0.01  |            | N.D.  | N.D.  |
| <b>Numeración de Coliformes</b> | 0     | 1000  |            | < 2   | < 2   |

Fuente: Dirección General de Aguas y Suelos - ATDR Ica (10).

#### A. Sistema de cultivo en jaulas flotantes:

Es una técnica empleada en lugares con mayor abundancia de agua que se ubican en zonas de mayor altitud, como los lagos, lagunas, represas y embalses que se prestan con las condiciones adecuadas para el cultivo de la trucha. Esta técnica tiene múltiples ventajas, entre ellas permite el desarrollo de cultivos de manera intensiva (mayor cantidad de peces por metro cuadrado), la facilidad de manejo (limpieza, alimentación, selección, etc.), acelerado crecimiento de los peces. El diseño de las jaulas comprende formas cuadradas y circulares. Este tipo de

cultivo está formado por una plataforma de flotación, estructuras para el soporte de las redes, un sistema de anclaje y un pasillo central para facilitar la movilidad del trabajador en la plataforma. En la instalación de las jaulas, la primera acción es buscar un lugar adecuado, con las siguientes características.

- Presencia de corrientes en el agua.
- Presencia de olas débiles que favorezcan la oxigenación del agua.
- Profundidad del agua 3.5 a 4 metros.
- Ausencia de plantas acuáticas y algas en el sitio a instalar las jaulas.
- Cuerpo de agua no contaminado.

Para su fácil manipulación se recomienda jaulas de un tamaño de 4 x 4 x 3 metros de profundidad. El tamaño de cada celda de la malla que se utiliza en la jaula va en relación con el tamaño o fase de cultivo, esto busca facilitar la salida de los residuos producidos como las heces y restos de alimentos, que beneficia para mantener una buena calidad del agua dentro de la jaula (13).

## B. Tipo de cultivo:

I. Según el sistema de producción: según la densidad de carga y el manejo los sistemas de producción se clasifican generalmente como extensivos, semi-intensivos e intensivos.

- En los extensivos: este tipo de cultivo, el criado se da libremente en lagunas, lagos u otras masas de agua semejantes; depende solamente de los alimentos naturales presentes en el medio acuático, como el plancton, organismos acuáticos y en suspensión sin intervención de ningún

alimento externo o suplementario. Al finalizar su crecimiento son capturados por distintos métodos. Se caracteriza este tipo de sistema por tener una baja productividad de 35 a 100 kg/ha/año; dificulta la estandarización del producto y depende de los recursos naturales que se encuentran en el medio acuático, por lo general lo realizan principalmente asociaciones y empresas comunitarias (14).

- Semi-intensiva: en este tipo de cultivo se utilizan las jaulas flotantes baratas y de fácil transporte, adicional a esto ya se utiliza alimentos balanceados, se maneja una densidad de 5 a 15 kg/m<sup>3</sup> dependiendo de la calidad de agua que ayuda a completar la alimentación natural (14).
- Intensiva: esta técnica utiliza la tecnología adaptada a las condiciones locales; se utilizan jaulas flotantes donde la densidad es de 15 a 20 kg/m<sup>3</sup> y facilita el control de la calidad de agua y del ambiente de cultivo donde los principales parámetros a cultivar son: oxígeno disuelto, pH, temperatura, transparencia y nitrógeno amoniacal (12).

## II. Según el nivel de producción:

- Acuicultura de Recursos Limitados (AREL): se define porque las actividades se realizan a nivel extensivo; los que manejan este nivel de producción son personas naturales; la producción abastece para el consumo local generando empleo local; la producción no pasa de lo 3.5 toneladas anuales (14).
- Acuicultura de Micro y Pequeña Empresa (AMYPE): en esta categoría el cultivo de truchas



se desarrolla a nivel extensivo, semi-intensivo y se realiza con fines comerciales por personas naturales o jurídicas, la producción anual no supera las 150 toneladas. También se considera centros de cultivos de alevinos independiente de la producción (14).

- Acuicultura de Mediana y Gran Empresa (AMYGE): se realiza a nivel semi-intensivo e intensivo esta actividad es con fines comerciales ejecutadas por personas naturales o jurídicas donde la producción anual supera las 150 toneladas anuales (14).

C. Características del agua para la crianza de trucha arcoíris:

- I. Temperatura: la trucha se caracteriza por crecer en ríos lagos y lagunas; soporta temperaturas desde los 0 a 25°C, sin embargo, la temperatura óptima de crecimiento es de 10 a 15°C y en caso de las ovas es de 8 a 12°C, llevando un registro de las temperaturas a lo largo del día siendo el promedio el resultado tomado (15).
- II. Oxígeno disuelto: es indispensable para el desarrollo de la especie, para un crecimiento óptimo entre 4.5 a 5.9 mg/L, sin embargo, la normativa peruana sugiere valores mayores a 5.5 mg/L (14).
- III. pH: está referido a la característica de acidez y basicidad; el agua se encuentra disociada en iones H<sup>-</sup> (hidrógeno) y O<sup>+</sup> (hidróxido) que determina la cantidad de hidrogeno en el agua; la trucha se desarrolla en un pH de 7 a 9 (15).

- IV. Amonio: el valor recomendado para este parámetro es menor a 0.02 mg/L  $\text{NH}_3$  (14).
  - V. Dureza: representa la presencia de ciertos elementos químicos, como el calcio y magnesio que contribuyen a la calidad del agua. El rango de dureza apropiada para el agua es de 60 a 300 ppm (12).
  - VI. Dióxido de carbono: conocido como  $\text{CO}_2$ , en la crianza de truchas se recomienda que no sobrepase los 6 ppm, por lo que si sobrepasa disminuiría la cantidad de oxígeno disuelto en el agua (15).
  - VII. Alcalinidad: se refiere a la presencia de carbohidratos, bicarbonatos e hidróxidos, los cuales causan alcalinidad. El rango adecuado para el crecimiento de la trucha es de 80 a 180 ppm (12).
- D. Etapas de cultivo de truchas en jaulas flotantes:
- I. Alevinaje: comprende desde los 5 hasta los 10 cm con un peso promedio de 12 g, dura aproximadamente 3 meses y son alimentados con balanceados que contiene 43 % de nutrientes (12).
  - II. Juvenil: en esta etapa son trasladados a los centros de cultivos (jaulas flotantes), comprende de los 10 a 17 cm, con un peso promedio de 68 g y tiene una duración de 2 meses (12).
  - III. Engorde: fase final dura 3 meses con un tamaño promedio de 17 a 26 cm, alcanza un peso de 250 g, alimentado con balanceado de 35 % de nutrientes (12).

#### E. Alimentación:

La alimentación en la crianza de trucha de manera intensiva es un factor principal para obtener una buena producción, el adecuado manejo y la calidad de alimento influyen en el crecimiento que satisfacen los requisitos nutricionales de los peces. La composición, la cantidad y el tipo de alimento se debe tener en cuenta conociendo el tamaño y las condiciones de los peces para el adecuado uso del alimento (16).

Estos productos contienen proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales; Los alimentos balanceados son los más utilizados en la industria de la piscicultura, sin embargo, las prácticas adoptadas que determinan la cantidad de comida que se tiene que dar a los peces, tendrá un impacto en la productividad, en lo económico y el medio ambiente (8).

El fósforo es considerado como un limitante en la alimentación de las truchas; puede ser absorbido directamente del medio acuático, pero las concentraciones son mínimas; la asimilación de fósforo a partir del alimento es 200 veces mayor que la del absorbido del agua. Los requerimientos mínimos para un normal crecimiento en trucha arcoíris es de 7 - 8 gramos de fósforo/kg de alimento (8).

#### F. Los derechos:

Este tipo de actividades recibe gran cantidad de desechos de no tener un cuidado y tratamiento adecuado puede ocasionar un cambio en el ambiente ya sea por los restos de comida, productos químicos, diversos tipos de plásticos, estructuras metálicas, microorganismos y las heces de los peces (6).

#### G. Usos de químicos en la piscicultura:

El uso de químicos para combatir hongos, parásitos y bacterias en la crianza de trucha, producen residuos que permanecen en el ambiente y esto permanece sin degradarse en el ambiente acuático causando efectos. En algunos países es más estricto el control de estos químicos, por ejemplo, Norte América en comparación con Japón. Los criaderos utilizan una gran variedad de compuestos lo cual varía en la cantidad como la forma que lo utilizan de acuerdo con cada criadero, esto dificulta en la entrega de resultados generales. Cabe resaltar que Noruega es el único país que lleva un registro de uso de antibióticos (17).

#### 2.2.1.3. Calidad de agua

##### A. El agua en el Perú:

El Perú ocupa el 8° lugar del ranking de países con mayor cantidad de agua, con 1 768 179 hectómetros cúbicos de agua, representando un 1.89 % del agua dulce mundial y un 2.5 % del agua dulce consumible por el ser humano, siendo privilegiados porque una de cada tres personas no tiene el acceso necesario para satisfacer sus necesidades básicas (18).



Figura 03. Vertientes del Perú.

Fuente: INEI (19).

El Perú cuenta con tres vertientes en su territorio, con una disponibilidad de casi 2 billones de m<sup>3</sup> de agua cada año, sin embargo, debido a la geografía, la vertiente del Pacífico -donde reside el 66 % de la población- sólo cuenta con una disponibilidad de 2.2 % de acceso al agua (18).



Figura 04. Volumen de agua en el Perú.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua (18).

El Perú cuenta con 1 007 ríos, 12 201 lagunas y 3 044 glaciares, siendo una de ellas la laguna Choclococha ubicada en el Centro Poblado de Santa Inés, provincia de Huaytará, en el departamento de Huancavelica.

B. Parámetros de importancia para determinar el impacto ambiental de la acuicultura:

Son características que ayudan a establecer el grado de contaminación en el cuerpo de agua debido a una actividad antropogénica o natural. Para poder definir la contaminación del agua es necesario conocer los parámetros fisicoquímicos que lo definen para su uso y cuáles son sus métodos de tratamientos.

a) Parámetros físicos: son característicos del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, del gusto y olfato. El agua pura no tiene color definido, sin embargo, los sólidos suspendidos y disueltos en el agua determinar su color. Los sólidos suspendidos muestran un color denominado aparente, mientras que los sólidos disueltos muestran el color verdadero (20). Las maderas, las hojas los ácidos húmicos, los óxidos de hierro, entre otros, son los elementos que proporcionan diferentes colores al agua.

- Temperatura: este parámetro es muy importante en el ecosistema acuático; la biota depende directamente de la temperatura del agua, asimismo, tiene efectos directos e indirectos sobre gran cantidad de reacciones químicas y bioquímicas. El cambio de temperatura se relaciona con la cantidad de nutrientes, así como los gases solubles, como el oxígeno, si la

temperatura aumenta se acelera las reacciones de la disolución de sólidos, pero decrece la solubilidad de los gases (20).

- Sólidos suspendidos totales: comprende a todas las partículas orgánicas e inorgánicas, así como también líquidos inmiscibles (líquidos que no se puede mezclar con otras sustancias) (20). Dentro de los impactos que causan los sólidos en suspensión:
    - A la vista del ser humano no son estéticos.
    - Ayudan a la absorción de agentes químicos y físicos.
    - Pueden degradarse.
    - Se encuentran agentes biológicamente activos que son tóxicos y pueden causar enfermedades. Por ejemplo, el cólera.
  - Sabor y olor: son dos parámetros relacionados entre sí; también llamado propiedades organolépticas por lo que no existen instrumentos de medición ni unidades de medida. Muy evidentes en el agua utilizada para el consumo humano, a partir de las 300 ppm de  $\text{Cl}^-$  el sabor es salado, a partir de los 450 ppm de  $\text{Cl}^-$  un sabor amargo; pequeños restos de fenoles y compuestos orgánicos le dan un sabor y color desagradables (21).
- b) Parámetros químicos: son características que están relacionadas con la capacidad de solvencia del agua, lo cual facilita la determinación al igual que como los parámetros físicos; para la determinación de estos

parámetros es necesario la utilización de laboratorios que realicen pruebas específicas (20).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): es el parámetro de contaminación orgánica que mide la cantidad de oxígeno que es necesario para degradar los elementos orgánicos es el resultado al degradar estos tipos de materiales; materiales orgánicos carbónicos (microorganismos aerobios), nitrógeno oxidable (nitrosomas y nictrobacter) y compuestos químicos reductores (se oxidan con el oxígeno disuelto) (22).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): este parámetro se define como la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica expresada en mg/L, para su análisis se emplea un oxidante (dicromato de potasio) que se determina en tres horas. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO<sub>5</sub> porque muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente, y su contenido es de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros) (22).
- Fósforo total: se encuentra en la naturaleza en pequeñas cantidades; los compuestos de fósforo que se encuentran en los cuerpos de agua superficiales provienen de fertilizantes, desechos de las actividades acuícolas, la ganadería, detergentes, entre otros. El fósforo total comprende la suma de fósforo disponible en



forma orgánica, inorgánica y partículas disueltas en el agua. La carga de fosfato total se compone de ortofosfato + polifosfato + compuestos de fósforo orgánico, siendo normalmente la proporción de ortofosfato la más elevada. Los compuestos de fósforo (ortofosfato) son importantes para las plantas, ayudando al crecimiento de algas en las aguas superficiales, en un exceso de este nutriente puede llegar a generar la eutrofización de las aguas. Los fosfatos están relacionados directamente con la eutrofización en los ríos y especialmente en lagos y embalses. Las concentraciones críticas para una eutrofización incipiente se encuentran entre 0.1 - 0.2 mg/L  $\text{PO}_4\text{-P}$  en el agua corriente y entre 0.005 - 0.01 mg/L  $\text{PO}_4\text{-P}$  en aguas tranquilas (5).

- Ciclo del fósforo: el fósforo es un elemento esencial para los organismos; los principales depósitos son los minerales de fósforo (rocas), residuos, fósiles de animales, excremento de pajar y desechos de peces; el fósforo es un elemento importante en todas las células donde influye en la transferencia de energía como el ATP y NADP, ácidos nucleicos y fosfolípidos de las membranas celulares; los animales obtienen el fosfato como fósforo inorgánico del agua y como fosfatos orgánicos e inorgánicos de los alimentos; las plantas toman el fósforo como fosfato inorgánico y lo transforman en compuesto orgánicos (23).

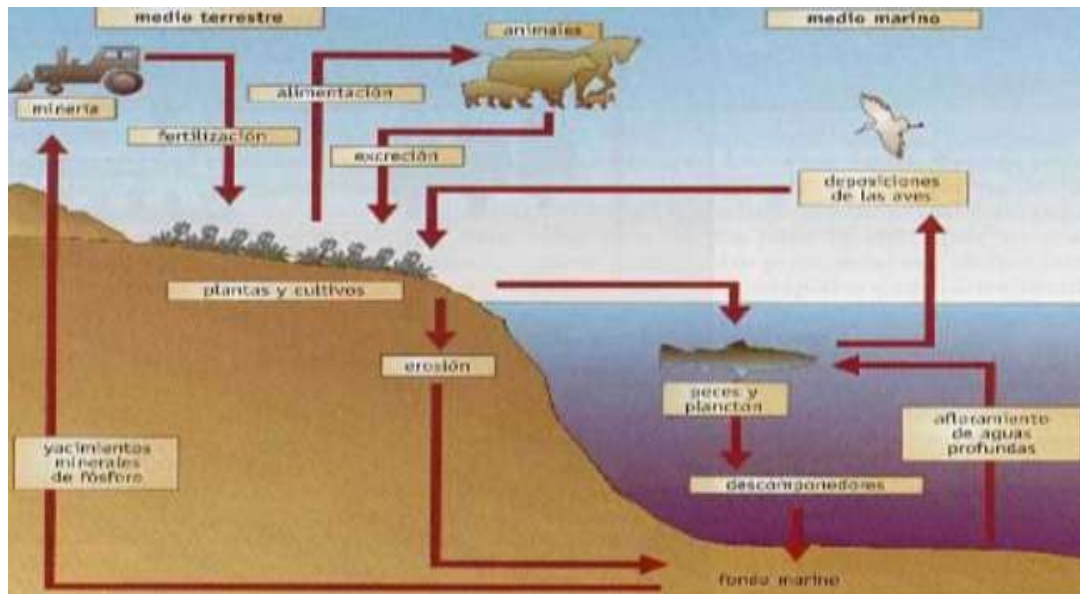


Figura 05. Ciclo de fósforo.

