

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación del contenido de vanadio presente en el agua de la laguna de  
Punrún proveniente de los pasivos mineros de la ex – empresa Of  
American Vanadium - Pasco – Perú**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

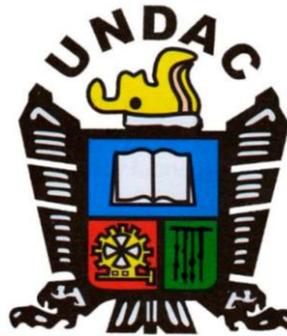
**Bach. Estefhany Sandra CAJALEON SALAS**

**Asesor:**

**Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS**

**Cerro de Pasco - Perú - 2024**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación del contenido de vanadio presente en el agua de la laguna de  
Punrún, proveniente de los pasivos mineros de la ex – empresa Of  
American Vanadium - Pasco – Perú**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. Luis Villar REQUIS CARBAJAL**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA**  
**MIEMBRO**



**Universidad Nacional Daniel Alcides**

**Carrión Facultad de Ingeniería**

**Unidad de Investigación**

### **INFORME DE ORIGINALIDAD N° 191-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación del contenido de vanadio presente en el agua de la laguna de Punrún, proveniente de los pasivos mineros de la ex – empresa Of American Vanadium – Pasco - Perú**

Apellidos y nombres de los tesistas:

**Bach. CAJALEON SALAS, Estefhany Sandra**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Dr. CUYUBAMBA ZEVALLOS, David Johnny**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud

**28%**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 10 de enero del 2024

UNDA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villar Reguis Carbajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

## **DEDICATORIA**

*A mis queridos padres, quienes siempre estuvieron pendientes con sus consejos, apoyo incondicional en el logro de esta meta que me propuse realizar y que hoy lo estoy cumpliendo a ellos dedico el presente trabajo.*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi querido asesor Dr. David Johnny Cuyubamba Zevallos, por su oportuno asesoramiento y orientación para ver cristalizado el presente trabajo de Investigación.

A mis docentes: Dr. Héctor Oscanoa Salazar, Dr. Hitlser Castillo Paredes, Dr. Rommel López Alvarado, Mg. Rosario Vásquez García, Mg. Josué Díaz Lazo, M Sc. Eleuterio Andrés Zavaleta Sánchez y demás docentes de la escuela profesional de Ingeniería Ambiental, por su ayuda incondicional y consejos oportunos para que mi tesis propuesta sea un rotundo éxito.

## RESUMEN

El presente estudio está orientado a evaluar el contenido de vanadio presente en la laguna de Punrún proveniente de los pasivos mineros de la ex – empresa Of American Vanadium, siendo la laguna uno de los recursos naturales principales que tiene la población de Cerro de Pasco, para ser abastecida en los próximos 20 años. Esta decisión se toma viendo el incremento del número de habitantes que la ciudad tiene en la actualidad y considerando el requerimiento de agua en el futuro cercano.

Población actual ..... 58 889 habitantes

Población dentro de 20 años próximos ..... 88 333 habitantes

El cual puede ser abastecida al emplear una etapa de bombeo, se puede resolver el problema del agua respecto a que su ubicación a 4200 m.s.n.m., así lo exige por encontrarse la laguna a un nivel más bajo que la ciudad de Cerro de Pasco (4380 m.s.n.m.).

El trabajo se justifica si se tiene en cuenta que hace unas décadas operaba una empresa minera de capital norteamericana, la que dejó un pasivo ambiental de desmonte de mineral que ahora es preocupación de parte de las autoridades locales. Sin embargo, según se reportan como resultado de los análisis químicos del agua de la laguna de Punrun, sus valores son menores a 0,1 ppm considerado por los ECAs nacionales como LMP. Los valores obtenidos permiten, por más bajos que sean, tenerlos presente si consideramos que la contaminación es un proceso acumulativo que el consumo diario del agua es diario sobre todo en la preparación de los alimentos.

**Palabras clave:** Categoría 1 ECAs, Calidad de Agua, parámetros, Monitoreo de aguas naturales.

## ABSTRACT

This study is aimed at evaluating the vanadium content in the Punrún lagoon from the mining liabilities of the former Of American Vanadium company. The lagoon is one of the main natural resources that the population of Cerro de Pasco has to be supplied in the next 20 years. This decision was made in view of the increase in the number of inhabitants that the city currently has and considering the water requirements in the near future.

Current population ..... 58 889 inhabitants

Population in the next 20 years ..... 88 333 inhabitants

The water problem can be solved by using a pumping stage because the lagoon is at a lower level than the city of Cerro de Pasco (4380 m.a.s.l.) and its location at 4200 m.a.s.l. requires it.

The work is justified if one takes into account that a few decades ago a North American mining company operated in the area, which left an environmental liability of mineral clearing that is now a concern of the local authorities.

However, as reported as a result of the chemical analysis of water from the Punrun lagoon, its values are less than 0.1 ppm considered by the national ECAs as LMP. The values obtained allow, however low they may be, to keep them in mind if we consider that contamination is a cumulative process and that water consumption is daily, especially in the preparation of food.

**Keywords:** Category 1 ECAs, Water Quality, parameters, Monitoring of natural waters.

## INTRODUCCION

La presente investigación se formula teniendo en cuenta los resultados producto de los monitoreos llevados a cabo bajo la responsabilidad y supervisión del personal del laboratorio químico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), teniendo en cuenta que tuvieron que viajar desde Tingo María hasta la laguna de Punrun para que la comunidad afectada pueda contar con una data y tengan un acceso a los servicios básicos de abastecimiento de un agua de calidad (zonas rurales), y, sobre todo si se considera un abastecimiento de este valioso líquido para el futuro (próximos 20 años) a la capital de la región Cerro de Pasco razón fundamental para proteger la salud del poblador, frente al problema de estar consumiendo un agua no apta, para este fin se realizó la evaluación del contenido de vanadio en las aguas de la laguna cercana a los pasivos ambientales existentes de la empresa, que operaba hace algunos decenios de años.

La evaluación de la calidad del agua de la laguna de Punrun, es importante porque en el futuro tendrá que considerarse para ser usada como agua de consumo humano y de su calidad garantiza la salud de los moradores de Cerro de Pasco.

Dentro de 20 años la población de Cerro de Pasco, tendrá un requerimiento mayor debido a que la población va en aumento y, el problema a presentar es litigar con los pasivos ambientales existentes en las orillas de la laguna esto generada por la empresa minera-metalúrgica. Esta investigación tendrá poca importancia, pero las aguas de la laguna fueron impactadas por las operaciones mineras de la empresa norteamericana de Pittsburgh Vanadium Corporation of American, que se dedicó a extraer el mineral de vanadio de la mina Ragra, la que se encuentra a un paso de la laguna dejando al retirarse un problemático pasivo ambiental; sobre todo en los alrededores de la laguna donde operó la planta concentradora de vanadio (Jumasha) y que en la actualidad se conoce como Racracancho.

## ÍNDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCION**

**ÍNDICE**

### **CAPITULO I**

#### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	6
1.3. Formulación del problema .....	7
1.3.1. Problema general .....	7
1.3.2. Problemas específicos.....	7
1.4. Formulación de objetivos.....	8
1.4.1. Objetivo general.....	8
1.4.2. Objetivos específicos .....	8
1.5. Justificación de la investigación.....	8
1.6. Limitaciones de la investigación .....	9

### **CAPITULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes de estudio .....	12
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	12
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	16

2.2. Bases teóricas – científicas .....	18
2.2.1. El Agua.....	18
2.2.2. El Agua y sus características físicas.....	20
2.2.3. Contaminación del agua .....	22
2.2.4. Tratamiento del agua.....	23
2.2.5. Pasivo Ambiental.....	25
2.2.6. Metales Pesados .....	26
2.2.7. El Vanadio .....	27
2.2.8. Contaminación por vanadio en la Laguna de Punrun.....	29
2.3. Definición de términos básicos .....	30
2.4. Formulación de hipótesis.....	32
2.4.1. Hipótesis general.....	32
2.4.2. Hipótesis específicas .....	32
2.5. Identificación de variables .....	33
2.5.1. Variable dependiente.....	33
2.5.2. Variable independiente .....	33
2.5.3. Variable interviniente .....	33
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	33

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	34
3.2. Nivel de investigación.....	34
3.3. Métodos de investigación .....	34

3.4. Diseño de investigación.....	34
3.5. Población y muestra .....	35
3.5.1. Población.....	35
3.5.2. Muestra .....	35
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
3.8. Tratamiento estadístico .....	37
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica .....	37

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	38
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultado .....	42
4.3. Prueba de hipótesis.....	47
4.4. Discusión de resultados.....	48

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

### **PANEL FOTOGRÁFICO**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1 La laguna de Punrun visitada por delegaciones de estudiantes .....	10
Figura. 2 Vista panorámica de la laguna de Punrún, zona de Jumasha .....	11
Figura. 3 Vista panorámica de la Laguna de Punrun (Fuente: Google Earth).....	11
Figura. 4 Agua Subterránea .....	21
Figura. 5 Agua atmosférica .....	22
Figura. 6 Esquema de una planta básica de tratamiento de agua.....	24
Figura. 7 Conservación de las muestras de la laguna.....	36
Figura. 8 Vista satelital de la laguna Punrun y la Acucocha .....	39
Figura. 9 Materiales para el transporte de las muestras hacia los laboratorios .....	40
Figura. 10 Tesista preparando el muestreo del agua de la laguna Punrún.....	41
Figura. 11 Tesista muestreando.....	42

## INDICE DE TABLAS

Tabla. N° 1 Variación del contenido de vanadio en la laguna de Punrún .....	43
---	----

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico. 1 Vanadio en el punto de muestreo 01 .....	44
Gráfico. 2 Vanadio en el punto de muestreo 02 .....	45
Gráfico. 3 Vanadio en el punto de muestreo 03 .....	45
Gráfico. 4 Vanadio en el punto de muestreo 04 .....	46
Gráfico. 5 Vanadio en el punto de muestreo 05 .....	46
Gráfico. 6 Vanadio en el punto de muestreo 06 .....	47
Gráfico. 7 Vanadio en los puntos de muestreo 01 al 06. ....	48

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En relación con la actividad minera que ha causado impactos ambientales en la zona de la laguna Punrún, esta comenzó cuando la American Vanadium Company de Pittsburgh, Estados Unidos, operó en la región desde 1905 hasta aproximadamente la década de 1950. Durante ese período, la compañía extrajo vanadio de la Mina Ragra para mejorar las propiedades mecánicas del acero. Este metal fue exportado y utilizado en la industria militar para la fabricación de equipo bélico, como tanques, aviones y buques, durante la Segunda Guerra Mundial.

En la actualidad, se pueden observar depósitos de relaves mineros, que abarcan aproximadamente 8.88 hectáreas, ubicados en las orillas de la laguna. Estos residuos mineros han afectado la calidad del agua de la laguna durante muchos años. Sin embargo, hoy en día existen motivos que nos alertan que esta laguna se encuentra en situación de vulnerabilidad; un primer motivo es respecto a la existencia de concesiones mineras en esta parte del país, se evidencia que casi todas las zonas de cabeceras de cuencas están concesionadas a la actividad minera, ello según el catastro minero del Instituto Geológico Minero

Metalúrgico - INGEMMET, y de darse la minería sin criterios de conservación ambiental dentro del sistema Punrun, puede afectar el normal desarrollo de la vida, ocasionando conflictos socio-ambientales (Labor, 2014).

El vanadio ingresa al agua desde la formación de iones al recurso hídrico y el suelo. Es poco soluble en una solución de ahí que se encuentra en proporciones pequeñas cantidades en ella. Tiende a alojarse en los músculos de los animales de pastoreo provocando un peligro para el ser humano que consume su carne.

Los animales que han ingerido vanadio muestran una disminución en la cantidad de glóbulos rojos, un aumento en la presión sanguínea y efectos neurológicos leves. Es importante destacar que las cantidades de vanadio que causaron estos efectos en los animales en estudios son significativamente más altas que las que normalmente se encuentran en el entorno ambiental.

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) y la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR) establecieron límites de exposición para el vanadio. En el caso del polvo de pentóxido de vanadio, se ha fijado un límite de 0,5 miligramos por metro cúbico ( $0,5 \text{ mg/m}^3$ ) que no debe ser superado en un día. Además, se estableció un límite de  $0,1 \text{ mg/m}^3$  para los vapores de pentóxido de vanadio en el aire del entorno laboral. Estas medidas buscan proteger la salud de las personas al limitar su exposición a niveles potencialmente dañinos de vanadio.” (ATSDR en español, 2016).

La laguna de Punrun se encuentra ubicada en las alturas de los caseríos andinos de Lancari y Pomacancha, del distrito de Tinyahuarco, provincia de Pasco, región Pasco a 37 km de Cerro de Pasco y coordenadas  $10050'17.20'' \text{ S}$ ;  $76028'06.65'' \text{ O}$ .

