

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Análisis de la influencia del agua de riego en las
propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo,
provincia del Sara Sara, Ayacucho - 2024**

Jesus Kevin Arone Sarasi

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Lima, 2025

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostraza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 14 de mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA DE RIEGO EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO DEL DISTRITO DE OYOLO, PROVINCIA DEL SARA SARA, AYACUCHO – 2024"

Autores:

1. Jesus Kevin Arone Sarasi – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 25 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de investigación.

También, deseo agradecer a mi asesor de tesis, Mg. Steve Dann Camargo Hinostroza, por su guía experta, paciencia y apoyo inquebrantable a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y consejos han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de este proyecto.

DEDICATORIA

A mis padres, fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría, quienes han sido mi principal inspiración y motor durante este arduo camino académico. Su sacrificio y dedicación han sido la base de mi formación y desarrollo personal y profesional.

A mis amigos y seres queridos, por su inquebrantable ánimo, comprensión y aliento en los momentos de dificultad. Su presencia ha llenado de alegría y equilibrio mi vida durante estos años de estudio.

Este logro no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de todas aquellas personas que, de diversas formas, han contribuido a mi crecimiento intelectual y emocional. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.1.1 Problema General.....	15
1.1.2 Problemas Específicos.....	15
1.2. Objetivos.....	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3. Justificación e importancia.....	16
1.3.1 Justificación teórica.....	16
1.3.2 Justificación práctica.....	16
1.3.3 Justificación social.....	16
1.3.4 Justificación ambiental.....	16
1.4. Hipótesis.....	17
1.5. Operacionalización de variables.....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	20
2.1.2 Antecedentes Nacionales.....	24
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1 Agua de riego.....	26
2.2.2 El suelo.....	31
2.3. Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	37
3.1. Método y alcance de la investigación.....	37
3.1.1 Método General.....	37

3.1.2	Método Específico.....	37
3.1.3	Tipo de investigación.....	37
3.1.4	Nivel de investigación	37
3.2.	Diseño de la investigación	37
3.3.	Población y muestra.....	38
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.4.1	Técnicas e instrumentos.....	39
3.4.2	Materiales	39
3.4.3	Procedimientos	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		46
4.1.	Presentación de resultados	46
4.2.	Prueba de hipótesis	51
4.3.	Discusión de resultados.....	52
CONCLUSIONES.....		55
RECOMENDACIONES		56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		57
ANEXOS.....		63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de monitoreo de agua de riego y suelo.	39
Tabla 2. Número mínimo de puntos de muestreo.....	42
Tabla 3. Análisis de agua de riego en el del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho.....	46
Tabla 4. Propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.....	47
Tabla 5. Análisis de agua de riego en el del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho.....	48
Tabla 6. Estadísticos de muestras relacionadas	52
Tabla 7. Correlaciones de muestras relacionadas	52
Tabla 8. Prueba de muestras relacionadas	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Mapa del distrito de Oyolo en la provincia del Sara Sara, Ayacucho.	38
Figura 2. Oxígeno disuelto en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.....	49
Figura 3. pH en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM ..	49
Figura 4. Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	50
Figura 5. Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM	51

RESUMEN

El estudio "Análisis de la influencia del agua de riego en las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024" evalúa cómo el agua utilizada para riego afecta parámetros químicos del suelo, como la conductividad eléctrica, la acidez y la capacidad de intercambio catiónico, en el distrito de Oyolo. Utilizando un enfoque cuantitativo y no experimental, se analizan muestras de agua y suelo para comparar su calidad con los estándares de calidad ambiental (ECA). Los resultados indican que el agua de riego es adecuada en términos de oxígeno disuelto y dureza, aunque presenta niveles de acidez y demanda química de oxígeno que podrían impactar negativamente en la salud del suelo y la producción agrícola. El estudio subraya la importancia de un manejo adecuado del agua para garantizar la sostenibilidad agrícola en la región.

Palabras claves: Agua de riego, Propiedades químicas del suelo, Conductividad eléctrica, Sostenibilidad agrícola

ABSTRACT

The study "Analysis of the influence of irrigation water on the chemical properties of the soil in the district of Oyolo, province of Sara Sara, Ayacucho – 2024" evaluates how the water used for irrigation affects chemical parameters of the soil, such as electrical conductivity, acidity, and cation exchange capacity, in the district of Oyolo. Using a quantitative and non-experimental approach, water and soil samples are analyzed to compare their quality with environmental quality standards (EQS). The results indicate that the irrigation water is adequate in terms of dissolved oxygen and hardness, although it shows levels of acidity and chemical oxygen demand that could negatively impact soil health and agricultural production. The study emphasizes the importance of proper water management to ensure agricultural sustainability in the region.

Keywords: Irrigation water, Soil chemical properties, Electrical conductivity, Agricultural sustainability

INTRODUCCIÓN

La contaminación de los recursos hídricos y del suelo constituye un tema controvertido por las problemáticas que ocasiona en la agricultura, además, el creciente aumento poblacional, genera la sobreexplotación y degradación de los recursos naturales, agravado por el manejo de pesticidas y fertilizantes que aportan elementos orgánicos e inorgánicos en el ambiente y son dispersados mediante procesos de bioacumulación en especies vegetales y animales, contribuyendo al desequilibrio de los ecosistemas [1].

El uso de agua de riego en el suelo, es una práctica que ha ido aumentando en los últimos años; sin embargo, su uso prolongado puede ocasionar degradación y contaminación en el suelo [2]. Así mismo, Martínez et al. [3] mencionan que, desde la composición iónica del agua, se emplean diferentes criterios, índices o asociaciones, que logran clasificarla, evaluar riesgos y definir la calidad para la agricultura.

En el presente estudio se investiga la influencia que tiene el agua de riego sobre las propiedades químicas del suelo en el distrito de Oyolo, Ayacucho. Dado el aumento constante de la demanda de agua para riego en todo el mundo, es crucial asegurar que el agua utilizada cumpla con estándares adecuados que no deterioren el suelo, sino que lo mejoren. La investigación considera aspectos como la calidad del agua en cuanto a su contenido de sales, oxígeno disuelto, alcalinidad, y cómo estos factores influyen en la capacidad del suelo para sostener cultivos. Asimismo, se analiza si el agua de riego utilizada cumple con los estándares de calidad ambiental establecidos.

El trabajo, se estructura en cuatro capítulos. El Capítulo I, trata del planteamiento del estudio, formulando el problema, los objetivos y la justificación teórica y práctica. El Capítulo II, desarrolla el marco teórico, donde se examinan los antecedentes y bases teóricas relacionadas con el agua de riego y las propiedades químicas del suelo. El Capítulo III, aborda la metodología utilizada, describiendo el diseño de la investigación, las técnicas de recolección de datos y el análisis de las muestras. Finalmente, el Capítulo IV, presenta los resultados obtenidos y su discusión, comparando los hallazgos con los estándares ambientales para riego y las implicaciones en la calidad del suelo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

La demanda de agua para riego ha aumentado constantemente durante las últimas décadas. En general, se espera que aumente aún más en los próximos años debido a cambios en los patrones de precipitación, temperaturas más altas y la expansión de las áreas irrigadas. Por lo tanto, adquirir estimaciones fiables de las extracciones de agua de riego se considera un primer paso hacia una gestión más informada de los recursos mundiales de agua dulce [4].

La demanda humana de agua en todo el mundo se ha multiplicado por seis durante el último siglo y continúa aumentando a un ritmo de alrededor del 1% anual debido al crecimiento de la población y las economías [5]; para 2050, el volumen de agua extraída para riego aumentará a 2,9 mil km³; la mayor parte del aumento neto surgirá en los países de bajos ingresos y la superficie neta mundial irrigada seguirá aumentando en al menos 20 millones ha, casi en su totalidad en países en desarrollo con escasez de tierra [6].