Fuente: García (24).

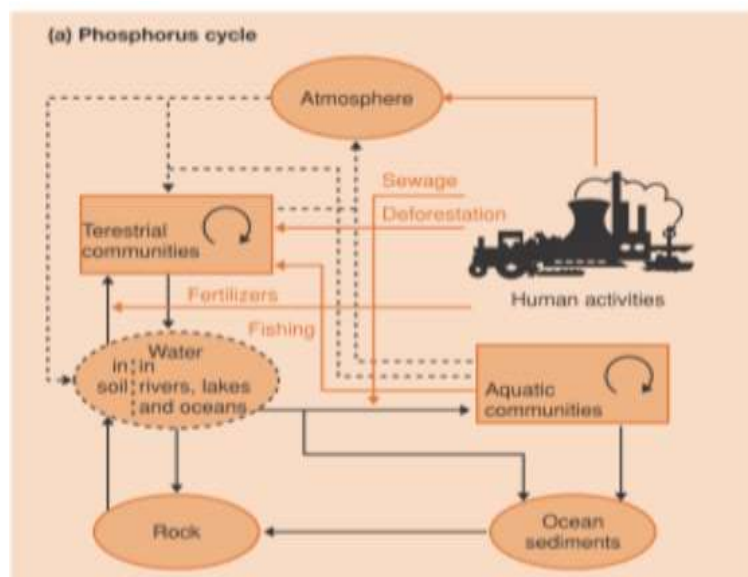


Figura 06. Alteraciones del ciclo del fósforo.

Fuente: García (24).

- Nitratos ( $\text{NO}_3$ ): los nitratos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno; los nitratos pueden servir como fertilizante para las plantas; el exceso es

transportado por el agua filtrándose en el suelo ya que no puede ser retenido por este, es transportado hasta las aguas subterráneas y superficiales. El excesivo uso de este compuesto como fertilizantes, también se encuentra en las excretas humanas y de animales aumenta la concentración de nitratos en el agua. La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito por la acción de las bacterias nitrificantes (Nitrosomonas) y éstos a su vez son oxidados a nitratos por la acción de las bacterias Nitrobacter. La nitrificación es más rápida a un pH de 7 a 8 y a temperaturas de 25 - 30°C. La nitrificación hace que el pH del agua baje. El nitrato es menos tóxico que el nitrito y es usado como una fuente de alimento por las plantas. Niveles de nitrito superiores a 0.75 ppm en el agua pueden provocar estrés en peces y mayores de 5 ppm pueden ser tóxicos. Niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces; cualquier valor superior a 80 puede causarles intoxicación. Así como afectan a los peces también su afectación es directa con el ambiente acuático eutrofizando las aguas y cambiando el comportamiento químico del sedimento (5).

- Nitrógeno amoniacal: el nitrógeno amoniacal es todo Ion amonio en equilibrio. Su representación es la siguiente:



Está presente en forma de nitrógeno orgánico y amoniacal, más adelante se convierte en nitrógeno amoniacal, pasando después por

acciones aeróbicas de amoníaco a nitratos y nitritos. El amoníaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados (proteínas y urea). En el caso de los animales y vegetales el nitrógeno se encuentra en forma orgánica que al contacto con el agua se transforma en nitrógeno amoniacal, convirtiéndose después en nitritos y después a nitratos en aguas que contienen grandes cantidades de oxígeno disuelto de esa forma; cuando se encuentra el nitrógeno amoniacal en el agua, se está en presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en oxígeno (22). La relación de pH y nitrógeno amoniacal determina la concentración de amoníaco libre, en concentraciones mayores a 0.2 mg/L causa mortalidad en peces.

- Nitrógeno total: es la suma del nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico, siendo éste constituido por nitratos, nitritos y amonio. El nitrógeno encontrado en las aguas superficiales puede provenir de los efluentes domésticos o industriales, así como del lavado de suelos enriquecidos con abonos nitrogenados (25).
  - o Ciclo del nitrógeno: en el ambiente se presenta en formas iónicas (reactivas), con mayor abundancia en los ecosistemas acuáticos en forma de nitrógeno inorgánico que son: amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Estos iones pueden estar de manera natural en el medio acuático como consecuencia de la deposición atmosférica,

la escorrentía superficial y subterránea, la disolución de depósitos geológicos ricos en nitrógeno, la descomposición biológica de la materia orgánica y la fijación de nitrógeno por ciertos procariontes. Sumando, el ser humana por las actividades que realiza a alterado de manera significativa el ciclo global de nitrógeno y de otros elementos químicos aumenta su disponibilidad en muchas partes del mundo a causa de fuentes puntuales y difusas de contaminación (26).

Tabla 03. *Principales fuentes antropogénicas de nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos.*

|                          |   |                                                                                                                                                             |
|--------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fuentes puntuales</b> | ✓ | Residuos y vertidos de granjas de animales, piscifactorías continentales, y centros de acuicultura marina.                                                  |
|                          | ✓ | Vertidos industriales y municipales sin un tratamiento adecuado.                                                                                            |
|                          | ✓ | Procesos de escorrentía e infiltración en basureros.                                                                                                        |
| <b>Fuentes difusas</b>   | ✓ | Procesos de escorrentía e infiltración en campos de cultivo.                                                                                                |
|                          | ✓ | Procesos de escorrentía e infiltración en praderas y bosques quemados.                                                                                      |
|                          | ✓ | Emisiones a la atmósfera provenientes del uso de combustibles fósiles y fertilizantes, y la posterior deposición atmosférica sobre las aguas superficiales. |

Fuente: Camargo y Alonso (26).

Asociado a esta contaminación generalizada aparecen los siguientes problemas medioambientales en los ecosistemas acuáticos:

- Acidificación de ríos y lagos con baja o reducida alcalinidad.

- Eutrofización de las aguas y proliferación de algas tóxicas.
- Toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos. Además, la contaminación por nitrógeno inorgánico podría inducir efectos perjudiciales sobre la salud humana.

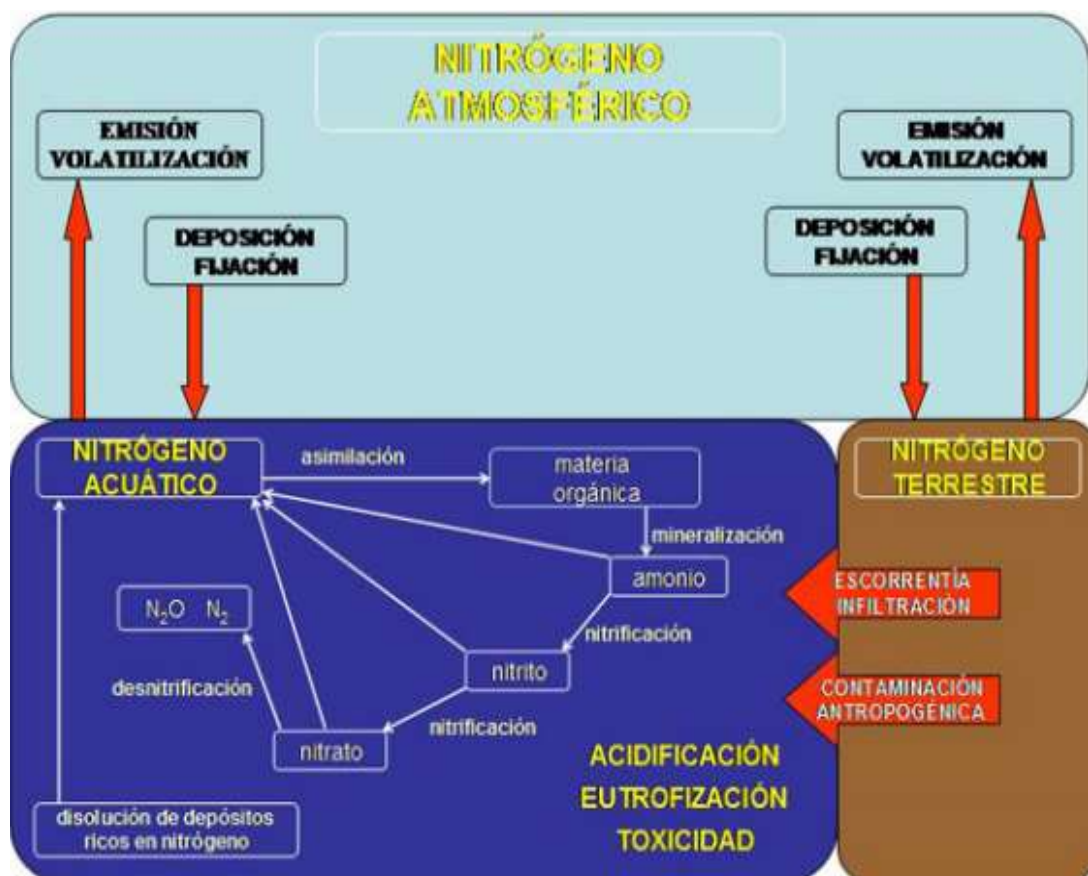


Figura 07. Esquema general del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas acuáticos y los principales problemas medioambientales derivados de la contaminación.

Fuente: Camargo y Alonso (26).

- Oxígeno disuelto: es uno de los factores más importantes que se debe medir en el agua; tiene suma relación con la temperatura, para poder así establecer el porcentaje de saturación; se tienen

las fuentes de oxígeno: la fotosíntesis, las precipitaciones pluviales, la difusión del aire en el agua, la agitación moderada y los efluentes. El consumo se da por la respiración de las plantas, animales, la demanda bioquímica, demanda química, los efluentes, la agitación excesiva, entre otros gases, pero la principal es por la respiración microbiana que se encargan de la descomposición de la materia orgánica (5).

c) Parámetro microbiológico:

- Coliformes termotolerantes: también denominado coliformes fecales, son capaces de soportar temperaturas hasta los 45°C; conforman el grupo de los coliformes totales; son mejores indicadores de higiene en el agua y alimentos, ya que la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal. De ellos la mayoría son *E. coli* (27).

### 2.3. Definición de términos básicos

- Anión: es un ion que dispone de carga eléctrica negativa (por haber ganado uno o varios electrones).
- Autoridad Nacional del Agua (ANA): es un organismo constitucional autónomo del Perú. Está adscrito al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, y se encarga de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas.
- Ambiente: es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico (producidos por el hombre), que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia (28).
- Catión: es un ion que cuenta con carga eléctrica positiva (por haber perdido electrones).

- Contaminación: es la distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos adversos al ambiente o sobre la salud (28).
- Contaminante: es cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo, agua y cuya concentración excede la del nivel de concentración permisible, que puede causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente (28).
- Coliformes fecales: es el grupo de bacterias aerobias y facultativamente anaerobias, Gram-negativas, no formadoras de esporas, fermentadoras de lactosa y habitantes típicos del intestino grueso humano y animal. Muchas de ellas no son capaces de reproducirse fuera del intestino, por lo que sirven de indicadores de la contaminación por aguas fecales (29).
- Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA): es el órgano técnico normativo en los aspectos relacionados con el saneamiento básico, salud ocupacional, higiene alimentaria, zoonosis y protección del ambiente.
- Ecosistema acuático: está compuesto por un cuerpo de agua que contiene flora, fauna y otros organismos que cumplen un rol importante en la naturaleza del agua (30).
- Escorrentía: es una corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial.
- Estándar de Calidad Ambiental (ECA): es el estándar que regula el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.
- Eutrofización: es el aumento de nutrientes que producen un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad de un ecosistema; este aumento impide que la luz solar penetre dificultando la fotosíntesis y la producción de oxígeno, con lo que en un momento determinado se hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema (31).
- Impacto ambiental: abarca toda acción de la actividad humana y el modo de vida humano generando una modificación sobre el ambiente natural (32).



- Laguna: se conoce como laguna al depósito de agua natural, de aguas dulces provenientes del deshilo de los glaciares y la acumulación de lluvia, y con menores dimensiones que el lago.
- Ministerio del Ambiente (MINAM): es el rector de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables, a fin de asegurar el Desarrollo Sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores (33).
- Ovas embrionarias: comprenden la primera fase de la cosecha de trucha arcoíris producto del cultivo en jaulas flotantes: Se refiere al mantenimiento de organismos en cautiverio dentro de un espacio cerrado, pero con flujo libre de agua; las mismas están suspendidas en el agua y cerradas por todos los lados con paños de red o rejillas de otros materiales.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA): es un organismo público técnico especializado, adscrito al Ministerio del Ambiente, encargado de la fiscalización ambiental y de asegurar el adecuado equilibrio entre la inversión privada en actividades económicas y la protección ambiental (34).
- Parámetro: es una variable que se evalúa o valora para definir la calidad del agua, por ejemplo: DBO, DQO, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales, etc. (35).
- Piscicultura: tiene por objeto el cultivo racional de los peces, lo que comprende particularmente el control de su crecimiento y su reproducción. Se practica en estanques naturales o artificiales, vigila y regula la multiplicación, alimentación y el crecimiento de los peces, así como la puesta en funcionamiento y mantenimiento de estos recintos acuáticos, en lugar de dejar a la naturaleza encargarse de estas cuestiones (36).
- Semilla o alevines: se refiere a la cría de pez destinado a repoblar los estanques.
- Vertiente: es por donde fluye el agua con una inclinación variable, desde puntos muy altos ya sea desde una montaña o se una cima.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método y alcances de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

En la presente investigación se empleó el método científico, cuya finalidad es descubrir la existencia de los objetivos de la investigación obteniendo resultados y cuestionando las conclusiones, con el fin de incrementar el conocimiento (37).

##### **3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación**

Se utilizaron como métodos generales el hipotético - deductivo y analítico; el método hipotético - deductivo porque se plantea como hipótesis general “la crianza intensiva de trucha influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha, 2018; con los procedimientos realizados en la investigación se llegó a definir y constatar con las muestras realizadas la aseveración de la hipótesis. El método analítico consistió en realizar 3 puntos de muestreo, con el fin de comparar la entrada, caja y salida del agua de la laguna Choclococha y observar el efecto que tiene la crianza de trucha en la calidad del agua (38).

#### 3.1.1.2. Método específico de la investigación

Se empleó el método de la observación; esta técnica se utilizó para hacer el reconocimiento de campo, tomar apuntes de los aspectos e impactos generados *in situ* para tener un punto de partida para la investigación. El siguiente método utilizado fue la elaboración de información, este método aporta con el procesamiento de los resultados obtenidos en laboratorio de los parámetros físicos, químicos y microbiológico, como las obtenidas *in situ*, siendo este último, el método de generación de conocimiento que ayuda a obtener un análisis de los resultados, compararlos a través de gráficos y cuadros obteniendo resultados que aporten a futuras investigaciones.

#### 3.1.2. Tipo de la investigación

Es una investigación aplicada, por tener información teórica que se utiliza para resolver problemas de la realidad y obtener nuevos conocimientos resolviendo conflictos de la realidad, con esta información se buscó validar y refutar la hipótesis planteada (39).

#### 3.1.3. Nivel de la investigación

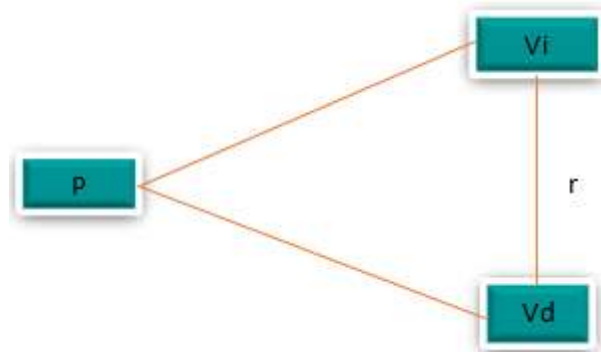
El nivel de investigación es explicativo, ya que se pretende explicar un fenómeno sin mucha información del lugar relacionado a una actividad específica con el ambiente, para dar a conocer la relación de las variables por medio de pruebas realizadas en laboratorio y campo (40).

### 3.2. Diseño de la investigación

El tipo de diseño fue no experimental porque no se manipuló la variable independiente de estudio.

### 3.2.1. Tipo de diseño de la investigación

La investigación fue transeccional, porque se recopiló toda la información del estudio en un momento dado del tiempo, para poder observar la relación de las variables. El esquema del diseño de investigación es el siguiente:



Donde:

\*P = población: laguna Choclococha.