La presencia de vanadio en el agua puede tener impactos negativos en la crianza de truchas y otros organismos acuáticos. El vanadio es un metal

pesado que, en altas concentraciones, puede ser tóxico para los organismos vivos. Aquí hay algunos problemas potenciales de contaminación por vanadio para la crianza de truchas:

- a. Toxicidad para los peces:** Concentraciones elevadas de vanadio en el agua pueden tener efectos tóxicos directos en los peces, incluyendo las truchas. Esto puede afectar su salud, crecimiento y reproducción. Los efectos tóxicos pueden incluir daño en las branquias, alteraciones en el comportamiento y enzimas, así como impactos en la capacidad reproductiva. Acumulación en tejidos: Los metales pesados, como el vanadio, tienden a acumularse en los tejidos de los organismos acuáticos a lo largo del tiempo. Esto puede resultar en niveles elevados de vanadio en las truchas debido a que sonr expuesto a ambientes de agua contaminada, lo que puede tener consecuencias negativas para la salud de los consumidores humanos si las truchas son parte de la cadena alimentaria.
- b. Cambios en la calidad del agua:** La presencia de vanadio puede indicar la contaminación del agua por la actividad minera (pasivos ambientales). Además de la toxicidad directa para los peces, la contaminación por vanadio puede estar asociada con otros contaminantes y cambios en la calidad del agua, como la acidificación.
- c. Impacto en la reproducción:** Los metales pesados, incluido el vanadio, pueden interferir con los procesos reproductivos de los peces. Esto puede afectar negativamente la supervivencia de los huevos y larvas de trucha, disminuyendo la viabilidad de la población.
- d.** Es importante realizar análisis de calidad del agua de manera regular para monitorear la presencia de vanadio y otros contaminantes. Si se detecta la presencia de niveles altos de vanadio, se deben tomar medidas para mitigar la contaminación y proteger la salud de los peces

y del ecosistema acuático en general. Además, es esencial cumplir con las regulaciones ambientales locales para evitar la contaminación y proteger los recursos acuáticos.

#### **1.1.1. Problemas mundiales sobre el problema de la demanda de agua**

- El agua dulce de buena calidad presenta una escasez agobiante debido a la explosión demográfica que se viene dando en las últimas décadas a nivel global, y la creciente demanda de agua de consumo humano.
- Otro problema presente en los últimos tiempos es el Calentamiento Global que hace que el agua líquida se almacene en forma de vapor dando origen a las nubes y luego las lluvias, granizo y nevadas.
- Hay 2 tipos de nubes, las de recorrido horizontal en la zona inferior de la atmósfera y las de recorrido vertical en la zona alta de la estratósfera.
- Y, por último, la superpoblación que exige que se incremente acarreado el fenómeno denominado stress hídrico que consiste en que la demanda de agua es mayor a su disponibilidad.
- Es necesario mencionar que la cantidad del agua es una constante en el mundo, lo que permite que “nunca se acabará”; sin embargo, debido al calentamiento global y la explosión demográfica tendremos 2 problemas muy serios en el futuro.
- El calentamiento global llevará el agua a la atmósfera y la explosión demográfica contaminará el agua superficial.

#### **1.1.2. Problema nacional**

- El problema principal del agua en Pasco es en la zona altoandina del país especialmente en la laguna de Punrun en donde se encontraba

una empresa extractora de este mineral, la cual tenía una mina y una planta procesadora.

- Entonces este problema se presenta con las concesiones y la explotación de nuestros recursos naturales de naturaleza minera en nuestro país, no solo de explotación, que cada vez requiere más agua para sus procesos sino también por la presencia de los metales pesados. Pero, lo que se debe cuidar es la calidad de los recursos hídricos; más aún si se trata de la Laguna de Punrun cuya agua se espera como abastecimiento para consumo humano y por contar con un ambiente natural rico en diversidad de especies de flora y fauna, que puede ser aprovechado en el futuro.
- Proliferación de vertederos hacia las fuentes hídricas como ríos, lagunas y manantiales. Uno de los vertederos muy conocido es el Río Blanco que tiene un gran recorrido en las pampas de Junín.
- Falta de conciencia del poblador que permite y forma parte activa de la contaminación de los recursos hídricos.
- Para aprovechar al máximo la presencia del agua, muchas poblaciones andinas emplean el cloro como agente desinfectante para consumo humano y, de acuerdo a la contaminación, también es empleado en el cultivo de vegetales orgánicos. Esta característica es aprovechada para que, al ser empleada como de consumo humana sea obligatorio la desinfección con cloro y sea abastecida como potable por la población.

### **1.1.3. Problema local**

- La región Pasco, es uno de los beneficiados por la naturaleza al contar con grandes recursos hídricos como la laguna de Punrún la que está ubicada a 37 km de la ciudad más alta del mundo, Cerro

de Pasco y ha sido impactada con la presencia del metal pesado vanadio desde hace varias décadas, estando presente como pasivo ambiental de residuo metalúrgico de la empresa norteamericana Vanadium Corporation of America y su planta concentradora en Jumasha desde hace varios años.

- El agua de esta laguna es motivo del presente estudio de investigación, laguna que podría ofrecer un agua de buena calidad sobre todo a la ciudad capital de la región Cerro de Pasco.
- Sin embargo, la historia de esta laguna está trazada por la presencia de la mencionada empresa que explotó el mineral vanadio, dejando un pasivo que hasta la fecha es motivo de preocupación
- Entonces, con el presente estudio se le realiza una evaluación de la calidad de los parámetros físico, químico y microbiológico del agua de la laguna Punrun con fines de consumo humano para su tratamiento posterior y bombear a la ciudad de Cerro de Pasco ya que, en la actualidad, no se cuenta con el caudal suficiente para atender esta demanda, y viene siendo alimentada con agua de la laguna de Acucocha ubicada a 39 km de Cerro de Pasco, que es muy pequeña para abastecer a la ciudad cuyo desarrollo y crecimiento, no es acelerado pero si va en aumento y se prevé que requerirá mayor demanda de agua dentro de los próximos 20 años. Esta agua no se emplea con fines agrícolas dado a que se encuentra en una zona muy fría exenta de todo tipo de vegetación de productos comestibles.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El presente estudio permite formular las siguientes delimitaciones:

- **Económica:** Su utilización como un agua de consumo humano en una proyección futura (20 años) permitirá abastecer del recurso hídrico hacia Cerro de Pasco permitiendo un abaratamiento del consumo por provenir de una fuente de gran dimensión como es esta laguna. Sin descuidar los ingresos que podría tener al ser un lugar turístico con su pequeña isla y sus jaulas criadoras de truchas.
- **Territorial:** Las dimensiones de la laguna tiene el área suficiente para abastecer a toda la ciudad y lugares aledaños con más de ochenta mil (80 000) habitantes. Posee un área suficiente para la ganadería y el cultivo de productos nativos como papa, oca, mashua, maca, etc.
- **Social:** Permitirá la relación entre moradores y, lo más importante, con los visitantes.

### 1.3. Formulación del problema

#### 1.3.1. Problema general

- ¿El agua de la laguna Punrun, se encuentra contaminada con el metal pesado vanadio producto de los pasivos minero-metalurgicos de la ex empresa Vanadium Corporation of America?

#### 1.3.2. Problemas específicos

- ¿En qué relación se asemeja el contenido de vanadio actual de la laguna de Punrun con los valores como máximos para un consumo de agua al finalizar la década presente?
- ¿Es la concentración de vanadio de la laguna de Punrun un contaminante para el futuro del agua de consumo dentro de los próximos 20 años?

## **1.4. Formulación de objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar el grado de contaminación por presencia de vanadio en el agua de la Laguna de Punrun producto de los pasivos minero-metalúrgico de la ex empresa americana Vanadium Corporation of América.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Cuantificar la contaminación por vanadio las zonas aledañas a la mina Ragra y a la concentradora Jumasha.
- Determinar la concentración de vanadio en las zonas de Ragra y Racracancho donde están establecidos moradores que tienen que soportar los efectos de contaminación por este elemento metálico dentro de los próximos 20 años.

## **1.5. Justificación de la investigación**

- Las orillas de la laguna de Punrún indican que están conformadas por rocas sedimentarias de naturaleza alcalina pertenecientes al grupo pucará (calizas). Posee un clima el que alcanza valores de 3° y 7°C, siendo los meses más fríos mayo y setiembre.
- “La Laguna Punrun al ser un buen atractivo turístico de altura, se encuentra ubicada en la región Pasco, Perú; con un espejo de 8 km<sup>2</sup>, la profundidad mayor es de 200 metros presentando aguas azuladas ante los ojos debido a la cantidad hídrica que posee, es un emporio natural por la presencia de especies de peces como la trucha, los bagres y las chalhvas que recurren los moradores cercanos en forma artesanal.” (Turismo Perú)
- La fauna natural de la laguna presenta variedades de sapos, patos silvestres, gaviotas, las bandurrias, entre otros. En la laguna también

podemos encontrar, cinco islas, dentro de las cuales destaca Pumapachupan la más cercana a la comunidad Ucrucancha que se puede llegar en jaulas pesqueras u otras embarcaciones pequeñas con motores fuera de borda. Aun así, de contar con recursos naturales ecológicos turísticos, la laguna de Punrún siempre ha sido el caballito de batalla de los políticos para ser llevadas sus aguas a la gran urbe Cerro de Pasco que cada vez aumenta en población y se espera satisfacer su requerimiento de agua y poder evitar el stress hídrico dentro de 20 años.

- La presente investigación se justifica porque nos permitirá determinar la calidad de agua respecto al metal pesado vanadio que podría acarrear enfermedades a los pobladores de Cerro de Pasco, si esta es empleada con contenido de este elemento. También la justificación se remarca como una apertura turística y como fuente de agua a la ciudad de Cerro de Pasco.
- Si bien es cierto que la distancia entre la mina de vanadio (Ragra) y la Planta concentradora (Jumasha) no es muy grande (3 km) justificaba la presencia de la empresa extranjera empleando un pequeño barco para trasladar el mineral de la mina a la planta. Hoy en día, existen leyes que prohíben el empleo de embarcaciones que contaminan las aguas motivando el retiro de la empresa de la Laguna de Punrun.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

- Los laboratorios de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión no presentan condiciones de operatividad para realizar pruebas de contenido de vanadio en agua. El equipo de absorción atómica que estaba ubicado en el laboratorio de Metalurgia está completamente deteriorado por los años que tiene y, al parecer, el mal uso que se les dio en las prácticas de los estudiantes.

- Es necesario remarcar que aun estando operativo el equipo de Absorción Atómica, este nunca contó con una lámpara de cátodo hueco (LCH) para analizar vanadio. El equipo de AA se adquirió sin esa lámpara. Sin embargo, la UNDAC cuenta con un equipo moderno, de última generación, el ICP (Plasma Acoplado Inductivamente), que tampoco presta garantías por no contarse con los reactivos y el nulo apoyo de parte de las autoridades.
- Estas falencias hacen que los egresados de la Escuela de Ingeniería Ambiental se vean en la obligación de recurrir a laboratorios externos y pagar altos costos para los análisis correspondientes en sus trabajos de tesis como el presente. En ese sentido, tuvo que recurrirse a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) que nos permitió conseguir los análisis en sus laboratorios mediante el empleo del equipo ICP.



*Figura. 1 La laguna de Punrun visitada por delegaciones de estudiantes*



*Figura. 2 Vista panorámica de la laguna de Punrún, zona de Jumasha*



*Figura. 3 Vista panorámica de la Laguna de Punrun (Fuente: Google Earth)*

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

Existe muy poca información sobre vanadio en agua natural en nuestra región Pasco, por lo que se he podido encontrar en los repositorios de las Universidades, Institutos y otros; los cuales se muestran como tesis y artículos científicos. El cual se muestra a continuación:

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

**Coral Carrillo & Cabrera Jara (2018) realizaron una investigación sobre la “Lixiviación de plomo, cadmio y vanadio para la determinación del coeficiente de transferencia de masa con fines de conservación en la Laguna de Limoncocha, Sucumbíos”.**

La Laguna de Limoncocha alberga en sus sedimentos concentraciones de diversos metales pesados, elementos químicos conocidos por causar daños a los ecosistemas. Con el propósito de conservar este entorno, se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo general de determinar los coeficientes de transferencia de masa de metales pesados desde los sedimentos de la laguna hacia agua ultrapura, empleando el método EPA 1311.

Conocer estos coeficientes es crucial, ya que nos permite inferir el aporte de los sedimentos a la concentración de metales en el agua. Esto, a su vez, tiene implicaciones directas en la presencia de contaminantes en la flora y fauna de la laguna, conduciendo a la bioacumulación de estos elementos en organismos más complejos como los peces, que son una fuente de alimentación para la población local.

Aunque estudios previos han confirmado la existencia de metales pesados en el agua y los sedimentos de la laguna de Limoncocha, esta investigación se centra en la cinética de la movilidad de estos metales, específicamente en la interacción sedimento-agua. Se determinaron coeficientes de difusividad mediante el modelo matemático propuesto por Hernández (2016), aplicado a un proceso de lixiviación. Estos coeficientes revelaron la variación de la concentración de metales en los sedimentos en relación con el tiempo de agitación.

