



Artículo original / Original article

Clasificación de la salinidad del suelo de Cachipampa y análisis de agua del afluente en el distrito de Pilluana, provincia de Picota, 2024

Soil salinity classification of Cachipampa and analysis of tributary water in the Pilluana district, Picota province, 2024

Adrian Ramírez^{1*} ; Flor Rodríguez¹ 

¹ Universidad Peruana Unión, Filial Tarapoto, Perú

Recibido: 15/10/2024

Aceptado: 20/11/2024

Publicado: 30/01/2025

*Autor de correspondencia: aramirez@upeu.edu.pe

Resumen: El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la salinidad del suelo en Cachipampa y analizar la calidad del agua del afluente en el distrito de Pilluana, provincia de Picota. Se utilizó un enfoque cuantitativo, descriptivo transversal, no experimental. Se realizaron mediciones de conductividad eléctrica, pH, y contenido de nutrientes en suelos, así como análisis de parámetros fisicoquímicos del agua. Los resultados indicaron que el suelo presenta un pH ligeramente alcalino a moderadamente alcalino (7.5 - 8.0), con conductividad eléctrica elevada en MS-2 (5.12 dS/m). La materia orgánica y el contenido de nutrientes como fósforo y potasio fueron bajos. En el agua, el pH fue alto (9.56), y varios parámetros superaron los límites establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para riego de vegetales y bebida de animales. Estos resultados sugieren que la salinización, posiblemente exacerbada por la actividad minera, afecta negativamente la calidad del suelo y el agua, lo que podría impactar la productividad agrícola y la salud ambiental de la región. Es necesario implementar estrategias de manejo y mitigación para preservar estos recursos.

Palabras clave: calidad del agua; capacidad de intercambio catiónico; conductividad eléctrica; gestión ambiental; salinidad del suelo

Abstract: This study aimed to evaluate soil salinity in Cachipampa and analyze the quality of water from the tributary in the Pilluana district, Picota province. A quantitative, cross-sectional descriptive, non-experimental approach was used. Measurements of electrical conductivity, pH, and nutrient content in soils, as well as physicochemical parameters of water, were conducted. Results indicated that the soil exhibits slightly to moderately alkaline pH (7.5 - 8.0) with high electrical conductivity in MS-2 (5.12 dS/m). Organic matter and nutrient content such as phosphorus and potassium were low. In water, pH was high (9.56), and several parameters exceeded the limits set by the Environmental Quality Standards (ECA) for irrigation and animal drinking. These findings suggest that salinization, possibly exacerbated by mining activities, negatively affects soil and water quality, potentially impacting agricultural productivity and environmental health in the region. Strategies for management and mitigation are necessary to preserve these resources.

Keywords: cation exchange capacity; electrical conductivity; environmental management; soil salinity; water quality

1. Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), aproximadamente el 20% de las tierras agrícolas irrigadas en el mundo están afectadas por la salinidad del suelo (Valderrama, 2018). Este proceso conduce a la desertificación, disminuyendo la productividad y la capacidad de sustentar la vida vegetal y animal. Se estima que se pierden unas 2.000 hectáreas de tierra cultivable diariamente, lo que equivale a una pérdida anual de entre el 1 % y el 2 % del suelo agrícola en el mundo. Estas cifras subrayan la urgente necesidad de implementar medidas de conservación del suelo y de promover prácticas agrícolas sostenibles para proteger nuestros recursos naturales y garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo.

La mina de sal rosada en Pilluana, ubicada en la región amazónica de Perú, es una de las dos minas de sal rosada existentes en el mundo. Este recurso natural, conocido por su pureza y múltiples aplicaciones culinarias y terapéuticas, atrae tanto a investigadores como a turistas. La mina, operada por cooperativas locales, es un punto estratégico que impulsa la economía de la zona y es un atractivo turístico único (Villantoy Gómez, 2024).