\*Vi = variable independiente: crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes.

\*Vd = variable dependiente: calidad del agua.

\*Relación (r) = influencia significativa.

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población estuvo conformada por el cuerpo de agua de la laguna Choclococha, la cual está ubicada a una altitud de 4606 msnm con una profundidad de 14 metros en la parte más profunda; una de las actividades económicas más resaltantes es la crianza de trucha de manera intensiva; en la visita a campo se observó un total de 300 jaulas flotantes. Existen otras actividades realizadas por los pobladores de la zona como la crianza de ganado tales como la alpaca y oveja son los más resaltantes.

A. Información demográfica: de acuerdo a último censo del 2017, que realizó el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), se determinó que el Centro Poblado de Choclococha tiene una población de 231 habitantes.

B. Información climática:

- Clima: la laguna Choclococha presenta un clima frío y húmedo, en temporadas un clima seco.
- Temperatura: la temperatura anual varía entre 1.18 y 10.16°C.
- Precipitación: la mayor precipitación se produce en los meses entre octubre y abril en un 90 % y un 10 % entre mayo y abril; la precipitación total mensual promedio alcanza sus valores máximos en los meses de febrero y marzo (Estación Choclococha: 526.40 mm).

Tabla 04. Descripción de la población.

| Población          | Subpoblación                                |
|--------------------|---------------------------------------------|
| Laguna Choclococha | Agua: volumen de 138 000 000 m <sup>3</sup> |

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.2. Muestra

Los datos obtenidos son cuantitativos, los cuales fueron tomados en campo y analizados en laboratorio a fin de obtener datos de los parámetros físicos, químicos y microbiológico. La muestra fue determinada no probabilísticamente por conveniencia; el tipo de muestra de agua fue puntual; se realizó el muestreo una sola vez el 20 de diciembre del 2018, con un total de 3 muestras de 18.375 L cada una a una profundidad de 25 cm de la superficie; la primera fue tomada en la entrada de la laguna, la segunda en la caja de la alguna y la tercera a la salida de la laguna. En el momento del muestreo la laguna contenía un volumen de agua homogéneo.

- Punto de muestreo N° 1 (PM°1):

El punto PM°1 fue tomado en el efluente de la laguna con mayor caudal que alimenta a la alguna Choclococha proveniente del deshielo de los nevados y de manantiales. No presenta ninguna influencia visible de la crianza de trucha, es así que se tomó este punto para determinar los valores iniciales de los parámetros físicos, químicos y microbiológico; estos valores iniciales fueron llamados muestras blancas, que sirvieron como un punto de comparación por ser tomados a la entrada de la laguna donde no se presenta ninguna alteración de los datos por la crianza de trucha.

Ubicación:

\*Zona: 18 L.

\*Coordenada Este: 492627.75 m E.

\*Coordenada Norte: 8545845.74 m S.

- Punto de muestreo N° 2 (PM°2):

Existen muchos grupos de jaulas flotantes ubicados a lo largo de la laguna, de los cuales se identificaron 2 grupos con mayor cantidad de jaulas flotantes para la ubicación de la toma de muestra. Esta muestra puntual se tomó a una distancia intermedia entre estos dos grupos de jaulas flotantes para que fuese representativa; a este punto de muestreo se le llamó muestra de control. Estos resultados son comparados con los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA Agua - Perú).

Ubicación:

\*Zona: 18 L.

\*Coordenada Este: 492225.87 m E.

\*Coordenada Norte: 8544109.84 m S.

- Punto de muestreo N° 3 (PM°3):

En el punto PM°3 se consideró la toma de muestra en la salida de la laguna, donde se ubicó una represa siendo esta el único desfogue de la laguna. Estos resultados aportan en observar si hay un cambio en los parámetros físicos, químicos y microbiológico, en comparación con el PM°1.

Ubicación:

\*Zona: 18 L.

\*Coordenada Este: 491664.07 m E.

\*Coordenada Norte: 8535961.92 m S.



*Figura 08.* Vista satelital de la laguna Choclococha con los puntos de muestreo.

Fuente: cotejo propio de Google Earth Pro.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica que se utilizó fue la observación en campo y la recolección de datos a través de muestras puntuales analizadas en laboratorio (CERPER Certificaciones del Perú S.A.).

La observación fue empleada en campo para poder identificar los factores bióticos, abióticos y la actividad antropogénica. También se utilizó para identificar los puntos de muestreo.

Para la obtención de la información, se utilizó el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales.

Planificación del monitoreo:

- Premonitoreo: abarcó a la identificación de los puntos de muestreo, codificación de los puntos de muestreo, parámetros recomendados a evaluar y la preparación de los equipos y materiales a utilizar.
- Monitoreo: abordó del reconocimiento del campo, el rotulado y etiquetado de las muestras, georreferenciación de los puntos de muestreo, medición de los parámetros en campo, la toma de muestra, preservación, el llenado de la cadena de custodia y el transporte de las muestras asegurando la calidad de éstas.
- Posmonitoreo: abarcó al análisis de las muestras en laboratorio, procesamiento de los datos de los análisis y la elaboración del informe técnico de monitoreo (41).

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la recolección de información que se han utilizado fueron las fichas de obtención de datos y cadena de custodia para los parámetros físicos, químicos y microbiológico.

#### 3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Para la presente investigación se empleó el procesamiento de datos en una computadora utilizando los siguientes programas: SPSS y Microsoft Excel.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados de la investigación

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológico. Estos resultados fueron comparados en dos partes: la primera comparó el punto de muestreo N° 1 de la entrada de la laguna y el punto de muestreo N° 3 ubicado en la salida de la laguna; respecto del segundo, el punto de muestreo N° 2 se compara con el D.S. N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua.

Tabla 05. *Resultados de las muestras analizadas.*

| PARÁMETRO | Ensayo                        | Unidad | Muestras/Resultado |              |             |
|-----------|-------------------------------|--------|--------------------|--------------|-------------|
|           |                               |        | PM°1/Entrada       | PM°2/Control | PM°3/Salida |
| Físico    | Color                         | UC     | 9.47               | < 1.0        | < 1.0       |
|           | Sólidos suspendidos totales   | mg/L   | 5.42               | < 5.00       | < 5.00      |
|           | Temperatura                   | °C     | 11.3               | 11.5         | 11.7        |
| Químico   | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L   | < 2.00             | < 2.00       | < 2.00      |

|                |                            |              |         |         |         |
|----------------|----------------------------|--------------|---------|---------|---------|
|                | Demanda Química de Oxígeno | mg/L         | < 10.00 | < 10.00 | < 10.00 |
|                | Fósforo total              | mg/L         | 0.135   | 0.073   | 0.146   |
|                | Nitratos                   | mg/L         | 0.764   | 0.828   | 1.17    |
|                | Nitrógeno amoniacal        | mg/L         | < 0.02  | 0.097   | < 0.02  |
|                | Nitrógeno total            | mg/L         | 0.252   | 0.447   | 0.505   |
|                | Oxígeno disuelto           | mg/L         | 7.34    | 7.19    | 7.09    |
|                | Cianuro libre              | mg/L         | < 0.001 | < 0.001 | < 0.001 |
|                | pH                         | Unidad de pH | 6.5     | 6.5     | 6.5     |
|                |                            |              |         |         |         |
| Microbiológico | Coliformes termotolerantes | NMP/100 mL   | 200     | < 1.8   | < 1.8   |

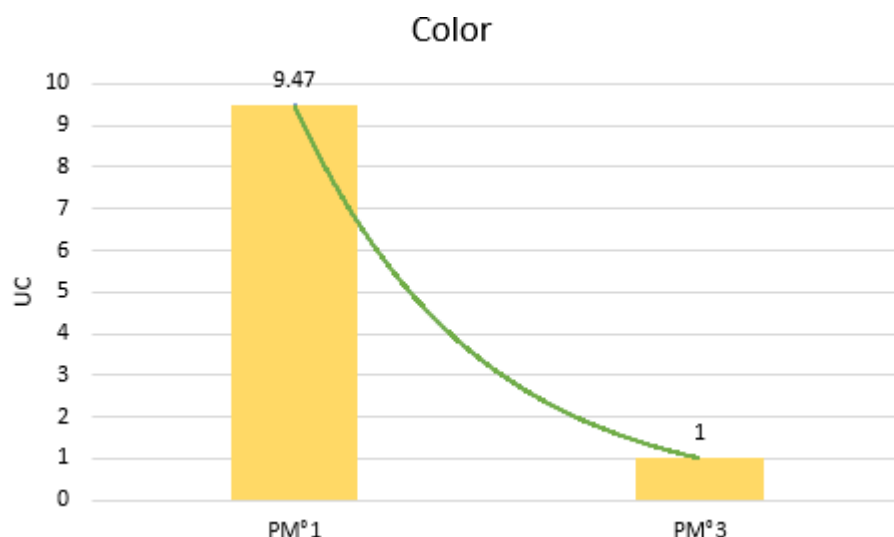
Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1.1. Parámetros físicos

Se analizaron en total 3 parámetros físicos: color, sólidos suspendidos totales y temperatura.

##### A. Color:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.



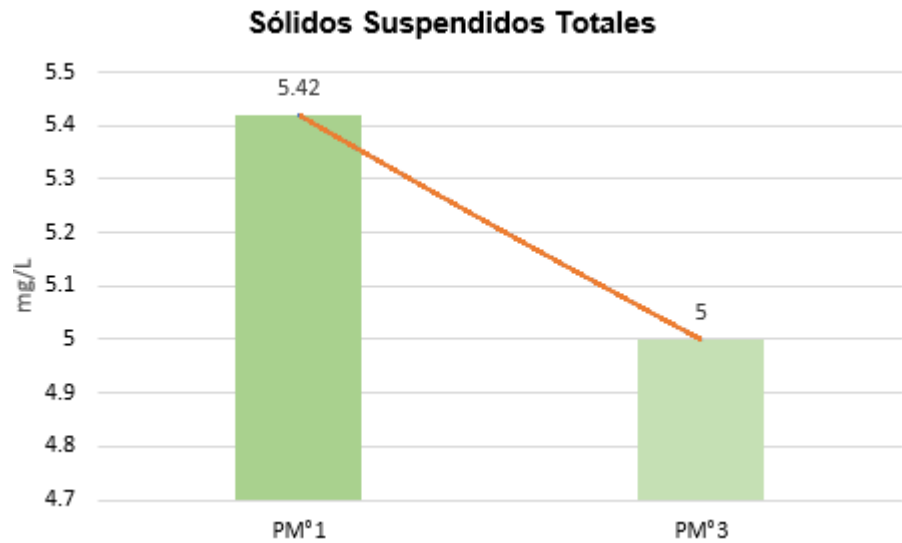
*Figura 09.* Comportamiento del parámetro color en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 09, en la que se da a conocer el resultado del análisis en laboratorio y su comportamiento en la entrada y salida de la laguna. Se observa que para el punto PM°1, identificado como afluente con mayor caudal de la laguna, el color tuvo un valor de 9.47 UC; en el anexo 05 se muestra la evidencia en la que el agua a la entrada de la laguna se presenta de manera turbia. En el punto PM°3 se muestra un valor menor a 1 UC, eso hace referencia que el color es casi transparente. Los resultados muestran que existe una variación significativa en el parámetro color, debido a que éste tiene muchos efluentes y por ser un cuerpo de agua que almacena grandes volúmenes, lo cual disminuye la concentración de color en el PM°3.

#### B. Sólidos suspendidos totales:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.



*Figura 10.* Comportamiento del parámetro sólidos suspendidos totales en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 10, en la que se da a conocer el resultado de análisis de laboratorio del parámetro sólidos suspendidos totales. Se observa que para el punto PM°1, entrada de la laguna, los sólidos suspendidos tuvieron un valor mayor de 5.42 mg/L; en el anexo 05 se muestra la evidencia que el agua en la entrada de la laguna está turbia por la presencia de lluvias y pastoreo de animales. En el punto PM°3 en la laguna se muestra un valor menor a 5 mg/L.

#### C. Temperatura:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

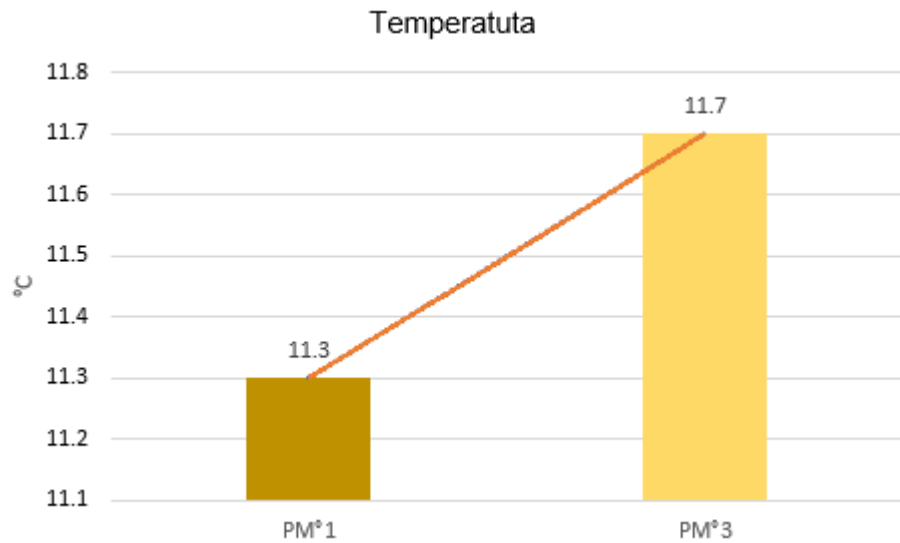


Figura 11. Comportamiento del parámetro temperatura en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 11, en la que se da a conocer el resultado del parámetro temperatura, en la entrada y la salida de la laguna. Se observa que para el punto PM°1, entrada de la laguna, la temperatura fue de 11.3 °C, y a ello se observa un leve incremento en el punto PM°3, ésta tomada a la salida de la laguna de la represa, en el cual se puede apreciar un leve incremento a un 11.7°C. Los resultados muestran que hay una variación de temperatura en 0.4°C, lo cual no es significativo porque está relacionado al cambio de la temperatura ambiente ya que el punto PM°1 está a mayor altitud que el punto PM°3.

#### 4.1.2. Parámetros químicos

Se analizaron 9 parámetros químicos; el parámetro analizado en campo fue el pH.

##### A. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

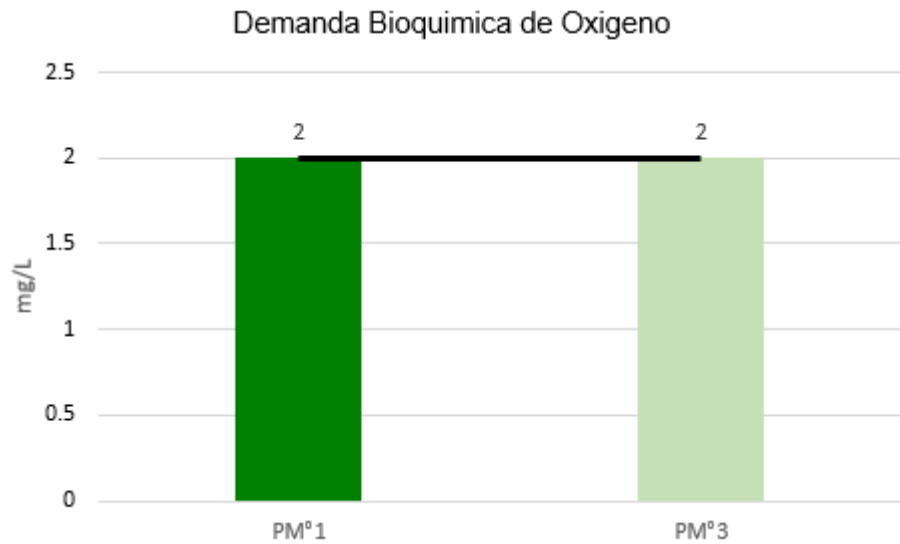


Figura 12. Comportamiento del parámetro DBO en el agua.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 12 se muestra el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en la entrada y la salida de la laguna. El parámetro de DBO tuvo un comportamiento constante tanto en el punto PM°1 como en el punto PM°3, con un valor menor a 2 mg/L, a ello se determina que la crianza de trucha de manera intensiva no influye significativamente sobre este parámetro.