Los resultados arrojaron coeficientes de transferencia de masa para los metales analizados, ubicados en el rango entre  $2,51 \times 10^{-11} \text{ cm}^2/\text{min}$  y  $2,86 \times 10^{-08} \text{ cm}^2/\text{min}$  para distintos puntos de la laguna. Se concluyó que la transferencia de masa fue baja y que la contribución de los metales pesados a los seres bióticos puede ser complementada con futuras investigaciones en los sólidos suspendidos. Este estudio proporciona información valiosa para comprender y abordar los riesgos ambientales asociados con la presencia de metales pesados en la Laguna de Limoncocha.

**Perez Cabrera & Fernandez Cirelli (2013) realizaron estudios sobre los “Niveles de arsénico y vanadio en aguas naturales en el Departamento de Unión, sudeste de la provincia de Córdoba, Argentina”.**

Argentina posee amplias regiones con excelente aptitud para las actividades agropecuarias. No obstante, en algunas áreas se enfrentan restricciones para su desarrollo debido a la limitada disponibilidad y calidad del agua. Un elemento químico que ejerce un gran impacto en la salud humana y animal es el arsénico. La región afectada por la presencia de arsénico abarca provincias como Córdoba, La Pampa, Santiago del Estero, San Luis, Santa Fe, Buenos Aires, Chaco, Salta, Tucumán, San Juan y Mendoza. El propósito de esta investigación fue analizar la presencia y distribución de arsénico en aguas superficiales y subterráneas del sudeste de la provincia de Córdoba, una de las áreas de Argentina más afectadas por este elemento en el agua. Los niveles de arsénico en las aguas subterráneas mostraron una variabilidad considerable. Los valores más elevados se detectaron en el acuífero freático, con concentraciones de arsénico que oscilaron entre 20 y 4600  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . Además, se identificó otro elemento, el vanadio, presente en niveles significativos en el acuífero freático, con concentraciones que variaron entre 30 y 2710  $\mu\text{g.L}^{-1}$ . La presencia de vanadio asociada a altos niveles de arsénico podría suponer un riesgo para la salud y la producción animal.

**Torres Leon (2020) realizo su investigación sobre la “Remoción de arsénico, cromo y vanadio de agua residual mediante un proceso combinado de ferroxidación y precipitación química”.**

En su investigación, se examinó la eficiencia de eliminar arsénico, cromo y vanadio disueltos en aguas residuales provenientes de una industria metal-mecánica. Se emplearon tres técnicas diferentes: ferroxidación utilizando viruta de hierro con valencia cero ( $\text{Fe}(0)$ ), precipitación química y una combinación de ambas.

En el caso de la ferroxidación, se llevó a cabo un estudio basado en un diseño factorial 2k para identificar los parámetros que influyen significativamente

en el proceso. Se evaluaron cuatro factores: concentración inicial de contaminantes, tamaño de la viruta de hierro, cantidad de viruta utilizada y tiempo de residencia. Se determinó que únicamente el tiempo de residencia tenía un impacto significativo en la eficiencia del proceso. Partiendo de concentraciones iniciales de 14.16 mg/L de As, 12.82 mg/L de Cr y 13.53 mg/L de V, se lograron eficiencias de remoción de 98.17% de As, 98.64% de Cr y 98.04% de V después de 8 horas de ferroxidación utilizando 20 g de viruta de tamaño <1 mm. Aunque estas eficiencias no alcanzaron niveles por debajo de los límites establecidos en las regulaciones, se logró cumplir con dichos límites aumentando el tiempo de residencia a 16 horas.

Para optimizar la ferroxidación, se buscó reducir la cantidad de hierro a 1 g y variar el tiempo de residencia en un intervalo de 8 horas, obteniendo remociones mayores al 98% en As y 100% en V en 4 horas, aunque la remoción de Cr fue cerca del 90%. Ante esto, se propuso combinar la ferroxidación (4 horas de tiempo de residencia) con un proceso de precipitación química utilizando CaO como agente precipitante. Este enfoque resultó en remociones finales de 99.5% de As, 98.56% de Cr y más del 99% de V, cumpliendo con los estándares normativos mexicanos.

**(Navarro Breffe, 2017) “Evaluación de las principales características físico – químicas del pasivo ambiental “colas viejas” para su posible uso industrial”.**

Este estudio se enfoca en determinar las propiedades físico-químicas del depósito ambiental inactivo llamado Presa de Colas Viejas, perteneciente a la empresa Comandante Pedro Sotto Alba. Se lleva a cabo una comparación de los resultados obtenidos con otros depósitos de desechos sólidos presentes en la región de Nicaro y Moa. Se verifica la presencia abundante de minerales como hierro, cromo, aluminio y vanadio en estos residuos sólidos, y se exploran

posibles alternativas para aprovechar esta materia prima de alto valor industrial para el país.

Se utilizaron métodos analíticos como Espectrofotometría de Absorción Atómica, Volumetría, Gravimetría y Difracción de Rayos X. Los resultados de esta investigación permiten evaluar opciones técnicas y económicas para el tratamiento, uso y manejo de estos depósitos inactivos. El objetivo es reducir el impacto ambiental negativo y lograr la revalorización de estos pasivos mediante la extracción de metales valiosos que contienen

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

**Huancaré Pusari (2014) en su tesis titulada "Identificación Histopatológica de Lesiones Inducidas por Bioacumulación de Metales Pesados en Branquias, Hígado y Músculo de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de Cultivo en Etapa Comercial en la Laguna de Mamacocha, Área de Influencia Minera, Cajamarca-Perú".**

El objetivo principal fue identificar las lesiones histopatológicas presentes en truchas arcoíris de cultivo, expuestas a un entorno contaminado. Se seleccionaron aleatoriamente 35 peces (edad=8-9 meses, peso=200 g  $\pm$ 1,7 y talla=26,65 cm  $\pm$ 1,43) para obtener muestras de branquias, hígado y músculo estriado esquelético. También se recolectó una muestra de un litro de agua de la laguna. La determinación de metales pesados en el sedimento se realizó en diciembre de 2011 por la concesión acuática y los datos se proporcionaron para su análisis en este estudio.

Aunque los niveles de metales pesados en el agua no superaron los límites máximos permitidos, algunos valores (As, Cd y Hg) en el sedimento estuvieron por encima de los niveles permitidos. Los tres tejidos analizados bioacumulaban más Zn y Ba (músculo>hígado>branquias) y en menor cantidad

Cd, Cr, Cu y Pb. La tinción H&E se utilizó para la histopatología, revelando las alteraciones más significativas en las branquias, donde las lamelas presentaron degeneración hidrópica, acortamiento, fusión y necrosis, mientras que en el filamento se observó hiperplasia de células basales indiferenciadas y necrosis. En el hígado se identificaron degeneración, hidropesía, acumulación de grasa y necrosis, mientras que en el músculo estriado esquelético se encontró edema intramuscular y degeneración hialina y granular.

Siguiendo el protocolo propuesto por Bernet et al. (1999), los cambios patológicos se convirtieron en índices para su evaluación cuantitativa. Los índices promedio obtenidos indican que las branquias (28,77) fueron más afectadas que el hígado (25,77) y el músculo estriado esquelético (18,29). Se concluye que las lesiones en los tejidos estudiados pueden ser inducidas por los metales pesados, ya que son similares a las reportadas en diversas investigaciones sobre exposición natural y controlada a estos elementos, así como a la bioacumulación encontrada en cada tejido.

**Marcelo (2019)** en su estudio confirma la presencia de material mineral de vanadio en la zona donde operó la planta procesadora este valioso mineral con una cantidad acumulada de 12 715,30 m<sup>3</sup> al aire siendo arrastrado a la laguna con una contaminación por Sólidos Disueltos 197 mg/l y de 257 mg/l. También se incluyó en el estudio el contenido de plomo reportando valores de 0,0154 mg/l y 0,0152 mg/l, lo cual ligeramente pasa del estándar permitido.

**Antesano y otros (2022)**, según la categoría 3 riego de vegetales y bebidas de animales dado por los ECA's nacionales, así como en la temporada de estiaje, los parámetros fisicoquímicos no denotaron variación alguna en lo que a sus valores alcanzados en los análisis en los años (2019 y 2020) y que los análisis organolépticos apenas se determinaron ligeras variaciones. Se observó también que las variaciones de metales pesados no hicieron variación

alguna y mantuvieron sus valores dentro de lo estipulado en los Estándares de Calidad nacionales.

**Cabanillas y otros (2021). “Inventario de aves presentes en la Laguna de Punrún departamento de Pasco, Perú”.**

La investigación de la Universidad Ricardo Palma, se ubica a gran altura por encima de los 4 306 dentro del pajonal andino, pequeñas lagunas, bofedales y hábitat de muchas especies de aves en donde se logró identificar 10 órdenes como de los Passeriformes los de mayor presencia habiendo hecho estudios a 16 familias (54% de la población) entre las cuales se encuentran las Furnariidae y otras y 24 especies presentes en la zona de estudio dentro de las cuales se pudo observar algunas especies en extinción, y 21 especies de poco peligro.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. El Agua**

El agua es la base de la vida y forma la mayor parte del organismo del ser humano. Por lo general, las personas necesitamos beber una media de 1,5 litros de agua potable al día para poder desarrollar nuestra vida de una manera normal. Controlar la calidad del agua que consumimos y realizar un análisis detallado de sus parámetros es muy importante: una simple variación en el contenido de las sustancias alterará la calidad de ésta pudiendo llegar a convertirla en inservible o, incluso, suponer riesgos para la salud. (Tejada, 2019)

Los criterios sanitarios de los parámetros de calidad que debe mantener el agua del consumo humano vienen estipulados de forma clara en el DS 031 D.S. 2010, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

### **El agua apta para consumo humano**

- Es aquella que se utiliza para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y usos domésticos que se suministran a través de las redes de distribución pública o privada.
- Las aguas de las industrias alimentarias para la fabricación, tratamiento, conservación, comercialización de sustancias y productos destinados al consumo humano.
- Las aguas suministradas para el consumo humano como parte de la actividad pública o comercial.

### **Características del agua potable**

El criterio principal para que el agua se considere apta para el consumo humano es que esté limpia, sea salubre y no contenga microorganismos o parásitos que supongan un riesgo para la salud humana. Hay unos parámetros que definen las características que debe tener el agua que puede ser consumida por las personas. Éstos dependen de su color, su olor, sabor o PH entre otros factores:

- **El color:** éste suele ser uno de los primeros parámetros que se analiza para establecer si el agua puede ser de uso doméstico. La potabilidad del agua, entre otros, se establece cuando ésta es **incolora**. En determinadas ocasiones, el agua que presenta cierto color o sale turbia es debido a la presencia de ciertas sustancias en ella que hacen disminuir su calidad.
- **El olor:** el agua que es considerada como potable debe ser **inolora**. La detección de olores en el agua es indicador de que ha estado o está en contacto con productos químicos, bacterias o materia orgánica.
- **El sabor:** es uno de los principales factores que define la calidad de la misma y su pureza. Estamos acostumbrados a asociar como agua de mala calidad aquella que presenta cierto sabor y es que esta situación ocurre principalmente por la presencia de algas o bacterias.

### 2.2.2. El Agua y sus características físicas

El agua es una sustancia química inorgánica denominada óxido de hidrógeno, está formada cada molécula por dos elementos: su fórmula se representa como H<sub>2</sub>O. Es incolora, inodora e insípida, azulada en grandes cantidades como en muchos lagos y lagunas y en los mares. (Figueroa, 2010).

El agua fluye fácilmente y, sus moléculas se deslizan unas sobre otras. Por ello, el agua líquida no tiene una forma definida. El agua es el único elemento que se encuentra en la naturaleza en estado sólido, líquido y gaseoso. (Guerrero, 2012).

Si al agua se le somete a bajas temperaturas menos de 0° C, las fuerzas de atracción se incrementan, haciendo que se forme el sólido hielo. El vapor de agua se produce cuando las moléculas sufren el fenómeno, de calentamiento, se vuelven volátiles sea vapor.

Cada molécula de agua presenta 2 polaridades una positiva dada por los átomos de hidrógeno y una negativa dada por el oxígeno; eléctricamente de ahí que toma el nombre de “dipolo”.

#### Clasificación de las aguas

- a) **El agua de mar o agua salada** es una solución con alta presencia de sales inorgánicas disueltas a una alta concentración Wikipedia afirma como promedio de 3,5% (por cada 100 partes de agua, 3,5 partes es sal, NaCl de preferencia (Wikipedia, 2021).
- b) **Agua dulce**, es el agua que tenemos disponible en las diferentes actividades del ser humano en la agricultura, uso doméstico, industrial, etc. Hay zonas con agrupación de peces para la alimentación de los seres humanos especie siguiendo la cadena trófica natural.