El riego representa aproximadamente el 70 % de las extracciones mundiales de agua dulce y aproximadamente el 90 % del uso consuntivo del agua, lo que genera innumerables impactos en el sistema terrestre, de esa manera el riego impacta actualmente los componentes clave del sistema terrestre. Los modelos basados en procesos estiman que cada año se extraen alrededor de 2.700 ± 540 km³ de agua de riego a nivel mundial, lo que coincide en términos generales con los valores informados por los países a pesar de que estas estimaciones implican incertidumbres sustanciales [7].

El consumo de agua para riego puede variar entre 60% y 90%, dependiendo del nivel de desarrollo económico y las condiciones climáticas de la región [7]. En este sentido, la escasez y la degradación de los recursos hídricos pueden constituir un obstáculo para el desarrollo económico, particularmente en los países en desarrollo y en zonas con climas áridos y semiáridos, donde hay escasez de precipitaciones y una disponibilidad limitada de agua superficial [8]. En Asia la disponibilidad de agua es baja (1137m³ /persona/año), pero varía ampliamente entre los diferentes países de Asia, con la disponibilidad más baja en Pakistán (1306) y la India. (1458)[9]. En el caso del Medio Oriente y el norte de África.

cuenta con sólo el 1% de las fuentes renovables de agua dulce de la Tierra, lo cual supone un grave déficit del recurso hídrico que sea utilizado para sistemas de riego [10].

La escasez de recursos del agua de riego esta influenciada, por el crecimiento de la población, la urbanización, el consumo por persona, la contaminación del agua y el cambio climático. La escasez de agua es un indicador importante de la salud y un problema de pobreza, que afecta principalmente a la gente de las zonas rurales, donde prevalecen altas densidades de población. Se estima que 1.200 millones de personas viven en cuencas fluviales que enfrentan escasez física de agua, y otros 1.600 millones viven en áreas con deficiencia de agua, donde no se dispone de obras de suministro de agua asequibles [6].

Una de los principales factores que conducen a reducir los niveles de agua de riego se encuentra relacionada con la sequía considerado uno de los peligros naturales más peligrosos. Es la causa directa de graves problemas medioambientales y desencadena consecuencias económicas, por lo tanto, existe una continua búsqueda de soluciones que permitan el uso de fuentes de agua marginales para fines sociales en el período de escasez de precipitaciones asegurando un equilibrio en las propiedades del suelo [11].

En EE. UU., más del 80% del agua dulce extraída se utiliza para riego (es decir, aplicación artificial de agua a los cultivos por parte de los seres humanos), el 56% de la cual es consumida por los cultivos (es decir, perdida en la atmósfera. El riego es necesario para la producción agrícola en zonas áridas donde las precipitaciones son insuficientes para cultivar alimentos. El riego aumenta los rendimientos y desacopla los rendimientos de los cultivos de las limitaciones climáticas, amortigua los eventos climáticos extremos y modifica los regímenes de temperatura, humedad y precipitación a escala local y regional [12].

México cuenta con 451,585 millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, tomando en cuenta las precipitaciones, la evapotranspiración y los flujos de salida y entrada de agua con los países vecinos. El sector agrícola es el principal consumidor de agua, representando el 76% del consumo total. En total, el 63,6% del agua utilizada en la agricultura proviene de fuentes superficiales y el 36,4% del agua proviene de fuentes subterráneas [13].

América Latina y el Caribe (ALC) representa el 35,1% el total de recursos hídricos renovables en comparación con el resto del mundo, la región de ALC tiene una

abundancia en términos de disponibilidad de agua per cápita. Sin embargo, la rápida urbanización, la gobernanza débil y la infraestructura deficiente en algunas áreas producen escasez de agua y una distribución social y geográfica desigual de los recursos hídricos. Además, ALC se ha fusionado como exportador de productos agrícolas al mercado mundial, una industria que consume alrededor del 70% del agua dulce extraída [14].

Así mismo, existen problemas que afectan los recursos hídricos que parten de la extracción de minerales, crecimiento poblacional, escasez de servicios y alcantarillado [15]. Por lo que, es necesario que, la calidad del agua de riego se evalúe de manera química, debido a que esta integra en su composición sales y proporciones de diversos iones en solución que pueden afectar al suelo y cultivo en su uso a largo plazo [16].

Además, la infraestructura de riego en el Perú está definida por las tierras agrícolas y los recursos hídricos, con 5,5 millones de hectáreas en uso, de las cuales 3,75 millones de hectáreas utilizan agricultura de secano y 1,75 millones de hectáreas utilizan reservas de agua como lagos, estanques y embalses; por lo tanto, el riego es crucial para la economía, la reducción de la pobreza y la seguridad alimentaria en las tierras altas del Perú, lo que lleva a la necesidad de un uso sostenible del agua. Se estima que la recesión de los glaciares peruanos tiene un impacto significativo en el ecosistema y las comunidades aguas [17].

Por otro lado, existe la probabilidad muy baja de presentarse metales pesados en el agua, pero hay otros parámetros que se consideran para determinar la calidad de agua, como los parámetros físicos-químicos [18].

En la región Ayacucho de acuerdo al Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], se lograron cultivar 208 335.95 Has de tierra; de los cuales El 59% (123858,77 Has) realizan un riego en secano, lo que significa un riego bajo condiciones de lluvia o con altos índices de sequía, por tanto existe demanda insatisfecha de disponibilidad de infraestructura de riego y carencia de gestión del agua, de esa forma solo el 41% (84477,18 Has) cuenta con riego, lo cual supone un verdadero reto para el gobierno Peruano en superar esta brecha de déficit hídrico y mejorar la disponibilidad del recurso hídrico para el sector agrícola de la región Ayacucho [19].

Pero, cabe destacar que, la evaluación de los parámetros para la identificación de la calidad del agua, es muy importante, debido a que influye de manera significativa como

aporte del control y protección ambiental, debido a que son instrumentos de control más cercanos a la realidad, demostrando el comportamiento de los parámetros y si muestran valores anormales, se puede mitigar o remediar dichos impactos que generan las alteraciones [20].

A partir de la problemática mencionada anteriormente se plantea de qué manera influye el agua de riego en las propiedades químicas del suelo en el distrito de Oyolo, Provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024 y de esa forma conocer si el recurso hídrico puede utilizarse de manera directa para el riego del sector agrario y así mejorar la productividad agrícola.

1.1.1 Problema General

¿Cuál es la influencia del agua de riego en las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024?

1.1.2 Problemas Específicos

¿Cuál es la cantidad de sales en el agua de riego del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024?

¿Qué propiedades químicas posee el suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024?

¿Cuál es la diferencia de los resultados del agua de riego del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho; con los estándares de calidad ambiental (ECA)?

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Analizar la influencia del agua de riego en las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar la cantidad de sales en el agua de riego en el distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

Determinar las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

Determinar la diferencia del agua de riego del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho; con los estándares de calidad ambiental (ECA).

1.3. Justificación e importancia

1.3.1 Justificación teórica

En cuanto a la parte teórica la investigación busca profundizar enfoques teóricos con el objetivo de avanzar dentro del conocimiento de la investigación, llenando el vacío del campo científico generando reflexión y discusión sobre la temática que viene siendo sujeto de estudio [21]. Por lo tanto, el propósito del estudio es aportar conocimiento sobre el efecto del agua de riego en las propiedades del suelo en el distrito de Oyolo, para mejorar las propiedades productivas del suelo y sobre todo mejorar el rendimiento agrícola de los cultivos locales.

1.3.2 Justificación práctica

Referente a la parte práctica el estudio generara aportes prácticos directos o indirectos relacionados a la problemática real estudiada, ayudando a resolver un determinado problema [21]. De esa manera en el estudio se analizará las propiedades del agua de riego y partir de ello se tendrá conocimiento si este tipo agua cumple con los estándares de calidad para el riego agrícola y de esa manera la población local no modifique la calidad del agua para asegurar sus condiciones de uso agrícola.