#### B. Demanda Química de Oxígeno:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

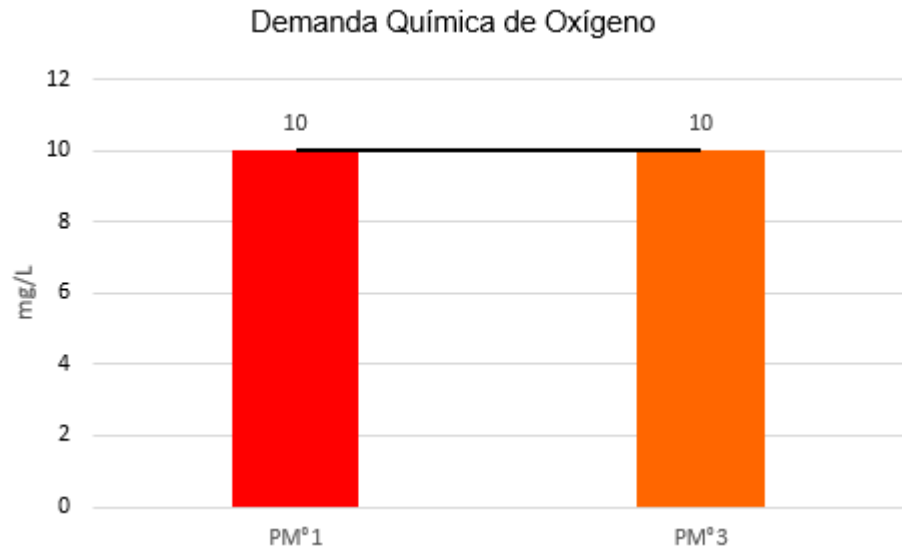


Figura 13. Comportamiento del parámetro DQO en el agua.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 13 se muestra el comportamiento del parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la entrada y salida de la laguna. Dicho parámetro tuvo un comportamiento constante tanto en el punto PM°1 como en el punto PM°3, con un valor menor a 10 mg/L, con estos valores se determina que la crianza de trucha de manera intensiva no influye significativamente en el parámetro de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

#### C. Fósforo total:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

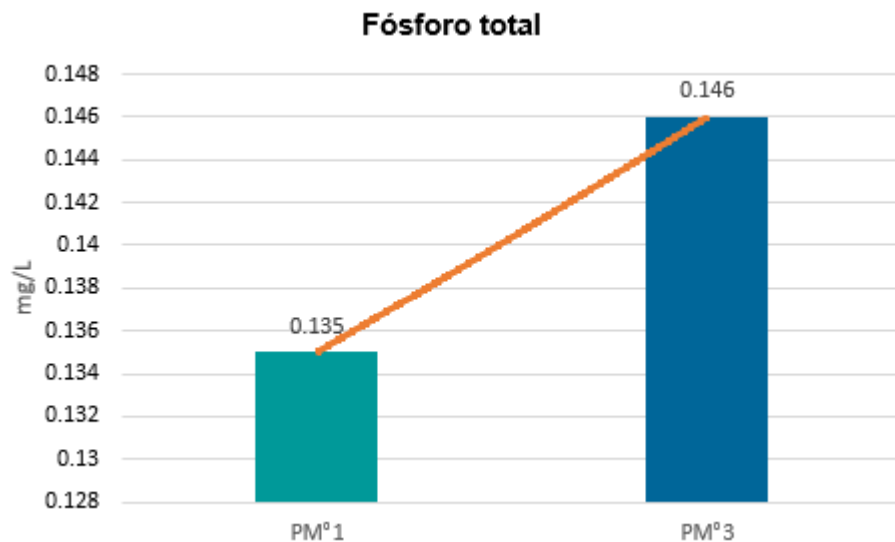


Figura 14. Comportamiento del parámetro fósforo total en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 14, en el que se da a conocer el comportamiento del fósforo total en la entrada y salida de la laguna. El fósforo total en el punto PM°1 tuvo un valor de 0.135 mg/L y en el punto PM°3 tuvo un valor de 0.146 mg/L, estos resultados evidencian que la crianza de trucha de manera intensiva influye significativamente sobre el parámetro fósforo total.

#### D. Nitratos:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.



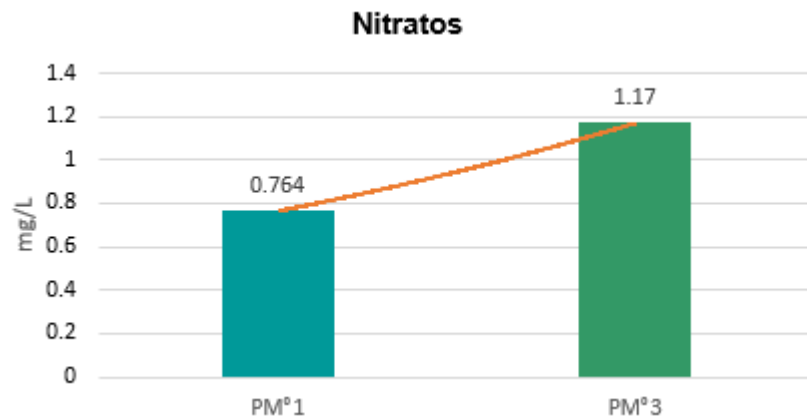


Figura 15. Comportamiento del parámetro nitratos en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 15, en la que se da a conocer el comportamiento del parámetro nitratos en la entrada y la salida de la laguna. La concentración de nitratos en el punto PM°1 fue de 0.764 mg/L y en el punto PM°3 se tuvo un valor creciente de 1.17 mg/L, se determina que la crianza de trucha influye significativamente en la concentración de nitratos en el agua tras el análisis de estos puntos.

#### E. Nitrógeno amoniacal:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

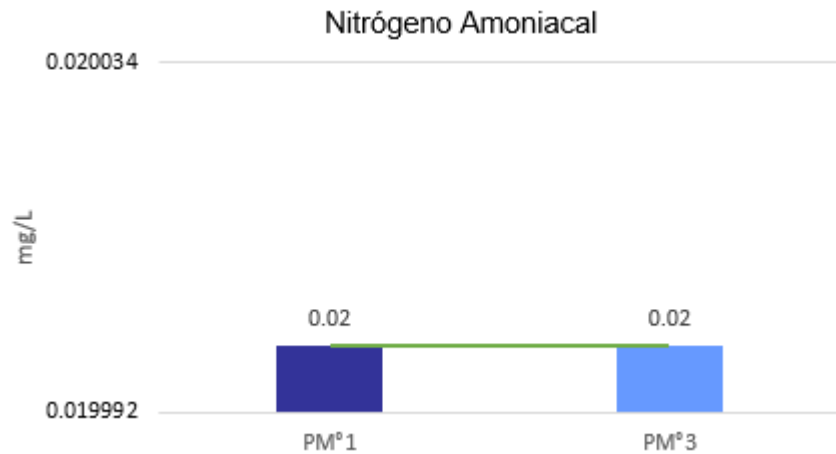


Figura 16. Comportamiento del parámetro nitrógeno amoniacal en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 16, en la que se da conocer el comportamiento del nitrógeno amoniacal en la entrada y la salida de la laguna. La concentración de nitrógeno amoniacal en los puntos PM°1 y PM°3 fueron menores a 0.02 mg/L constantes de un punto al otro, a ello se determina que la crianza de trucha de manera intensiva no influye significativamente en la concentración nitrógeno amoniacal.

#### F. Nitrógeno total:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

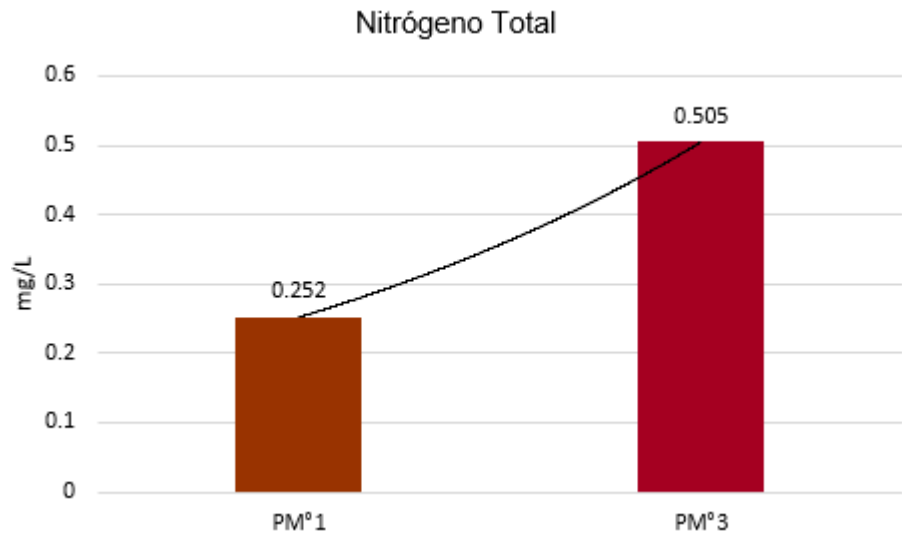


Figura 17. Comportamiento del parámetro nitrógeno total en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 17, donde se muestra el comportamiento del parámetro en la entrada y la salida de la laguna. La concentración de nitrógeno total en el agua va en aumento, esto dado ah que en el punto PM°1 se tuvo un valor de 0.252 mg/L y en el punto PM°3 se tuvo un valor de 5.505 mg/L, a ello se determina que la crianza de trucha influye significativamente en la concentración de nitrógeno total en el agua.

#### G. Oxígeno disuelto:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

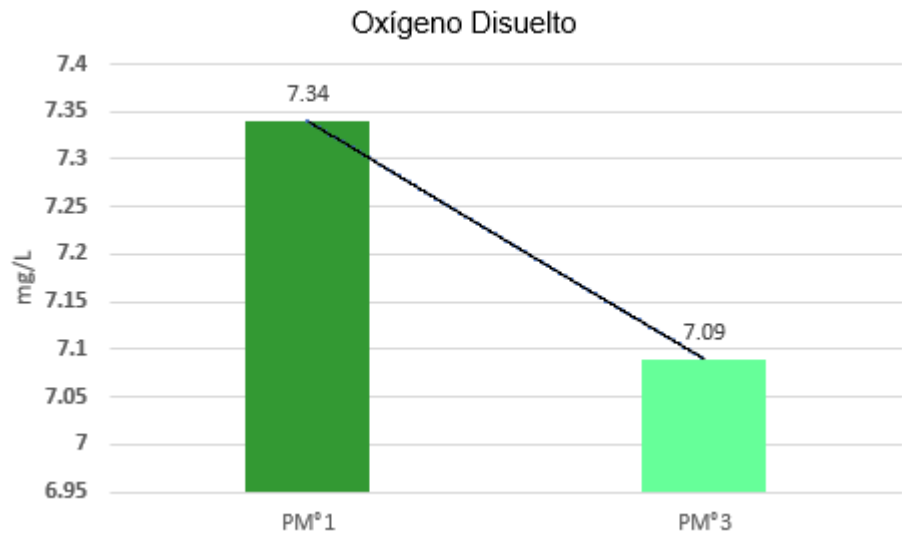


Figura 18. Comportamiento del parámetro oxígeno disuelto en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 18, donde se observa el resultado obtenido del análisis de las muestras de la entrada y la salida de la laguna que muestra una concentración de oxígeno disuelto indistinto, ya que este disminuye en comparación con el punto PM°1 en el cual se tuvo un valor de 7.34 mg/L respecto al punto PM°3 cuyo valor fue 7.09 mg/L, en tanto se determina que la crianza de trucha influye significativamente en la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

#### H. Cianuro libre:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

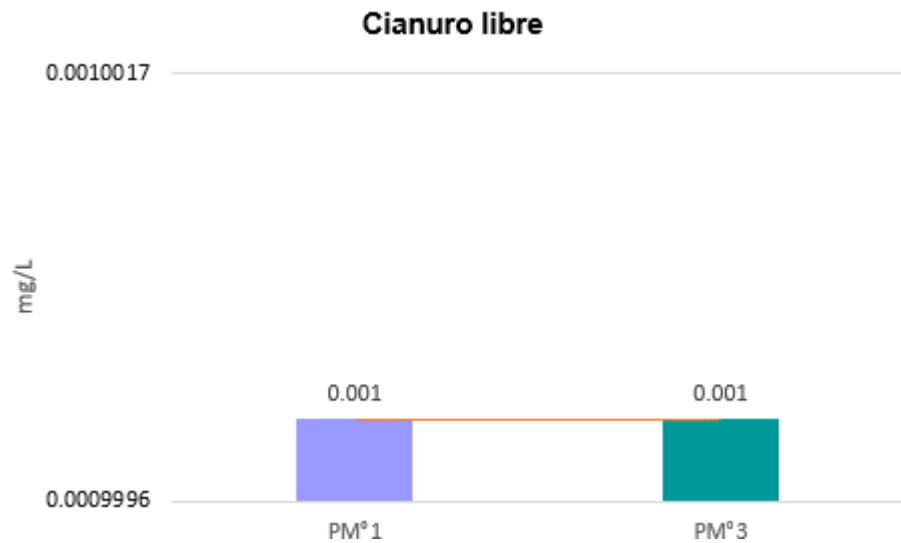


Figura 19. Comportamiento del parámetro cianuro libre en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 19, mostrando el resultado obtenido en el análisis de las muestras de la entrada y la salida de la laguna, donde la concentración de cianuro libre en los puntos PM°1 y PM°3 fueron menores a 0.001 mg/L y constantes de un punto al otro, lo cual demuestra que la crianza intensiva de trucha no influye significativamente en la concentración de cianuro libre en el agua.

#### I. pH:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

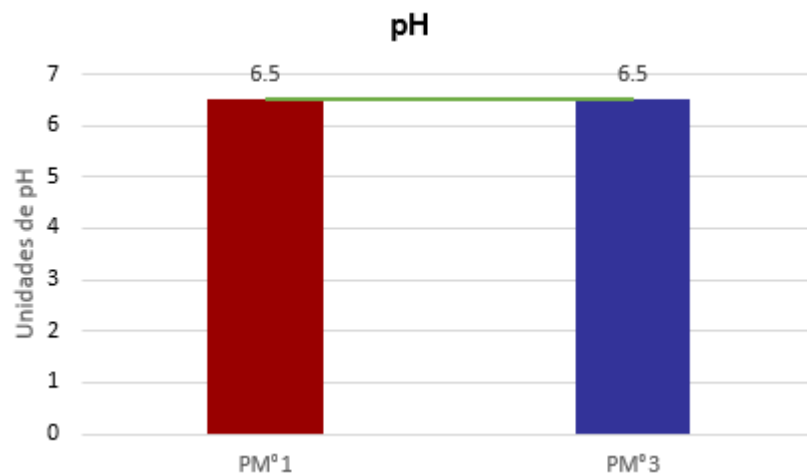


Figura 20. Comportamiento del parámetro pH en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 20, mostrando el resultado obtenido del análisis de las muestras obtenidas de la entrada y la salida de la laguna, donde el pH tiene un valor de 6.5 en el punto PM°1 y PM°3, evidenciando que la crianza de trucha de manera intensiva no influye significativamente en el potencial de hidrógeno del agua.

#### 4.1.3. Parámetro microbiológico

Se analizó el parámetro microbiológico coliformes termotolerantes.

##### A. Coliformes termotolerantes:

A continuación, se presenta y describe la variación de las concentraciones de los puntos PM°1 y PM°3 de muestreo de la laguna Choclococha.

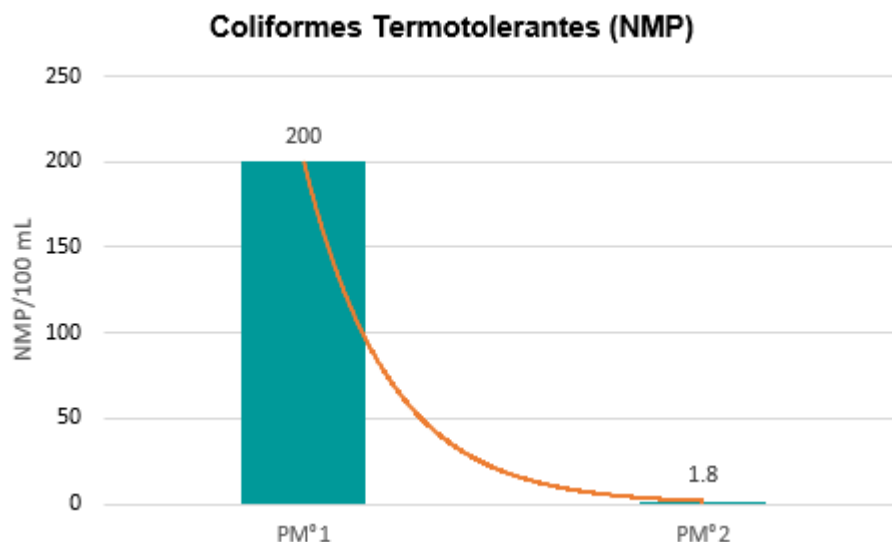


Figura 21. Comportamiento del parámetro coliformes termotolerantes en el agua.

