

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESINA**

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA EN  
ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS FLOTANTES EN LA BAHÍA  
DE POMATA (ZONA FARO), 2021**

**PRESENTADA POR:**

**GLADYS YESICA CHOQUE VARGAS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESINA**

**DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA EN  
ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS FLOTANTES EN LA BAHÍA  
DE POMATA (ZONA FARO), 2021**

**PRESENTADA POR:**

**GLADYS YESICA CHOQUE VARGAS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:  
BACHILLER EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE



Dr. LUIS ALBERTO SUPO QUISPE

PRIMER MIEMBRO



M.Sc. MARLENE CUSI MONTESINOS

ASESOR DE TESINA



M.Sc. CARLOS ALBERTO CCAMA POLANCO

Área: Ciencias Naturales

Disciplina: Oceanografía, Hidrografía y Recursos del Agua

Especialidad: Contaminación y Mitigación de Aguas Superficiales: Mares, limos (Lagos, Lagunas) y cursos de Agua (Ríos, Riachuelos).

Puno, 29 de abril del 2021

**DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de investigación, primeramente a Nuestro Padre Celestial, quien siempre ha guiado mis pasos a lo largo de toda mi vida y que ha permitido desarrollarme también en el ámbito académico.

A mis padres quienes supieron guiarme siempre por el camino correcto en la vida, a mis hermanos con quienes compartí los mejores momentos de mi existencia.

**Gladys Yesica.**

## AGRADECIMIENTOS

- Mi agradecimiento inicial es para la Universidad Privada San Carlos de Puno, por brindarme sus aulas para formarme como futuro Ingeniero Ambiental.
- A todos los docentes de Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por todas sus enseñanzas y consejos a lo largo de todos los años de formación profesional.
- A los jurados de la presente Tesina, cuyas valiosas sugerencias permitieron una mejor presentación en su forma y su contenido.
- A todas las personas que directa e indirectamente colaboraron en la culminación de este estudio, sobre todo a los criadores de trucha en Pomata, por las facilidades prestadas.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	1

**CAPÍTULO I****PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO O SOLUCIÓN**

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	3
1.2. Antecedentes	5
1.2.1. A nivel internacional	5
1.2.2. A nivel nacional	7
1.2.3. A nivel local	8
1.3. OBJETIVOS	9
1.3.1. Objetivo general	9
1.3.2. Objetivos específicos	10

**CAPÍTULO II****MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

2.1. Marco teórico	11
2.1.1. Marco Normativo	11
2.1.2. Crianza de truchas en jaulas en el lago Titicaca.	11
2.1.3. Etapas de la producción de truchas	13
2.1.4. Parámetros físicos del agua	14
2.1.5. Parámetros químicos	15

2.1.6. Estándar de calidad de aguas continentales	16
2.2. Marco conceptual	16
2.3. HIPÓTESIS	18
2.3.1. Hipótesis general	18
2.3.2. Hipótesis específicas	18

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. ZONA DE ESTUDIO	19
3.2. TAMAÑO DE MUESTRA	21
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	21
3.4. MATERIALES	22
3.4.1. Recolección de muestras de agua	22
3.4.2. Parámetros físicos	23
3.4.3. Parámetros químicos	25
3.5. Identificación de variables	25
3.6. Método o diseño estadístico	26

### **CAPÍTULO IV**

#### **EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

4.1. Parámetros físicos del agua.	27
4.2. Parámetros químicos del agua.	29
4.3. Pruebas de hipótesis	34
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	41

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites Máximos Permisibles de calidad física y química de agua en lagos y lagunas	16
Tabla 2. Diseño de la toma de muestras	23
Tabla 3. Temperatura (°C) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes	27
Tabla 4. Conductividad eléctrica (uS/cm) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	28
Tabla 5. Sólidos Disueltos Totales (NTU) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	28
Tabla 6. pH del agua (unidades) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	29
Tabla 7. Oxígeno disuelto (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	30
Tabla 8. Sulfatos (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	31
Tabla 9. Nitratos (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	31
Tabla 10. Cloruros (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	32
Tabla 11. Dureza total (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista general bahía de Pomata	20
Figura 2. Puntos de muestreo en la Zona Faro-Pomata	21

## RESUMEN

La afectación de la calidad del agua como efecto de la actividad económica del hombre, como es el caso de la crianza de truchas en jaulas flotantes, debe ser evaluada continuamente. El estudio tuvo el objetivo de determinar los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), 2021. La metodología consistió en la realización de un estudio no experimental, se tomaron cuatro muestras de agua superficial, dos en la zona específica de crianza de truchas en jaulas flotantes y dos en una zona cercana sin jaula, los análisis de los parámetros físicos y químicos se realizaron en laboratorio, se utilizó la normatividad de límites máximos permisibles (DIGESA, 2011), el análisis estadístico fue la prueba de T de Student para una sola muestra con un nivel de confianza del 95%. Los resultados fueron: los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), se determinó temperatura de 18 y 18.2 °C, conductividad eléctrica de 2050 y 2730 uS/cm, sólidos disueltos totales 745.1 y 954.2 NTU. Para los parámetros químicos se determinó pH de 8.621 y 8.602 unidades, oxígeno disuelto 4.5 y 4.9 mg/l, sulfatos 31.69 y 31.69 mg/l, nitratos con 24.8 y 24.8 mg/l, cloruros 262.4 y 276.58 mg/l y dureza total 88.17 y 40.57 mg/l. Se concluye que la conductividad eléctrica y cloruros se hallan por encima del límite máximo permisible, el resto de parámetros se hallan dentro de lo normal.

Palabras clave: agua, físicos, químicos, parámetros, jaulas flotantes.

**ABSTRACT**

The impact on water quality as an effect of man's economic activity, as is the case of trout farming in floating cages, must be continuously evaluated. The objective of the study was to determine the physical and chemical parameters of the water in the trout rearing area in floating cages in Pomata Bay (Faro area), 2021. The methodology consisted of carrying out a non-experimental study, four Surface water samples, two in the specific area for rearing trout in floating cages and two in a nearby area without a cage, the analyzes of the physical and chemical parameters were carried out in the laboratory, the regulations of maximum permissible limits were used (DIGESA, 2011), the statistical analysis was the Student's t test for a single sample with a confidence level of 95%. The results were: the physical parameters of the water in the trout farming area in floating cages in the Pomata bay (Faro area), a temperature of 18 and 18.2 ° C, electrical conductivity of 2050 and 2730 uS / cm, dissolved solids was determined. totals 745.1 and 954.2 NTU. For the chemical parameters pH of 8,621 and 8,602 units, dissolved oxygen 4.5 and 4.9 mg / l, sulfates 31.69 and 31.69 mg / l, nitrates with 24.8 and 24.8 mg / l, chlorides 262.4 and 276.58 mg / l and total hardness 88.17 and 40.57 mg/l. It is concluded that the electrical conductivity and chlorides are above the maximum permissible limit, the rest of the parameters are within normal limits.

Keywords: water, physicists, chemicals, parameters, floating cages.

## INTRODUCCIÓN

Toda actividad humana que modifique el medio ambiente, genera diversos impactos en el mismo, es así que las aguas del lago Titicaca que de forma natural presentan un balance físico y químico propio de los sistemas naturales, puede verse modificado de forma importante por las actividades que realiza el ser humano (Gomez, 2017), es así que el fuerte desarrollo de la actividad acuícola en todo el ámbito del lago Titicaca, debe estar modificando dicho balance, una de las formas de monitorizar la calidad del agua es mediante los estudios de determinación de los parámetros físicos y químicos del mismo, los que permitirán de forma directa identificar si se encuentran alterados por dicha actividad, de ser así el profesional en ingeniería ambiental podrá realizar la recomendaciones correctivas y de mitigación para que el problema ambiental no se vaya agudizando y de lugar a procesos de mayor riesgo, no solo para el ser humano mismo sino para los diversos organismos acuáticos y de otros componentes de la cadena alimenticia de este sistema (Torres & Grandas, 2017).

Por tanto la investigación tiene justificación en el aspecto relacionado a la calidad del agua, considerando dos de las dimensiones más importantes en toda evaluación de este tipo, como son los parámetros físicos y químicos del agua, los que a partir de su análisis permiten tener una evaluación general del estado del cuerpo de agua (Martel, 2011), bajo estas consideraciones en el ámbito de estudio existen sospechas de que el agua se encuentre afectada por la constante actividad en las jaulas de truchas de la zona Faro en la bahía de Pomata.