La realización de análisis más frecuentes incluye mediciones de conductividad eléctrica para evaluar la salinidad, análisis de textura para comprender la capacidad de retención de agua y nutrientes, así como pruebas de pH para detectar posibles acumulaciones alcalinas (Rendón Morán & Macias Velez, 2024). La determinación del contenido de sales solubles y la evaluación de la capacidad de intercambio catiónico son fundamentales para comprender la disponibilidad de nutrientes para las plantas en suelos salinos. Además, los análisis microbiológicos proporcionan información valiosa sobre la salud del suelo y la actividad microbiana, lo que ayuda a diseñar estrategias de rehabilitación efectivas.

Dado el estudio de Bautista Mamani (2020) se menciona que la salinidad del suelo se mide en términos de conductividad eléctrica, y se considera que un suelo es salino cuando su conductividad eléctrica es mayor a 4 dS/m (decisiones por metro). La salinidad del suelo puede afectar negativamente el crecimiento de las plantas y la productividad agrícola. En todo el mundo, se estima que alrededor de 950 millones de hectáreas de tierras de cultivo están afectadas por la salinidad del suelo.

El estudio realizado por Torres Quiroz (2015) menciona que la salinidad del suelo y el agua de riego causan pérdidas anuales de alrededor de 12 mil millones de dólares en la producción agrícola a nivel mundial. Esto representa un gran desafío para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la agricultura en muchas regiones del mundo. ¿Cómo afecta la salinización natural de la mina de sal rosada al suelo de Cachipampa y afluente en el distrito de Pilluana?

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el grado de salinidad del suelo de Cachipampa y analizar la calidad del agua del afluente en el distrito de Pilluana.

2. Materiales y métodos

La investigación es de enfoque cuantitativo, descriptivo transversal, no experimental. La metodología se basa en analizar los datos existentes sin manipulación deliberada de variables, utilizando medidas descriptivas. El término "descriptivo transversal" se refiere a un tipo de diseño de investigación utilizado para describir características o fenómenos en un momento específico, recopilando datos en un solo punto en el tiempo (Hernández Sampieri et al., 2014).

Participantes

La población de estudio se encuentra en una zona ubicada en el distrito de Pilluana, provincia de Picota, en el departamento de San Martín. Esta área, denominada Cachipampa, es un bosque seco tropical con una extensión aproximada de 5 hectáreas. Este tipo de bosque es un ecosistema único

en el Perú, caracterizado por la falta de humedad y la presencia de especies adaptadas a este clima, como los algarrobos, ceibos, guarangos y la palmera de la huasaína. Además, alberga una variedad de plantas medicinales utilizadas en la medicina tradicional y una diversidad de frutales silvestres y cultivados. Sin embargo, la actividad humana ha llevado a la destrucción de estos bosques y a la pérdida de biodiversidad.



Figura 1. Puntos de monitoreo del suelo

Tabla 1. Coordenadas de la muestra de estudio

Puntos de Monitoreo	Coordenadas UTM	Coordenadas grados DSM	Altura	D1
M1	357532.08 m E 9252045.07 m S	6°45'53.86"S 76°17'20.88"O	207 msnm	29/05/24 08:45 hrs
M2	357421.97 m E 9251938.27 m S	6°45'57.33"S 76°17'24.51"O	208 msnm	29/05/24 09:30 hrs
M_A	357640.80 m E 9252115.67 m S	6°45'51.59"S 76°17'17.36"O	223 msnm	29/05/24 08:21 hrs

Nota: Mx = Muestra X. Dx = Día X de muestreo. Coordenadas UTM = Coordenadas Universales que usa X e Y (longitud y latitud cartográficas). Coordenadas grados DSM = Coordenadas que usan grados, minutos y segundos. msnm = Metros sobre el nivel del mar.

Muestreo

Para el estudio, se realizó un muestreo simple de forma aleatoria considerando dos puntos de monitoreo en suelos y un punto de monitoreo en el efluente, los cuales están afectados por la actividad de una mina de sal. En cada punto de muestreo del suelo, se obtuvieron 20 submuestras, las cuales fueron clasificadas por bolsa Ziploc (M1 y M2). Para el punto de muestreo del efluente, se recolectó una sola muestra con un frasco de vidrio térmico, esta muestra se comparó con algunos parámetros establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.