Fuente: elaboración propia.

Se presenta la figura 21, en la que se da a conocer el resultado del análisis en laboratorio y su comportamiento en la entrada y salida de la laguna, donde se observa que el punto PM°1, identificado como afluente con mayor caudal de la laguna, el parámetro coliformes termotolerantes tuvo un valor de 200 NMP/100 mL y en el punto PM°3 en la laguna se muestra un valor decreciente a 1.8 NMP/100 mL. Los resultados muestran que hay una variación significativa en el parámetro coliformes termotolerantes, debido a que existen muchos efluentes, además de posibles descargas de aguas residuales generada por una pequeña población, sin embargo, por ser un cuerpo de agua que almacena grandes volúmenes aguas arriba, esto hace que disminuya la concentración de color en el PM°3.

#### 4.1.4. Determinación de la calidad del agua a través del ECA Agua - Perú

Para llegar a una comparación verificable en el ámbito nacional se tomó como base de referencia el D.S. N° 004-2017-MINAM, que aprueba los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el agua, en la que se establece el nivel de concentración de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

En su calidad de cuerpo de agua, la alguna Choclococha se encuentra clasificada en la Categoría 4, de acuerdo a la Resolución Jefatura N° 056–2018-ANA. No se consideran los parámetros Demanda Química de Oxígeno (DQO) y nitrógeno amoniacal, como se muestra en la tabla 06.

Tabla 06. *ECA Agua - Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos.*

| Parámetro      | Ensayo                        | Unidad de medida             | E1: Lagunas y Lagos |
|----------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Físico         | Color                         | Color verdadero Escala Pt/Co | 20                  |
|                | Sólidos suspendidos totales   | mg/L                         | ≤ 25                |
|                | Temperatura                   | °C                           | Δ 3                 |
| Químico        | Demanda Bioquímica de Oxígeno | mg/L                         | 5                   |
|                | Demanda Química de Oxígeno    | mg/L                         | -                   |
|                | Fósforo total                 | mg/L                         | 0.035               |
|                | Nitratos                      | mg/L                         | 13                  |
|                | Nitrógeno amoniacal           | mg/L                         | -                   |
|                | Nitrógeno total               | mg/L                         | 0.315               |
|                | Oxígeno disuelto              | mg/L                         | ≥ 5                 |
|                | Cianuro libre                 | mg/L                         | 0.0052              |
|                | pH                            | Unidad de pH                 | 6.5 a 9.0           |
|                |                               |                              |                     |
| Microbiológico | Coliformes termotolerantes    | NMP/100 mL                   | 1 000               |

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM (42).



A continuación, se presentan y describen los parámetros analizados.

A. Color:

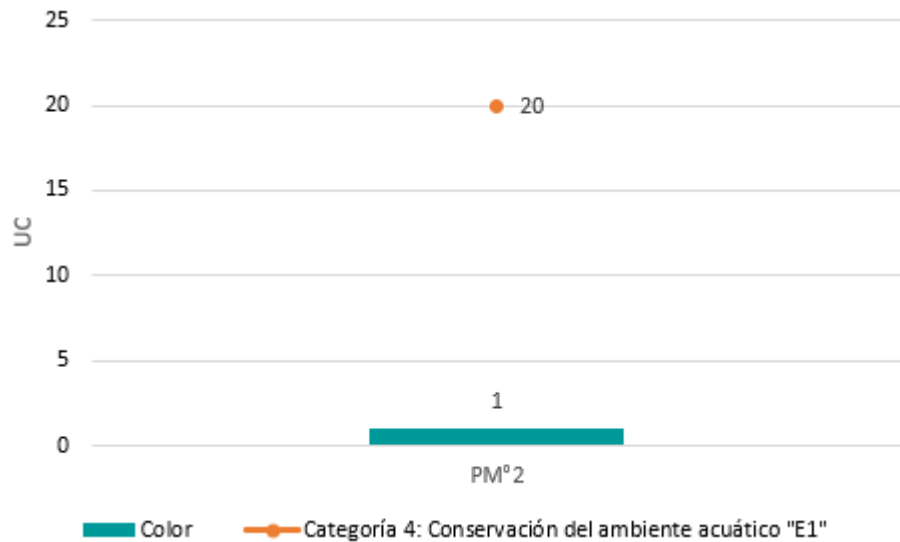


Figura 22. Comparación del resultado del parámetro color con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado del parámetro color se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 13; en ello se define que el parámetro color está dentro del ECA y no hay un efecto de la crianza de trucha de manera intensiva para dicho parámetro físico.

B. Sólidos suspendidos totales:

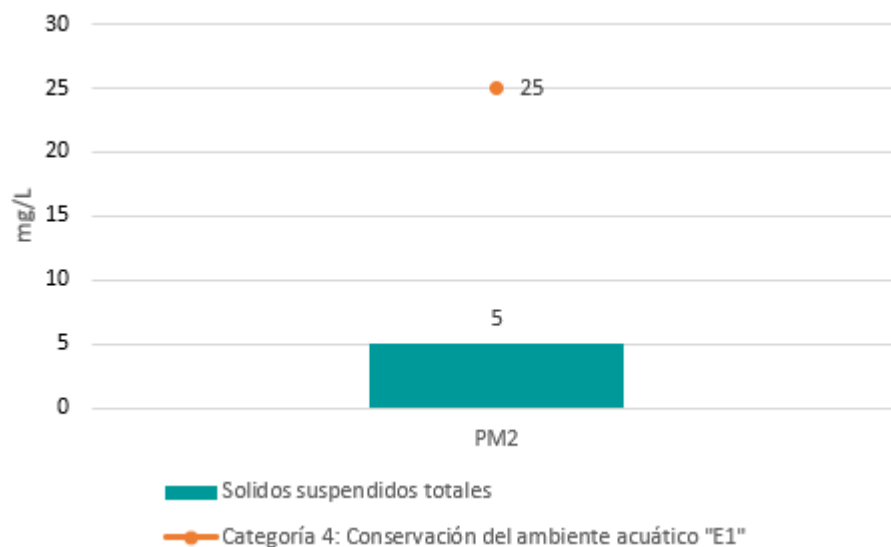


Figura 23. Comparación del resultado del parámetro sólidos suspendidos totales con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

Los resultados del parámetro sólidos suspendidos totales se compararon con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 23. Se interpreta que dicho parámetro está dentro del ECA en la Categoría 4: conservación del ambiente acuático, Inciso 1: lagos y lagunas, lo cual define que no hay un efecto de la crianza de trucha de manera intensiva en el parámetro físico del color.

#### C. Temperatura:

El ECA de agua Perú en la Categoría 4: conservación del ambiente acuático, sub categoría E1, no tiene un valor comparativo para el parámetro temperatura, solo se menciona que puede tener una variación de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , que está dentro del rango de los resultados.

#### D. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):

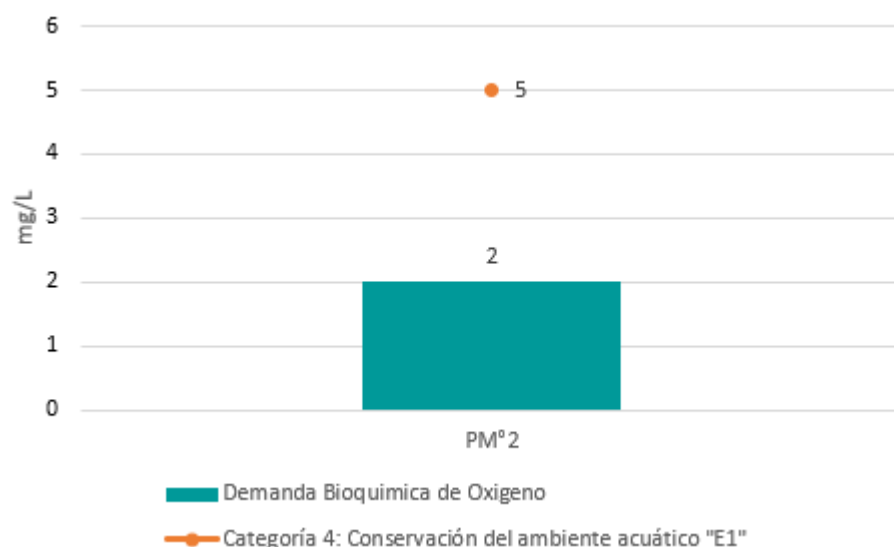


Figura 24. Comparación del resultado del parámetro DBO con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado del parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 24. Además, se determina que dicho parámetro en el punto PM² tuvo un valor menor a 2 mg/L, lo cual no supera el Estándar de Calidad Ambiental en la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, sub categoría E1, por lo cual se define que la crianza de trucha de manera intensiva no tiene un efecto en este parámetro.

E. Fósforo total:

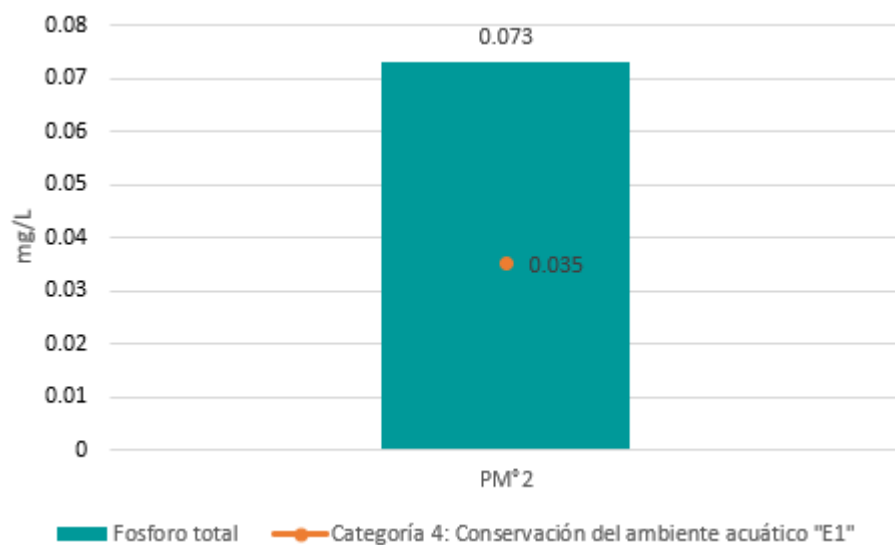


Figura 25. Comparación del resultado del parámetro fósforo total con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado del fósforo total se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 25, al mismo se determina que dicho parámetro en el punto PM² tuvo un valor de 0.073 mg/L, lo cual supera el Estándar de Calidad Ambiental en la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1, por lo cual se define que la crianza de trucha de manera intensiva tiene un efecto en este parámetro.

#### F. Nitratos:

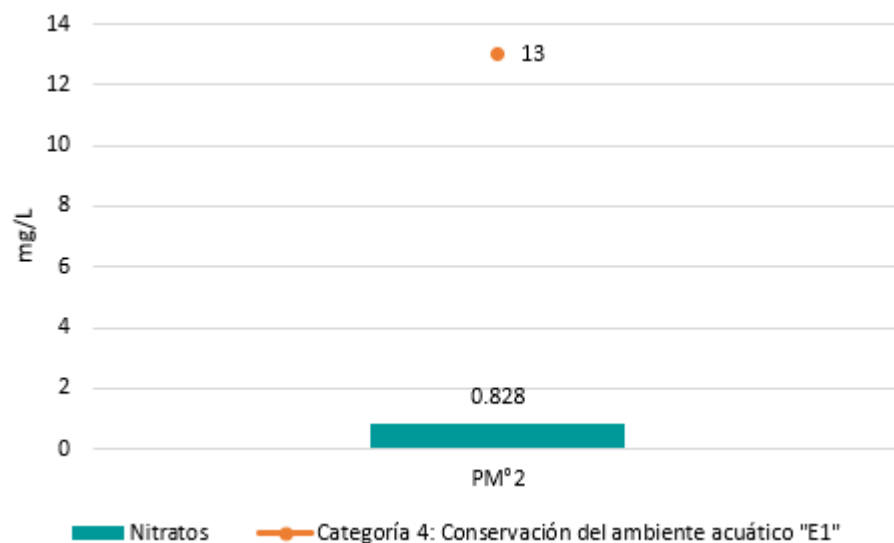


Figura 26. Comparación del resultado del parámetro nitratos con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado de nitratos se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 26. Se determina que el parámetro nitratos en el punto PM² tuvo un valor de 0.828 mg/L, el cual no supera el Estándar de Calidad Ambiental en la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1, por lo cual se define que la crianza de trucha de manera intensiva no tiene un efecto en este parámetro.

#### G. Nitrógeno total:

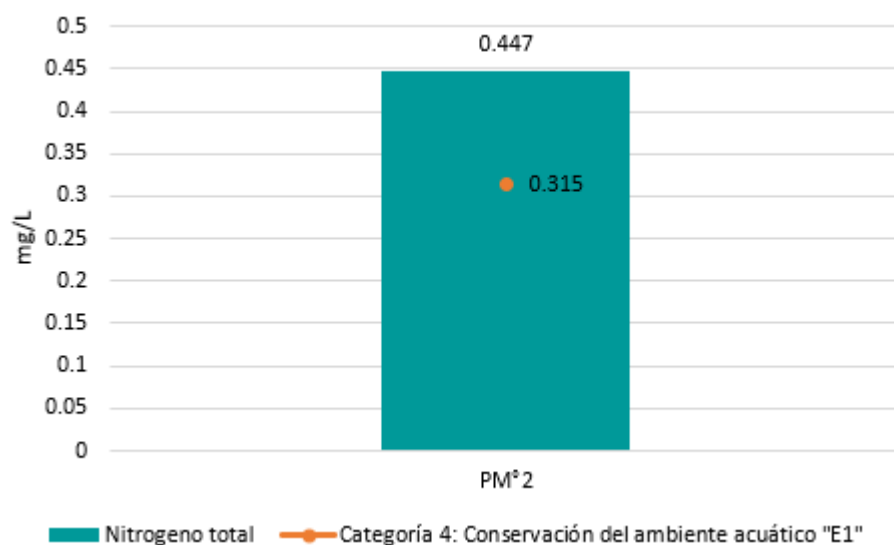


Figura 27. Comparación del resultado del parámetro nitrógeno total con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado de nitrógeno total se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 27. Se determina que el parámetro nitrógeno total en el punto PM² tuvo un valor de 0.447 mg/L, el cual supera el Estándar de Calidad Ambiental en la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1, por tanto, se define que la crianza de trucha de manera intensiva tiene un efecto en este parámetro.

#### H. Oxígeno disuelto:

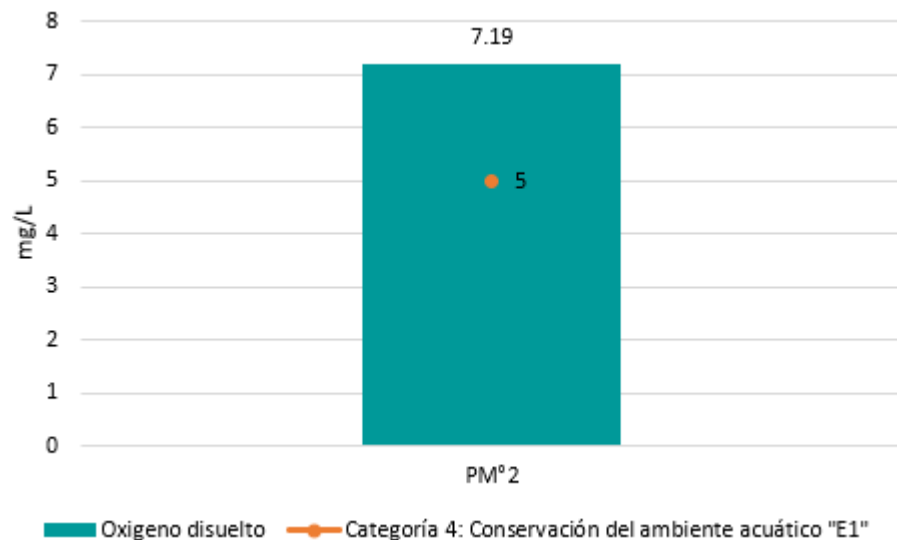


Figura 28. Comparación del resultado del parámetro oxígeno disuelto con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado de oxígeno disuelto se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 28. La concentración de oxígeno disuelto superó los valores mínimos para la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1, se determina que cumple con los valores mínimos y no tiene un efecto la crianza de trucha de manera intensiva en la concentración de oxígeno disuelto.