Los resultados del estudio permitirán contar con información de primera mano y actualizada respecto a la situación problemática identificada en el ámbito de estudio, no sólo con fines académicos sino también serán de utilidad para los organismos del Estado Peruano relacionados con la supervisión y fiscalización de la calidad del ambiente por la

actividad acuícola. Todos los esfuerzos por la conservación del medio ambiente y la mitigación de los impactos por las actividades del hombre, permiten un desarrollo sostenido, donde el hombre y la naturaleza convivan de forma equilibrada.

El informe está estructurado en un primer capítulo donde se expone el planteamiento del problema, los antecedentes y objetivos de la investigación, en el segundo capítulo exponemos el marco conceptual, conceptual y las hipótesis, en el capítulo tercero se aborda la metodología, donde se detalla la zona de estudio, el tamaño de muestra, los métodos y técnicas utilizados, las variables de estudio y el método estadístico. En el cuarto capítulo exponemos los resultados y su respectivo análisis, finalmente presentamos las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y los anexos.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO O SOLUCIÓN

#### 1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

A nivel del mundo la acuicultura se ha convertido en una actividad de mucha importancia en la producción de alimentos (FAO, 2014), sobre todo como fuente de proteína para el ser humano, así mismo se ha constituido en una actividad económica, que permite generar trabajo e ingresos para muchas poblaciones en todo el mundo. En el Perú esta actividad productiva también se ha desarrollado de forma importante, así se tiene que para el año 2015 se produjo en sistemas de crianza acuícolas 90 996 TM de productos hidrobiológicos (PRODUCE, 2016), dentro de esta producción destaca en primer lugar por volumen producido, la trucha que es el 41% del total y se consolida como una actividad de mucha importancia económica, en segundo lugar se ubica la concha de abanico, langostinos y tilapia.

Según la información disponible para el Perú, las regiones que presentan una mayor producción de truchas para el año 2016 fueron: Puno, Junín, Huancavelica, Ayacucho y Cusco (Flores, 2017), así mismo respecto al aspecto económico que produce esta actividad en nuestra región se tiene que ha alcanzado los 42.3 millones de soles, aun cuando esta cantidad representa alrededor del 1% del valor agregado bruto total de la región, su magnitud permite ubicar a Puno como

el mayor productor de trucha a nivel de todo el país, es decir se viene convirtiendo en una de las actividades de mayor importancia económica y se ha extendido sobre todo el ámbito del lago Titicaca mediante criaderos en jaulas flotantes (Montesinos, 2018).

La truchicultura en jaulas flotantes en el lago Titicaca, también tiene efectos en el medio ambiente, puesto que lo extensivo e intensivo de esta actividad implica la producción de residuos diversos, se conoce que estos tipos de sistemas de crianza generan desperdicios tales como el alimento no consumido y las heces producidas por los mismos peces en su crecimiento y desarrollo, cuya generación ha sido estimada en 60,000 TM de alimento, 12,000 TM de heces (resto de alimento 2% (1200 TM) + peces muertos, + N y P branquial, todos estos elementos podrían modificar de forma importante la calidad del agua de los sectores en donde dicha crianza se viene produciendo por muchos años y de forma continua (Buschmann, 2001).

En la bahía de Pomata en la zona sur de la región Puno, también se evidencia una fuerte actividad de crianza de truchas, sin embargo la mayoría de pequeñas empresas son familiares o de pequeñas asociaciones de productores, por lo que en muchas ocasiones se observó mortalidades importantes de estos peces, parte de la misma se podría estar produciendo por la contaminación generada por los mismos desechos de los peces como ya ha señalado anteriormente, como por ejemplo la falta de oxígeno por procesos de eutrofización en la zona de crianza entre otros.

Bajo la identificación de esta situación problemática de la modificación de la calidad del agua por acción de la crianza de truchas, se eligió como ámbito de estudio a la zona Faro en la bahía de Pomata, considerando que la ingeniería del ambiente tiene entre sus competencias el control de la calidad del agua en diversos sistemas,

en este caso en un ambiente con fuerte presión antrópica evidente como es la instalación y crianza en jaulas de trucha de forma intensiva y de esta forma contribuir a identificar los parámetros físicos y químicos del agua que pueden ser alterados por tan importante actividad socioeconómica.

En tal sentido se realizó las siguientes interrogantes de la investigación:

**Problema general:**

¿Cuáles son los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (Zona Faro), indicadores de una buena calidad de agua?

**Problemas específicos:**

- ¿Cuáles serán los valores de los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021?
- ¿Cuáles serán los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021?

**1.2. Antecedentes**

**1.2.1.A nivel internacional**

Buschmann (2001), en su estudio realizado en Chile, indica que la acuicultura impacta en el medio ambiente a través de tres procesos: el consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación del producto final, la intervención intensiva que generan las prácticas acuícolas va degradando el medio gh: primero por la utilización del agua que recibe grandes cantidades de desechos, como el alimento no consumido por los peces que sedimenta el fondo, dañando un espacio que no sólo es utilizado por los peces cultivados sino también por otras especies; segundo porque se introducen antibióticos y sustancias químicas al ecosistema,

además la introducción de ovas foráneas aumenta la probabilidad de expansión de enfermedades en el medio, entre otros impactos; además, concluye que se genera una enorme cantidad de desechos en el proceso de faena del producto que muchas veces termina en los sistemas acuáticos, con lo cual se agrega una significativa porción de los nutrientes disueltos en la columna de agua, produciendo fenómenos de eutroficación.

Rehbein (2011), en el estudio realizado en Chile, en este informe entrega un análisis de las variables que influyen en el impacto en el mar producido por la alimentación a los salmones. Dicho impacto está referido a la entrega de nutrientes adicionales, tanto a la columna de agua como al fondo marino. Concluye que conociendo las características de las variables encontradas se analizará la relación que éstas poseen para así poder comprender qué tipos de parámetros son necesarios, para cuantificar la dispersión de la contaminación orgánica producida por los cultivos. Al conocer las variables y su relación se desarrollará una metodología, que en su principio será de análisis para después, definir las y formar un modelo que las englobe y las considere, en la evaluación del impacto, se concluye que el impacto de la crianza de salmones se presenta de manera más pronunciada en el fondo (bentos), pero también en la columna de agua.

Torres & Grandas (2017), en la investigación realizada en Colombia, se estimaron los desperdicios totales procedentes de la producción de trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss* en el lago de Tota, donde la producción de trucha se desarrolla de manera intensiva desde el año 2005 utilizando jaulas inmersas, se realizó un cálculo la cantidad de desperdicios producidos y las cantidades de nitrógeno y fósforo generados en este proceso. Según los resultados obtenidos, se evidencia la contaminación del lago por la producción intensiva de trucha y realizaron una recomendación para mejorar o modificar los métodos de producción para minimizar la contaminación del agua. Se estima que han ingresado, por la

producción de trucha en jaulas en los últimos diez años, más de 5.000 t de desechos. Concluyen que los sedimentos incrementan la disminución de profundidad del lago y generan disminución del oxígeno disuelto, aumentan el fósforo total, la demanda química y bioquímica de oxígeno y los sólidos suspendidos totales.

### **1.2.2.A nivel nacional**

Limery, Diaz & Monsalve (2001) en este estudio realizado en la ciudad de Lima, se determinó que el consumo de recursos, el proceso de transformación y la generación de productos, no sólo produce un costo a la sociedad en general sino, además, compromete la sustentabilidad de la acuicultura misma. En este proceso la acuicultura requiere un amplio espectro de recursos distribuidos en una gran zona geográfica, los cuales a través de transformaciones producen una concentración de desechos en un lugar determinado, en el caso de jaulas de crianza es este espacio el que recibe el mayor efecto de la actividad productiva.

Torres (2011) en un estudio señala que la producción de truchas se viene desarrollando de manera artesanal, generalizada en todo el país; este tipo de crianza se realiza en gran mayoría de casos con asistencia de ONG que brinda apoyo técnico a los campesinos, que ven como alternativa económica la crianza de especies. Sin embargo, la crianza de truchas en nuestro país no cuenta con herramientas tecnológicas que faciliten un adecuado monitoreo y medición de parámetros del agua y de bajo costo, de manera que durante la etapa de producción y comercialización los lleva a tener pérdidas significativas, además de no ofrecer calidad necesaria de agua al estanque para mejorar el desarrollo de los peces.