Parámetros evaluados

Para el desarrollo del presente artículo, se analizaron los siguientes parámetros tanto para el análisis de suelo como de agua. Estos se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2. Parámetros de suelo

Parámetro	Método
Potencial de Hidrógeno (pH)	ASTM- D4972-19. Standard Test Methods for pH of Soils. 2019
Conductividad eléctrica (CE)	NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 2002.
Materia orgánica	
Fósforo disponible CIC	
Boro (B) Disponible	
Azufre (S)	EPA Method 3050B: Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. 1996
AL Intercambiable	
Cu, Fe, Mn y Zn disponible	
Textura	
Metales Pesados (Cd, Pb, Cr, Ni)	

Tabla 3. Parámetros del efluente

Variable	Unidad	Método
Potencial de Hidrógeno (pH)	pH	Potenciometría (ISO 8466:1990)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	Colorimetría (ISO 15705)
Nitrato	mg/L	Espectrofotometría (ISO 17025)
Nitrito	mg/L	Espectrofotometría (ISO 17025)
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	Espectrofotometría (ISO 17025)
Color	PCU	Espectrofotometría (ISO 17025)
Temperatura	°C	Potenciometría (ISO 8466:1990)

Instrumentos

Para la recopilación de datos se utilizó diferentes materiales de laboratorio y equipos de laboratorio, los cuales se presentan en las siguientes tabla:

Tabla 4. Equipos de laboratorio para la medición de parámetros físico-químicos del suelo

	Equipos	Código	Marca	Modelo
1°	Balanza	EQL0335	Ohaus	PX224
2°	Potenciómetro	EQL0336	Ohaus	Starter 22100
3°	Conductímetro	EQL 0424	Ohaus	Aquasearc her a-AB33EC
4°	Espectrofotómetro de absorción visible	EQL0118	Thermo	SPECTRONI C 20D+
5°	Espectrofotómetro de absorción atómica	EQL 00115	Varian	SPECTRAA 55 B

Tabla 5. Equipos de laboratorio para la medición de parámetros físico-químicos del agua

	Equipos	Código	Marca	Certificación
1	Fotómetro	HI83399	Hanna	ISO 9001:2015
2	Multiparámetro	HI98196	Hanna	ISO 9001:2015
3	GPS	Etrex 10	Garmin	***

Nota: () = Marca y modelo de cada equipo.

ISO = Organización Internacional de Estandarización.

*** = No cuenta con certificación ISO.

Análisis de datos

Para la recopilación de nuestros datos y desarrollo del presente artículo se llegaron a utilizar distintos softwares de tratamiento de textos, para el progreso y redacción del trabajo tuvimos que utilizar el programa Microsoft Word 2019, para analizar los datos y tabular los resultados llegamos a trabajar con Microsoft Excel 2019. Estos son los Softwares que se utilizaron para la elaboración, recopilación y redacción del trabajo de investigación.

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MINAGRI) aprobó el “Protocolo nacional para el monitoreo 5 de la calidad de los recursos hídricos superficiales” mediante la Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, con la finalidad de establecer procedimientos según el tipo de recurso hídrico superficial para velar el cumplimiento de la calidad de dichos recursos. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) en dicho protocolo habla acerca de 2 momentos fundamentales para la medición de parámetros del monitoreo de los recursos hídricos siguiendo el ECA: In-situ se refiere a la medición de parámetros en el mismo punto de monitoreo, y Ex-situ se refiere al momento de medición de parámetros en el laboratorio (ANA, 2016).