- c) **El agua subterránea**, es el agua que discurre a través del subsuelo debido a filtraciones de las aguas superficiales o a grandes depósitos de agua que se encuentra alojada en esta zona de la tierra mediante la porosidad de zonas húmedas, En muchos lugares esta agua es bombeada a la superficie con fines consuntivos y no consuntivos. Es el caso de la laguna de Punrun la que, para hacer llegar a Cerro de Pasco, debe emplearse un sistema de bombeo, lo que implica llevar previamente una línea de alta tensión para los motores eléctricos. Se tiene en cuenta la altura de 4380 msnm de Cerro de Pasco y 4200 msnm de la laguna de Punrun. El agua subterránea tiene la desventaja de estar contaminada con material exige emplear procesos complejos de purificación; sin embargo, la mayoría del agua en la sierra requiere sólo una desinfección simple con cloro debido a que cumple con la clasificación A1 de consumo humano que requiere el empleo de métodos de desinfección simple como el empleo solo de cloro.



*Figura. 4 Agua Subterránea*

- d) **Agua atmosférica**, es el agua que se encuentre en forma de humedad y formando nubes. Esta agua produce precipitaciones como lluvia, nieve y granizo de acuerdo al ciclo hidrológico natural. (Aquae, 2022).



*Figura. 5 Agua atmosférica*

### **2.2.3. Contaminación del agua**

La contaminación del agua es la presencia de sustancias ajenas al agua que acarrearán desequilibrios en la salud de animales, plantas y personas. Si queremos comprender este problema, debemos conocer los motivos que han provocado dicha contaminación:

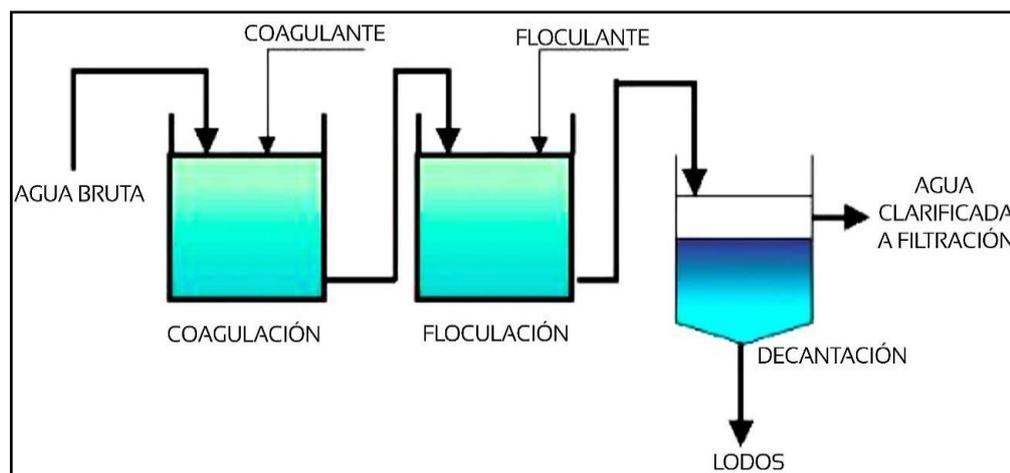
- a) **Efluentes industriales:** Sabemos que la industria, al ser una actividad antropogénica, es la primera en contaminar el agua. Sin embargo, miles de empresas aún vierten cantidades de desechos contaminantes sin conocer la gravedad del problema.
- b) **Aumento de las temperaturas:** El problema actual del calentamiento global es otro factor que tiene que ver con la contaminación del recurso hídrico ya que grandes masas de agua ascienden a las capas superiores de la atmosférica generando lo que se conoce como stress hídrico en las capas inferiores.
- c) **Uso de pesticidas en la agricultura:** Los fertilizantes y productos químicos en la agricultura se filtran a través de canales subterráneos que, afectando el así al agua usada para uso humano.

- d) **Uso inadecuado:** El uso inadecuado del agua, como el desperdicio, el mal uso y la sobreexplotación de los recursos hídricos, está agotando los acuíferos y disminuyendo la cantidad de agua disponible para consumo humano y actividades productivas.
- e) **Deforestación:** permiten que las fuentes hídricas se sequen.
- f) **Derrames de petróleo:** *El Servicio de Información y Noticias Científicas (SINC) daba a conocer en 2017 los resultados de una investigación llevada a cabo por profesionales del Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, del Departamento de Sanidad y Anatomía Animales de la Universidad Autónoma de Barcelona y el International Institute of Social Studies de la Universidad Erasmo de Rotterdam en Países Bajos. En ella se explicaba que la actividad petrolera está afectando de modo negativo a la cabecera de los ríos del Amazonas: los contamina y altera la estructura química del agua. (A24, 2019)*

#### **2.2.4. Tratamiento del agua**

El tratamiento del agua se hace con la finalidad de bajar la contaminación que contiene y pueda ser un recurso de mucha utilidad si se tiene dentro de los límites permisibles dadas por la OMS (Organización Mundial de la Salud). En poblaciones pequeñas se emplea un proceso de desinfección básico empleando cloro en forma directa en los reservorios que abastecen a estas poblaciones.

Sin embargo, en ciertas poblaciones donde se justifican las instalaciones si operan satisfactoriamente. En la Fig. se muestra una pequeña planta purificadora de agua.



*Figura. 6 Esquema de una planta básica de tratamiento de agua.*

Descripción de la pequeña planta.

El agua dulce o bruta se le añade un coagulante y después un floculante. Existen 02 coagulantes muy conocidos por económicos y fáciles de conseguir, en la purificación del agua, el sulfato de aluminio y el sulfato de hierro. Los coagulantes alteran la carga eléctrica de las partículas suspendidas, lo que hace que se aglutinen: es un proceso de neutralización de carga. Imagine un imán: no es posible unir dos polos negativos en un imán, ya que la carga similar crea una fuerza repelente. La floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas formadoras en los llamados flóculos que se forman en el fondo de los recipientes construidos para este fin, denominados decantadores. La floculación es precedida por el de coagulación que suele decirse que se trata de procesos paralelos, o de coagulación – floculación.

Sn embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 663 millones de personas viven sin agua o contaminada en el planeta, y este stress hídrico afecta a las regiones más deprimidas a nivel global. (INEA,2019)

Para que se pueda tener una idea un 65 % del total del territorio africano sufre de escases muy severa del recurso hídrico a tal punto que beber agua, es un lujo para millones de personas ya que en muchos lugares de África, Asia y

América Latina el agua potable prácticamente no existe por estar muy contaminada.

Todo esto se agrava con el cambio climático y la explosión demográfica sobre todo en los países en vías de desarrollo pobres, en los próximos treinta o cuarenta años.

#### **2.2.5. Pasivo Ambiental**

Un pasivo ambiental se refiere a las obligaciones o responsabilidades financieras que una entidad estatal o privada, ya sea una empresa, gobierno u organización, tiene como resultado de actividades pasadas que han generado impactos negativos en el medio ambiente. Estos pasivos suelen estar relacionados con la contaminación, degradación del suelo, contaminación del agua, emisión de gases de efecto invernadero u otros impactos ambientales.

Cuando una entidad realiza actividades que causan daños al medio ambiente, puede incurrir en costos asociados con la reparación, mitigación o compensación de esos daños. Estos costos se reconocen como pasivos ambientales en los estados financieros de la entidad. Los pasivos ambientales pueden incluir la limpieza de sitios contaminados, la restauración de áreas degradadas, la compensación a comunidades afectadas o cualquier otra acción necesaria para remediar o mitigar los impactos ambientales.

La identificación y gestión adecuada de los pasivos ambientales son importantes tanto desde el punto de vista financiero como desde la perspectiva de la responsabilidad social y ambiental. Las regulaciones ambientales a menudo exigen que las entidades asuman la responsabilidad de los daños ambientales causados por sus actividades, y el incumplimiento de estas regulaciones puede tener consecuencias legales y financieras significativas.

Es importante destacar que la contabilización y divulgación de los pasivos ambientales pueden variar según las normativas contables y las leyes ambientales aplicables en cada jurisdicción. Las entidades suelen llevar a cabo evaluaciones ambientales y estudios para estimar y cuantificar estos pasivos de manera adecuada.

Los pasivos mineros son, entonces, los residuos peligrosos que han dejado las operaciones mineras en el Perú. Han estado allí desde hace 30, 40 o más años sin que nadie se preocupe en intervenir para remediarlos y evitar que sigan contaminando. En 2004, el Gobierno peruano promulgó la Ley de Pasivos Ambientales Mineros con intención de clasificarlos y buscar a quienes los ocasionaron para que detengan el daño, pero es más fácil decirlo que hacerlo.

#### **2.2.6. Metales Pesados**

Los metales pesados son elementos químicos que, en condiciones normales, tienen una densidad mayor que la mayoría de los elementos. No hay una definición precisa y universal de "metales pesados", pero comúnmente se refiere a ciertos metales que tienen una alta densidad, toxicidad y pueden acumularse en organismos vivos, causando efectos perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

Algunos de los metales pesados más comúnmente asociados con problemas ambientales y de salud incluyen el plomo (Pb), el mercurio (Hg), el cadmio (Cd), el arsénico (As), el cromo (Cr), el níquel (Ni), Vanadio (V), entre otros. Estos metales pueden ser liberados al medio ambiente a través de actividades humanas como la minería, la industria manufacturera, la quema de combustibles fósiles y la eliminación inadecuada de desechos.

La preocupación por los metales pesados radica en su persistencia en el medio ambiente y su capacidad para bioacumularse a medida que se mueven a través de las cadenas alimentarias. Cuando estos metales entran en contacto con el suelo, el agua o el aire, pueden ser absorbidos por las plantas y los animales, y finalmente pueden alcanzar concentraciones peligrosas en los organismos superiores, incluyendo los humanos.

La exposición crónica a metales pesados puede tener efectos adversos para la salud, causando problemas neurológicos, daño renal, daño hepático, problemas respiratorios, trastornos del desarrollo en niños, entre otros. Por lo tanto, la gestión y control de la contaminación por metales pesados son aspectos importantes de la protección ambiental y la salud pública. Las regulaciones ambientales suelen establecer límites para la emisión de metales pesados y promover prácticas seguras en la gestión de desechos y en la industria para minimizar su impacto negativo.

### **2.2.7. El Vanadio**

El vanadio se presenta en la naturaleza como pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ), parecido al carbón con una ligera y pequeña coloración amarillenta; se produce sólo si el pentóxido de vanadio se lleva a un fuerte calentamiento de una atmósfera de oxígeno, siendo el resultado un producto contaminado con otros óxidos, el trabajo de laboratorio más eficiente es emplear en el laboratorio el metavanadato de amonio según la siguiente reacción: a  $200^\circ C$ .



El óxido de vanadio (V), así formado, es un compuesto de fórmula  $V_2O_5$  cuyas propiedades químicas principales son:

- Fórmula:  $V_2O_5$
- Peso molar molecular: 181,88 g/mol

- Densidad: 3,36 g/cm<sup>3</sup>
- Punto de ebullición: 1 750 °C

Se caracteriza porque tiene tres estados de oxidación, 2<sup>+</sup>, 3<sup>+</sup> y 5<sup>+</sup> porque forma óxidos en base a los iones cuyos iones son VO<sup>+2</sup> y VO<sup>+3</sup>. VO<sup>+5</sup>. Se ha comprobado que se oxida rápidamente a temperaturas sobre el punto de fusión de sus óxidos, el vanadio no es resistente al ácido nítrico, pero si al HCl y al H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> incluso en caliente y concentrados.

#### **A. Vanadio en la salud humana** (Lenntech, s.f)

Referente al vanadio se manifiesta que “la ingesta de vanadio por el ser humano se debe de evitar ya que es la única fuente de ingreso de este elemento a los diferentes órganos internos que se ven afectados en caso del consumo de alimentos contaminados.

Se enumeran los principales efectos de mayor gravedad del Vanadio:

- Irritación de pulmones, garganta, ojos y cavidades nasales. Daño cardíaco y vascular.
- Inflamación severa de las paredes del estómago e intestinos.
- Sangrado del hígado y riñones.
- Irritación de la piel y ojos.
- Temblores y parálisis
- Sangrado por la nariz y fuerte dolor de cabeza.
- Mareos agudos y frecuentes.
- Daño en el sistema nervioso.
- Cambios de comportamiento en la conducta.

### **2.2.8. Contaminación por vanadio en la Laguna de Punrun**

El uso del vanadio para producir aleaciones de acero especiales se generalizó rápidamente, particularmente en la floreciente industria automotriz. La Mina Ragra se encontraba en la región de Pasco. El depósito fue descubierto por una expedición del Servicio Geológico de los Estados Unidos el 20 de noviembre de 1905 (Mariño, 1911). En la cuenca del río Hualmey, operaba la mina Ragra, cuyo propietario era don Eulogio Fernandini, y fue en su yacimiento donde el Ing. de minas Antenor Rizo Patrón Lequerica, hizo un hayazgo entre los carbones de la mina descubriendo un mineral negro que se confundía con el carbon. Se trataba de una fuerte proporción de Vanadio mezclada con azufre. Los análisis y posteriores investigaciones del científico José Julián Bravo, se demostró que se trataba de un mineral desconocido que químicamente hablando es el Pentasulfuro de Vanadio, el que en homenaje a su descubridor, se le denominó "Rizopatronita".