1.3.3 Justificación social

Tomando en cuenta la parte social, el estudio se justifica porque tendrá repercusión de manera directa en los pobladores del de Oyolo; ya que ellos tendrán mayor conocimiento en cuanto a las propiedades químicas del agua de riego y si esta se encuentra apta para los cultivos agrícolas locales y pueda utilizar sin ningún tipo de agroquímico que influya en mejorar la calidad del suelo, de la misma manera se analizara las propiedades químicas del suelo con el objetivo de conocer el aporte que genera el recurso hídrico al momento que este se somete a un proceso de riego.

1.3.4 Justificación ambiental

En lo concerniente a la parte ambiental el estudio, se fundamenta en utilizar el agua dulce con aplicación directa a los sistemas agrícolas sin utilizar ningún tipo

de agroquímico poniendo en riesgo la calidad del suelo, dando a conocer los beneficios del agua en el riego de sus cultivos sin afectar la calidad del ambiente.

1.4. Hipótesis

H1: Las propiedades químicas del suelo se ven influenciadas por la calidad del agua de riego en del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

H0: Las propiedades químicas del suelo no se ven influenciadas por la calidad del agua de riego en del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

1.5. Operacionalización de variables

VARIABLES		DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I	Agua de riego	Agua que se emplea para el abastecimiento de necesidades hídricas de cultivos y plantas, se aplican mediante diversos métodos [22].	El agua de riego permitirá determinar si influye en las propiedades químicas del suelo, evaluando sus parámetros físicos y químicos.	Parámetros físicos	pH	
					Alcalinidad	meq/L
					Dureza	mg/L
				Parámetros químicos	Acidez	
					Oxígeno disuelto	mg/L
					Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)	mg/L
					Demanda Química del Oxígeno (DQO)	mg/L
Nitrógeno (N ₂)	mg/L					
Fósforo (P)	mg/L					
V.D	Propiedades químicas del suelo	Las propiedades químicas del suelo se definen como un conjunto de reacciones complejas y diversas que ocurren todo el tiempo en la tierra, estas influyen en la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento de las plantas, el destino de los contaminantes, la actividad biológica, etc [23].	Las propiedades químicas del suelo, serán evaluados según la calidad que tiene el agua de riego, con los parámetros químicos y físicos del suelo.	Parámetros químicos	Reacción del suelo	meq/ 100g
					Potencial redox	mV
				Parámetros Físico-químicos	Capacidad de intercambio catiónico.	meq/ 100g
					Conductividad eléctrica	dS/m

1.6. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>General</p> <p>¿Cuál es la influencia del agua de riego en las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024?</p>	<p>General</p> <p>Analizar la influencia del agua de riego en las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.</p>	<p>H1: Las propiedades químicas del suelo se ven influenciadas por la calidad del agua de riego en el distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.</p>	V.I	Agua de riego	Parámetros físicos	pH	<p>Método: descriptivo</p> <p>Nivel: explicativo</p> <p>Diseño: no experimental</p> <p>Población: aguas de riego y los suelos agrícolas del distrito de Oyolo en la provincia del Sara Sara, Ayacucho.</p> <p>Muestra: constituida por 2 kg de suelo agrícola y en cuanto a la muestra de agua lo constituirán 1 litro agua de acequia.</p>
						Alcalinidad	
	Dureza						
Parámetros químicos	Acidez						
	Oxígeno disuelto						
	Demanda Bioquímica del Oxígeno (DBO5)						
	Demanda Química del Oxígeno (DQO)						
	Nitrógeno (N ₂)						
	Fósforo (P)						
	Reacción del suelo						
<p>Específicos</p> <p>¿Cuál es la cantidad de sales en el agua de riego del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024?</p> <p>¿Qué propiedades químicas posee el suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024?</p> <p>¿Cuál es la diferencia de los resultados del agua de riego del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho; con los estándares de calidad ambiental (ECA)?</p>	<p>Específicos</p> <p>Determinar la cantidad de sales en el agua de riego en el distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.</p> <p>Determinar las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.</p> <p>Determinar la diferencia del agua de riego del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho; con los estándares de calidad ambiental (ECA).</p>	<p>H0: Las propiedades químicas del suelo no se ven influenciadas por la calidad del agua de riego en el distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.</p>	V.D	Propiedades químicas del suelo	Parámetros químicos	Potencial redox	
					Parámetros Físico-químicos	Capacidad de intercambio catiónico.	
	Conductividad eléctrica						

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

En el artículo denominado “Propiedades químicas del suelo y calidad del agua en Miahuatlán de Porfirio Díaz y Ejutla de Crespo, Oaxaca, México”, donde se enfocaron en determinar las características químicas del suelo y calidad de agua. Se empleó un enfoque cuantitativo y diseño experimental. Asimismo, se realizó análisis de suelo y agua, donde se evaluaron los niveles de cationes, aniones y diversos parámetros de calidad del agua. En cuanto a sus hallazgos, se evidenció una elevada presencia de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el suelo, con valores promedio alcanzando hasta 19.20 y 19.42 mEq L⁻¹ respectivamente. En el agua, se detectaron concentraciones altas de Ca^{2+} , Mg^{2+} y HCO_3^- , con valores promedio de hasta 4.79, 4.32 y 7.97 mEq L⁻¹ respectivamente. Se concluyó, que es imprescindible el empleo de ácidos para disminuir pH del agua y contrarrestar los efectos de los carbonatos [24].

En el estudio titulado “Hidro química y calidad del agua para riego de las RH 21 y 23 costa de Oaxaca y costa de Chiapas, México”, se orientaron a la evaluación de la calidad de las aguas superficiales de las RH21 y RH23 con fines de uso agrícola. Para ello, se utilizó un enfoque cuantitativo y diseño experimental. Asimismo, se eligieron 31 lugares de muestreo, abarcando 29 muestras de afluentes y aguas de ríos principales, una de una laguna y otra de la barra costera, de las cuales se tomaron tres muestras en cada lugar. En cuanto los instrumentos utilizados, se emplearon envases de polipropileno y un potenciómetro. En cuanto a los hallazgos, se reveló que las redes hidrológicas 21 y 23 presentan tres facies hidro químicas predominantes, cada una caracterizada por su origen geoquímico. En primer lugar, la facies bicarbonatada cálcica-magnésica destaca como la más abundante, representando el 93.54% del total. Le sigue la facies bicarbonatada sódica, que constituye el 3.23%, y finalmente, la facies clorurada sódica, que también representa el 3.23% del conjunto. Se concluyó que, la calidad hidro química de las aguas de las redes hidrológicas 21 y 23 en las costas de Oaxaca y

Chiapas, respectivamente, mayormente exhibe una composición de carbonatación cálcica-magnésica [25].

En la investigación denominada “Los hidro contenedores y su influencia en las propiedades microfísicas del suelo”, que estuvo enfocado a conocer como varían las propiedades hidro físicas de un suelo Ferralítico Rojo-Cuba compactado ante la presencia de distintos polímeros absorbentes. Para ello, se optó por el suelo de la Estación Experimental del IAgric, como también su agua de pozo. Asimismo, se llevaron a cabo ensayos utilizando dosis de 20, 30 y 40 gramos de polímero por kilogramo de suelo, en comparación con un grupo de control que no contenía polímeros. Los ensayos incluyeron la obtención de la curva tensión-humedad mediante el método de la caja de arena, la determinación de la humedad utilizando el método gravimétrico y la evaluación de la textura mediante el método de Boyucos. Se analizó la capacidad de retención de agua del suelo, el comportamiento de la curva tensión-humedad y la textura del suelo después de la aplicación del polímero en todas las muestras. Los resultados indicaron que la capacidad de retención de agua del suelo aumentó proporcionalmente con las dosis de hidrogel aplicadas en comparación con el suelo sin polímero, alcanzando un aumento de hasta un 96,6% con la dosis más alta de polímero. Por ende, se concluyó que la aplicación del hidrogel ha demostrado ser efectiva al aumentar la capacidad de retención de agua en el suelo, según los resultados obtenidos [26].