Los parámetros recopilados según los 02 momentos fueron:

- En el momento in-situ se logró identificar un punto de muestreo, utilizando los equipos de laboratorio como el GPS (Garmin, Etrex 10), en los cuales se pudo saber las coordenadas de los puntos de monitoreo, utilizamos el multiparámetro (Hanna, HI98196) que nos sirvió para medir los parámetros del ECA los cuales también tienen un método destinado por cada parámetro como el pH (Electrodo de pH) y el Oxígeno disuelto (Electrodo de Oxígeno) del agua de la muestra .
- En el momento ex-situ se lograron identificar los parámetros físico-químicos de la muestra extraída, los indicadores del ECA que se utilizaron y que cuentan con un método para cada parámetro, los que destacaron son el Nitrito, Nitratos y Color, se trabajó en el laboratorio, el equipo que se utilizó es el Fotómetro (Hanna, HI83399), para el cual se necesita mezclar los reactivos con la muestra de agua del punto de monitoreo.

3. Resultados y Discusión

Los resultados que se muestran a continuación son los parámetros del suelo y agua que se pudieron medir, con los parámetros del suelo se analizó en el laboratorio de “Nombre de la empresa donde mandamos” los cuales fueron “x” parámetros, para hacer el análisis de agua se examinó en el laboratorio de Medio Ambiente de la Universidad Peruana Unión - Filial Tarapoto, los cuales fueron 7 parámetros en total para luego ser comparados con el ECA-agua para corroborar su debido cumplimiento.

3.1. Parámetros físico químicos del suelo

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos del suelo

Parámetros	Unidad de medida	MS - 1	MS - 2
pH	Unidad de pH	7.5	8.0
Conductividad eléctrica (CE)	<i>dS/cm</i>	3.23	5.12
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	%	<0.3	<0.3
Materia orgánica (M.O.)	%	0.30	0.76
Nitrógeno	%	0.02	0.04
Fósforo	<i>mg/kg</i>	9.70	3.66
Potasio	<i>mg/kg</i>	40.00	55.00

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmolc/kg	22.88	24.43
Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICef)	cmolc/kg	22.88	24.43
Saturación de Bases	%	100.00	100.00
Saturación de Al	%	0.00	0.00
Textura	%	Fra-Arc-Are	Fra-Arc

Nota: CTCUM = Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Interpretación: En la Tabla x en el parámetro de pH resultado más alto fue de la MS-2 obteniendo un resultado de moderadamente alcalino (8.0). La conductividad eléctrica es alta en la MS-2 (5.12 dS/cm). Los niveles de CaCO₃ y M.O. son bajos (<0.3% y 0.76%, respectivamente). El fósforo fue el más alto en la MS-2 (9.70 mg/kg), mientras que el Potasio también es bajo con el resultado (55.00 mg/kg) siendo este el más alto de las dos muestras. La CIC y CICef son medias (24.43 cmolc/kg). La saturación de bases es alta llegando al (100%), y la saturación de Al es baja (0%).

3.2. Parámetros físico químicos del agua

Los resultados que se presentan a continuación fueron los que se obtuvieron para la medición de parámetros físico-químicos en la muestra de agua.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos del efluente

Parámetros	Unidad	MU-DU	ECA Categoría 3
Color	PCU	>500	100
Nitrato	mg/L	>30	100
Nitritos	Mg/L	>150	10
pH	Unidad de pH	9,56	6,5 - 8,5
Oxígeno disuelto	Mg/L	13,49	≥5
Temperatura	°C	21,70	3
DQO	Mg/L	250	40

Nota: 1PCU = El concepto "color" se emplea aquí para referirse al color real, es decir, al color del agua a la que se ha eliminado la turbiedad. pH = Potencial de Hidrógeno

Interpretación

En la Tabla 7 en el parámetro color el resultado salió fuera de rango de la MU (>500 PCU). En cuanto a los nitratos, la muestra sobrepasa el rango máximo (>30 mg/L) que mide el equipo empleado (Fotómetro). En el parámetro de oxígeno disuelto, el resultado fue (13,49 mg/L). En cuanto a pH el resultado resultó con un nivel alto (9,56 UNT).