A partir del inicio del siglo XX, la mina Ragra se convirtió en la primera productora de Vanadio del mundo, representando el 90% de la producción mundial. a partir del año 1905 Eulogio Fernandini vende la mina a The American Vanadium Company de Pittsburgh (Estados Unidos de Norte America).

La empresa norteamericana, explotó el Vanadio mediante tajo abierto, y en vagones hacía hasta la represa de una bocatoma en el río Hualmey, con huincha de cables de acero bajaba hasta cerca de Jumasha, continuando con vagones hasta la aguna Punrun.

De esta manera, The American Vanadium Company, continuó trabajando el vanadio. La empresa Vanadium Corporation of América dejó relaves en la zona Jumasha, estos relaves están contaminando el recurso hídrico. Actualmente, en Jumasha están los pasivos mineros, que ocupa una extensión aproximada de 8,88 Has. los mismos que no están registrados en el Ministerio de Energía y Minas MINEM.

El Centro de Cultura Labor (2015) de Cerro de Pasco detalla que al oeste de la laguna Punrún, se encuentran abandonadas las instalaciones de la Mina Ragra, la primera mina de vanadio del Perú y la más grande de este metal en el mundo hasta 1950 (Trove, 2015). Tanto en internet, como en el Centro Labor existe amplia información acerca de la trascendencia que tuvo esta mina en la industria mundial del acero (Vanadium Investing News, 2015; Labor, 2014).

En abril de 2015, se hizo un muestreo del agua de la Laguna Punrun y de los relaves mineros de Jumasha, para analizarlo en laboratorio químico mediante la técnica de Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP), fue posible determinar la cantidad de metales y que no presentan riesgo alguno por encontrarse en pequeñas cantidades de 33 elementos de la Tabla Periódica.

### **2.3. Definición de términos básicos**

- **Agua**

Sustancia química inorgánica cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno orientados formando un ángulo de 41 ° y un átomo de oxígeno.

- **Acuífero**

Afloramiento de agua del subsuelo

- **Agua apta para consumo humano**

Agua tratada química y biológicamente.

- **Agua cruda**

Agua sin tratamiento.

- **Cadena de custodia**

Documento que garantiza que las muestras de agua no sean alteradas al ser conducidas hasta el laboratorio.

- **Cloración**

Método usado para eliminar microorganismos empleando cloro.

- **Cloro Residual**  
Es el cloro remanente o que sobra en el agua potable
- **Coliformes fecales**  
Son los microorganismos que provienen de la actividad biológica humana y animal al hacer sus deposiciones.
- **Coliformes totales**  
Son los microorganismos provenientes de las raíces y tallos de la flora acuática.
- **Contaminante**  
Sustancia extraña al agua que muchas veces acarrea microorganismos dañinos para la salud humana.
- **Estándares de calidad ambiental**  
Herramienta de gestión ambiental que se establece para clasificar los diferentes recursos hídricos.
- **Límites máximos permisibles**  
Valores máximos que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.
- **Monitoreo**  
Recojo de muestras de agua en frascos par ser conducidas al laboratorio.
- **Muestra de Agua**  
Volumen de agua recolectada para ser llevada a su posterior análisis
- **OMS Organización Mundial de la Salud**  
Como su nombre lo dice, es una organización formada para ver todo lo relacionado con la salud humana integrada por 193 estados y fundada en la ciudad de Ginebra en 1948.
- **Puquial**  
Agua que emerge del subsuelo.

- **Puntos de muestreo**

Lugar donde se toman las muestras, superficiales o de profundidad.

- **Punrun**

Laguna natural ubicada en la región Pasco.

- **Reservorio**

Depósito para almacenar agua.

- **Stress hídrico**

Escases de agua. Mas es el requerimiento que la disponibilidad debido a la superpoblación en el planeta.

- **Toma de muestra de Agua para Consumo Humano.**

Procedimiento de recoger las muestras en puntos clave de abastecimiento y debe ser representativo; para evaluar propiedades físicas, químicas y microbiológicas.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

- El agua de la laguna Punrún, se encuentra contaminada con el metal pesado vanadio según los ECAs de Agua, producto de los pasivos mineros de la ex empresa Vanadium Corporation of America.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- La contaminación por vanadio las zonas aledañas a la mina Ragra y a la concentradora Jumasha superan los ECAs de Agua.
- La concentración de vanadio en las zonas de Ragra y RacracanCHA donde están establecidos moradore superan los ECAs de Agua, y los efectos de contaminación por este elemento metálico dentro de los próximos 20 años.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable dependiente

- La variable dependiente es la calidad del agua de la laguna de Punrun en la actualidad.

### 2.5.2. Variable independiente

- La variable independiente es la presencia del metal pesado vanadio disuelto en el agua de la laguna de Punrun.

### 2.5.3. Variable interviniente

- La variable interviniente es la precipitación pluvial que ocurren en cualquier momento produciendo una dilución alterando la concentración de metales al variar el pH del agua.

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

- **Definición operacional:** Es una medida fisicoquímica la presencia de vanadio que determina la condición situacional del agua de la laguna.

**Indicadores:** Se determina si es apta o no para consumo humano.

- **Definición operacional:** La evaluación de la calidad de agua está determinada por la presencia de la cantidad de vanadio presente en la laguna.

**Indicadores:** presencia del contaminante vanadio o acumulaciones de relaves de vanadio que, a la fecha, producen contaminación por dilución de este mineral en la zona afectada.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es exploratoria según la profundidad del estudio y cualitativa según los datos obtenidos en los monitoreos realizados en las aguas de la laguna Punrún de acumulación de vanadio, estos datos servirán para describir, estimar y verificar la condición del problema.

#### **3.2. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es el explicativo debido a que se fundamenta en la evaluación de causa y efecto (Hernández et. al, 2014), Se especificó si la presencia de los depósitos de relaves mineros de vanadio afecta los parámetros de calidad de agua de la laguna de Punrún,

#### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación empleado en el presente estudio de investigación es el método cuantitativo y así llegar a probar la hipótesis en base a mediciones realizadas en laboratorio físico químico.

#### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación, al realizar el estudio de monitoreo de la calidad del agua para el elemento metálico vanadio, se requiere una cuidadosa

y sistemática toma de muestra para garantizar resultados precisos y confiables. A continuación, se muestra los procedimientos a seguir según una metodología establecida que se puede adaptar según las condiciones específicas del estudio y las regulaciones locales. Asegúrate de consultar las normativas ambientales y los estándares de calidad del agua en tu área antes de comenzar.

El cual este sujeto a lo dispuesto en el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” y a la Ley N° 29338, la cual regula el uso y gestión de los recursos hídricos y comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta y se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población está representada por todo el contenido de agua en un área de 8 km<sup>2</sup> de superficie. Al ser alimentada por lluvias y descargas constantes a la laguna de Punrun, el cual es considerada como población infinita lo que indica una alimentación constante de agua al sistema.

#### **3.5.2. Muestra**

Las muestras a ser evaluadas del contenido de Vanadio presente en el agua de la laguna de Punrún, se realizó durante los meses de julio a diciembre del 2022 y de enero a junio del 2023 (duración de 12 meses), producto de los pasivos mineros de la ex – empresa Of American Vanadium – Pasco – Perú, de las cuales se ha toma de muestra al azar, tomando en cuenta lo indicado en el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (Resolución Jefatural No. 010- 2016-ANA).



*Figura. 7 Conservación de las muestras de la laguna*

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para recoger las muestras se tiene en cuenta el empleo de una extensión de madera (vara de madera) cuando se trata de recoger las muestras en la orilla de la laguna. Las muestras se recogieron de 2 m de profundidad y la técnica empleada es un muestreo simple y directo.

El personal de la UNAS (Universidad Nacional Agraria de la Selva) (01) proporcionó los materiales de conservación de muestras a bajas temperaturas a responsabilidad del interesado de esa quienes se encargaron de elaborar la Cadena de Custodia correspondiente.

La cadena de custodia se elaboró teniendo en cuenta la información recogida en el muestreo, se selló herméticamente el recipiente con la información recogida y pegada en el frasco para conservar las características fisicoquímica hasta el laboratorio donde se analizarán los análisis de todas las muestras.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Esta investigación es obligatoriamente de tratamiento cuantitativo los análisis fisicoquímicos son rápidos y fiables del elemento en análisis y para ello

se emplea un equipo ICP. Cada metal es analizado programando el equipo para el contenido de vanadio.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Se desarrollan tablas sometidas al software Microsoft Excel 2021 el que permite determinar la cantidad de metal presente en la laguna Punrún en función del tiempo. También se tiene en cuenta la proyección de requerimiento de agua potable hasta los 20 años empleando el mismo software y los datos de análisis del laboratorio químico vs tiempo de muestreo.

El tratamiento estadístico tiene como base la disolución del pentóxido de vanadio en iones vanadio pentavalente a través del tiempo (20 años considerados en la presente investigación).



### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica**

La investigación emplea una metodología que no afecta la ecología del área estudiada y pueblos cercanos es por ello que se prefiere el empleo de una vara de muestreo y no un bote que podría verse afectadas todas las muestras por turbulencias que produce el mismo bote incluso el combustible (petróleo) que empleaba la embarcación. Y, si bien es cierto, que la zona carece de mucha vegetación, es muy bondadosa en lo que a la fauna piscícola se refiere, especialmente la trucha, el bagre, la chalgua, etc.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

El trabajo de investigación empieza en función a la metodología que se muestra a continuación empleado en los alrededores de las aguas de laguna de Punrún, lugar que *dista 37 km* de la ciudad de Cerro de Pasco, Se realizo en función a lo indica el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales (Marcelo,2019):

##### **A. Definición de Objetivos:**

Establece claramente los objetivos del estudio sobre la evaluación de la concentración del metal vanadio, como identificar fuentes de contaminación, evaluar la calidad del agua y para poder cumplir con regulaciones ambientales.

##### **B. Selección de los sitios de muestreo:**

Se identifica la ubicación de las zonas para realizar el muestreo en la laguna Punrún, cuya muestra debe ser representativa y que cubran diversas fuentes de agua, como: río, pozos y áreas cercanas a posibles fuentes de contaminación. Considerando las condiciones

geográficas y climáticas para una selección equitativa de tiempo seco y de lluvias.



*Figura. 8 Vista satelital de la laguna Punrun y la Acucocha*

**C. Determinación de los parámetros y metales a monitorear:**

Se seleccionaron los metales pesados relevantes para el estudio, en esta investigación el elemento metálico fue el vanadio. Como sugerencia también se debe realizar la medición de los parámetros físico-químicos adicionales, como pH, temperatura, conductividad, etc.

**D. Planificación del muestreo:**

Se estableció la frecuencia de muestreo mensual por un año, basándome en la estacionalidad y las actividades humanas. Decidí si se realizarán muestreos puntuales en el tiempo: época seca y época de lluvia.

**E. Recolección de Muestras:**

La recolección de muestras en campo se llevó a cabo del mes de julio a diciembre del 2022 del mismo modo de enero a junio del 2023,

durante un año se realizaron 12 monitoreos, empezando todos los muestreos se hicieron entre las 10 a 12 a.m. según los puntos elegidos. Los envases empleados fueron de plástico con conservador  $\text{HNO}_3$  al 65 % de pureza (10 gotas/l), especialmente conseguido para estos menesteres, y que estén libre de impurezas metálicas. Para el transporte hacia la ciudad de Tingo María se empleó un cooler adecuado a  $-5\text{ }^\circ\text{C}$ . La cadena de custodia fue elaborada prolijamente por el personal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

También mencionar que se empleó una extensión de franja de 2,30 m de longitud, mediante el empleo de un brazo de madera, para sacar las muestras de las orillas con el fin de asegurar que las muestras sean representativas y no contengan algún agente contaminante, que altere los resultados que éstas suelen acumular en los bordes de la laguna y evitar la contaminación por polvo que siempre lleva el aire.



*Figura. 9 Materiales para el transporte de las muestras hacia los laboratorios*

#### **F. Manejo de Muestras:**

Etiqueta cada muestra con información detallada sobre la ubicación, fecha y hora de muestreo. Se mantiene las muestras refrigeradas o

congeladas según sea necesario para evitar cambios en las concentraciones de metales.

**G. Análisis de Laboratorio:**

Envía las muestras a los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, el cual es acreditado para este tipo de análisis de metales pesados. También cumpliendo con la metodología de ensayo según las NTP métodos de análisis cumplen con estándares reconocidos.

**H. Interpretación de Resultados:**

Compara los resultados obtenidos con los límites establecidos por las regulaciones ambientales “Ley de los recursos Hídricos”, N° 29338, la cual regula el uso y gestión de los recursos hídricos y comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta y se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.



*Figura. 10 Tesista preparando el muestreo del agua de la laguna Punrún*



*Figura. 11 Tesista muestreando*

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultado**

### **4.2.1. Resultados de las muestras en el agua de la Laguna Punrún**

Los resultados del contenido de vanadio en el agua de la laguna de Punrún, se obtuvieron en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María. Estos resultados se detallan en la tabla. N° 01.