#### I. Cianuro libre:

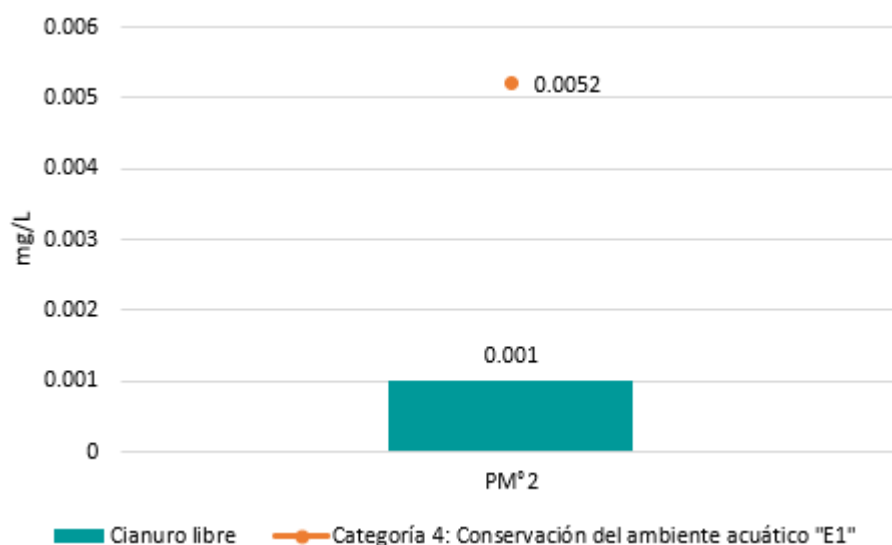


Figura 29. Comparación del resultado del parámetro cianuro libre con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado de cianuro libre se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 29. Se determinó que el parámetro cianuro libre en el punto PM² tuvo un valor menor a 0.001 mg/L, el cual no supera el Estándar de Calidad Ambiental en la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1, a ello se define que la crianza de trucha de manera intensiva no tiene un efecto en este parámetro.

#### J. pH:

El resultado de pH se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la tabla 07.

Tabla 07. Comparación del resultado del parámetro pH con el ECA Agua - Perú.

| Ensayo | Unidad       | PM² | Cat. 4: conservación del ambiente acuático, E1 |
|--------|--------------|-----|------------------------------------------------|
| pH     | Unidad de pH | 6.5 | 6.5 - 9                                        |

Fuente: elaboración propia.



Se obtiene como resultado que el pH está dentro de los rangos establecidos de pH del ECA para la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1.

#### K. Coliformes termotolerantes:

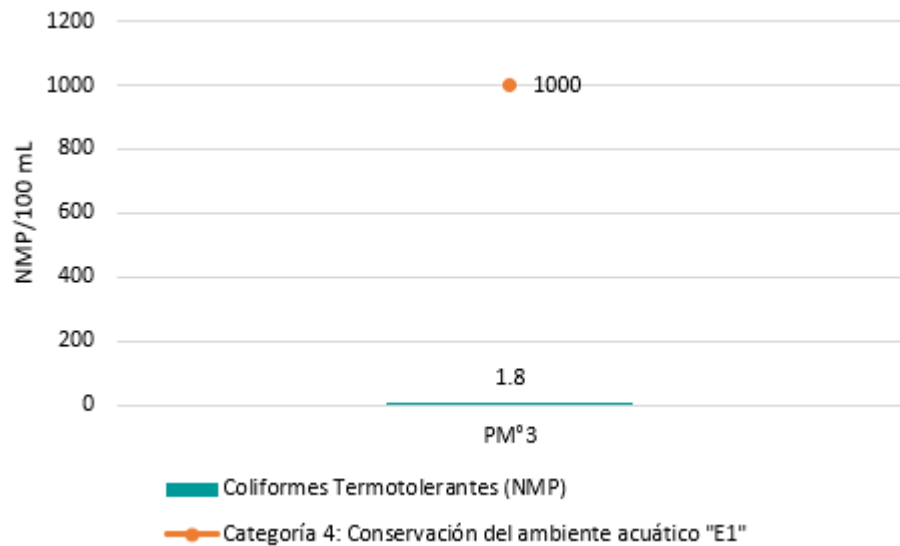


Figura 30. Comparación del resultado del parámetro coliformes termotolerantes con el ECA Agua - Perú.

Fuente: elaboración propia.

El resultado de coliformes termotolerantes se comparó con el ECA Agua - Perú, esto se muestra en la figura 30. Se obtuvo como resultado que la concentración de coliformes termotolerantes no supera los valores del ECA para la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, E1.

#### 4.1.5. Prueba de hipótesis

Hipótesis de investigación:

\*H<sub>1</sub>: La crianza intensiva de trucha influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha.

\*H<sub>0</sub>: La crianza intensiva de trucha no afecta en la calidad del agua de la laguna Choclococha.

\*H<sub>i</sub>: La crianza intensiva de trucha si afecta en la calidad del agua de la laguna Choclococha en función a los análisis de los resultados obtenidos.

- Prueba de normalidad: se muestran los resultados de la prueba de normalidad para los parámetros físicos, químicos y microbiológico.

Tabla 08. *Parámetros analizados en el SPSS.*

| Parámetros                  | Casos   |         |          |       |       |         |
|-----------------------------|---------|---------|----------|-------|-------|---------|
|                             | Válidos |         | Perdidos |       | Total |         |
|                             | N       | %       | N        | %     | N     | %       |
| Cianuro libre               | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Coliformes termotolerantes  | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Color                       | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| DBO                         | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| DQO                         | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Fósforo total               | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Nitrógeno amoniacal         | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Nitrógeno total             | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Nitratos                    | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Oxígeno                     | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| pH                          | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Sólidos suspendidos totales | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |
| Temperatura                 | 3       | 100.0 % | 0        | 0.0 % | 3     | 100.0 % |

Fuente: elaboración propia.

Para los parámetros cianuro libre, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y pH, por tener valores constantes en los 3 puntos no se realiza la prueba de normalidad.

Para el análisis de datos se utilizó la prueba estadística de Shapiro-Wilk por tener un número menor de 50 muestras, donde para llegar a su determinación si el parámetro analizado presenta una distribución normal o paramétrica, esta debe de tener una significancia mayor a 0.05 y aquella que presenta un resultado menor a 0.05 se determina que ésta tiene una distribución no normal.

Tabla 09. *Resultados de la prueba de normalidad.*

| Parámetros |                             | Shapiro-Wilk |    |       |
|------------|-----------------------------|--------------|----|-------|
|            |                             | Estadístico  | gl | Sig.  |
| Resultado  | Coliformes termotolerantes  | 0.750        | 3  | 0.000 |
|            | Color                       | 0.750        | 3  | 0.000 |
|            | Fósforo total               | 0.860        | 3  | 0.268 |
|            | Nitrógeno amoniacal         | 0.750        | 3  | 0.000 |
|            | Nitrógeno total             | 0.911        | 3  | 0.421 |
|            | Nitratos                    | 0.865        | 3  | 0.281 |
|            | Oxígeno                     | 0.987        | 3  | 0.780 |
|            | Solidos suspendidos totales | 0.750        | 3  | 0.000 |
|            | Temperatura                 | 1.000        | 3  | 1.000 |

Fuente: elaboración propia con SPSS.

\*Nivel de confianza: 95 %.

\*Significancia: 0.05

\*Conclusión para la prueba de normalidad: para las variables con distribución normal se aplicó la prueba estadística t de student y para aquellos parámetros con distribución no normal se aplicó la prueba de signos.

- Prueba de t de student para los parámetros normales: se utilizó la prueba t para una muestra única, donde se evaluó la hipótesis y la media de la muestra. Se cotejó con el valor del ECA Agua - Perú, Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, subcategoría E1: lagunas y lagos.

- Fósforo total:

Se plantearon las hipótesis:

\*H<sub>0</sub>: el parámetro fósforo total influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu > 0.035$  mg/L).

\*H<sub>1</sub>: el parámetro fósforo total no influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu \leq 0.035$  mg/L).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).

Tabla 10. Prueba t para el parámetro fósforo total.

| Prueba de muestra única |       |    |                  |                      |                                                 |          |
|-------------------------|-------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------------------|----------|
| Valor de prueba = 0.035 |       |    |                  |                      |                                                 |          |
|                         | t     | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                         |       |    |                  |                      | Inferior                                        | Superior |
| Fósforo total           | 3.653 | 2  | 0.067            | 0.0830000            | -0.014769                                       | 0.180769 |

Fuente: elaboración propia con SPSS.

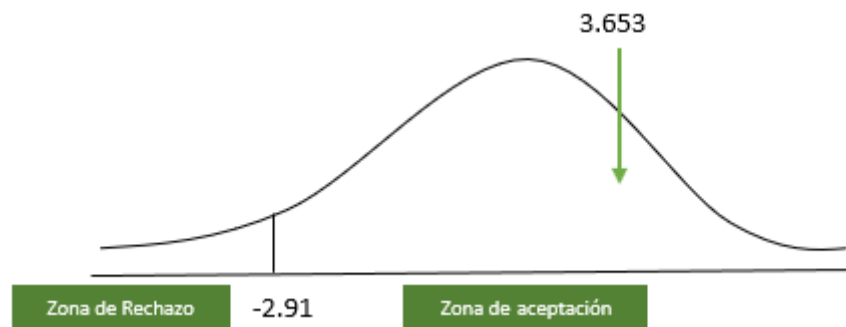


Figura 31. Representación de la prueba t para el parámetro fósforo total.

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: a través de la prueba estadística se determinó que el parámetro fósforo total influye significativamente en la calidad de agua (se acepta H<sub>0</sub>).

- Nitrógeno total:

Se plantearon las hipótesis:

\*H<sub>0</sub>: el parámetro nitrógeno total influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu > 0.315$  mg/L).

\*H<sub>1</sub>: el parámetro nitrógeno total no influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu \leq 0.315$  mg/L).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).

Tabla 11. *Prueba t para el parámetro nitrógeno total.*

| Prueba de muestra única |       |    |                  |                      |                                                 |           |
|-------------------------|-------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| Valor de prueba = 0.315 |       |    |                  |                      |                                                 |           |
|                         | t     | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % de intervalo de confianza de la diferencia |           |
|                         |       |    |                  |                      | Inferior                                        | Superior  |
| Nitrógeno total         | 1.128 | 2  | 0.376            | 0.0863333            | -0.242909                                       | -0.415576 |

Fuente: elaboración propia con SPSS.

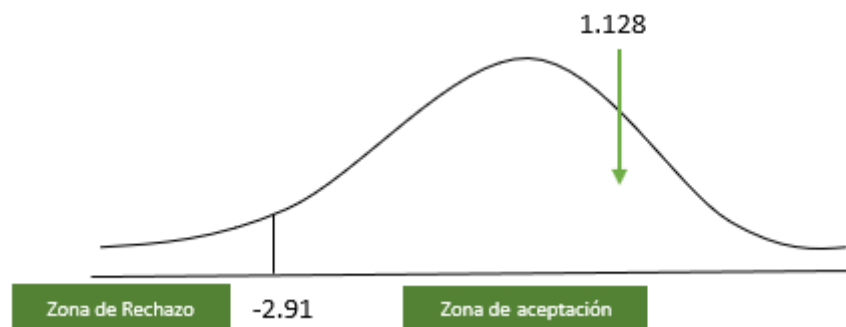


Figura 32. Representación de la prueba t para el parámetro nitrógeno total.

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: a través de la prueba estadística se determinó que el parámetro nitrógeno total influye significativamente en la calidad de agua (se acepta H<sub>0</sub>).

- Nitratos:

Se plantearon las hipótesis:

\*H<sub>0</sub>: el parámetro nitratos influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu > 13$  mg/L).

\*H<sub>1</sub>: el parámetro nitratos no influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu \leq 13$  mg/L).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).

Tabla 12. Prueba t para el parámetro nitratos.

| Prueba de muestra única |         |    |                  |                      |                                                 |           |
|-------------------------|---------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------------------|-----------|
| Valor de prueba = 13    |         |    |                  |                      |                                                 |           |
|                         | t       | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % de intervalo de confianza de la diferencia |           |
|                         |         |    |                  |                      | Inferior                                        | Superior  |
| Nitratos                | -95.846 | 2  | 0.000            | -12.079333           | -12.62159                                       | -11.53708 |

Fuente: elaboración propia con SPSS.

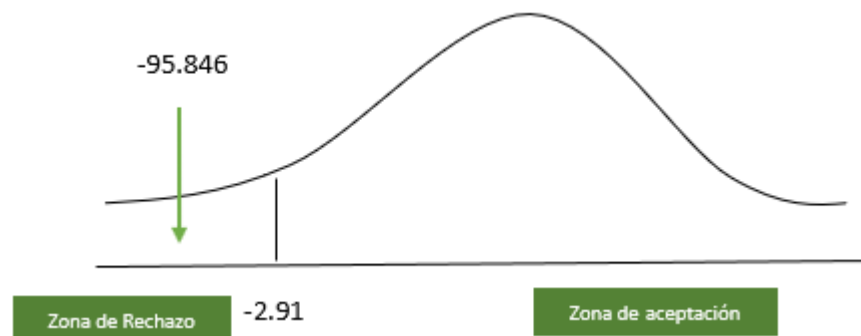


Figura 33. Representación de la prueba t para el parámetro nitratos.

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: a través de la prueba estadística se determinó que el parámetro nitratos no influye significativamente en la calidad de agua (se rechaza H<sub>0</sub>).

- Oxígeno disuelto:

Se plantearon las hipótesis:

\*H<sub>0</sub>: el parámetro oxígeno disuelto influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu \geq 5$  mg/L).

\*H<sub>1</sub>: el parámetro nitratos no influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu < 5$  mg/L).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).

Tabla 13. *Prueba t para el parámetro oxígeno disuelto.*

| Prueba de muestra única |        |    |                  |                      |                                                 |          |
|-------------------------|--------|----|------------------|----------------------|-------------------------------------------------|----------|
| Valor de prueba = 5     |        |    |                  |                      |                                                 |          |
|                         | t      | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95 % de intervalo de confianza de la diferencia |          |
|                         |        |    |                  |                      | Inferior                                        | Superior |
| Oxígeno disuelto        | 30.375 | 2  | 0.001            | 2.206667             | 1.89409                                         | 2.51925  |

Fuente: elaboración propia con SPSS.

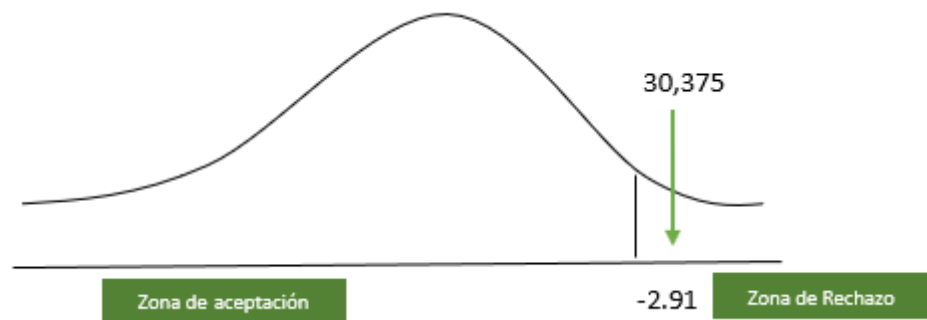


Figura 34. Representación de la prueba t para el parámetro oxígeno disuelto.