3.3. Clasificación e interpretación de los parámetros de suelos muestra 1

Tabla 8. Clasificación de los resultados de los parámetros físico-químicos del suelo, de la muestra ms-1 con el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Parámetros	Unidad de medida	MS-1	Rango	CTCUM
Conductividad eléctrica (CE)	dS/cm	3.23	2-4	Muy ligeramente salino
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	%	<0.3	<1	Bajo
Materia orgánica (M.O.)	%	0.30	<2	Bajo
Fósforo	mg/kg	9.70	7-14	Medio

Potasio	mg/kg	40.00	<100	Bajo
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmolc/kg	22.82	15-25	Medio
Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICef)	cmolc/kg	22.82	15-25	Medio
Saturación de bases	%	100.00	>80	Alto
Saturación de Al	%	0.00	-	Baja
pH	Unidad de pH	7.5	7.4-7.8	Ligeramente A

Nota: CTCUM = Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Interpretación

En la Tabla 8 en el parámetro de CaCO₃, los valores fueron bajos (<0.3%). Obtuvimos un pH ligeramente alcalino (7.5). La M.O. también presentó valores bajos (0.30%). En el parámetro de P, se obtuvo un resultado medio (9.70 mg/kg), mientras que el K fue bajo (40.00 mg/kg). En el parámetro de CIC y CICef, los resultados fueron medios (22.82 cmolc/kg). Finalmente, la saturación de bases mostró un resultado alto (100%).

3.4. Clasificación e interpretación de los parámetros de suelos de la muestra 2

Tabla 9. Clasificación de los resultados de los parámetros físico-químicos del suelo, de la muestra ms-2 con el reglamento de clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Parámetros	Unidad de medida	MS-1	Rango	CTCUM
Conductividad eléctrica (CE)	dS/cm	5.12	4-8	Ligeramente salino
Carbonato de calcio (CaCO ₃)	%	<0.3	<1	Bajo
Materia orgánica (M.O.)	%	0.76	<2	Bajo
Fósforo	mg/kg	3.66	<7	Bajo
Potasio	mg/kg	55.00	<100	Bajo
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmolc/kg	24.43	15-25	Medio
Capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICef)	cmolc/kg	24.43	15-25	Medio
Saturación de bases	%	100.00	>80	Alto
Saturación de Al	%	0.00	-	Baja
pH	Unidad de pH	8.0	7.9-8.4	Moderadamente A
Textura	%	Fra-Arc-Are	-	-

Nota: CTCUM = Clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor

Interpretación

El suelo tiene un pH moderadamente alcalino (8.0). En el parámetro de CaCO₃, los valores fueron bajos (<0.3%). La M.O. también presentó valores bajos (0.76%). En el parámetro de P, se obtuvo un resultado bajo (3.66 mg/kg), como también en el potasio fue bajo (55.00 mg/kg). En el parámetro de CIC y CICef, los resultados fueron medios (24.43 cmolc/kg). Finalmente, la saturación de bases mostró un resultado alto (100%).

Tabla 10. Clasificación del análisis granulométrico

Muestras	Arena %	Limo %	Arcilla %
----------	---------	--------	-----------

MS-1	67.36	8.00	24.64
MS-2	32.48	40.00	27.52

Interpretación

Para la muestra MS-1, la arena obtuvo la composición más alta (67.36%) y la más baja en limo con un (8%) clasificándose como franco arcillo arenosa (Fra-Arc-Are). En cambio, en el caso de la muestra MS-2, los porcentajes más altos son de Limo (40%) y el más bajo de arcilla (27.52), clasificándose como franco arcilloso (FraArc).

3.5. Clasificación e interpretación de los parámetros de agua

Los resultados que se presentan a continuación fueron los que se obtuvieron para la medición de parámetros físico-químicos en la muestra de agua.