**Tabla. N° 1 Variación del contenido de vanadio en la laguna de Punrún**

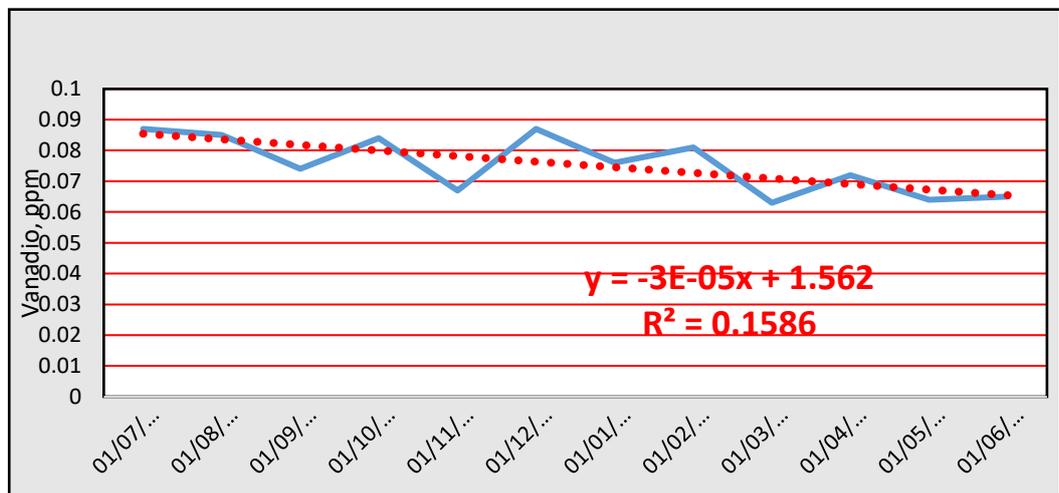
<b>Fecha</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>
<b>1/07/2022</b>	<b>0.087</b>	<b>0.033</b>	<b>0.041</b>	<b>0.034</b>	<b>0.031</b>	<b>0.036</b>
<b>1/08/2022</b>	<b>0.085</b>	<b>0.034</b>	<b>0.041</b>	<b>0.045</b>	<b>0.031</b>	<b>0.037</b>
<b>1/09/2022</b>	<b>0.074</b>	<b>0.033</b>	<b>0.045</b>	<b>0.033</b>	<b>0.025</b>	<b>0.031</b>
<b>1/10/2022</b>	<b>0.084</b>	<b>0.022</b>	<b>0.037</b>	<b>0.032</b>	<b>0.032</b>	<b>0.031</b>
<b>1/11/2022</b>	<b>0.067</b>	<b>0.022</b>	<b>0.044</b>	<b>0.025</b>	<b>0.034</b>	<b>0.025</b>
<b>1/12/2022</b>	<b>0.087</b>	<b>0.023</b>	<b>0.032</b>	<b>0.031</b>	<b>0.033</b>	<b>0.026</b>
<b>1/01/2023</b>	<b>0.076</b>	<b>0.022</b>	<b>0.034</b>	<b>0.031</b>	<b>0.024</b>	<b>0.022</b>
<b>1/02/2023</b>	<b>0.081</b>	<b>0.024</b>	<b>0.041</b>	<b>0.021</b>	<b>0.031</b>	<b>0.029</b>
<b>1/03/2023</b>	<b>0.063</b>	<b>0.025</b>	<b>0.031</b>	<b>0.031</b>	<b>0.029</b>	<b>0.027</b>
<b>1/04/2023</b>	<b>0.072</b>	<b>0.021</b>	<b>0.031</b>	<b>0.022</b>	<b>0.035</b>	<b>0.028</b>
<b>1/05/2023</b>	<b>0.064</b>	<b>0.026</b>	<b>0.032</b>	<b>0.017</b>	<b>0.027</b>	<b>0.021</b>
<b>1/06/2023</b>	<b>0.065</b>	<b>0.025</b>	<b>0.031</b>	<b>0.011</b>	<b>0.022</b>	<b>0.021</b>
<b>ECA</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>	<b>0.100</b>

Como se puede apreciar en los resultados de la Tabla N°. 01, de los monitoreos realizados sobre los niveles de vanadio en las aguas de una laguna de Punrún no superan los límites establecidos según las regulaciones ambientales de los estándares nacionales de calidad ambiental para agua teniendo un valor 0.100 mg/L y no se consideran un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, es una buena información para los inversionistas que vienen realizando la piscicultura en estas aguas. Sin embargo, para complementar el estudio se debe tener una evaluación más completa de la calidad del agua, pueda que pueda ser otros elementos metálicos superen en sus parámetros establecidos.

#### 4.2.2. Resultados en cada estación de monitoreo sobre el Contenido de vanadio en la laguna de Punrún en los puntos de muestreo.

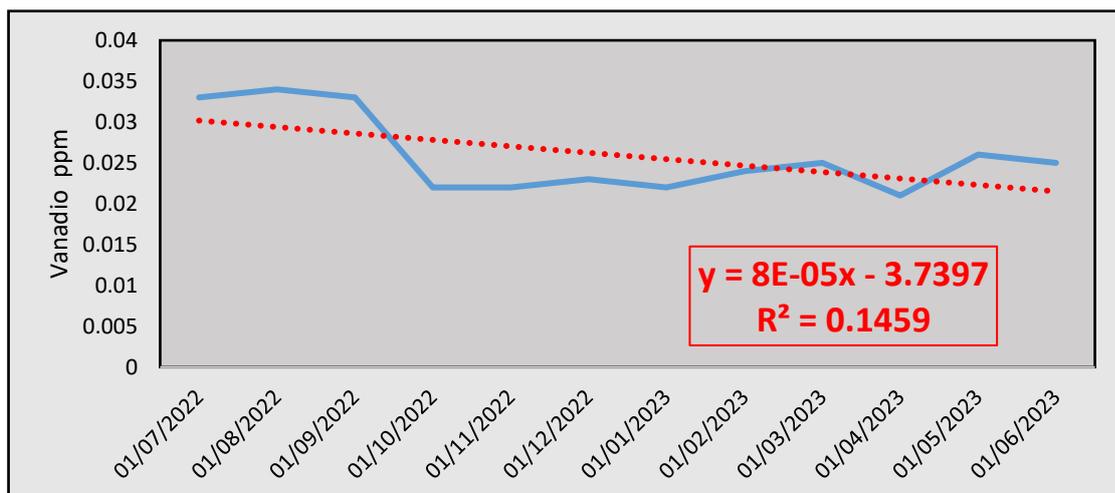
En la estación de monitoreo No. 01 se muestra valores que van desde valores mínimos de 0.063 mg/L a valores máximos de 0.087 mg/L, lo que muestra que no existe ningún riesgo de contaminación ambiental sobre efectos al ecosistema, debido a este parámetro de químico del elemento vanadio.  $R^2$  nos muestra que los resultados son muy variados y que no se ajustan a relación normal.

**Gráfico. 1 Vanadio en el punto de muestreo 01**



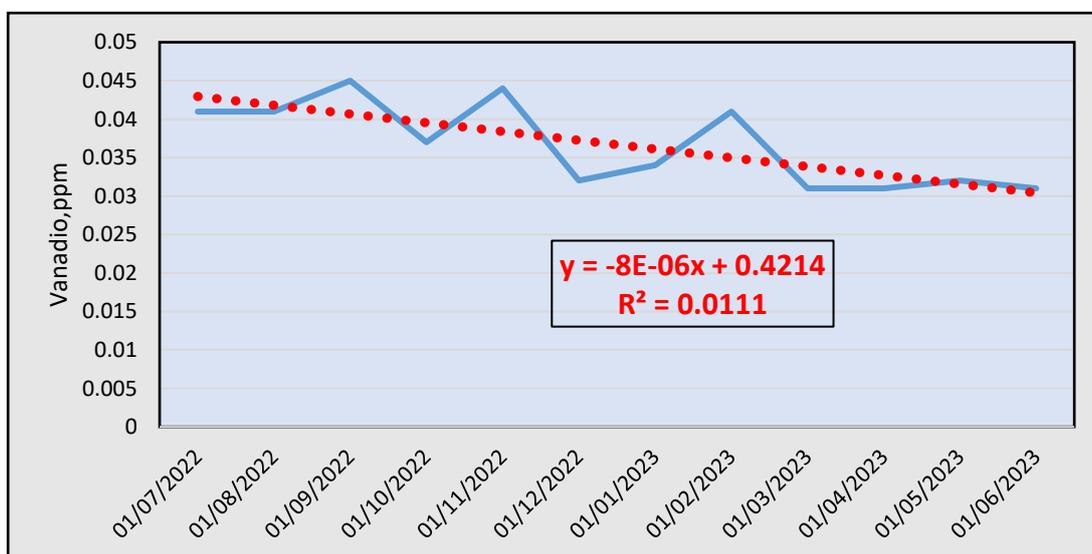
Los valores de vanadio en la estación de monitoreo N° 02 oscilan entre 0.021 mg/L y 0.034 mg/L. Estos valores están dentro de un rango considerado seguro, lo que sugiere que no hay riesgo de contaminación ambiental significativa relacionada con el vanadio en esta ubicación.

**Gráfico. 2 Vanadio en el punto de muestreo 02**



Los valores mencionados del elemento vanadio se sitúan en un rango que no representa un riesgo ambiental para el ecosistema. Esto implica que, hasta el momento, la presencia de vanadio en la estación de monitoreo No. 03, no tiene efectos negativos apreciables en el entorno natural.

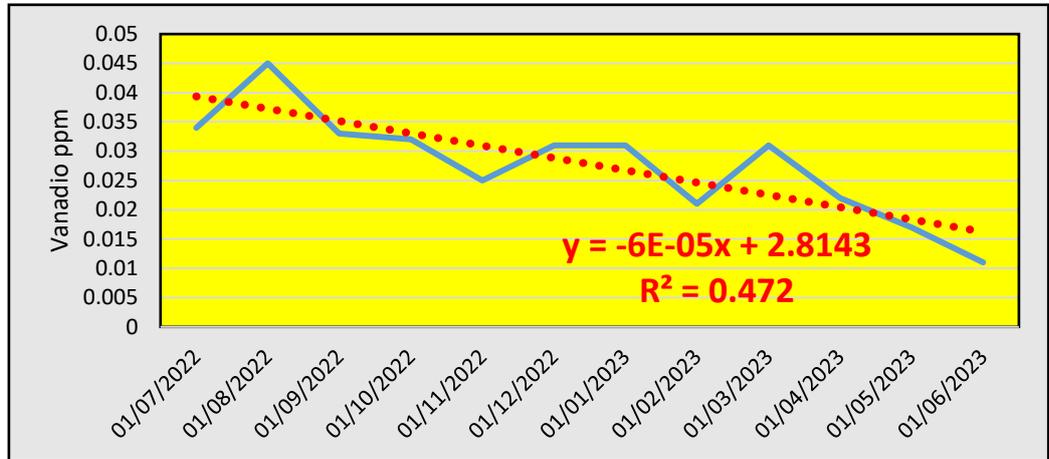
**Gráfico. 3 Vanadio en el punto de muestreo 03**



La variación de los valores de vanadio, que va desde 0.011 mg/L hasta 0.045 mg/L, respalda la afirmación de que no hay riesgo de contaminación ambiental en la estación de monitoreo No. 01. Esto sugiere que los niveles de

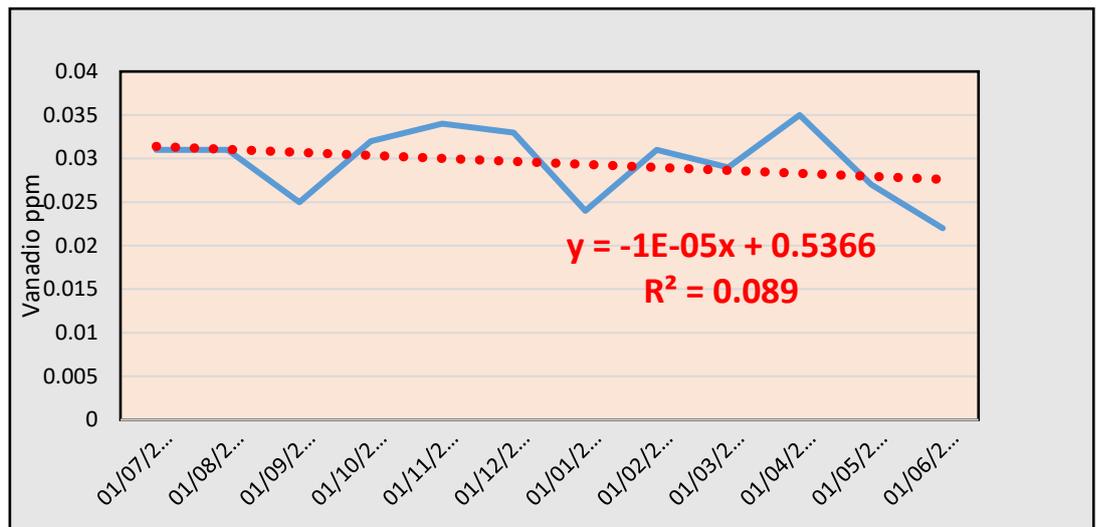
vanadio no están alcanzando concentraciones perjudiciales para el ecosistema.