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: a través de la prueba estadística se determinó que el parámetro nitratos no influye significativamente en la calidad de agua. (se rechaza H<sub>0</sub>).

- Prueba de signos para parámetros no normales: se utilizó la prueba de signos para una muestra única, donde se evaluó la hipótesis y la media de la muestra se comparó con el valor del ECA Agua - Perú, Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos, subcategoría E1: lagunas y lagos.

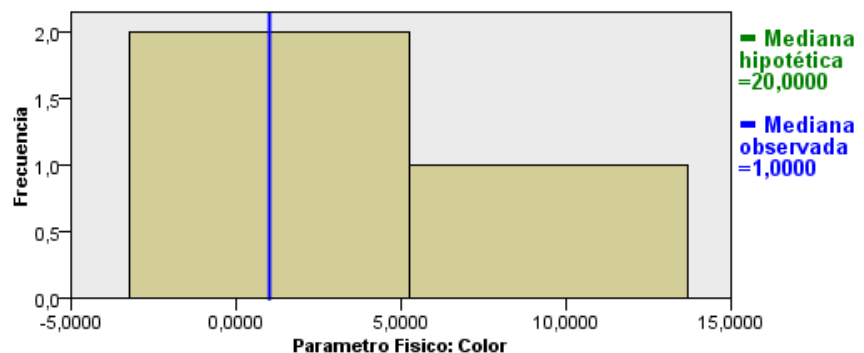
- Color:

Se plantearon las hipótesis:

\*H<sub>0</sub>: el parámetro color no influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu > 20 \text{ mg/L}$ ).

\*H<sub>1</sub>: el parámetro color influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu \leq 20 \text{ mg/L}$ ).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).



|                                                    |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| <b>N total</b>                                     | 3      |
| <b>Estadístico de prueba</b>                       | ,000   |
| <b>Error estándar</b>                              | 1,837  |
| <b>Estadístico de prueba estandarizado</b>         | -1,633 |
| <b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b> | .      |

Figura 35. Resultado de la prueba de signos para el parámetro color.

Fuente: elaboración propia con SPSS.



|   | Hipótesis nula                                            | Prueba                                                  | Sig. | Decisión                    |
|---|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------|-----------------------------|
| 1 | La mediana de Parametro Fisico: Color es igual a 20,0000. | Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra | ,102 | Conserve la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Figura 36. Resumen de contraste de hipótesis para el parámetro color.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Conclusión: el valor del estadístico muestral de color es menor que el valor crítico, aceptando la  $H_0$  y aseverando que dicho parámetro no afecta en la calidad ambiental del agua.

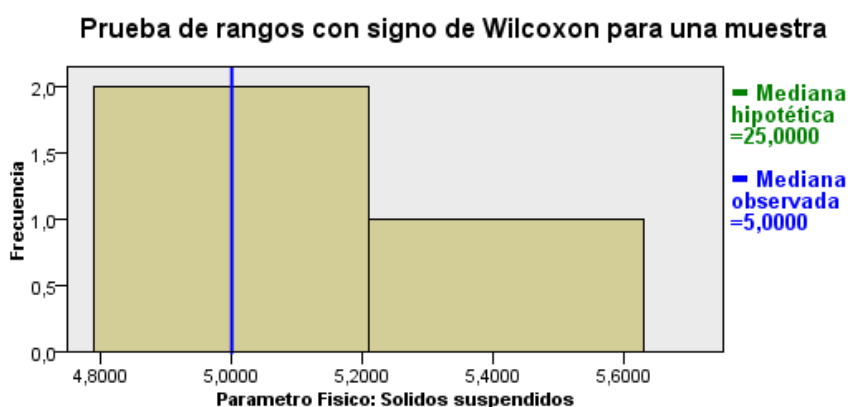
- Sólidos suspendidos totales:

Se plantearon las hipótesis:

\* $H_0$ : el parámetro sólidos suspendidos totales no influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu \leq 25$  mg/L).

\* $H_1$ : el parámetro sólidos suspendidos totales influye significativamente en la calidad de agua ( $\mu > 25$  mg/L).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).



|                                                    |        |
|----------------------------------------------------|--------|
| <b>N total</b>                                     | 3      |
| <b>Estadístico de prueba</b>                       | ,000   |
| <b>Error estándar</b>                              | 1,837  |
| <b>Estadístico de prueba estandarizado</b>         | -1,633 |
| <b>Significación asintótica (prueba bilateral)</b> | .      |

Figura 37. Resultado de la prueba de signos para el parámetro sólidos suspendidos totales.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

|          | <b>Hipótesis nula</b>                                                   | <b>Prueba</b>                                           | <b>Sig.</b> | <b>Decisión</b>             |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| <b>1</b> | La mediana de Parametro Fisico: Solidos suspendidos es igual a 25,0000. | Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra | ,102        | Conserve la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Figura 38. Resumen de contraste de hipótesis para el parámetro sólidos suspendidos totales.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Conclusión: el valor del estadístico muestral del parámetro sólidos suspendidos totales es menor que el valor crítico, aceptando la  $H_0$  y aseverando que dicho parámetro no afecta en la calidad ambiental del agua.

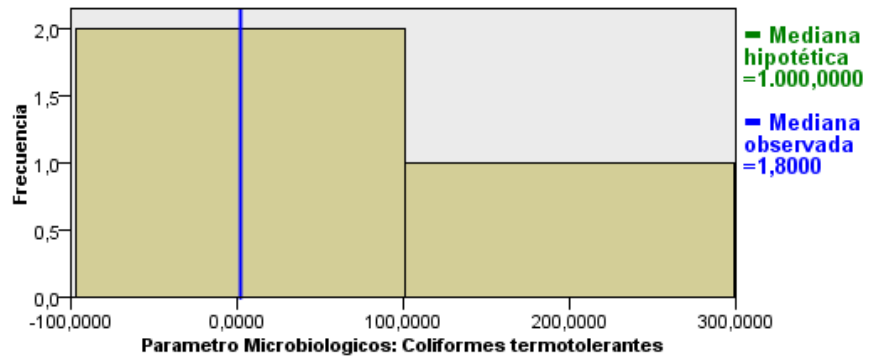
- Coliformes termotolerantes:

Se plantearon las hipótesis:

\* $H_0$ : el parámetro de coliformes termotolerantes no influye significativamente en la calidad de agua ( $Me \leq 1\,000$  NMP/100 mL).

\*H<sub>1</sub>: el parámetro de coliformes termotolerantes no influye significativamente en la calidad de agua (Me > 1 000 NMP/100 mL).

\*Significancia:  $\alpha = 0.05$  (error tipo I).



|                                             |        |
|---------------------------------------------|--------|
| N total                                     | 3      |
| Estadístico de prueba                       | ,000   |
| Error estándar                              | 1,837  |
| Estadístico de prueba estandarizado         | -1,633 |
| Significación asintótica (prueba bilateral) | .      |

Figura 39. Resultado de la prueba de signos para el parámetro de coliformes termotolerantes.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

| Resumen de contrastes de hipótesis |                                                                                            |                                                         |      |                             |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------|-----------------------------|
|                                    | Hipótesis nula                                                                             | Prueba                                                  | Sig. | Decisión                    |
| 1                                  | La mediana de Parametro Microbiologicos: Coliformes termotolerantes es igual a 1.000,0000. | Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra | ,102 | Conserve la hipótesis nula. |

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es ,05.

Figura 40. Resumen de contraste de hipótesis para el parámetro de coliformes termotolerantes.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

Conclusión: el valor del estadístico muestral del parámetro de coliformes termotolerantes es menor que el valor crítico, aceptando la  $H_0$  y aseverando que los coliformes termotolerantes no afectan en la calidad ambiental del agua.

#### 4.2. Discusión de resultados

Fueron en total 13 parámetros analizados para la investigación, con un total de 3 muestras tomadas: en la entrada de la laguna Choclococha (punto blanco), en la laguna (punto de control) y la salida de la laguna; de los cuales el parámetro fósforo total y nitrógeno total son los valores que superan en concentraciones a los ECA Agua; el autor Ovando (4) concluye que la acuicultura es considerada como una fuente muy importante en la producción de alimento, sin embargo, la construcción de grandes parque acuícolas que demandan grandes cantidades de agua, afecta a los seres vivos por las elevadas cargas de contaminantes vertidas ricas en fósforo y nitrógeno.

Respecto al parámetro nitratos, se presenta una diferencia de concentraciones en los puntos PM°2 (control) y PM°3 (salida) respecto del PM°1 (punto blanco) con un valor de 0.764 mg/L, en el PM°2 se tuvo un valor de 0.828 mg/L y en el PM°3 un valor de 1.17 mg/L. Los lagos con niveles entre 0.0 y 0.1 de nitratos corresponden a lagos oligotróficos. Los nitratos normalmente no presentan problemas de toxicidad para los peces siendo los valores máximos permisibles según el ECA Agua - Perú de 13 mg/L. El autor González (5) presenta como resultados que el comportamiento de concentración de los nitratos en las jaulas de alivinado es de 0.13 mg/L y en las jaulas de levante y engorde es de 0.18 mg/L y el punto blanco es de 0.1 mg/L. Según el análisis de los parámetros, presentaron efectos significativos en los puntos PM°2 y PM°3 con respecto al punto PM°1, lo que demuestra que existe una mayor contaminación debido al alimento suministrado a las truchas, los productos metabólicos de los mismos y el alimento no consumido por los peces.

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los parámetros químicos más importantes de la laguna Choclococha; la concentración de OD está ligada a factores como la altitud de la laguna con respecto al nivel del mar, la temperatura, el movimiento del agua y la vida dentro del lago. Si el OD presenta valores menores a 2 mg/L, este cuerpo

de agua no puede sustentar la vida y por lo tanto el lago se encuentra en condiciones de eutrofización. Para la investigación, el punto PM°1 tuvo un valor de 7.34 mg/L, mientras que para el punto PM°2 fue 7.19 mg/L y en el punto PM°3 fue 7.09 mg/L, presentando concentraciones inferiores respecto al punto de control; se observa que donde está la crianza de trucha de manera intensiva disminuye la concentración de este parámetro, lo que quiere decir que parte del oxígeno disuelto se utiliza para la degradación de la materia orgánica.

Para el parámetro pH, el ECA Agua - Perú menciona que se tiene que encontrar en un rango de 6.5 a 9 para la Categoría 4: conservación de ambientes acuáticos; en base a aquello, el pH obtenido en los puntos de muestreo es uniforme con un valor de 6.5, el cual se encuentra en el rango considerado como óptimo para el desarrollo de la vida dentro del lago.

Para el parámetro fósforo total el resultado del punto PM°1 fue de 0.135 mg/L, en el punto PM°2 se tuvo un valor 0.073 mg/L y en el punto PM°3 fue 0.146 mg/L; se evidencia que el punto de muestreo a la entrada de la laguna presenta una concentración mayor respecto del punto de control, esto se debe a que el fósforo en algunos lagos de zonas altoandinas puede provenir del desprendimiento de las rocas, la concentración de materia orgánica y heces de los peces. En el punto PM°3 se evidencia que la concentración de fósforo total es mayor que el punto PM°1, lo que demuestra que existe un efecto por la alimentación suministrada a las truchas por los alimentos no consumidos y la composición de éstos que genera un aumento en la concentración. Alegría (7) menciona en sus resultados que la concentración de fosfatos totales fue de 1.39 mg/L en el punto de entrada y 2.70 mg/L en la salida, estos datos contribuyen con la confiabilidad de la presente tesis.

Adicionando a la discusión de resultados, en el artículo científico de Ovando (4) se menciona que la crianza de trucha de manera intensiva aporta grandes cargas de contaminantes ricos en fósforo, potasio y nitrógeno, y en consecuencia el medio acuático entra en un proceso de eutrofización.

## CONCLUSIONES

- Los datos obtenidos indican que el parámetro temperatura no presenta un cambio por la crianza de trucha de manera intensiva, mientras que para el parámetro color se tiene que en el punto PM°1 se presenta una concentración mayor que en el punto PM°3, concluyendo que no hay un impacto de la crianza de trucha de manera intensiva, y para el parámetro sólidos suspendidos totales se muestra una concentración mayor en el punto PM°1, entrada de la laguna, en comparación del punto PM°3, después del impacto, concluyendo así que no hay efecto de la crianza de trucha de manera intensiva.
- Los parámetros químicos evaluados en la investigación fueron: DBO, DQO, fósforo total, nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total, oxígeno disuelto, cianuro libre y pH. Todos los parámetros, excepto el nitrógeno total y el fósforo total, tienen un comportamiento normal, concluyendo que la crianza de trucha de manera intensiva afecta sobre los parámetros fósforo total y nitrógeno total.
- El parámetro microbiológico analizado, coliformes termotolerantes, tiene una concentración mayor en el punto PM°1, antes del impacto, en comparación al punto PM°3, después del impacto, concluyendo que la crianza intensiva de trucha no tiene un efecto en el parámetro coliformes termotolerantes, sin embargo, el pastoreo de los animales hace que las heces y orina de éstos se mueva a través de la escorrentía y llegue a los afluentes de la laguna, por ello se tiene una concentración mayor de coliformes termotolerantes en el punto inicial (ingreso a la laguna, PM°1).
- Con los resultados de la investigación obtenidos de la laguna Choclococha, respecto de los parámetros fósforo total y nitrógeno total que superan las concentraciones máximas para la categoría 4: conservación del ambiente acuático, se concluye que la empresa PATSAC, que tiene el permiso de uso de agua en la zona, no está cumpliendo con su Instrumento de Gestión Ambiental.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda un estudio a largo plazo que pueda observar el comportamiento de las concentraciones en las épocas de estiaje y avenida, en la cual se pueda determinar la calidad del agua.
- Se recomienda realizar monitoreos constantes a los parámetros fósforo total, nitratos, nitrógeno total y oxígeno disuelto; con los datos obtenidos de la investigación, si la crianza de trucha en la laguna Choclococha va en aumento (con mayor cantidad de jaulas flotantes), a un tiempo determinado, la laguna Choclococha puede presentar evidencia de eutrofización acelerada.
- Se recomienda a las empresas instaladas en la laguna Choclococha llevar un control de la cantidad de truchas criadas, de manera que esto sirva para una adecuada dosificación del alimento para así disminuir las concentraciones del nitrógeno total, fósforo total y nitratos.
- Se recomienda mayor frecuencia de monitoreo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la laguna Choclococha para tener un control de la calidad y vigilancia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BORDEHORE, C. [en línea]. Problemas ambientales, problemas humanos, 2005 [fecha de consulta: 20 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/233387315>.
- (2) AQUAHoy [en línea]. Informe de PRODUCE analiza el desarrollo del cultivo de trucha y la importación de ovas en el Perú, 2017 [fecha de consulta: 22 de diciembre de 2018]. Disponible en: <https://www.aquahoy.com/mercado/estudios/30374-informe-de-produce-analiza-el-desarrollo-del-cultivo-de-trucha-y-la-importacion-de-ovas-en-el-peru>.
- (3) DIARIO CORREO [en línea]. Castrovirreyna producen mil 600 toneladas de trucha [fecha de consulta: 22 de octubre de 2014].
- (4) OVANDO, M. La acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. Espacio I+D Innovación más Desarrollo, 2012, 2(3).
- (5) GONZÁLEZ, E. Impacto ambiental de la acuicultura intensiva en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, Nariño. Tesis (Magíster en Ingeniería Ambiental). Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- (6) VALLEJO, D. Determinación del nivel de contaminación del agua producido por la actividad piscícola al estero Flor del Valle de la parroquia Puerto Libre, cantón Gonzalo Pizarro provincia de Sucumbíos. Tesis (Título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente). Loja: Universidad Nacional de Loja, 2016.
- (7) ALEGRÍA, R. Caracterización de parámetros físicos químicos en piscigranjas del Río Obrajillo, microcuenca de Canta - 2016. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2016.
- (8) VÁSQUEZ, W., TALAVERA, M. y INGA, M. Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno. Rev. Soc. Quím. Perú, 2016, 82(1). ISSN: 1810-634X.