Limery, Diaz & Monsalve (2001) en el estudio realizado en Lima, con la finalidad de estudiar la posible exportación de trucha a Estados Unidos de Norteamérica, señalan que la trucha está clasificada dentro del conjunto de salmones en este grupo la producción ha venido creciendo a partir de 1970 a una tasa de 5% anual, pasando de 594 mil toneladas en 1970 a 23 millones de toneladas en 1999. La producción principal para estas especies es Noruega. que tiene el 20% de la producción mundial, en latinoamérica Chile participa con el 11 % de la producción a nivel mundial. Concluye que el consumo per cápita de salmones, trucha ha crecido a una tasa de 4% anual pasando de 0.16 Kg./persona/año hasta 0.39, lo que permite mostrar la prefactibilidad de cultivo de trucha de la especie arco iris con la finalidad de exportar la totalidad de la producción a los Estados Unidos de Norteamérica.

Yacachajlla (2017) en el estudio realizado en la región Puno (Conima), evaluando los costos de producción de crianza de la trucha, señala que que los costos de producción influyen en el nivel de rentabilidad de la crianza artesanal de truchas en jaulas, respecto a la misma se tiene que mencionar que por no aplicar el sistema costos de producción su ciclo de producción es larga en el tiempo, a su vez esto implica gastos innecesarios que aumentan el porcentaje del costo de producción. Concluye que una deficiente capacidad en la estructura de jaulas, lo que extiende el tiempo de crianza y el un mayor uso de generación de residuos que pueden contaminar el medio acuático.

### **1.2.3.A nivel local**

Escobar (2019), en la investigación realizada en Puno (bahía interior lago Titicaca), señala como resultados que en ciertas zonas del lago Titicaca se presentan indicios de contaminación por vertimiento de residuos urbanos, relaves mineros y nutrientes inorgánicos derivados de la crianza de truchas, en su estudio evaluó las

condiciones físico-químicas del agua y los niveles de metales en agua y sedimentos en dos lugares de la Bahía de Puno, uno en el área de producción de truchas en Cusipata, donde se instaló un módulo de crianza de truchas, y otra a 500 metros, aguas adentro sin efecto de la producción. Se concluye que los resultados indican que los parámetros físico-químicos no superan los límites de tolerancia de los ECA. Así, el valor del pH del agua (8.79) está dentro de rango 6,0-9,0 UpH; el OD en agua ( $6.81 > 5$  mg/L). A pesar de las diferencias significativas de variabilidad entre jaulas y blanco  $p < 0.05$ . Concluye que las tendencias de crecimiento de la actividad productiva de truchas en el lago, comprometen la calidad de agua y por ende la sustentabilidad del Titicaca.

Vásquez, Talavera, & Inga (2016), en la investigación realizada en la región Puno (Laguna de Arapa), indica como resultados se determinaron parámetros físico químicos y un modelo matemático simplificado para el fósforo. Se determinó en este periodo la manifestación de diferencias significativas en acidez, dióxido de carbono, fosfatos y conductividad eléctrica. Los sólidos suspendidos totales demostraron una disminución. La alcalinidad, pH y oxígeno disuelto permanecieron constantes. Se calculó que 611 kg de fósforo fueron vertidos a la laguna, producto de la digestión del alimento, se determinó que de 611 kg vertidos a la laguna, 246 kg se destinó a acumularse en los sedimentos y 365 kg se fueron disolviendo en todo el volumen de agua. Concluyen que la concentración de fósforo en la laguna Arapa se incrementó con la actividad de crianza de truchas, alcanzando valores de  $32,79 \text{ mg/m}^3$  de  $\text{PO}_4\text{-P}$  que lo clasifican como lago eutrófico según la clasificación de Vollenweider.

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro), 2021.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021.
- Analizar los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Marco teórico

##### 2.1.1. Marco normativo

La crianza de truchas se encuentra normado por el Decreto Ley 25977, en el que se señala que dicha actividad se puede realizar con previo cumplimiento del Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) que señala el Ministerio de la Producción, la misma que contiene los pasos a seguir para obtener la autorización para esta actividad, entre los cuales se encuentran la presentación de un certificado ambiental, el mismo que es otorgado por el Ministerio de la Producción, en cuyos contenidos debe estar la opinión técnica favorable de la Autoridad Nacional del Agua (ANA).

Así mismo la normatividad incluye el Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura (D.S. 030-2001-PE), donde la piscicultura es clasificada como de mayor escala (>50 t) y menor escala (2-50 t) y en categoría de subsistencia (< 2 t), en el lago Titicaca la categoría predominante es la de menor escala, sin embargo esta es la que tiene el número mayor de áreas en concesión.

##### 2.1.2. Crianza de truchas en jaulas en el lago Titicaca.

La instalación de las primeras jaulas flotantes modernas en el lago Titicaca, data de finales de los años 70 del siglo pasado, donde las jaulas eran de 50 m. de

largo, 25 m. de ancho y 7 m. de profundidad, en donde realizaron una primera siembra de 50.000 alevines con resultados muy alentadores. Sin embargo, este tipo de jaulas son diferentes de las actuales en su diseño y no tuvieron éxito por el manejo que implican, es decir instalación, construcción y limpieza. Predominando en la actualidad jaulas cuadradas “artesanales” de 5 m. de largo, 5 m. de ancho y 3 m. de profundidad, seguido de la jaulas “semi-artesanales” de estructuras metálicas de 6 m. de largo por 6 m. de ancho y de jaulas octogonales (empresa Laguna Lagunillas). Y finalmente, se viene utilizando las jaulas metálicas “industriales” de 10 x 10 m., que son utilizadas por la Empresa Piscifactoría Los Andes SAC (Acora) y River Fish SAC (Juli) (Chura & Mollocondo, 2009). La comercialización del producto varía por el peso y tamaño solicitado por el mercado, llegando a producir truchas de 250 g., 300 g., ½ kg. y 1 kg. en 5, 6, 7-8 y 9 meses, respectivamente. La presentación del producto varía según el tamaño del pez, siendo los ejemplares grandes y medianos de tipo entero y filete; los peces pequeños de tipo entero (Chura & Mollocondo, 2009).

### **2.1.3. Etapas de la producción de truchas**

#### **- Alevinaje**

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de siembra  $\geq 5.0$  cm hasta alcanzar los 10 cm y peso promedio de 12.0 g aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 03 meses dependiendo de la temperatura del agua. En esta fase, los alevinos son alimentados con balanceado tipo Inicio, que contienen alrededor de 45% de proteína, suministrándole una cantidad aproximada entre rangos del 3 - 7% de su biomasa dependiendo la talla y la temperatura promedio del agua de cultivo, y asimismo a las tablas de alimentación de las empresas proveedoras de alimento balanceado, siendo la dosificación del alimento con frecuencias de cada hora, en este entender, es importante mencionar que en esta etapa el

alimento debe ser adicionado a saciedad, a fin que el animal se acostumbre a comer a cabalidad, hábito que será manejado por el piscicultor en las siguientes etapas de cultivo como ventaja comparativa en la asimilación de éste importante insumo de producción, considerando que el alimento tipo inicio representa solo el 5% del consumo total de alimento del proceso productivo (Chura & Mollocondo, 2009).

- **Juvenil**

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 10 cm hasta alcanzar los 17 cm, con peso promedios de 68.0 g, aproximadamente. Esta fase tiene una duración aproximada de 02 meses, en condiciones normales de crianza. En esta fase, son alimentados con alimento balanceado tipo crecimiento, que contienen alrededor de 40% de proteína, suministrándole una cantidad aproximada al 3.5% de su biomasa, con raciones distribuidas entre 04 veces diarias (Gomez, 2017).

- **Engorde**

Esta etapa comprende el cultivo de trucha arco iris, desde su talla promedio de 17 cm hasta alcanzar los 26 cm., equivalente a un peso promedio de 250 g (tamaño plato). Esta fase tiene una duración aproximada de 3 meses. En esta fase, son alimentados con alimento balanceado tipo engorde, que contienen alrededor de 35% de proteína, suministrándole una cantidad equivalente al 1.5% de su biomasa, con raciones distribuidas entre 02 a 04 veces diarias. En esta etapa se puede suministrar alimento balanceado acabado con pigmento, con la finalidad de dar la coloración salmonada a la carne, según el requerimiento del mercado. La mortalidad estimada para todo el proceso productivo se encuentra en el rango del 3% al 5% en condiciones normales de crianza (Gomez, 2017).