En artículo que llevó por título “Análisis multivariado de los suelos irrigados con aguas residuales de la agricultura”, tuvo como objeto de estudio evaluar las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos con irrigación continua de aguas residuales para la acuicultura. Para ello, se consideraron tres suelos agrícolas ubicados al sur del estado de Tlaxcala-México. Asimismo, se tomaron muestras de suelo hasta una profundidad de 0 a 30 cm, con nueve repeticiones cada una, con el propósito de analizar diferentes parámetros como pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, nitrato, amonio, nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, textura, densidad aparente y actividad microbiana. Estos datos se utilizaron para realizar un análisis de componentes principales (ACP). Los hallazgos, determinaron que la adición de aguas residuales de la acuicultura aumentó los niveles de fósforo, potasio, calcio, amonio y nitratos en el suelo. Además, mediante el análisis de correlación lineal y el análisis de

componentes principales (ACP), se determinó que el primer componente principal explicó el 76 % de la variabilidad total, estando asociado principalmente con el pH, materia orgánica, contenido de arena, nitrógeno total, potasio, magnesio y amonio. Por otro lado, el segundo componente principal, que representó el 23 % de la variabilidad total, se relaciona principalmente con el fósforo y su absorción por el complejo intercambio de la arcilla en el suelo. En este sentido se concluyó que el uso de aguas residuales procedentes de la acuicultura para la irrigación mejora la fertilidad del suelo [27].

La investigación denominada “Efecto del riego con agua salina en las propiedades químicas y la fertilidad del suelo”, tuvo como objetivo analizar el efecto del riego con agua salina en la producción agrícola y calidad del suelo en Pakistán. Asimismo, tuvo un enfoque cuantitativo y diseño experimental. Por ende, se incluyó cuatro tratamientos que se replicaron cuatro veces, utilizando un diseño de bloques completos aleatorizados (RCBD) para la disposición experimental. Los tratamientos consistieron en: T1 = agua de canal, T2 = agua con una conductividad eléctrica (CE) de 2,0 dS m⁻¹, T3 = agua con una CE de 3,0 dS m⁻¹ y T4 = agua con una CE de 4,0 dS m⁻¹. Sumado a ello, se eligió el maíz como cultivo experimental. Se realizaron análisis de suelo antes y después de la cosecha para evaluar diversas características físicas y químicas. Se recolectaron muestras de suelo de todas las parcelas y se analizaron para determinar propiedades químicas como CE, pH, SAR, Cl, CO₃, HCO₃. Los hallazgos revelaron que el uso de agua salina en el riego afectó a diferentes propiedades químicas del suelo y también tuvo un impacto negativo en el estado de fertilidad del suelo. Se concluyó que el riego de agua salinas tiene un impacto significativo en el medio ambiente [28].

El estudio denominado “Influencia del riego con agua salada en la composición de las bases absorbidas de la estructura hidromórfica del suelo”, se enfocó en determinar si la práctica de irrigación con agua de distintas salinidades produce cambios significativos en el complejo de absorción del suelo y en la cantidad de cationes presentes en el suelo después de tres años de irrigación. Por lo cual, se seleccionaron los prados de regadío saz de suelos arcillosos medios del territorio de Ferganá Central- Uzbekistán. Asimismo, el agua del río Aryk, siendo así que el estudio tuvo un diseño experimental, mientras que los análisis agroquímicos se

llevaron a cabo conforme a la metodología descrita en "Métodos de estudios agroquímicos, agro físicos y microbiológicos en regiones aldoneras de regadío". La calidad del agua de riego se evaluó utilizando clasificaciones convencionales, tal como se detalla en el texto principal. Los hallazgos, revelaron que el agua de riego utilizada para el trigo presenta una mineralización y composición adecuadas, con un índice de relación crítica (CRR) dentro del rango de 5.0-28, lo que indica su idoneidad para mitigar el proceso de salinización. Además, que el suelo se encuentra dentro de parámetros aceptables, lo que sugiere condiciones favorables para el crecimiento de los cultivos y la mitigación del proceso de salinización. En este sentido, se concluyó que los suelos de pradera irrigados en Ferganá, el riego con agua salina no debe generar preocupación en términos de inducir salinidad, ya que los suelos son calcáreos-gasíferos. Además, el agua utilizada, tanto en términos de su residuo denso como de su alcalinidad total y contenido de cloro según la clasificación de Glukhova T.P., es adecuada para el riego, con una salinidad por debajo de 4 g/l [29].

En el artículo denominado "Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo", tuvo como objetivo determinar el efecto del uso de aguas residuales en diferentes condiciones (cruda, tratada y mezclada) en las propiedades del suelo. Para ello, se necesitó áreas de terrenos agrícolas sembrados con alfalfa del ejido Rancho Alegre en México. Se tomaron muestras de agua cruda y tratada en una planta tratadora, así como de una mezcla 1:1 de agua tratada y agua de pozo en una parcela. Asimismo, se analizaron cuatro muestras representativas del suelo con una distancia de 50 m y con una superficie alrededor de una hectárea. Se empleó un diseño experimental basado en bloques al azar, donde se consideraron dos factores principales: los tipos de agua de riego (agua residual cruda, tratada y mezclada) y las profundidades de muestreo (0-30 cm, 30-60 cm y 60-90 cm). Cada combinación de estos factores se repitió cuatro veces, lo que resultó en un total de 36 parcelas experimentales (3 tipos de agua \times 3 profundidades de muestreo \times 4 repeticiones). Los resultados muestran diferencias significativas entre las fuentes de agua utilizadas. Además, la densidad aparente del suelo varió según el tipo de agua utilizada para riego. También se observaron diferencias en el pH del suelo y en los niveles de plomo, cobre y cadmio. Aunque algunas concentraciones superaron los límites, sin

embargo, no se excedieron los límites máximos permitidos. Se concluyó, que el uso de agua residual cruda conduce de manera negativa a un cambio en las propiedades físico-químicas e incrementa metales pesados en las primeras capas superficiales del suelo [30].

En la investigación titulada “Análisis de la calidad de agua del río Jerusalén afluente del río Pedro Carbo-Guayas para uso agrícola”, se tuvo como objetivo principal analizar la calidad de agua del afluente de río Pedro Carbo. La metodología empleada tuvo una estadística descriptiva, inferencial y paramétrica para la medición de las variables. Los resultados demostraron que, la conductividad eléctrica sobrepasó el límite permisible de 0.0007 ($\mu\text{S}/\text{cm}$), el oxígeno disuelto sobrepasó el límite permisible de 6 mg/L, el nitrógeno total sobrepasó el límite máximo permisible de 40 mg/L y por último la demanda bioquímica oxígeno sobrepasó el límite permisible de 2 mg/L. Se concluye que, el índice de calidad del agua, forma una agrupación de algunos parámetros, indicadores de un deterioro de calidad del agua, siendo una manera de comunicar y evaluar la calidad de cuerpos de agua [31].