- (9) MARIANO, M., y otros. Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junin, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 2010, 17(1). ISSN: 1727-9933.
- (10) DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS Y SUELOS - ATDR ICA. *Balance hidrológico de la cuenca integral del río Ica*. Ica: Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2000.
- (11) QUISPE, A. Evaluación socioeconómica de la crianza de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas metálicas en tres comunidades de la de la cuenca del lago Titicaca. Tesis (Título de Ingeniera Agrónoma). La Paz: Universidad Mayor de San Andrés, 2011.
- (12) FONDO NACIONAL DE DESARROLLO PESQUERO. *Manual de cultivo de trucha en ambientes convencionales*. Lima: Ministerio de la Producción, 2012.
- (13) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. *Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris*. Guatemala: FAO, 2014.
- (14) MONTESINOS, J. Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en centros de cultivo del lago Titicaca. Tesis (Maestro en Sanidad Acuícola). Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, 2018.
- (15) FONDO NACIONAL DE DESARROLLO PESQUERO. *Manual de cultivo de truchas arcoíris en jaulas*. Lima: Acuerdo de Colaboración Interinstitucional AECI/PADESPA, 2004.
- (16) TARAPUES, L. Propuesta de un Plan de Manejo Ambiental para los cultivos de trucha arcoíris en estanques escavados en tierra, vereda el Barranco, corregimiento Especial, municipio de La Florida. Tesis (Título de Especialista en Ecología). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, 2012.
- (17) BUSCHMANN, A. *Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo*. Santiago: Terram, 2001.
- (18) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA [en línea]. Nosotros, 2008 [fecha de consulta: 20 de abril de 2019.]. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/nosotros/la-autoridad/nosotros>.

- (19) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA [en línea]. Estadísticas ambientales, 2016 [fecha de consulta: 28 de febrero de 2020]. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1637/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1637/libro.pdf).
- (20) CAMPOS, I. *Saneamiento ambiental*. San José: EUNED, 2000. ISBN: 9968-31-069-7.
- (21) RIGOLA, M. y RIGOLA, M. *Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales*. Barcelona: Marcombo Boixareu Editores, 1989. ISBN: 84-267-0740-8.
- (22) DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. *Abastecimiento de poblaciones y uso recreacional*. Lima: DIGESA, 2010.
- (23) MONGE, J., GÓMEZ, P. y RIVAS, M. *Biología general*. San José: EUNED, 2002. ISBN: 9968-31-189-8.
- (24) GARCÍA, E. [en línea]. Desarrollo sustentable y medio ambiente, 2018 [fecha de consulta: 28 de febrero de 2020.] Disponible en: [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/zimapan/ingenieria\\_en\\_procesamiento\\_de\\_recursos\\_minerales/2018/development\\_sustainable\\_and\\_environment.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/zimapan/ingenieria_en_procesamiento_de_recursos_minerales/2018/development_sustainable_and_environment.pdf).
- (25) AGUAMARKET [en línea]. Nitrógeno total, 2017 [fecha de consulta: 20 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=3188&termino=Nitr%F3geno+total>.
- (26) CAMARGO, J. y ALONSO, A. Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 2007, 16(2).
- (27) MINAYA, R. Parámetros físicos, químicos, microbiológicos para determinar la calidad del agua en la laguna Moronacocha, época de transición creciente-vaciante. Iquitos. Perú. 2016. Tesis (Título de Ingeniero en Gestión Ambiental). Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, 2016.

- (28) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Glosario de términos - Sitios contaminados*. Lima: Dirección General de Calidad Ambiental, 2016.
- (29) INFOJARDÍN [en línea]. Coliformes fecales - definición, 2017 [fecha de consulta: 21 de agosto de 2019]. Disponible en: <http://www.infojardin.net/glosario/colenquima/coliformes-fecales.htm>.
- (30) CONCEPTO [en línea]. Ecosistema acuático, 2013 [fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://concepto.de/ecosistema-acuatico/>.
- (31) MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Glosario de términos para la Gestión Ambiental Peruana*. Lima: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental, 2012.
- (32) CONCEPTO [en línea]. Impacto ambiental, 2013 [fecha de consulta: 9 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://concepto.de/impacto-ambiental/>.
- (33) MINISTERIO DEL AMBIENTE [en línea]. Funciones del Ministerio del Ambiente, 2017 [fecha de consulta: 23 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/el-ministerio/mision-y-vision/#:~:text=Funciones%20del%20Ministerio%20del%20Ambiente,todos%20los%20niveles%20de%20gobierno..>
- (34) GOBIERNO DEL PERÚ [en línea]. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - ¿Qué hacemos?, 2019 [fecha de consulta: 2 de setiembre de 2019]. Disponible en: <https://www.gob.pe/870-organismo-de-evaluacion-y-fiscalizacion-ambiental-que-hacemos>.
- (35) ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL [en línea]. OEFA, 2015 [fecha de consulta: 22 de agosto de 2019]. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=13978](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=13978).
- (36) CONCEPTODEFINICIÓN [en línea]. Piscicultura, 2016 [fecha de consulta: 12 de agosto de 2019]. Disponible en: <https://conceptodefinicion.de/piscicultura/>.
- (37) CONCEPTOS BÁSICOS DE LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN [en línea]. Métodos de la investigación, 2010 [fecha de consulta: 02 de setiembre de 2019]. Disponible en: <http://metodologia02.blogspot.com/p/metodos-de-la-investigacion.html>.

- (38) CUSTODIO, A. [en línea]. Métodos y técnicas de investigación científica, 2008 [fecha de consulta: 5 de septiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/?fbclid=IwAR1r6fphfBfIPylrmvy-B2\\_FRA1sw8r-06FaMG9cNRVONWcZz0B9OFyZDe8](https://www.gestiopolis.com/metodos-y-tecnicas-de-investigacion-cientifica/?fbclid=IwAR1r6fphfBfIPylrmvy-B2_FRA1sw8r-06FaMG9cNRVONWcZz0B9OFyZDe8).
- (39) ARROYO, J. *¿Cómo ejecutar un plan de investigación?* Huancayo: Fundación para el Desarrollo y Aplicación de las Ciencias, 2012.
- (40) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (41) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua de los Recursos Hídricos Superficiales*. Lima: ANA, 2016.
- (42) MINISTERIO DEL AMBIENTE. D.S. 004-2017-MINAM. *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias*. Lima: MINAM, 2017.

## **ANEXOS**

**Anexo 01.** Operacionalización de las variables.

| Variables                                                    | Definición conceptual                                                                                                         | Dimensiones                              | Subdimensión                                                                                                                            | Indicadores                                                                                                                                                                                   | Medida                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>V.I.: Crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes</b> | Es el cultivo de peses bajo condiciones controladas, se alimenta exclusivamente con alimentos balanceados ricos en proteínas. | Crianza de truchas                       | Cultivo de truchas                                                                                                                      | Cantidad de truchas (crianza de manera intensiva)                                                                                                                                             | Unidad                                                                                                                                   |
| <b>V.D.: Calidad del agua</b>                                | Se refiere a las características físicas, químicas, microbiológicas, del agua con relación a la necesidad humana.             | Estándares de Calidad de Agua - ECA AGUA | <p>Concentración de parámetros físicos</p> <p>Concentración de parámetros químicos</p> <p>Concentración del elemento microbiológico</p> | <p>pH</p> <p>Color</p> <p>Fosforo total</p> <p>Nitratos</p> <p>Nitrógeno amoniacal</p> <p>Nitrógeno total</p> <p>Oxígeno disuelto</p> <p>DBQ</p> <p>DQO</p> <p>Coliformes termotolerantes</p> | <p>pH</p> <p>UC</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg/L</p> <p>mg O2/L</p> <p>NMP/100 mL</p> |

**Anexo 02. Matriz de consistencia.**

| PROBLEMAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | MARCO TEÓRICO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | VARIABLES                                                                                                                                                                                              | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b><u>General:</u></b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en la calidad del agua de la laguna Choclococha?</p> <p><b><u>Específicos:</u></b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros físicos del agua de la laguna Choclococha?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros químicos del agua de la laguna Choclococha?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en el parámetro microbiológico del agua de la laguna Choclococha?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la crianza intensiva de trucha en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental del Agua D.S. N° 004-2017?</p> | <p><b><u>General:</u></b></p> <p>Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en la calidad del agua de la laguna Choclococha</p> <p><b><u>Específicos:</u></b></p> <p>Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros físicos del agua de la laguna Choclococha.</p> <p>Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en los parámetros químicos del agua de la laguna Choclococha.</p> <p>Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en el parámetro microbiológico del agua de la laguna Choclococha.</p> <p>Evaluar el efecto de la crianza intensiva de trucha en comparación con el Estándar de Calidad Ambiental del Agua D.S. N° 004-2017.</p> | <p><b><u>Hipótesis de la investigación:</u></b></p> <p>La crianza intensiva de trucha influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha.</p> <p><b><u>Hipótesis nula:</u></b></p> <p>H<sub>0</sub>: La crianza intensiva de trucha no influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha.</p> <p><b><u>Hipótesis alterna:</u></b></p> <p>H<sub>1</sub>: La crianza intensiva de trucha si influye significativamente en la calidad del agua de la laguna Choclococha en función a los análisis de los resultados obtenidos.</p> | <p><b><u>Bases teóricas:</u></b></p> <p>Crianza de trucha de manera intensiva en sistemas de jaulas flotantes.</p> <p>Crianza de trucha.</p> <p>Estado actual de la crianza de trucha en el Perú.</p> <p>Sistemas de cultivo de jaulas flotantes.</p> <p>Tipos de cultivo.</p> <p>Características del agua para la crianza de truchas.</p> <p>Etapas de cultivo de truchas en jaulas flotantes.</p> <p>Alimentación.</p> <p>Los desechos.</p> <p>Usos de químicos en la piscicultura.</p> <p>Calidad ambiental del componente acuático.</p> <p>El agua en el Perú</p> <p>Parámetros de importancia para determinar el impacto ambiental.</p> | <p><b><u>Variable 1:</u></b></p> <p>Crianza intensiva de trucha en jaulas flotantes</p> <p>Tipo: Independiente.</p> <p><b><u>Variable 2:</u></b></p> <p>Calidad del agua</p> <p>Tipo: Dependiente.</p> | <p><b><u>Tipo y nivel de investigación:</u></b></p> <p>Tipo: Aplicada.</p> <p>Nivel: Explicativo.</p> <p><b><u>Método general y específico:</u></b></p> <p>General: Analítico, hipotético-deductivo.</p> <p>Específico: Observacional, obtención de información y generación de conocimientos</p> <p><b><u>Diseño de investigación:</u></b></p> <p>No experimental - transeccional.</p> |

### Anexo 03. Cadena de custodia:

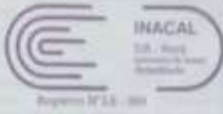
DA-RCCP  
Version 01  
2017-10-20



## Anexo 04. Informe de ensayo.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003**



**INACAL**  
Organismo Peruano de Acreditación  
Registro N° LE - 003

**INFORME DE ENSAYO N° 1-00097/19**

Pag. 1/2

|                                     |                                                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Solicitante                         | TUNQUE HUAMANI, JHORDANY FRANKOVSKY JANSEN                        |
| Domicilio legal                     | Jr Jose Olave N° 199 Urb San Fabian - Huancavelica                |
| Producto declarado                  | AGUA SUPERFICIAL                                                  |
| Cantidad de Muestras para el Ensayo | 3 muestras x 19.375 L<br>Muestra proporcionada por el solicitante |
| Identificación de la muestra        | AGUA DE RIO<br>LAGUNA CHOCLOCOCHA<br>Según se indica              |
| Forma de Presentación               | En frascos de plástico, cerrados y refrigerados                   |
| Fecha de recepción                  | 2018 - 12 - 21                                                    |
| Fecha de inicio del ensayo          | 2018 - 12 - 21                                                    |
| Fecha de término del ensayo         | 2019 - 01 - 04                                                    |
| Ensayo realizado en                 | Laboratorio de Microbiología (Callao) / Ambiental                 |
| Identificado con                    | N°S 18014078 (EXMA-19878-2018)                                    |
| Validez del documento               | Este documento es válido solo para las muestras descritas         |

**Análisis Físico Químico:**

| Ensayo                      | LD    | Unidad | Muestras / Resultados |        |             |
|-----------------------------|-------|--------|-----------------------|--------|-------------|
|                             |       |        | PT2. ENTRADA          | CAJA   | VERTIMIENTO |
| Carbono Libre               | 0.001 | mg/L   | <0.001                | <0.001 | <0.001      |
| Color                       | 1     | UC     | 8.47                  | <1.0   | <1.0        |
| Demanda Química de Oxígeno  | 2     | mg/L   | <2.00                 | <2.00  | <2.00       |
| Demanda Química de Oxígeno  | 10    | mg/L   | <10.00                | <10.00 | <10.00      |
| Fósforo Total               | 0.002 | mg/L   | 0.138                 | 0.073  | 0.146       |
| Nitrato                     | 0.044 | mg/L   | 0.764                 | 0.828  | 1.17        |
| Nitrógeno Ammoniacal        | 0.02  | mg/L   | <0.02                 | 0.097  | <0.02       |
| Nitrógeno Total             | 0.03  | mg/L   | 0.352                 | 0.647  | 0.588       |
| Oxígeno Disuelto            | 0.08  | mg/L   | 7.34                  | 7.18   | 7.38        |
| Sulfuro                     | 0.001 | mg/L   | <0.001                | <0.001 | <0.001      |
| Sólidos Suspensivos totales | 5.00  | mg/L   | 8.42                  | <5.00  | <5.00       |
| Temperatura                 | -     | °C     | 23.5                  | 22.3   | 22.8        |

LD: Límite de detección



**CALLAO**  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 001, La Perla - Callao  
T: (511) 310 9000  
info@cerper.com - www.cerper.com

**AREQUIPA**  
Calle Tariente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T: (054) 265572

**CHIMBOTE**  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T: (049) 311 048

**PIURA**  
Urb. Angamos A - 2 - Piura  
T: (073) 322 908 / 3975 6316

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-00097/19

Pág. 2/2

Análisis Microbiológico:

| Ensayo                           | Unidad     | Muestras / Resultados |       |             |
|----------------------------------|------------|-----------------------|-------|-------------|
|                                  |            | PTZ. ENTRADA          | CAJA  | VERTIMIENTO |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) | NMP/100 mL | 200                   | < 1,8 | < 1,8       |

MÉTODOS

Cianuro Libre: EPA Method 8015.2010. Free Cyanide in Water, Soils and Solid Wastes by Microdiffusion.

Coliformes Termotolerantes (NMP): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E1, 23 rd Ed 2017. Multiple-tube fermentation technique for members of the Coliform group. Fecal Coliform procedure. Thermotolerant coliform test (EC medium).

Color: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed 2017. Color. Spectrophotometric-Single-Wavelength Method (Proposed).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed 2017. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colometric Method.

Fósforo Total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Ed 2017. Phosphorus. Ascorbic Acid Method.

Nitratos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> E, 23 rd Ed. 2017. Nitrogen (Nitrate). Cadmium Reduction Method.

Nitrogeno Amoniacal: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH<sub>3</sub> D, 23rd Ed. 2017. Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method.

Nitrogeno Total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Ed 2017. Nitrogen. Persulfate Method.

Oxígeno Disuelto: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23 rd Ed 2017. Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

Sulfuro(s): SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 4500-S-2 D, 23 rd Ed. 2017. METHYLENE BLUE METHOD.

Sólidos Suspendidos: SMEWW-APHA-AWWA-WEF PART 2540 D, 23 rd Ed. 2017. SOLIDS. TOTAL SUSPENDED SOLIDS DRIED AT 103 - 105 °C.

(\*) Temperatura: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed 2017. Temperature. Laboratory and Field Methods.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 04 de enero de 2019  
MS

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.  
*[Firma]*  
ING. HENRY OCHOA  
C.R.P. N° 198738  
EVALUADOR DE COORDINACIÓN

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000  
info@cerper.com - www.cerper.com

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CHIMBOTE  
Av. José Carlos Mariátegui s/n  
Centro Cívico, Nuevo Chimbote  
T. (049) 311 048

PIURA  
Urb. Argemón A. 2 - Piura  
T. (073) 322 908 / 9975 63161

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE

**Anexo 05.** Toma de muestra del primer punto.



**Anexo 06.** Toma de muestra del segundo punto.





**Anexo 07.** Toma de muestra del tercer punto.



**Anexo 08.** Termómetro.



**Anexo 09.** pH.



**Anexo 10.** GPS.



**Anexo 11.** Laguna Choclococha.



**Anexo 12.** Toma de agua de la represa para el canal de Ica.



**Anexo 13.** Recipiente de transporte.