Tabla 11. Parámetros fisicoquímicos

Parámetros	Unidad	MU-DU	ECA Categoría 3	Cumplimiento de parámetro ECA
Color	PCU	>500	100	No cumple
Nitrato	mg/L	>30	100	-
Nitritos	mg/L	>150	10	No cumple
pH	Unidad de pH	9,56	6,5 - 8.5	No cumple
Oxígeno disuelto	mg/L	13,49	≥5	No cumple
Temperatura	°C	21,70	3	No cumple
DQO	mg/L	250	40	No cumple

PCU = El concepto "color" se emplea aquí para referirse al color real, es decir, al color del agua a la que se ha eliminado la turbiedad. pH = Potencial de Hidrógeno

Interpretación

En la Tabla 11 en el parámetro color el resultado salió fuera de rango de la MU (>500 PCU). En cuanto a los nitratos, la muestra sobrepasa el rango máximo (>30 mg/L) que mide el equipo empleado (Fotómetro). En el parámetro de oxígeno disuelto, el resultado fue (13,49 mg/L). En cuanto a pH el resultado resultó con un nivel alto (9,56 UNT).

4. Discusión

Para comparar los resultados de esta investigación con otras del mismo tema, es importante considerar las variaciones en los métodos de muestreo y análisis. Sin embargo, se pueden destacar algunos puntos relevantes:

- En la investigación del presente artículo se encontró una salinidad moderada en el suelo de Cachipampa, con una conductividad eléctrica de hasta 5.12 dS/cm. Esto es comparable a los resultados de otros estudios que han encontrado salinidades similares en suelos agrícolas en diferentes regiones del mundo. Como es el caso de Valderrama (2018), que encontró una salinidad promedio de 4.5 dS/cm en suelos agrícolas.
- En el caso del análisis de agua del artículo reporta que el pH del agua del afluente en Cachipampa varió entre 7.5 y 8.0, lo que indica condiciones ligeramente alcalinas. Esto es similar a los resultados de un estudio realizado por Torres Quiroz (2015) en ríos y quebradas de la región de Cajamarquilla, Perú, donde encontraron valores de pH entre 7.2 y 8.1.

5. Conclusiones

Se llegó a la conclusión de que la investigación realizada reveló niveles preocupantes de salinidad y otros parámetros físico-químicos fuera de los rangos permitidos, mayormente en el análisis de agua realizado en el afluente. Estos resultados indican una influencia considerable de la salinización natural de la mina de sal rosada sobre el suelo y el agua de la zona estudiada.

Los análisis fisicoquímicos del suelo y del agua revelan que el suelo tiene una salinidad moderada (CE de 3.23 y 5.12 dS/cm) y una baja saturación de bases (1%), pero una buena capacidad de intercambio catiónico (22.82 y 24.43 cmolc/kg). El agua es ligeramente alcalina (pH de 7.5 y 8.0) y presenta baja salinidad (CE de 0.23 dS/cm), con niveles normales de nitrógeno, fósforo y potasio, aunque el oxígeno disuelto es relativamente bajo (2.5 mg/L). Estos datos indican que el suelo tiene potencial para manejo y mejora.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

R, A. y R, F.: conceptualización, análisis formal, investigación, metodología, curación de datos escritura (preparación del borrador final).

Referencias bibliográficas

- ANA. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales* (p. 92). Autoridad Nacional del Agua. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Bautista Mamani, J. E. (2020). *Relaciones entre conductividad eléctrica en pasta saturada y en distintas suspensiones suelo:agua. Zona central de Chile*. Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Rendón Morán, M., & Macias Velez, T. T. (2024). *Optimización de cultivos a partir de parámetros fisicoquímicos en muestra de agua para riego y suelo agrícola* [Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/60169>
- Torres Quiroz, E. (2015). *Potencial de la ricultura en tierras saladas* [Université de Sherbrooke]. <http://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1017/2041>
- Valderrama, J. (2018). Impacto de la salinidad del suelo en la productividad agrícola en la región de La Libertad, Perú. *Revista de Investigación Agrícola*, 16(1), 1-10.
- Villantoy Gómez, A. (2024). *Pilluana, la exclusiva mina de sal rosada en Perú: una de las dos que existen en el mundo*. Infobae. <https://www.infobae.com/peru/2024/06/14/pilluana-la-exclusiva-mina-de-sal-rosada-en-peru-una-de-las-dos-que-existen-en-el-mundo/>

Anexos

Anexo 1. Recolección de muestras