#### **2.1.4. Parámetros físicos del agua**

##### **a. Conductividad**

La conductividad del agua, se refiere a la medición de la capacidad de este líquido para conducir una corriente eléctrica. Este valor se encuentra en relación con la concentración de iones en el agua, así como sus concentraciones, movilidad y valencia, así como la temperatura en la que se encuentra el medio líquido, se puede considerar como un indicador de contaminación de aguas por metales pesados (Calsín, 2016).

##### **b. Temperatura**

La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, la falta de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas, mientras que las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos en sus espacios (Escobar, 2019).

##### **c. Sólidos disueltos totales**

Los sólidos que se encuentran suspendidos son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton, la materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición y pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua y pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias

maneras y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional (Escobar, 2019).

#### **d. Turbidez**

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, la dimensión de estas partículas difiere desde 0,1 a 1.000 nm de diámetro, de esta manera una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos como virus, parásitos y algunas bacterias (Aurazo, 2004).

### **2.1.5. Parámetros químicos**

#### **a. pH o índice de hidrógeno**

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica; y neutra si el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de las aguas naturales como residuales; todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual; a una temperatura determinada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ión hidrógeno o pH; el pH de los sistemas acuosos puede medirse convenientemente con pH-metro; el pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los parámetros indicadores de la calidad del agua. (Escobar, 2019).

### 2.1.6. Estándar de calidad de aguas continentales

En el Perú el organismo encargado de realizar el monitoreo de la calidad del agua es la Autoridad Nacional del Agua, esta institución mantiene una serie de puntos de monitoreo dentro del lago Titicaca y otros cuerpos de agua en toda la región y sus resultados se contrastan con los Estándares de Calidad del agua.

Tabla 01. Límites Máximos Permisibles de calidad física y química de agua en lagos y lagunas

Parámetros	Unidad de medida	L.M.P
Turbiedad	NTU	5
pH	Valores de pH	6.5-8.5
Conductividad	uS/cm	1500
Sólidos totales disueltos	Mg/l	1000
Cloruros	Mg/Cl	250
Sulfatos	Mg/SO <sub>4</sub>	250
Dureza total	Mg/CaCO <sub>3</sub>	500
Nitratos	Mg/NO <sub>3</sub>	50

Fuente: (DIGESA, 2011)

### 2.2. Marco conceptual

Calidad de agua: La calidad del agua para crianza de peces, es un punto crítico en el proceso de producción y debe ser controlada en los parámetros físicos, químicos y biológicos, que deben ser mantenidos dentro de los rangos aceptables para el buen desarrollo de los organismos.

Crianza: La cría de peces se denomina piscicultura, y consiste en la explotación controlada y económicamente rentable de los recursos ícticos,

con la finalidad de producir alimento para el consumo humano y de alguna manera evitar la sobreexplotación de peces en el medio natural.

Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua): Nivel de concentración máximo de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en los recursos hídricos superficiales que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni contaminación del ambiente (ANA, 2016).

Eutrofización: Es el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes disponibles para las plantas que causa la proliferación de algas y otras especies vegetales. Si bien este fenómeno se produce en forma natural, normalmente está asociada a fuentes antropogénicas de nutrientes (Moreno, et al, 2010).

Jaulas flotantes: Son estructuras que se colocan dentro del océano, lagunas o lagos, donde los acuicultores “siembran” peces pequeños conocidos como juveniles dentro de estas jaulas, y a través de un proceso productivo logran el proceso de crecimiento y engorda para finalmente ser comercializados.

LMP: El Límite Máximo Permisible (LMP) se mide en el punto de emisión o de descarga de efluentes de las actividades económicas. Es decir, en la fuente de donde emanan los elementos o sustancias, las mismas que si exceden los niveles establecidos pueden implicar riesgos de daño a la salud y al ambiente.

Parámetros físicos: Son aquellas mediciones realizadas en el agua, como la temperatura, transparencia, sólidos disueltos, turbidez y conductividad.

Parámetros químicos: Son aquellas mediciones en el agua, como pH, oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, nitrógeno y otros.

Trucha: Son peces de la subfamilia *Salmoninae*, dentro de la familia de los salmónidos; el nombre se usa específicamente para peces de tres géneros de dicha subfamilia: *Salmo*, *Oncorhynchus*, que incluye las especies del Pacífico, y *Salvelinus*.

## 2.3. HIPÓTESIS

### 2.3.1. Hipótesis general

Los parámetros físicos y químicos del agua se encuentran alterados en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro).

### 2.3.2. Hipótesis específicas

- Los valores de los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes no cumplen con el LMP establecido.
- Los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes no cumplen con el LMP establecido.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El estudio se realizó con la toma de muestras de agua en la bahía de Pomata en la zona conocida como Faro, en este sector se viene realizando la crianza de truchas por varios años, por lo que es representativa de la calidad del agua que pueden presentar bajo dichas condiciones.

**En lo ambiental:** La zona Faro en la bahía de Pomata, presenta una fuerte presión sobre el ambiente natural del lago Titicaca, por varios años se realiza en esta zona la crianza de truchas en jaulas, en las mismas se evidencia que el alimento no consumido y las heces de los peces se vienen acumulado en forma de sedimentos, lo que podría estar provocando cambios en los parámetros físicos y químicos de la agua que rodea dicha zona.

**En lo social:** La población de esta zona se dedica mayormente a la agricultura y ganadería, en los últimos veinte años se incrementó el cultivo de truchas en jaulas y es una importante fuente de ingresos económicos para los pobladores.

**En el aspecto cultural:** Se caracteriza por pertenecer a la cultura aymara y su población habla esta lengua además del castellano, su cultura está directamente relacionada con la madre tierra y el agua, como los ejes fundamentales de su cosmovisión.

**Importancia de la zona de estudio:** La importancia es por el aumento de la crianza artesanal en la zona de estudio la cual se está sometiendo a cambios de los parámetros físicos y químicos por la cual se realizará el análisis de estos parámetros.

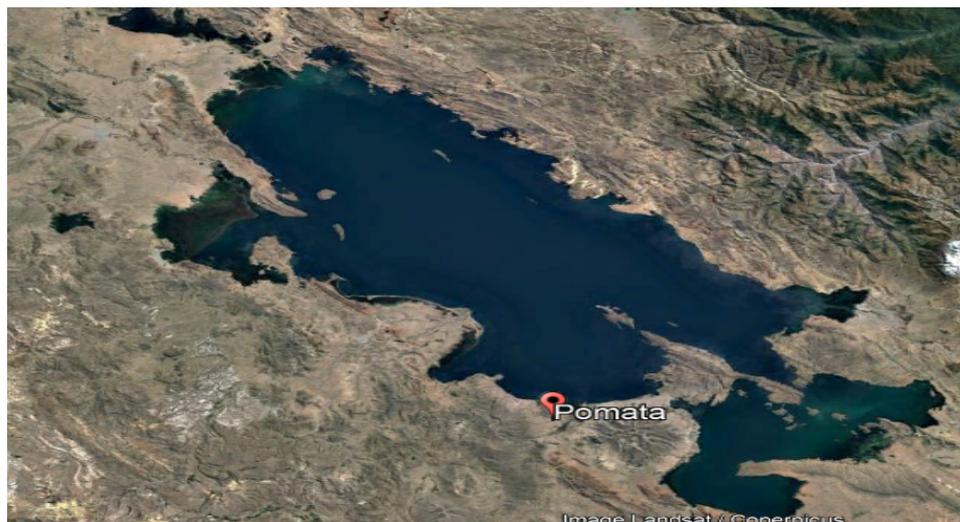


Figura 01. Vista general bahía de Pomata  
Fuente: Google Maps



*Figura 02.* Puntos de muestreo en la Zona Faro-Pomata  
Fuente: Google Maps

### 3.2. TAMAÑO DE MUESTRA

**Población:** La población se delimita como la totalidad del volumen de agua que circunda a la zona de crianza de truchas en la bahía de Pomata, específicamente en la zona Faro la cual se tomaron 4 muestras.