2.1.2 Antecedentes Nacionales

En el estudio denominado “La importancia de la caracterización química del suelo de las áreas verdes mediante estadístico univariante y análisis de correlación de Spearman en la Universidad Peruana Unión”, se enfocaron en determinar la influencia de los distintos tipos de agua en la dinámica entre suelo receptor, soporte biológico y aportes químicos. Para ello, se tomó como muestra el área ($11^{\circ}59'30,73''\text{S}$, $76^{\circ}50'24,56''\text{O}$) de estudio del campus peruano del distrito de Lurigancho-Lima. Por consiguiente, se examinaron y compararon varios parámetros extraídos de muestras de suelo, incluyendo el pH, el nitrógeno total, la materia orgánica y el fósforo disponible. Se emplearon técnicas estadísticas como el análisis de varianza univariante y el coeficiente de correlación de Spearman para analizar y correlacionar estos datos. Los hallazgos revelaron que el pH fue el único factor significativo que difería entre las áreas estudiadas, mientras que se observaron correlaciones sólidas entre el nitrógeno total, la materia orgánica y el fósforo disponible. Además, se notó que el tipo de agua utilizada para el riego tenía un impacto en el funcionamiento de las áreas verdes. Se concluyó, que el estudio químico del suelo en áreas verdes destacó la influencia

del riego con diferentes tipos de agua. Además, se enfatizó la importancia de elegir el tipo de agua según las necesidades específicas y los beneficios ambientales de las áreas verdes [32].

En el artículo denominado “Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón, Huánuco-Perú”, teniendo por objetivo evaluar la calidad y el uso sustentable del suelo de un sistema agroforestal (SAF) y ex cocal (suelo abandonado muy ácido). Para ello, se consideró como muestras a la parcela de 25x20m, en un trayecto en zig-zag en el SAF y en el ex cocal. Además, se utilizó un tubo muestreador para el retiro de cada submuestra del suelo con una profundidad de 39 cm y un recipiente para su homogenización. Se halló que el suelo dentro del sistema agroforestal exhibe una textura y densidad aparente óptimas. En ambos sistemas de uso del suelo, la conductividad eléctrica y el magnesio intercambiable muestran similitudes cualitativas. Además, el sistema agroforestal presenta niveles elevados de materia orgánica, fósforo disponible y nitrógeno total. En contraste, el suelo previamente utilizado para el cultivo de cocaína tiene un pH ácido y un bajo nivel de calcio intercambiable, mientras que la capacidad de intercambio catiónico en el sistema agroforestal es muy reducida. Se concluyó que el sistema agroforestal de Cuyaco exhibe una mayor calidad del suelo y se caracteriza por ser una práctica agrícola sostenible [33].

En el estudio denominado “Diagnóstico de las propiedades físicas y químicas del suelo con fines de aptitud de sitio para la producción de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en dos entisols de Pucallpa, Perú”, tuvo como objetivo determinar algunas propiedades físicas y químicas que caracterizan los sitios de buena aptitud para la producción de maíz amarillo duro en entisoles. Para ello consideró un método inductivo-deductivo y tuvo como muestra a 20 parcelas de Pueblo nuevo y 25 parcelas para Isla Parahuashá. De acuerdo al material experimental utilizado, se empleó un patrón zigzag dentro de cada parcela y se homogeneizó para crear una muestra compuesta de 1 kg, En cuanto a las propiedades químicas del suelo, la mayoría de las muestras cumplen con los niveles necesarios para la producción de maíz, abarcando aspectos como el molibdeno, pH, fósforo, aluminio, potasio, calcio, magnesio y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Sin embargo, el contenido de nitrógeno está por debajo del óptimo requerido para el cultivo. Tras analizar las 12 propiedades físico-químicas del suelo en ambas localidades, se

encontró que 11 propiedades están dentro de niveles aceptables, mientras que una muestra niveles bajos. Se concluyó que tanto Pueblo Nuevo como Isla Parahuashá son adecuadas para la producción de maíz amarillo [34].

En la investigación titulada “Determinación de la calidad del agua del río Chinchipe en el centro poblado puerto Chinchipe, Cajamarca, Perú-2020” tuvo como objetivo comprobar la calidad del agua del río mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e inorgánicos. La metodología empleada fue de tipo descriptiva, las muestras fueron recolectadas según el protocolo nacional del 2016 por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), se tomaron tres puntos de referencia, debajo del puente y en la parte inferior separados por 500 m entre puntos. Los resultados demostraron que, la Demanda Química de Oxígeno (DQO fue 80.18 mg/l), los aceites y las grasas estuvieron de 40.32 a 40.35 mg/l y el parámetro microbiológico >1600, que no satisfacen los Estándares de Calidad Ambiental (ECAs) para la categoría 3 del río. Se concluyó que, con los valores obtenidos, el 44.44% no son aptos para la categoría tres y el 55.56% satisfacen los estándares de calidad ambiental que exige la categoría tres [35].

2.1.3 Antecedentes Locales

En el estudio titulado “Caracterización de los suelos y gestión del agua para una agricultura sostenible en los andenes de Andamarca, Lucanas, Ayacucho, 2023”, tuvo como objetivo caracterizar los suelos y el agua. La metodología empleada fue descriptiva. Los resultados demostraron diversas texturas de suelo, pH alcalino y variaciones notables en nutrientes y materia orgánica, la salinidad limita el acceso al agua, y la capacidad de intercambio catiónico influye en su disponibilidad, la gestión del riego se realiza mediante comités y sectores comunitarios. Se concluye que, la gestión adecuada del recurso hídrico y las características del suelo resultan fundamentales para el desarrollo agrícola y el sistema de riego en la región [36].

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Agua de riego

El agua es el recurso de mayor vitalidad y que es fundamental para la vida en nuestro planeta: la Tierra. Desde tiempos inmemoriales, ha sido un elemento esencial para la supervivencia y el desarrollo de la humanidad. Entre los múltiples usos que tiene el agua, uno de los más significativos es su empleo en el riego de cultivos agrícolas y en la horticultura, lo que constituye la base de la seguridad alimentaria y el sustento económico para millones de personas en todo el mundo [37]. El agua de riego, entendida como el agua destinada específicamente para el riego de plantas, desempeña un papel crucial en la producción agrícola. Esta agua puede provenir de diversas fuentes, como ríos, lagos, acuíferos subterráneos, embalses, canales de riego o sistemas de recolección de agua de lluvia. Su disponibilidad y calidad influyen directamente en la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas [38].

El agua de riego es agua utilizada específicamente para el riego de cultivos agrícolas, jardines, o cualquier otra actividad que requiera el suministro de agua a plantas. El objetivo principal del agua de riego es proporcionar la cantidad adecuada de humedad al suelo para el crecimiento saludable de las plantas, ya que el agua es esencial para la fotosíntesis, el transporte de nutrientes y otros procesos vitales de las plantas [4].

2.2.1.1. Usos

Uno de los principales usos del agua de riego es proporcionar la cantidad adecuada de humedad al suelo para el crecimiento saludable de los cultivos. El agua es un componente esencial en los procesos de fotosíntesis y respiración de las plantas, así como en el transporte de nutrientes y minerales a través de sus sistemas vasculares. Sin un suministro adecuado de agua de riego, las plantas se marchitarían y morirían, lo que resultaría en pérdidas significativas de producción agrícola y, en última instancia, en inseguridad alimentaria. En las últimas décadas se han llevado a cabo muchos estudios sobre el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Para lograr una gestión sostenible de los recursos hídricos, se establecen modelos acoplados, que incorporan un modelo de optimización difuso y un sistema de inferencia difuso, para el uso conjunto de recursos de aguas superficiales y subterráneas [39].

Además de su función básica de mantener la hidratación de las plantas, el agua de riego también se utiliza en otros procesos agrícolas. Por ejemplo, en la aplicación de fertilizantes y pesticidas, el agua se utiliza como vehículo para transportar estos productos al suelo y a las plantas. Del mismo modo, en la agricultura de precisión, se emplean sistemas de riego por goteo o aspersión que permiten una distribución controlada y eficiente del agua, maximizando su uso y reduciendo el desperdicio. Otro uso importante del agua de riego es en la gestión de cultivos en condiciones adversas, como sequías o suelos poco fértiles. Los sistemas de riego pueden ayudar a mitigar los efectos negativos de la escasez de agua al proporcionar un suministro suplementario de agua a los cultivos en momentos críticos de su ciclo de crecimiento. Asimismo, el agua de riego puede utilizarse en la rehabilitación de suelos degradados, ayudando a restablecer su fertilidad y productividad [40].