**Gráfico. 4 Vanadio en el punto de muestreo 04**



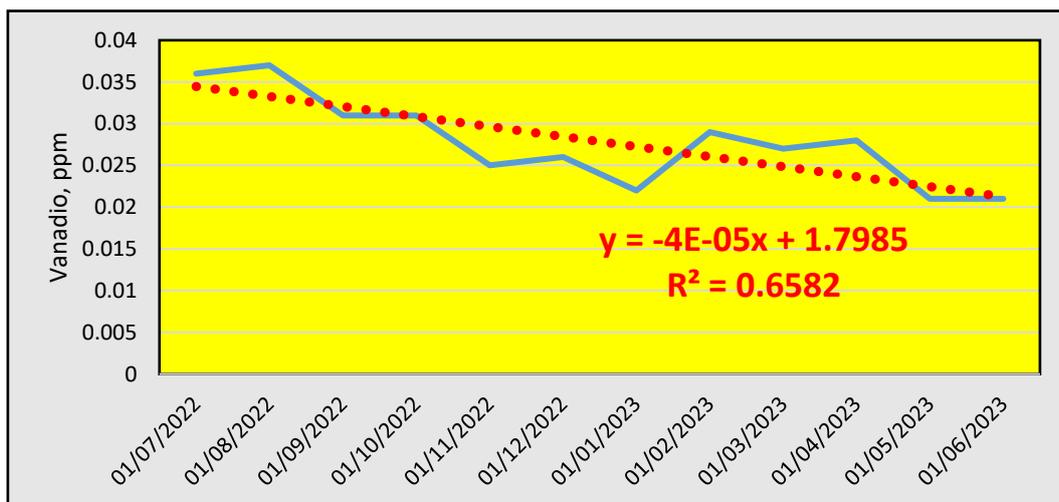
La referencia a  $R^2$  indica que los resultados obtenidos muestran una variabilidad significativa y no siguen una relación normal. Esto puede sugerir que existen factores adicionales o variables que contribuyen a la variabilidad en los niveles de vanadio, y la relación con otros parámetros podría no ser directa o predecible de manera convencional.

**Gráfico. 5 Vanadio en el punto de muestreo 05**



El hecho de que  $R^2$  indique una variabilidad considerable sugiere que la relación entre los niveles de vanadio y otros parámetros no sigue un patrón típico. Esta complejidad puede requerir un análisis más detenido para comprender completamente la dinámica y las influencias en la presencia de vanadio en la estación de monitoreo No. 06.

**Gráfico. 6 Vanadio en el punto de muestreo 06**

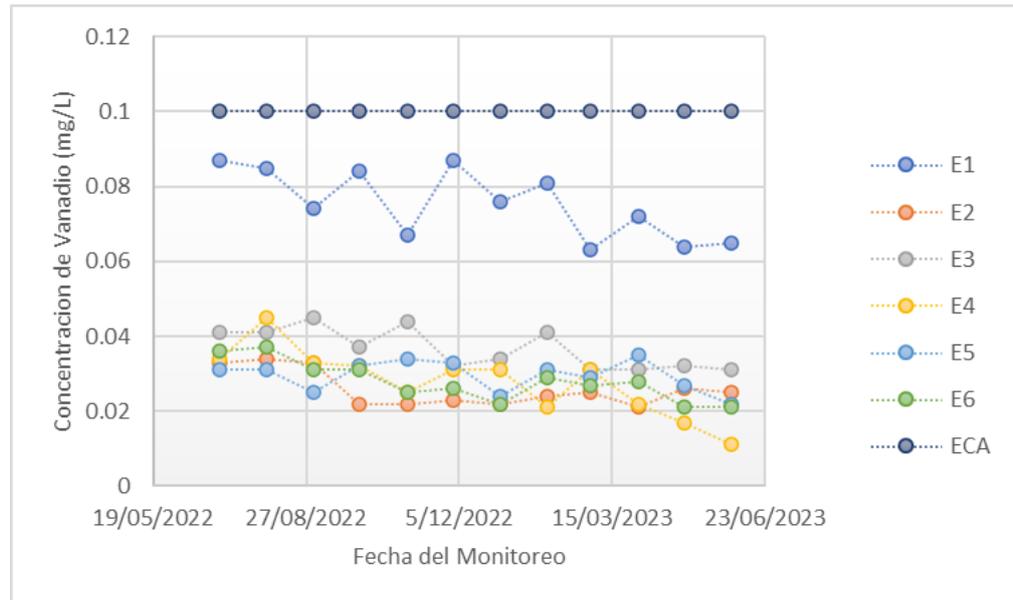


#### 4.3. Prueba de hipótesis

La hipótesis formulada: **El agua de la laguna Punrún, se encuentra contaminada con el metal pesado vanadio según los ECAs de Agua, producto de los pasivos mineros de la ex empresa Vanadium Corporation of America.** Al respecto podemos mencionar respondiendo a la hipótesis planteada que los niveles de vanadio en las 6 estaciones de monitoreo del número 01 al 06, no muestran problemas de que el agua este contaminado con el metal pesado de vanadio, porque la estadística de los resultados de los monitoreos realizados está dentro de un rango seguro, lo que descarta riesgos significativos para el ecosistema. Sin embargo, la variabilidad destacada en los resultados, indicada por  $R^2$ , sugiere la presencia de factores adicionales que pueden estar afectando la relación entre el vanadio y otros parámetros.

A continuación, se muestra el gráfico No. 7, del consolidado de los resultados de todos los monitoreos realizados, donde se aprecia que todos los resultados están por debajo de un límite de 0.100 mg/L (ECA de agua), lo que demuestra que no existe contaminación en las aguas de la laguna Punrún por el contenido de metal vanadio.

**Gráfico. 7 Vanadio en los puntos de muestreo 01 al 06.**



#### 4.4. Discusión de resultados

- De acuerdo con los gráficos de los resultados de los monitoreos realizados, todos presentan la misma tendencia general y referente al problema de la contaminación los valores de los resultados obtenidos están por debajo del límite establecido de 0.100 mg/L es un referente que no existe contaminación por este elemento vanadio en las aguas de Punrún, por los pasivos ambientales existentes que están presentes colindantes a este ambiente, al pasar el tiempo, la presencia de vanadio no aumenta significativamente.
- También indicar que basándonos en la información proporcionada en los resultados de los monitoreos realizados indica que los valores de vanadio

en las estaciones de monitoreo del No. 01 al 06, están dentro de un rango seguro y que no hay riesgo de contaminación ambiental significativa, podemos inferir que, según esos datos específicos, no parece haber un riesgo inmediato para la salud de las personas ni para el ambiente debido a la presencia de vanadio en esa ubicación específica.

- Sin embargo, es importante tener en cuenta que la evaluación de riesgos ambientales y para la salud es un proceso complejo y multidisciplinario. Se requiere una comprensión completa de las condiciones ambientales del ecosistema local, las características del entorno y la interacción de diversos factores que intervienen en la laguna Punrún.
- Además, la ausencia de riesgo en las estaciones de monitoreo No. 01 al 06, no garantiza automáticamente la seguridad en todas las áreas circundantes o en todo momento. Los estudios de monitoreo ambiental deben ser continuos y abordar múltiples factores para obtener una evaluación completa de los posibles riesgos.
- Siempre se recomienda consultar con expertos en salud ambiental y autoridades locales y regionales, para obtener una evaluación más completa y específica de la situación en tu área. La interpretación de los resultados y la toma de decisiones deben basarse en un enfoque integral y en la consideración de todas las variables relevantes

## CONCLUSIONES

- Al evaluar el contenido de vanadio presente en las aguas de la laguna de Punrún, proveniente de los pasivos mineros de la ex – empresa Of American Vanadium, siendo la laguna uno de los recursos naturales principales que tiene la provincia de Pasco, se debe mencionar que el contenido de vanadio en las aguas de la laguna, no genera un problema de contaminación por este elemento, ni un factor de riesgo ambiental para el ecosistema. Esto implica que, hasta el momento, la presencia de vanadio en la estación de monitoreo No. 01 al 06, no tiene efectos negativos apreciables para el entorno natural.
- Los gráficos obtenidos en el presente estudio indican:
  - 1) Que no existe una distribución normal en el contenido de vanadio en el agua de la laguna de Punrún, que su comportamiento es bastante variable durante los diferentes meses del año, como épocas secas y de lluvia.
  - 2) Si bien es cierto que el contenido metálico de vanadio, es casi escaso en las aguas de Punrún en estos tiempos, pero requiere también realizar estudios continuamente, para descartar algún efecto en el futuro que podría generar a la naturaleza, de su parte su capacidad regenerativa con el crecimiento de algas y una buena vegetación acuífera.
  - 3) Todos los gráficos obtenidos en el estudio indican que en ningún punto de muestreo se logra pasar el valor de 0,100 mg/L como valor permisible dado por los ECAs nacionales (2017) lo que representa una esperanza de utilizar el agua de Punrún como bebible o potable.

## RECOMENDACIONES

- Las autoridades de los gobiernos distritales, provinciales y regionales, así como las entidades competentes que tienen que ver con el cuidado de la calidad del agua tales como, la SUNASS y la ANA; deben controlar y supervisar con mayor rigurosidad las aguas superficiales y subterráneas especialmente en zonas mineras para evitar los impactos al ambiente.
- De igual manera, no descuidar de la calidad de este recurso hídrico y que puede ser provechoso para agua de consumo humano y abastecimiento futuro para las futuras generaciones.
- La implementación urgente de un laboratorio de análisis químico y biológico, para realizar estudios, en forma más urgente y necesario. Los estudiantes de pre y post grado de la universidad, así lo requieren para que realicen investigaciones.
- Elaborar programas de monitoreos constantes.
- Se debe motivar a la Escuela de Ingeniería Ambiental de la UNDAC, la posibilidad de contar con información de monitoreos y ejecutar inmediatas acciones con la propuesta de solución a este tipo de problemas de contaminación con metales pesados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A24. (2 de octubre del 2019). La contaminación del agua: todo lo que hay que saber. [https://www.a24.com/actualidad/contaminacion-del-agua-](https://www.a24.com/actualidad/contaminacion-del-agua-02102019_rylAo_Mur)

[02102019\\_rylAo\\_Mur](https://www.a24.com/actualidad/contaminacion-del-agua-02102019_rylAo_Mur)

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (6 de mayo del 2016). [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts58.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts58.html)

Antesano, O., Rosas, M. y Zavala N. (2022). Impacto del turismo en la calidad del agua de una laguna del Valle del Mantaro. Revista De La Universidad Del Zulia, 14(39), 187-205. <https://doi.org/10.46925//rdluz.39.10>

Aquae Fundación. (21 de setiembre de 2022). <https://www.fundacionaquae.org/wiki/el-ciclo-del-agua-un-viaje-con-retorno/>

Autoridad Nacional del Agua. Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos. (marzo del 2016). Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/209>

Cabanillas, E., Morales, A. y Madrid, F. (2021). Inventario de aves presentes en la Laguna de Punrún, Departamento de Pasco, Perú. BioTiempo,18(1), jan-jun.: 51-62. <http://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo/article/view/3814/4759>

Centro de Cultura Popular LABOR, (2016). Estudio de Biodiversidad del Ecosistema y Análisis de la Calidad del Agua-Pasco Perú. Municipalidad Distrital de Simón Bolívar de Rancas.

Colque, G. (s.f). Población de diseño y demanda de agua. Capítulo 2. Pag.19-23. Academia. [https://www.academia.edu/37557623/poblacion\\_de\\_diseno\\_y\\_demanda\\_de\\_agua](https://www.academia.edu/37557623/poblacion_de_diseno_y_demanda_de_agua)

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. (s.f). Ministerio del Ambiente.  
<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

Hernández, S., Fernández, C. y Baptista, P. (2014) Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill Education.

Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente 2014-2019. SINIA.  
<https://sinia.minam.gob.pe/inea/informe/prospectiva-perspectivas/>

Lenntech. (s.f.). <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/v.htm>

Marcelo, J. (2019). Evaluación físico químico de aguas y suelo de la laguna Punrun para determinar su contaminación por arrastre de los relaves de la ex planta de procesamiento de vanadio Tinyahuarco – Pasco – 2018. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Repositorio UNDAC.  
[http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1962/1/T026\\_72325002\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1962/1/T026_72325002_T.pdf)

Sela, G. (12 de setiembre). La coagulación en el tratamiento de aguas.