Para la cual se realizó de la misma forma el control fuera de la zona Faro donde no existe la crianza de truchas, para poder ver los resultados las cuales se realizó 4 muestras.

**Muestra:** Se tomó un total de 4 muestras de agua de 250 ml cada una, para su posterior análisis en laboratorio.

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

**Tipo de investigación:** La investigación según la tipología se enmarca en el nivel no experimental, pues busca evaluar y determinar los parámetros físicos y químicos

del agua en una zona de crianza de truchas en jaulas flotantes, sin intervención del investigador para modificar alguna variable (Hernández *et al*, 2010).

**Diseño de investigación:** Se utilizará un diseño descriptivo simple, el mismo que se caracteriza porque busca recoger una muestra que contenga la información relacionada con los parámetros físicos y químicos del agua en la zona de estudio bajo las condiciones actuales (Hernández *et al*, 2010).

Esquema:

**M - O**

Donde:

M: Muestra.

O: Información (observaciones) relevante o de interés que recogemos de la muestra

### **3.4. MATERIALES**

#### **3.4.1. Recolección de muestras de agua**

Se prepararon los envases descartables y los frascos muestreadores debidamente esterilizados previamente (Anexo 3).

Luego se realizó la toma de muestra del agua superficial de los puntos de muestreo (repeticiones).

Los frascos fueron transportados en cooler de plástico con refrigerante para una buena conservación de las muestras.

En la parte interna del cooler se colocaron etiquetas de identificación, cuyos datos fueron:

- Identificación del punto de muestreo.
- Fecha y hora de recolección

- Temperatura
- Nombre y firma de la persona que hizo el muestreo.
- Observaciones

En el laboratorio las muestras fueron conservadas a temperatura de refrigeración hasta la realización de los análisis respectivos.

El diseño de toma de muestras fue el siguiente:

Tabla 2. Diseño de la toma de muestras

Muestra	Zona Faro	Descripción
Punto 1	1	Zona Control
Punto 2	1	Zona Control
Punto 3	1	Zona con jaulas
Punto 4	1	Zona con jaulas
Total	4	-

En total se tomaron 4 muestras en la zona de estudio, dos de ellas en la misma zona de crianza de truchas en jaulas flotantes (zona Faro) y las otras dos en puntos fuera de dicho sector donde no se realiza la crianza de trucha, el mismo que permitirá contrastar los resultados.

### 3.4.2. Parámetros físicos

#### Conductividad eléctrica

Fundamento: las unidades son microSiemens/cm, en la práctica se mide la conductividad con electrodos de diferente tamaño, rectangulares o cilíndricos, por lo que al hacer la medición, en lugar de la conductividad se mide la conductancia, la cual se multiplicó por la constante (k) de cada celda en particular, se transforma en la conductividad en S/cm. Procedimiento: Se vertió 50 mL de la muestra en un vaso de precipitado. Seguidamente se introdujo el electrodo del conductímetro, para luego tomar nota del valor (Escobar, 2019).

### **Temperatura**

Fundamento: en el método de medición directa las unidades de la temperatura son en °C, el sensor utilizado para la compensación automática de temperatura, normalmente no necesita una calibración, pero si la lectura de la temperatura es sospechosa de dar valores erróneos, puede calibrarse por comparación con un sistema certificado de temperatura (Escobar, 2019).

### **Sólidos totales disueltos**

Fundamento: con el método de medición directa, la determinación de sólidos totales disueltos mide específicamente el total de sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos totales disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Procedimiento Se colocó en un vaso de precipitado 40 mL de la muestra de agua. Seguidamente se introdujo el electrodo del conductímetro, se presionó dos veces la tecla Mode hasta que se estabilice, para luego tomar nota del valor obtenido (Escobar, 2019).

### **Turbidez**

Fundamento: El método nefelométrico se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones. Cuanto mayor es la intensidad de la luz dispersada, más intensa es la turbiedad. El equipo empleado es un turbidímetro (nefelómetro), el cual ofrece la lectura directa de turbidez en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

Procedimiento: Se limpió la celda con papel tissue y se vertió 25 mL de la muestra en celdas para turbidímetro. El resultado (UNT), se obtuvo directamente de la pantalla del turbidímetro y se anotó al valor más alto que alcanzó (Escobar, 2019).

### 3.4.3. Parámetros químicos

#### Potencial de hidrogeniones (pH)

Fundamento: Con el método potenciómetro solo se determinó si el agua es ácida, neutra o básica. Una solución que tenga pH menor que 7 es ácida, la que tenga pH equivalente a 7 es neutra y, si el pH es mayor que 7, la solución es alcalina. Procedimiento: Se vertió 40 mL de la muestra en un vaso de precipitado, seguidamente se introdujo el electrodo del potenciómetro, finalmente los datos se registraron en la pantalla del equipo.

Los resultados de laboratorio certificados por el INIA se muestran en el Anexo 2.

### 3.5. Identificación de variables

Parámetros físico químicos del agua: Aquellos parámetros del agua que son medibles mediante equipos y análisis de laboratorio, que son de utilidad para evaluar la calidad del agua.

#### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Dimensión	Indicador	Índice
Parámetros físicos y químicos del agua	Parámetros físicos	Conductividad	uS/cm
		Temperatura	°C
		Sólidos totales disueltos	Mg/l
	Parámetros químicos	pH	Unidades
		Sulfatos	Mg/l
		Nitratos	Mg/l

---

Cloruros	Mg/l
Dureza total	Mg/l
Oxígeno disuelto	Mg/l

---

### 3.6. Método o diseño estadístico

Se utilizó la prueba estadística paramétrica de T de Student para una sola muestra, la que permite comparar un conjunto de valores y un valor crítico (los límites máximos permisibles), el nivel de confianza utilizado fue del 95% ( $\alpha=0.05$ ), todos los análisis se realizaron mediante la utilización del software estadístico SPSS Ver. 24, siguiendo la siguiente fórmula:

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S / \sqrt{n}}$$

T: Valor calculado

X: Promedio observado

$\mu$ : Límite para comparación

S: Desviación estándar

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 4.1. Parámetros físicos del agua.

Tabla 03. Temperatura (°C) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes

Zona	Control		Jaulas flotantes		
Muestras	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	LMP
Temperatura	18	17.7	18	18.2	▲3

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 03, se exponen los resultados de la temperatura del agua, se observa que los valores están sujetos a la temperatura ambiental, sin embargo las variaciones tanto en nivel de laboratorio como de campo no deberían mostrar diferencias y ello se expresa en los resultados donde el valor mínimo fue de 17.7 °C en el Punto M2 y el máximo de 18.2 °C en el punto M4.

En general la temperatura es un parámetro físico que presenta variaciones según la época del año y también según variaciones por la hora del día, por lo que su valor como indicador de alguna afectación del agua debe ser considerado con prudencia.

Otros estudios señalan que la temperatura del agua debe ser evaluada cuando se tiene presencia de industrias que puedan alterarla, sin embargo se debe analizar las variaciones de este parámetro respecto a un valor promedio, para

verificar si se producen variaciones apreciables por algún proceso de alteración de su calidad (Buschmann (2001)).

Tabla 04. Conductividad eléctrica (uS/cm) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Muestras					
Conductividad eléctrica	2530	2560	2050	2730	1500

Fuente: Análisis de laboratorio

En la tabla 04, se muestra los resultados de la conductividad eléctrica del agua, en la zona Control se presentó valores de 2530 y 2560 uS/cm, mientras que en la zona de jaulas flotantes los valores fueron de 2050 y 2730 uS/cm respectivamente, en todos los casos los valores fueron superiores al límite máximo permisible (LMP).

En aguas de origen natural se presenta una mayor concentración de iones totales, lo cual se manifiesta en valores elevados de la conductividad eléctrica, lo que explica los valores ligeramente superiores observados en el estudio.

Cuando la conductividad eléctrica presenta valores elevados, se puede tener indicios de la presencia de algunos metales pesados, lo cual requeriría análisis específicos para determinar su presencia y concentración como lo señala Escobar (2019).

Tabla 05. Sólidos Disueltos Totales (NTU) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Muestras					
Sólidos Disueltos Totales	952.3	857.3	745.1	954.2	1000

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 05, mostramos los resultados de los Sólidos Disueltos Totales, en la zona Control los valores fueron de 952.3 y 857.3 NTU, mientras que en la zona de jaulas flotantes fue de 745.1 y 954.2 NTU respectivamente, para todas las muestras no superaron el límite máximo permisible (LMP).