Sin embargo, a pesar de su importancia indiscutible, el uso del agua de riego plantea desafíos significativos en términos de gestión sostenible de los recursos hídricos. La sobreexplotación de acuíferos, la contaminación del agua y los conflictos por el uso del agua son algunos de los problemas que enfrentan muchas regiones agrícolas en todo el mundo. Es crucial implementar prácticas de riego eficientes y tecnologías innovadoras que permitan optimizar el uso del agua y proteger su calidad a largo plazo. El objetivo de la gestión del agua en las explotaciones agrícolas es reducir las diferencias de rendimiento optimizando el momento de aplicación del agua para mejorar la absorción de agua por las plantas. El agua de riego suele ser limitada o mal gestionada en todos los sistemas de riego y se encuentra entre los principales desafíos que limitan la producción agrícola [41].

2.2.1.2. Disponibilidad

El agua es un recurso indispensable para la vida en la Tierra, y su disponibilidad adecuada es fundamental para la producción agrícola y el bienestar humano. En este contexto, el agua de riego juega un papel crítico en la seguridad alimentaria global y el desarrollo sostenible. Sin embargo, la disponibilidad de agua de riego se enfrenta a una serie de desafíos que plantean interrogantes sobre su uso futuro y su impacto en el medio ambiente. La eficiencia en el uso del agua (EUA) a menudo se define, utilizando un enfoque volumétrico o hidrológico, como la proporción del agua suministrada mediante riego que es utilizada productivamente

por la planta. El aumento de la eficiencia del riego sigue siendo el foco de numerosos esfuerzos para mitigar la escasez de agua [42].

Uno de los principales desafíos para la disponibilidad del agua de riego es la creciente demanda derivada del aumento de la población y la expansión de la agricultura. A medida que la población mundial sigue creciendo, la necesidad de producir más alimentos para alimentar a todos se vuelve cada vez más apremiante. Esto conlleva a una mayor presión sobre los recursos hídricos disponibles, especialmente en regiones donde el agua ya es escasa. Otro desafío importante es la variabilidad y el cambio climático, que pueden alterar significativamente la disponibilidad y distribución del agua de riego. Fenómenos como la sequía, las inundaciones y los cambios en los patrones de precipitación pueden afectar la cantidad y la calidad del agua disponible para el riego, lo que a su vez impacta en la producción agrícola y la seguridad alimentaria [43].

La sobreexplotación de los recursos hídricos también representa un desafío significativo para la disponibilidad del agua de riego. En muchas regiones, los acuíferos subterráneos están siendo bombeados a tasas insostenibles para satisfacer la demanda agrícola, lo que provoca la disminución del nivel freático y la salinización del suelo. Esta sobreexplotación no solo agota los recursos hídricos a largo plazo, sino que también puede tener efectos negativos en los ecosistemas acuáticos y en la calidad del agua. La gestión inadecuada y la contaminación del agua son otros factores que limitan la disponibilidad del agua de riego. La mala gestión de los recursos hídricos, la falta de infraestructura adecuada y la deficiente gobernanza del agua pueden obstaculizar el acceso al agua de riego para los agricultores, especialmente en regiones rurales y en países en desarrollo. Además, la contaminación del agua por pesticidas, fertilizantes y otros contaminantes agrícolas puede afectar su calidad para el riego de cultivos [44].

A pesar de estos desafíos, existen diversas perspectivas y soluciones para mejorar la disponibilidad del agua de riego y garantizar su uso sostenible en el futuro. La adopción de prácticas agrícolas más eficientes en el uso del agua, como el riego por goteo y la agricultura de conservación, puede ayudar a reducir el desperdicio y maximizar la productividad agrícola. Además, la inversión en infraestructura hídrica, la gestión integrada de los recursos hídricos y la colaboración entre los diferentes actores del sector del agua son clave para mejorar la disponibilidad y la

gestión del agua de riego. La disponibilidad del agua de riego es un factor crítico que influye en la seguridad alimentaria, el desarrollo económico y la sostenibilidad ambiental; solo a través de un uso responsable y sostenible del agua de riego podemos garantizar su disponibilidad para las generaciones futuras y promover un futuro más próspero y equitativo para todos [45].

2.2.1.3. Calidad del *agua* de riego

La calidad del agua de riego está influenciada por una variedad de factores, tanto naturales como antropogénicos. Entre los factores naturales se encuentran la geología y la hidrología de la región, que determinan la composición mineral y la salinidad del agua. El agua que se origina en acuíferos subterráneos, por ejemplo, tiende a tener niveles más altos de sales disueltas que el agua superficial de los ríos o lagos. Un factor importante a considerar es la presencia de patógenos y microorganismos en el agua de riego, el agua contaminada con bacterias, virus y parásitos puede transmitir enfermedades a los cultivos y representar un riesgo para la salud humana si se consume agua de riego cruda o si los productos agrícolas se contaminan durante el riego [39].

Los factores climáticos también desempeñan un papel importante en la calidad del agua de riego. La cantidad y la distribución de la precipitación afectan la disponibilidad y la concentración de contaminantes en el agua, mientras que las temperaturas extremas pueden influir en la proliferación de organismos patógenos y algas que afectan la calidad del agua. Además de los factores naturales, las actividades humanas tienen un impacto significativo en la calidad del agua de riego. La contaminación agrícola, causada por el uso de pesticidas, fertilizantes y otros productos químicos, puede introducir compuestos tóxicos y nutrientes en el agua, afectando su calidad y seguridad para el riego de cultivos. La descarga de aguas residuales urbanas e industriales también puede contaminar fuentes de agua dulce, comprometiendo su idoneidad para el riego [46].

Ante estos desafíos, es crucial implementar medidas para mejorar y proteger la calidad del agua de riego. La gestión integrada de los recursos hídricos, que considera tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos, es fundamental para garantizar su disponibilidad y seguridad a largo plazo. Además, se deben promover prácticas agrícolas sostenibles, como la reducción del uso de productos

químicos, el manejo adecuado de los residuos y la conservación del suelo, para minimizar la contaminación del agua de riego [41].

Entre los indicadores de calidad de agua para el riego, se encuentran la cantidad de sales totales disueltas, concentración de calcio, potasio, nitratos, magnesio, sodio, carbonatos, bicarbonatos, boro, cloruros, pH [47].

Contenido de sales

La salinidad es uno de los principales problemas asociados con la calidad del agua de riego. El exceso de sales en el agua puede provocar la acumulación de sales en el suelo, afectando su estructura y fertilidad, y reduciendo la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes. La salinidad del agua de riego se mide comúnmente mediante parámetros como la conductividad eléctrica y la concentración de iones específicos como el sodio, el cloruro y el carbonato [46]. Altamirano y Terreros [48] mencionan que el contenido de sales en el agua se puede determinar mediante varios métodos analíticos, siendo los más comunes la conductividad eléctrica y el análisis químico:

- *Conductividad Eléctrica (CE)*: La conductividad eléctrica del agua es una medida de su capacidad para conducir corriente eléctrica, la cual está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua. La CE se expresa típicamente en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) o en decisiemens por metro (dS/m). Se utiliza un medidor de conductividad para realizar estas mediciones. Cuanto mayor sea la concentración de sales en el agua, mayor será su conductividad eléctrica.
- *Análisis Químico*: Este método implica tomar una muestra de agua y realizar pruebas químicas en laboratorio para determinar la concentración de sales específicas, como cloruro, sodio, carbonato, bicarbonato, sulfato, entre otros. Se utilizan diferentes técnicas analíticas dependiendo del tipo de sales que se desee medir, como titulación, espectroscopia, cromatografía, entre otras. Los resultados se expresan generalmente en partes por millón (ppm) o en miliequivalentes por litro (meq/L).