Cropaia.<https://cropaia.com/es/blog/la-coagulacion-en-el-tratamiento-de-aguas/>

Tejada S., L. (2019). *Servicio municipal de abastecimiento de agua potable para el distrito de Santa Rosa*, Jaén 2019.  
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/5681>

Wikipedia. (2 de marzo de 2021). [https://es.wikipedia.org/wiki/Agua\\_de\\_mar](https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_de_mar)

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0050	AGUA	agua laguna	Laguna	0.087	0.033	0.041	0.034	0.031	0.036
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE JULIO DEL 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
*[Firma]*  
Ing. Jesús G. Manafila Minaño  
JEFE



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



## ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0078	AGUA	agua laguna	Laguna	0.074	0.033	0.045	0.033	0.025	0.031
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE SETIEMBRE DEL 2022

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
*[Firma]*  
Ing. Jesús G. Manafila Minaño  
JEFE





## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y  
Ecotoxicología  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Rio	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0086	AGUA	agua laguna	Laguna	0.084	0.022	0.037	0.032	0.032	0.031
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE OCTUBRE DEL 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
  
Ing. Jesús G. Manabía Minaño  
JEFE



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y  
Ecotoxicología  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Rio	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0064	AGUA	agua laguna	Laguna	0.085	0.034	0.041	0.045	0.031	0.037
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE AGOSTO DEL 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
  
Ing. Jesús G. Manabía Minaño  
JEFE



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0095	AGUA	agua laguna	Laguna	0.067	0.022	0.044	0.025	0.034	0.025
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE NOVIEMBRE DEL 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
*[Firma]*  
Ing. Luis G. Manjalla Minaño  
JEFE



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0115	AGUA	agua laguna	Laguna	0.076	0.022	0.034	0.031	0.024	0.022
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE ENERO DEL 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS  
*[Firma]*  
Ing. Luis G. Manjalla Minaño  
JEFE





## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



# ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0130	AGUA	agua laguna	Laguna	0.081	0.024	0.041	0.021	0.031	0.029
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE FEBRERO DEL 2023



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



# ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0145	AGUA	agua laguna	Laguna	0.063	0.025	0.031	0.021	0.029	0.027
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE MARZO DEL 2023





## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y  
Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0157	AGUA	agua laguna	Laguna	0.072	0.021	0.031	0.022	0.035	0.028
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE ABRIL DEL 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
  
Ing. Jesús G. Manabía Minaayo  
JEFE



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y  
Ecotoxicología

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0104	AGUA	agua laguna	Laguna	0.087	0.023	0.032	0.031	0.033	0.026
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE DICIEMBRE DEL 2022

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
  
Ing. Jesús G. Manabía Minaayo  
JEFE





## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0177	AGUA	agua laguna	Laguna	0.064	0.026	0.032	0.017	0.027	0.021
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE MAYO DEL 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

*[Firma]*  
Ing. **José G. Manjón Mina**  
JEFE



## UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Facultad de Agronomía- Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología  
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María- Celular 941531359  
[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)



### ANALISIS ESPECIAL

SOLICITANTE: CAJALEÓN SALAS SANDRA				PROCEDENCIA: LAGUNA DE PUNRUN					
Datos de la muestra				RESULTADOS					
				CONTENIDO DE VANADIO (ppm)					
Código	Tipo	Muestra	Río	E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06
M0186	AGUA	agua laguna	Laguna	0.065	0.025	0.031	0.011	0.022	0.021
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE  
FECHA: 01 DE JUNIO DEL 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
LAB. ANALISIS DE SUELOS

*[Firma]*  
Ing. **José G. Manjón Mina**  
JEFE





Ministerio de Salud  
Personas que atendemos Personas

DATOS DE CAMPO, MUESTREO, ANALISIS BACTERIOLOGICOS Y PARASITOLOGICOS DE LA LAGUNA PUN RUN

FECHA: JUNIO DEL 2012

No CODIGO	FECHA	DIRECCION DEL PUNTO DE MUESTREO	FUENTE	PH	SAL %	Temp. °C	CONDUC. Ms/cm	COLIFORMES UFC/ 100ml.		Ley General Aguas 17752 CLASE VI		PARASITOS
								FECAL	TOTAL	FECAL	TOTAL	
E-1	07-06-12	Laguna Pun Run - Jumasha Lancari	Superficial	7.21	0.02	8.7	0.398	0	9	4000	20000	Ausencia
E-2	07-06-12	Laguna Pun Run - Quisque	Superficial	7.00	0.02	9,1	0.456	1	12	4000	20000	Ausencia
E-3	07-06-12	Laguna Pun Run - Casa Laguna	Superficial	8.00	0.03	9.8	0.340	0	2	4000	20000	Ausencia
E-4	07-06-12	Laguna Pun Run - Dique de Salida al Rio Blanco	Superficial	7.78	0.03	10.2	0.435	0	8	4000	20000	Ausencia
E-5	07-06-12	Laguna Pun Run - Ucrucancha	Superficial	7.85	0.01	10,5	0.343	1	10	4000	20000	Ausencia
E-6	07-06-12	Laguna Pun Run - Racracancha	Superficial	6.88	0.01	10.3	0.411	1	9	4000	20000	Ausencia

Cerro de Pasco, Junio del 2012

MINISTERIO DE SALUD  
Dirección Regional de Salud - Pasco  
LUIS A. GARCIA MELGAREJO  
LABORATORISTA

MINISTERIO DE SALUD DIGESA		VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS - Ficha Técnica												FORMATO DEPA RH - 10				
Origen	Rio San Juan	<b>LAGUNA PUN RUN</b> <b>ClaseVI</b> <b>CALIDAD SANITARIA</b>																
Ubicación	Junin																	
Longitud																		
Desembocadura	Rio Mantaro													Huallimayo, Charachimpa				
<b>EVALUACIÓN SANITARIA - 07 DE JUNIO 2012</b>																		
Parámetro	pH (*)	T°C agua	T°C aire	C.E. µS/cm (*)	Turb UNT	Ac y g mg/L	OD mg/L	DBO mg/L	As mg/L	Cd mg/L	Cu mg/L	Cr mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	Pb mg/L	Zn mg/L	C Total NMP / dL	C. Term NMP / dL
Ley de Aguas Clase VI	6.5-9*	---	---	---	---	---	4	10	0.05	0.004	0.02*	0.05	0.30*	0.10*	0.03	0.18*	20000	4000
E-01	7.45	7.9	-	374	-	-	-	-	0.0098	<0.001	0.0008	<0.028	0.298	<0.013	<0.025	0.040	-	-
E-02	7.40	10.9	-	350	-	-	-	-	0.0041	<0.001	0.0007	<0.028	0.230	<0.013	<0.025	0.026	-	-
E-03	8.07	11.5	-	461	-	-	-	-	0.0061	<0.001	<0.0001	<0.028	0.100	<0.013	<0.025	0.018	-	-
E-04	8.16	11.4	-	494	-	-	-	-	0.0056	<0.001	0.017	<0.028	0.049	<0.013	<0.025	0.021	-	-
E-05	8.15	12.1	-	315	-	-	-	-	0.0055	<0.001	0.009	<0.028	0.078	<0.013	<0.025	0.020	-	-
E-06	8.46	12.0	-	319	-	-	-	-	0.0051	<0.001	0.008	<0.028	0.066	<0.013	<0.025	0.025	-	-
*NÚMERO SIGNIFICANTE: 3 DECIMALES < No detectados a valores menores No supera valor límite de LGA Supera el valor límite de la LGA Supera límite referencial de norma ecuatoriana *Fuente o tributario																		
<b>Monitoreo:</b> Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental Pasco 07-06-2012 <b>Rem. muestras:</b> Of. N° 0284-2012-DG-DIRESA-PASCO, reg. 03010 de 10-06-12 <b>Análisis físico-químico:</b> DIGESA - Informe de Ensayo N° 0102 (1030 al 1035) <b>(*) Análisis de campo y microbiológico:</b> Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental Pasco																		
<b>LEYENDA</b>																		
Cód.	N° Est.	Descripción										Localidad	Distrito					
1030		E-01: Laguna Pun Run, Jumasha - Lancari										lancari	Huayllay					
1031		E-02: Laguna Pun Run, Quisque										Quisque	Huayllay					
1032		E-03: Laguna Pun Run, casa laguna										Casa laguna	Huayllay					
1033		E-04: Laguna Pun Run, dique de salida del rio blanco										Campo dique	Simón Bolívar					
1034		E-05: Laguna Pun Run, Ucrucancha										Ucrucancha	Simón Bolívar					
1035		E-06: Laguna Pun Run, Racracancha										Racracancha	Simón Bolívar					

## ANEXO B

### ESTANDAR DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL AGUA

Parámetros	Unidad de medida	B1	B2
		Contacto primario	Contacto secundario
Berilio	mg/L	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,01	**
Cobre	mg/L	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	**

*ECA AGUA PARA EL USO RECREACIONAL*

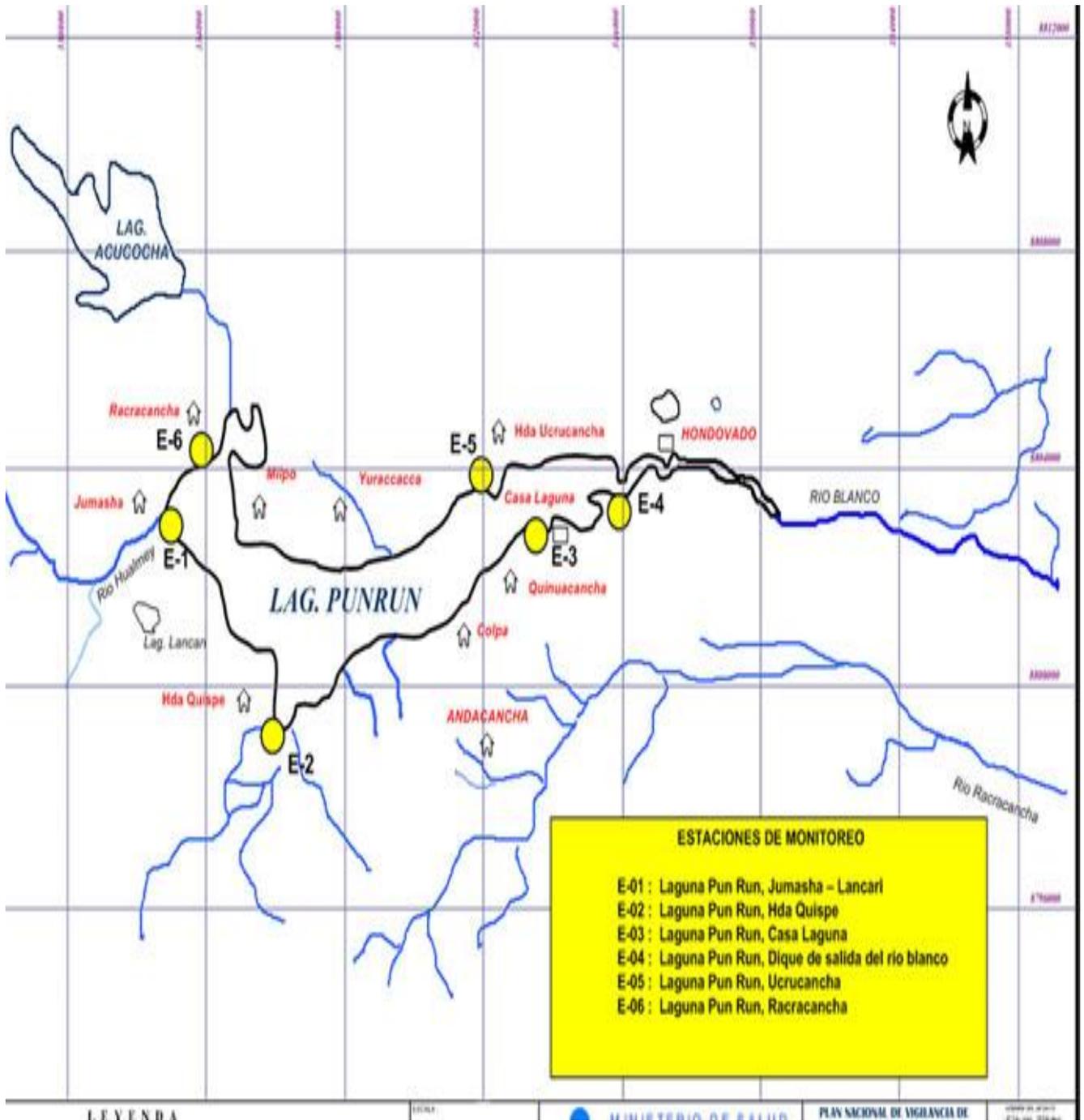
# **PANEL FOTOGRAFICO**

# ECOSISTEMA DE LA LAGUNA PUNRUN

Estudio de  
Biodiversidad del  
Ecosistema y Análisis  
de la Calidad  
del Agua



*Publicación del Centro de Cultura Popular Labor 2016*



Mapa de la laguna de Punrun



*Laguna de Punrun con una pequeña isla llamada Pumapachupan*



*Poblado Racracancho a la orilla de la laguna de Punrun*



*Tesista en pleno muestreo con una extensión de madera*



*Ucrucancha, camino a Racracancha*



*Preparación de la vara toma muestras*



*Tesista haciendo un calentamiento*