En general los sólidos disueltos totales podría presentar valores elevados en zonas donde se producen procesos de eutrofización, en nuestro estudio los valores estuvieron cercanos al LMP por lo que se observa presencia de sólidos suspendidos en el agua.

Si bien los sólidos disueltos totales no superaron el límite permisible, se debe señalar que las tendencias de crecimiento de la actividad productiva de truchas en el lago (zona Faro en Pomata), comprometen la calidad de agua y por ende se podrían presentar futuros problemas de eutrofización de las aguas en dicha zona.

#### 4.2. Parámetros químicos del agua.

Tabla 06. pH del agua (unidades) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Muestras					
pH	8.501	8.509	8.621	8.602	6.5-8.5

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 06, mostramos los resultados de los valores de pH, en la zona Control se obtuvo 8.501 y 8.509 unidades, mientras que en la zona de jaulas flotantes se obtuvo 8.621 y 8.602 unidades respectivamente, para todas las muestras se observaron valores ligeramente elevados.

En el caso del pH valores elevados podrían tener repercusiones negativas en los peces, deprime la actividad alimentaria, reduce el crecimiento, afecta negativamente el factor de crecimiento y puede suprimir la respuesta inmune.

Otro estudio realizado en el ámbito del lago Titicaca (bahía de Puno), indica un valor del pH del agua de 8.79 unidades (Escobar, 2019), valor similar al determinado en nuestro estudio, lo que indica que el pH tiende a ser ligeramente alcalino en las zonas donde se tienen instaladas jaulas flotantes de crianza de trucha.

Tabla 07. Oxígeno disuelto (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Oxígeno Disuelto	4.4	4.7	4.5	4.9	5

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 07, mostramos los resultados de los valores de Oxígeno Disuelto, en la zona Control se obtuvo 4.4 y 4.7 mg/l, mientras que en la zona de jaulas flotantes se obtuvo 4.5 y 4.9 mg/l respectivamente, para todas las muestras se observaron valores ligeramente inferiores al LMP.

El contenido de oxígeno disuelto en el agua es un parámetro de mucha importancia, puesto que se podrían presentar casos de anoxia, es decir de déficit de oxígeno, lo cual en casos extremos podría causar la muerte de los peces, sobre todo cuando se observa incremento de temperatura del agua.

Respecto a la zona de crianza de truchas en la bahía de Puno se tiene un valor de oxígeno disuelto promedio de 6.81 (Escobar, 2019), sin embargo en nuestro estudio reportamos valores algo menores para este parámetro, por lo que

se deben realizar monitoreos continuos de este parámetro, puesto que el oxígeno es vital para mantener la vida y desarrollo normal de los peces.

Tabla 08. Sulfatos (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Sulfatos	36.02	45.62	31.69	31.69	250

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 08, mostramos los resultados de los valores de Sulfatos, en la zona Control se obtuvo 36.02 y 45.62 mg/l, mientras que en la zona de jaulas flotantes se obtuvo 31.69 y 31.69 mg/l respectivamente, para todas las muestras se observaron valores inferiores al LMP.

El contenido de sulfatos es un parámetro en el agua que puede causar efectos fisiológicos adversos en el metabolismo, por lo que al encontrarse en valores inferiores no presentaría un problema en la crianza de peces.

Como lo señala Torres (2011) en países en vías de desarrollo no se cuenta con herramientas tecnológicas que faciliten un adecuado monitoreo y medición de parámetros de agua y bajo costo, de manera que durante la etapa de producción y comercialización los lleva a tener pérdidas significativas, esto sugiere que se deben realizar monitoreos continuos de la calidad del agua en zonas donde se realiza la crianza de trucha de forma continua por muchos años.

Tabla 09. Nitratos (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Nitratos	18.6	18.6	24.8	24.8	50

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 09, mostramos los resultados de los valores de Nitratos, en la zona de jaulas flotantes se obtuvo 24.8 mg/l, mientras que en la zona control se obtuvo 18.6 mg/l respectivamente, para todas las muestras se observaron valores inferiores al LMP.

Las concentraciones de nitratos pueden incrementarse por procesos de contaminación, en el caso de la crianza de peces en jaulas una fuente de nitratos pueden ser los restos de alimentos y las excretas de los peces, observándose valores superiores en la zona de jaulas flotantes, pero que no superan los límites permisibles, sin embargo son un indicador de posibles alteraciones.

Como lo señala Rehbein (2011) el principal aporte de nitratos proviene de los restos de alimento no consumidos en las jaulas y las excretas de los peces, esto evidencia que se deben optimizar los procesos de alimentación de forma de disminuir la cantidad de alimento que contamine la columna de agua, así mismo los nitrato se pueden reducir implementando el uso de mangas de retención de desechos, lo cual es ya una práctica en otros países.

Tabla 10. Cloruros (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		LMP
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	
Muestras					
Cloruros	269.49	273.04	262.4	276.58	250

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 10, mostramos los resultados de los valores de Cloruros, en la zona Control se obtuvo 269.49 y 273.04 mg/l, mientras que en la zona de jaulas flotantes se obtuvo 262.4 y 276.58 mg/l respectivamente, para todas las muestras se observaron valores ligeramente superiores al LMP.

Las concentraciones de Cloruros se pueden relacionar con la presencia de sales disueltas en el agua, las que pueden tener origen natural o como producto de contaminaciones antrópicas.

Se conoce que la piscicultura de forma directa o indirecta a través de transformaciones producen una concentración de desechos en un lugar determinado. (Limery, Diaz & Monsalve, 2001), en el caso de los cloruros también en un tiempo posterior podrían representar un problema, puesto que los aportes de alimentos y deyecciones de los peces se incrementa en espacio y tiempo por la actividad de crianza de peces.

Tabla 11. Dureza total (mg/l) en agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes.

Zona	Control		Jaulas flotantes		
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	LMP
Muestras					
Dureza total	38.57	36.94	88.17	40.57	500

Fuente: Análisis de laboratorio

En la Tabla 11, mostramos los resultados de los valores de Dureza Total, en la zona Control se obtuvo 38.57 y 36.94 mg/l, mientras que en la zona de jaulas flotantes se obtuvo 88.17 y 40.57 mg/l respectivamente, para todas las muestras se observaron valores inferiores al LMP.

La dureza total se encuentra dentro de lo normal, lo cual indicaría que las sales de calcio y magnesio se encontraron poco presentes en el agua.

Sin embargo como lo señalan otros estudio una deficiente capacidad en la estructura de jaulas, lo que extiende el tiempo de crianza y el un mayor uso de generación de residuos que pueden contaminar el medio acuático (Yacachajlla, 2017), por lo que se debe realizar estudios de estimación de la capacidad de carga del ambiente, lo cual permitiría planificar el número de jaulas por diferentes ámbitos de crianza.

**4.3. Pruebas de hipótesis**

**4.3.1. Prueba de hipótesis parámetros físicos**

**a. Planteamiento de hipótesis**

Ha: Los valores de los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes no cumplen con el LMP establecido.

Ho: Los valores de los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes sí cumplen con el LMP establecido.

**b. Estadístico de prueba**

Prueba de T de Student para una sola muestra, esta prueba permite analizar si los valores observados de cada parámetro son superiores a un valor específico (LMP), el análisis se debe aplicar para cada parámetro por separado.

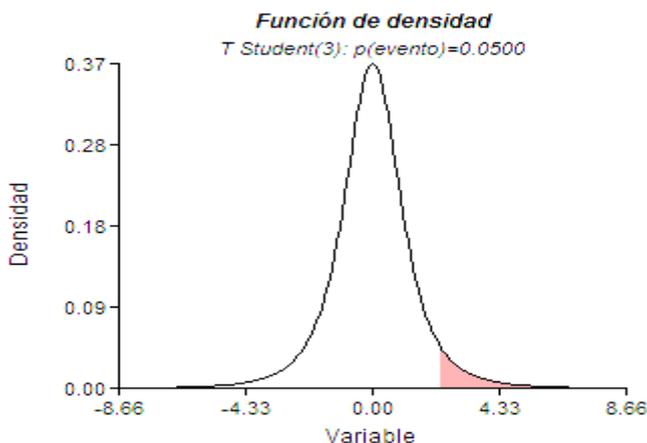
**c. Nivel de confianza**

El nivel de confianza para la aplicación de la prueba es del 95% ( $\alpha=0.05$ ).