2.2.2 El suelo

El suelo es uno de los componentes más fundamentales de los ecosistemas terrestres, y su definición abarca una complejidad que va más allá de una mera

capa de tierra bajo nuestros pies. Aunque comúnmente, su definición está asociada con la tierra cultivable, el suelo es en realidad un sistema dinámico compuesto por materiales minerales, materia orgánica, agua, aire y una diversidad de organismos vivos. Desde una perspectiva geológica, el suelo se forma a partir de la descomposición y erosión de las rocas y minerales a lo largo de períodos geológicos. Este proceso, conocido como intemperismo, transforma los materiales sólidos en partículas más pequeñas que eventualmente se convierten en suelo. Sin embargo, la formación del suelo no es un proceso estático; es continuamente influenciado por factores climáticos, biológicos y humanos [49].

La definición del suelo también se ve influenciada por su importancia funcional en los ecosistemas. Además de ser el medio físico en el que crecen las plantas, el suelo desempeña una variedad de funciones vitales. Actúa como un reservorio de agua y nutrientes para las plantas, regula el ciclo del agua y del carbono, y proporciona hábitats para una amplia gama de organismos, desde microorganismos hasta macroinvertebrados. Desde una perspectiva agrícola, el suelo es la base para la producción de alimentos y la agricultura sostenible. Sin embargo, definir el suelo es un desafío debido a su naturaleza compleja y multifacética. Las características del suelo varían enormemente de un lugar a otro, influenciadas por factores como el clima, el tipo de roca madre, la vegetación y las prácticas de manejo del suelo. Además, el suelo es un sistema dinámico que está en constante evolución debido a procesos naturales y actividades humanas [50].

2.2.2.1 *Calidad del suelo*

La calidad del suelo, definida como su capacidad para mantener funciones ecológicas, biodiversidad y productividad agrícola, es un indicador clave de la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres. La calidad del suelo está determinada por su textura, estructura, contenido de materia orgánica y pH, factores que influyen directamente en la productividad de los cultivos y en la salud del ecosistema agrícola en su conjunto. Por lo tanto, la gestión y conservación del suelo son aspectos críticos de la agricultura moderna [51]. Los factores que influyen en la calidad del suelo, son los siguientes [52]:

- La estructura del suelo, se refiere a cómo se agrupan las partículas minerales y orgánicas en el suelo, lo que afecta la porosidad, la infiltración de agua, la aireación y la capacidad de retención de agua. Una estructura del suelo saludable, caracterizada por agregados estables y una distribución adecuada de poros, es esencial para promover el crecimiento de las raíces de las plantas y facilitar el intercambio gaseoso y la filtración del agua [52].
- La textura del suelo, determinada por el tamaño relativo de las partículas minerales (arena, limo y arcilla), también es un factor clave en su calidad. Los suelos arenosos tienden a drenar rápidamente, pero retienen menos nutrientes, mientras que los suelos arcillosos retienen más agua y nutrientes, pero pueden ser propensos a la compactación y la erosión. Un equilibrio adecuado de texturas en el suelo es importante para mantener una estructura saludable y promover un buen crecimiento de las plantas [52].
- La materia orgánica, proporciona nutrientes esenciales para las plantas, mejora la capacidad de retención de agua y promueve la actividad biológica beneficiosa en el suelo. La descomposición de residuos orgánicos por microorganismos del suelo, como bacterias, hongos y lombrices, es un proceso clave que contribuye a la formación y el mantenimiento de la materia orgánica del suelo [52].
- La acidez o alcalinidad del suelo, medida por su pH, afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la actividad de los microorganismos del suelo. Algunas plantas prefieren suelos ácidos, mientras que otras prosperan en suelos alcalinos. Mantener un pH adecuado es crucial para optimizar la disponibilidad de nutrientes y promover un crecimiento saludable de las plantas [52].
- Presencia de contaminantes, como metales pesados (mercurio-Hg, plomo-Pb, cadmio-Cd, talio-Tl, cobre-Cu, zinc-Zn y cromo-Cr), pesticidas y productos químicos industriales, así como la erosión del suelo y la pérdida de biodiversidad. La gestión adecuada del suelo, incluyendo prácticas agrícolas sostenibles, conservación de la tierra y restauración de ecosistemas degradados, es esencial para proteger y mejorar la calidad del suelo y garantizar su capacidad de proporcionar servicios ecosistémicos vitales para las generaciones futuras [52].

En tal sentido, la calidad del suelo es un aspecto fundamental de la sostenibilidad ambiental y agrícola. Reconocer los factores que influyen en la calidad del suelo y adoptar medidas para proteger y mejorar su salud es crucial para garantizar la seguridad alimentaria, promover la conservación de la biodiversidad y mitigar los efectos del cambio climático en los ecosistemas terrestres [50].

2.2.2.2 Propiedades químicas

El suelo es un sistema complejo que alberga una gran variedad de componentes químicos que influyen en su fertilidad, capacidad de retención de nutrientes y salud general. Estas propiedades químicas del suelo desempeñan un papel crucial en la producción agrícola, la conservación del medio ambiente y el ciclo global de nutrientes. Al comprender y manejar adecuadamente estas propiedades, podemos promover la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, proteger la calidad del suelo y garantizar la salud de los ecosistemas terrestres. Las propiedades químicas del suelo son fundamentales para su salud y productividad [53].

- *pH*

Una de las propiedades químicas más importantes del suelo es su pH, que indica si el suelo es ácido, neutro o alcalino. El pH del suelo afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que influye en la solubilidad de los elementos minerales. Por ejemplo, en suelos ácidos, algunos nutrientes como el calcio y el magnesio pueden estar menos disponibles para las plantas, mientras que, en suelos alcalinos, pueden ocurrir deficiencias de nutrientes como el hierro. Mantener un pH adecuado es crucial para optimizar la disponibilidad de nutrientes y promover un crecimiento saludable de las plantas. Cuando al suelo se le incorpora componentes como estiércol, el pH ligeramente más bajo del suelo modificado orgánicamente puede deberse al hecho de que durante la descomposición microbiana del estiércol incorporado, es posible que se liberen ácidos orgánicos que neutralizaron la alcalinidad del estiércol, reduciendo así el pH del suelo debajo de sus valores iniciales [54].

- *Capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es otra propiedad química importante del suelo que influye en su fertilidad. La CIC se refiere a la capacidad del suelo para retener y liberar iones nutrientes, como calcio, magnesio, potasio y otros cationes. Los coloides del suelo, como la arcilla y la materia orgánica, son responsables de la CIC, ya que tienen cargas eléctricas negativas que pueden intercambiar iones con el agua del suelo y las raíces de las plantas. Una alta CIC indica una mayor capacidad del suelo para retener nutrientes y reducir la lixiviación de nutrientes hacia las capas más profundas del suelo. La CIC en vigor representa la cantidad total de cationes intercambiables que un suelo puede adsorber en sus superficies al pH real del suelo; los iones (cationes) cargados positivamente como Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} , H^+ generalmente se adsorben en superficies del suelo cargadas negativamente [55].

- *Concentración de nutrientes*

La concentración de nutrientes en el suelo, incluidos macro y micronutrientes, es otra propiedad química crítica que afecta la salud del suelo y la productividad agrícola. Los macroelementos como el nitrógeno, el fósforo y el potasio son esenciales para el crecimiento de las plantas y deben estar presentes en cantidades adecuadas en el suelo. Los micronutrientes, como el zinc, el cobre y el manganeso, son necesarios en cantidades mucho menores, pero igualmente importantes para el desarrollo de las plantas. La disponibilidad de estos nutrientes en el suelo depende de factores como el pH, la textura del suelo y la actividad microbiana. Las plantas sólo pueden absorber y utilizar una proporción de la cantidad total de nutrientes del suelo. Esta proporción varía según el nutriente y está influenciada por una variedad de factores del suelo, las plantas y el medio ambiente [56].