**d. Resultados**

Parámetros	T calculado	T crítico	Probabilidad	Interpretación
Temperatura	0.243	2.353	0.588	No significativo
Conductividad eléctrica	6.628	2.353	0.003	Significativo
Sólidos Disueltos Totales	2.480	2.353	0.955	No significativo

Nota: Los valores con probabilidad < 0.05 indican que los valores observados superan al valor del LMP.



#### e. Interpretación

Para la conductividad eléctrica se determinó que existe diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ), de lo cual se interpreta que se aprueba la hipótesis alterna, mientras que para temperatura y sólidos disueltos totales no existió diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) y no se aprueba la hipótesis alterna.

#### 4.3.2. Prueba de hipótesis parámetros químicos

##### a. Planteamiento de hipótesis

$H_a$ : Los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes no cumplen con el LMP establecido.

$H_o$ : Los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes sí cumplen con el LMP establecido.

##### b. Estadístico de prueba

Prueba de T de Student para una sola muestra, esta prueba permite analizar si los valores observados de cada parámetro son superiores a un valor específico (LMP), el análisis se debe aplicar para cada parámetro por separado.

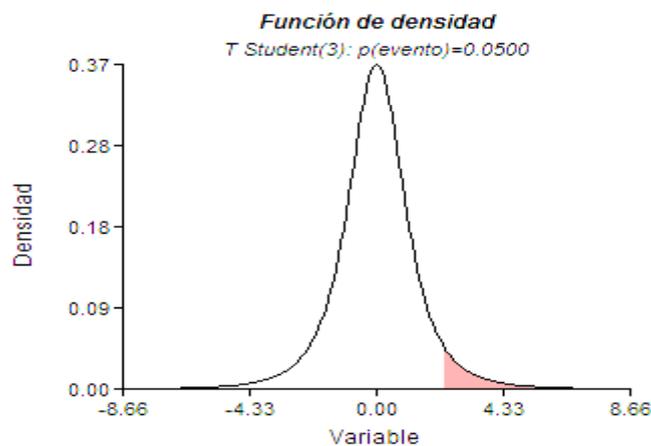
##### c. Nivel de confianza

El nivel de confianza para la aplicación de la prueba es del 95% ( $\alpha = 0.05$ ).

**d. Resultados**

Parámetros	T calculado	T crítico	Probabilidad	Interpretación
pH	1.877	2.353	0.079	No significativo
Oxígeno disuelto	3.382	2.353	0.978	No significativo
Sulfatos	65.081	2.353	1.00	No significativo
Nitratos	15.812	2.353	1.00	No significativo
Cloruros	6.731	2.353	0.003	Significativo
Dureza total	36.23	2.353	1.00	No significativo

Nota: Los valores con probabilidad < 0.05 indican que los valores observados superan al valor del LMP.



**e. Interpretación**

Para la concentración de cloruros se determinó que existe diferencia estadística significativa ( $p < 0.05$ ), de lo cual se interpreta que se aprueba la hipótesis alterna, mientras que para el resto de parámetros químicos no existió diferencia estadística ( $p > 0.05$ ) y no se aprueba la hipótesis alterna.

### CONCLUSIONES

Se determinó que la conductividad eléctrica y la concentración de cloruros superan los LMP establecidos en aguas de la zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro).

En los parámetros físicos del agua se determinó que la temperatura fue 18 y 18.2 °C, conductividad eléctrica de 2050 y 2730 uS/cm por encima del LMP, sólidos disueltos totales 745.1 y 954.2 NTU dentro de los LMP establecidos.

En los parámetros químicos del agua se determinó pH de 8.621 y 8.602 unidades dentro de los LMP, oxígeno disuelto 4.5 y 4.9 mg/l dentro de los LMP, sulfatos 31.69 y 31.69 mg/l dentro de los LMP, nitratos con 24.8 y 24.8 mg/l dentro de los LMP, cloruros 262.4 y 276.58 mg/l y dureza total 88.17 y 40.57 mg/l dentro de los LMP.

### RECOMENDACIONES

Realizar estudios en muestras de agua a diferentes profundidades, puesto que el nivel de afectación podría estar presentándose a los depósitos de sedimentos producidos por los restos de alimentos y excretas de los peces en las jaulas de crianza.

Evaluar la posibilidad del uso de mangas de retención de residuos producidos en las jaulas flotantes, que permitan coleccionar los mismos y disminuir la contaminación.

Movilizar las jaulas flotantes de crianza de peces a lugares diferentes, para que el proceso de acumulación de desechos no se produzca en un solo lugar, con esto se mitigaría el efecto de la producción de desechos en el fondo de las jaulas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Buschmann, A. (2001). Impacto ambiental de la acuicultura el estado de la investigación en Chile y el mundo. Osorno: Terram.
- Calsín, K. (2016). *Calidad física, química y bacteriológica de aguas subterráneas de consumo humano en el sector de Taparachi III de la ciudad de Juliaca, Puno - 2016*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Chura, R., & Mollocondo, H. (2009). Desarrollo de la acuicultura en el Lago Titicaca (Perú). *Aquatic*, 31(Primera), 6–19.
- Escobar, F. (2019). *Determinación de parámetros físico-químicos y niveles de metales pesados en agua y sedimentos en la zona de crianza de truchas (Oncorhynchus mykiss), bahía de Puno del lago Titicaca*. Universidad Nacional del Altiplano.
- FAO. (2014). Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris. Guatemala: Organización de las Naciones Unidas.
- Flores, M. (2017). *Evaluación económica de la producción de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas, en el municipio de San Pedro de Tiquina, del lago Titicaca - La Paz*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Gomez, Y. (2017). *Crecimiento de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) en jaulas flotantes en la etapa de engorde alimentadas ad libitum y convencionalmente, en Chucasuyo-Juli*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación*. (McGRAW-HILL, Ed.) (Quinta). México.
- Limery, S., Noriega, C., Jimenez, L., & Dávila, E. (2001). Proyecto de prefactibilidad

de exportación a Estados Unidos de Norteamérica de trucha arco iris cultivada. Universidad San Ignacio de Loyola.

Martel, M. (2011). Mejoramiento de la producción y comercialización de truchas en la asociación de desarrollo acuicultura del centro poblado menor de Utao, distrito de Churubamba, provincia y región Huánuco. Huánuco: Agrorural.

Montesinos, J. (2018). *Diagnóstico situacional de la crianza de truchas arco iris (Oncorhynchus mykiss) en centros de cultivo del lago Titicaca*. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

PRODUCE. (2016). Línea de base del programa de apoyo a la pesca artesanal, la acuicultura y el manejo sostenible del ambiente - PROPECSA. Puno: AUIDETEC.

Rehbein, N. (2011). *Propuesta de metodología para la estimación del impacto económico de la contaminación del fondo marino por la emisión de alimento y heces de la salmonicultura*. Universidad Austral de Chile.

Torres, N., & Grandas, I. (2017). Estimación de los desperdicios generados por la producción de trucha arcoíris en el lago de Tota, Colombia. *Corpoica Cienc Technol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 18(2), 247–255.

Vásquez, W., Talavera, M., & Inga, M. (2016). 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 Quim Perú*, 81(1), 14.

Yancachajlla, L. (2017). Incidencia de los costos de producción en la rentabilidad de la crianza artesanal de truchas en jaulas del distrito de Conima en el periodo 2014 – 2015. Tesis Universidad Nacional del Altiplano

**ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA EN ZONA DE CRIANZA DE TRUCHAS EN JAULAS FLOTANTES EN LA BAHÍA DE POMATA (ZONA FARO), 2021						
MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Metodología	Variables	Dimensión	Indicador
¿Cuáles son los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (Zona Faro), 2021?	Determinar los parámetros físicos y químicos del agua en zona de crianza de truchas en la bahía de Pomata (zona Faro), 2021.	Los parámetros físicos y químicos del agua se encuentran alterados en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro).	<b>Tipo de investigación:</b> La investigación según la tipología se enmarca en el nivel no experimental, pues busca evaluar y determinar los parámetros físicos y químicos del agua en una zona de crianza de truchas en jaulas flotantes, sin intervención del investigador para modificar alguna variable (Hernández et al, 2010).	Parámetros físicos y químicos del agua	Parámetros físicos  Parámetros químicos	-Conductividad -Temperatura -Sólidos totales disueltos
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	<b>Diseño de investigación:</b> Se utilizará un diseño descriptivo simple, el mismo que se caracteriza porque busca recoger una muestra que contenga la información relacionada con los parámetros físicos y químicos del agua en la zona de estudio bajo las condiciones actuales (Hernández et al, 2010). Esquema: <b>M - O</b>			-pH -Sulfatos -Nitratos -Cloruros -Dureza total -Oxígeno disuelto
-¿Cuáles serán los valores de los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021? -¿Cuáles serán los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021?	Determinar los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021.  -Analizar los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes en la bahía de Pomata (zona Faro) en el 2021.	Los valores de los parámetros físicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes no cumplen con el LMP establecido.  Los valores de los parámetros químicos del agua en zona de crianza de truchas en jaulas flotantes no cumplen con el LMP establecido.	Donde: M: Muestra. O: Información (observaciones) relevante o de interés que recogemos de la muestra			

Anexo 2. Resultados de análisis de laboratorio



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1250
Fecha de Entrada: 06 de Enero del 2021.
Fecha de Certificación: 22 de Enero del 2021.
Sistema de Riego:

Localización: M 1, Gladys Yesica Choque Vargas.

Determinaciones		
pH	8.501	
C.E.	2.53	25°C (mS/cm)
Sales Totales	3.25	(gr/l)
Dureza Total	38.57	CaCO <sub>3</sub> (G.H.F.)
Alcalinidad total	3340.00	CaCO <sub>3</sub>
R.A.S.	6.62	
S.C.R.	4.36	
Oxígeno Disuelto	4.40	(mg/l)
Temperatura	18.00	°C
<b>CATIONES</b>	meq/l	mg/l
Calcio	2.50	50.10
Magnesio	5.20	63.23
Potasio	17.00	664.70
Sodio	13.00	299.00
<b>TOTAL</b>	<b>37.70</b>	
<b>ANIONES</b>	meq/l	mg/l
Cloruros	7.60	269.49
Sulfatos	0.75	36.02
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	3.34	203.77
<b>TOTAL</b>	<b>11.69</b>	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH	_____				
C.E	_____				
Sales Totales	_____				
Dureza Total	_____				
R.A.S.	_____				
S.C.R.	_____				
Índice de Scott	_____				
Boro	_____				
Sodio	_____				
Nitratos	_____				
Cloruros	_____				
Bicarbonatos	_____				

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO <sub>3</sub> )	0.30	18.60



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL IRLPA - PUNO

Ing° JORGE CARRERA ROJAS  
Jefe Laboratorio Analítico  
S.A.I.C.E.D.O

Clasificación Riverside: C452.
R.A.S: Aguas utilizables con precauciones.
S.C.R: Agua no recomendable.
Tipo de Agua: Dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua dudosa a no válida.



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1251
Fecha de Entrada: 06 de Enero del 2021.
Fecha de Certificación: 22 de Enero del 2021.
Sistema de Riego:

Localización: M 2. Gladys Yesica Choque Vargas.
---

Determinaciones		
pH	8.509	
C.E.	2.56	25°C (mS/cm)
Sales Totales	3.27	(gr/l)
Dureza Total	36.94	CaCO <sub>3</sub> (G.H.F.)
Alcalinidad total	3580.00	CaCO <sub>3</sub>
R.A.S.	6.73	
S.C.R.	4.22	
Oxígeno Disuelto	4.70	(mg/l)
Temperatura	17.70	°C
<b>CATIONES</b>	meq/l	mg/l
Calcio	2.80	56.11
Magnesio	5.00	60.80
Potasio	24.00	938.40
Sodio	13.30	305.00
<b>TOTAL</b>	<b>45.10</b>	
<b>ANIONES</b>	meq/l	mg/l
Cloruros	7.70	273.04
Sulfatos	0.95	45.62
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	3.58	218.41
<b>TOTAL</b>	<b>12.23</b>	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO <sub>3</sub> )	0.30	18.60

Clasificación Riverside: C453.
R.A.S: Aguas utilizables con precauciones.
S.C.R: Agua no recomendable.
Tipo de Agua: Dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua dudosa a no válida.



ING. JORGE CANHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
S. ALSEDO



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1252  
 Fecha de Entrada: 06 de Enero del 2021.  
 Fecha de Certificación: 22 de Enero del 2021.  
 Sistema de Riego:

Localización: M 3. Gladys Yesica Choque Vargas.

Determinaciones		
pH	8.621	
C.E.	2.05	25°C (mS/cm)
Sales Totales	3.63	(gr/l)
Dureza Total	88.17	CaCO <sub>3</sub> (G.H.F.)
Alcalinidad total	4480.00	CaCO <sub>3</sub>
R.A.S.	6.24	
S.C.R.	4.32	
Oxígeno Disuelto	4.50	(mg/l)
Temperatura	18.00	°C
CATIONES		
	meq/l	mg/l
Calcio	2.70	54.10
Magnesio	6.10	74.17
Potasio	21.40	836.74
Sodio	13.10	301.30
TOTAL	43.30	
ANIONES		
	meq/l	mg/l
Cloruros	7.40	262.40
Sulfatos	0.66	31.69
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	4.48	273.32
TOTAL	12.54	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH	_____				
C.E.	_____				
Sales Totales	_____				
Dureza Total	_____				
R.A.S.	_____				
S.C.R.	_____				
Índice de Scott	_____				
Boro	_____				
Sodio	_____				
Nitratos	_____				
Cloruros	_____				
Bicarbonatos	_____				

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO <sub>3</sub> )	0.40	24.80



INIA ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO

Ing. JORGE GARCÍA ROJAS  
 Jefe Laboratorio Análisis  
 S.A.L.C.E.O.G.

Clasificación Riverside: C3S2.  
 R.A.S: Aguas utilizables con precauciones.  
 S.C.R: Agua no recomendable.  
 Tipo de Agua: Muy Dura.  
 Diagnóstico y Recomendaciones: Agua dudosa a no válida.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE AGUA

Análisis N°: 1253
Fecha de Entrada: 06 de Enero del 2021.
Fecha de Certificación: 22 de Enero del 2021.
Sistema de Riego:

Localización: M 4, Gladys Yesica Choque Vargas.

Determinaciones		
pH	8.602	
C.E.	2.73	25°C (mS/cm)
Sales Totales	3.40	(gr/l)
Dureza Total	40.57	CaCO <sub>3</sub> (G.H.F.)
Alcalinidad total	4140.00	CaCO <sub>3</sub>
R.A.S.	6.16	
S.C.R.	3.96	
Oxígeno Disuelto	4.90	(mg/l)
Temperatura	18.20	°C
<b>CATIONES</b>	<b>meq/l</b>	<b>mg/l</b>
Calcio	3.50	70.14
Magnesio	4.60	55.93
Potasio	17.10	668.61
Sodio	12.40	285.20
<b>TOTAL</b>	<b>37.60</b>	
<b>ANIONES</b>	<b>meq/l</b>	<b>mg/l</b>
Cloruros	7.80	276.58
Sulfatos	0.66	31.69
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	4.14	252.58
<b>TOTAL</b>	<b>12.60</b>	

Representación grafica	Muy baja	Bajo	Normal	Alto	Muy alto
pH					
C.E.					
Sales Totales					
Dureza Total					
R.A.S.					
S.C.R.					
Índice de Scott					
Boro					
Sodio					
Nitratos					
Cloruros					
Bicarbonatos					

Otras Determinaciones	Resultado	
	meq/l	mg/l
Nitratos (N de NO <sub>3</sub> )	0.40	24.80



INIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILPA - PUNO

Ing° JORGE CANIHUA ROJAS  
Jefe Laboratorio Análisis  
SALCEDO

Clasificación Riverside: C4S3.
R.A.S: Aguas utilizables con precauciones.
S.C.R: Agua no recomendable.
Tipo de Agua: Dura.
Diagnóstico y Recomendaciones: Agua dudosa a no válida.

Anexo 3. Evidencias fotográficas



Identificando las zona de muestreo en la zona Faro de la bahía de Pomata



Tomando las muestra de agua en la zona con jaulas de flotantes



Tomando muestras de agua en la zona Control en la bahía de Pomata



Preparando las muestras de agua para su análisis en laboratorio