2.3. Definición de términos básicos

Agua de riego

El agua que cumple con los requisitos para la producción de cultivos se puede separar en precipitación (o 'agua verde') y agua de riego (o 'agua azul'). El agua de riego proviene de ríos, lagos y acuíferos, y constituye la mayor parte del consumo humano de agua dulce, representando más del 90% del consumo total mundial de agua dulce. A lo largo del tiempo, diversos autores han propuesto modelos globales de agua de cultivo para calcular el uso del agua de riego y el consumo estimado de la misma [57].

Suelo

Los suelos tienen la capacidad de almacenar grandes cantidades de materia orgánica del suelo (MOS), lo que ayuda a proporcionar múltiples servicios ecosistémicos; y es ampliamente reconocido como un componente viable de una estrategia diversificada para abordar los objetivos de sostenibilidad de la ONU. Los suelos del mundo son cada vez más reconocidos como un campo de batalla clave en la lucha contra el cambio climático, la contaminación por nutrientes y otros desafíos apremiantes del cambio global [58].

Sales minerales

Las sales minerales son componentes que se encuentran en distintos materiales, como el agua, en la que se encuentran el sodio, el cloruro y el carbonato. Esto conlleva a que uno de los factores principales para evaluar la calidad del agua sea la salinidad, ya que, si se encuentran excesivas cantidades de sales en el agua, podría afectar seriamente al contenido de sales en el suelo, ocasionando una disminución de su fertilidad [46].

Propiedades químicas

Las propiedades químicas son las características de una sustancia que se relacionan con su capacidad para participar en reacciones químicas y experimentar cambios en su composición molecular. Estas propiedades describen cómo una sustancia interactúa con otras sustancias en términos de reactividad, corrosión, capacidad para oxidarse o reducirse, entre otros aspectos. Las propiedades químicas son fundamentales para comprender el comportamiento de las sustancias en entornos químicos y para predecir cómo se comportarán en diversas situaciones [59].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1 Método General

La presente investigación se desarrolla bajo un método científico el cual busca obtener nuevos conocimientos, de la ciencia y que consiste en la observación sistemática, medición, experimentación y la formulación; análisis y modificación de hipótesis [60].

3.1.2 Método Específico

Se llevará a cabo un método descriptivo experimental, que se basa en procesos lógicos como la inducción y la deducción, así también la descripción de los principales resultados encontrados en el análisis de agua de riego y de suelo agrícola [60].

3.1.3 Tipo de investigación

Referente al tipo de investigación el estudio se desarrolla bajo una investigación básica la cual tiene como fin la obtención de nuevos conocimientos sobre el tema en desarrollo [61]. Por lo tanto, en el estudio se analizará la influencia del agua de riego en las propiedades químicas del suelo del Distrito de Oyolo en la Provincia de Sara Sara, Ayacucho, generando nuevos conocimientos sobre ello.

3.1.4 Nivel de investigación

En cuanto al nivel de investigación el estudio se desarrollará con un nivel explicativo el cual establece la causa-efecto entre las variables estudiadas. En el contexto cuantitativo se pueden aplicar estudios de tipo predictivo en donde se pueda establecer una relación causal entre diversas variables [62]. De esa manera en el estudio se buscará establecer si el agua de riego influye en el agua del riego en las propiedades químicas del suelo del Distrito de Oyolo en la Provincia de Sara Sara, Ayacucho.

3.2. Diseño de la investigación

En lo concerniente a el diseño de la investigación el estudio se desarrollará bajo un diseño no experimental en el cual las variables de estudio son analizadas dentro de un contexto natural sin ningún tipo de alteración, ante ello se asume que las variables son estudiadas en un contexto tal cual se presentan los resultados [63]. A partir de ello los resultados del

análisis del agua de riego y de las propiedades químicas del suelo serán evaluadas dentro de un contexto natural sin ningún tipo de alteración y así se profundice el conocimiento en torno a esta temática.

3.3. Población y muestra

Población

La población es el conjunto de elementos accesibles o unidad de análisis que perteneces al ámbito especial donde se desarrolla el estudio [64]. Por lo tanto, la población de estudio estará conformada por los tramos de aguas de riego y suelos agrícolas del distrito de Oyolo en la provincia del Sara Sara, Ayacucho.



Figura 1. Mapa del distrito de Oyolo en la provincia del Sara Sara, Ayacucho.

Nota. Obtenido de Google Earth

Muestra

La muestra se conceptualiza como los diferentes fenómenos, sucesos de lo que concierne en la recolección de datos para delimitar la población [65]. De esa forma la muestra estará constituida por 2 kg de suelo agrícola y en cuanto a la muestra de agua lo constituirán un (1) litro agua de acequia.

En ese sentido a continuación se detalla las coordenadas de los puntos de monitoreo.

Tabla 1.

Coordenadas de monitoreo de agua de riego y suelo.

Punto de monitoreo	Fecha de monitoreo	Coordenadas de la zona de monitoreo
Monitoreo agua de riego	30 de agosto del 2024	15°10'59.88"S 73°11'29.57"O
Monitoreo suelo agrícola	5 de setiembre del 2024	15°11'5.79"S 73°11'31.73"O

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas e instrumentos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos se encuentran las siguientes:

- **La observación:** En este caso, el investigador obtiene la información directamente de la población o sujeto del estudio [62]. Por lo tanto, el investigador evaluara visualmente las condiciones del recurso hídrico y si esto influye de manera directa en los parámetros fisicoquímicos del suelo.
- **Ficha de recolección de datos:** La ficha de recolección de datos se utiliza para la recopilación de datos de manera sistemática y estructurada durante observaciones en un entorno determinado. Estas fichas son herramientas que permiten a los investigadores registrar información relevante sobre eventos, comportamientos, características o patrones que se observan. De esa manera las fichas de recolección de datos para el análisis del agua de riego serán las siguientes: Ficha 1. Registro de datos de campo; ficha 2. Etiqueta para muestra de agua; Ficha 3. Cadena de custodia; Ficha 4. Registro de identificación del punto de monitoreo. Todos estos instrumentos de recolección de datos se establecen en el “Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA).

3.4.2 Materiales

Materiales de campo para el análisis del agua de riego:

- Envases de plástico, color blanco y marrón, capacidad de 1000ml.
- Cronometro.
- Etiquetas para la identificación de frascos (registro).
- Libreta de campo.
- Lapiceros.
- Cámara fotográfica.
- Cooler para el almacenamiento y transporte de muestras.
- GPS
- Cofia
- Guardapolvo
- Guantes estériles
- Lentes de protección
- Mascarillas

Materiales de laboratorio para el análisis del agua de riego:

- Buretas
- Probetas (50, 100, 500 y 1000 ml.)
- Matraces Erlenmeyer
- Piolas
- Pizetas
- Embudos
- Pipetas graduadas
- Pipetas volumétricas
- Soporte universal
- Escobillas

Materiales para toma de muestras de suelo:

- Pala
- Balde
- Etiquetas
- Libreta de apuntes
- GPS
- Bolsas con cierre hermético

- Lápiz

3.4.3 Procedimientos

3.4.3.1. *Etapa de Pre-campo*

En esta etapa, se georreferenciará el área de estudio a través de un GPS de marca (Garmin 64s), esta etapa permitirá determinar el área donde se realizó el monitoreo para el agua de riego, así como también el terreno en el cual se tomaron las muestras de suelo.

3.4.3.2. *Etapa de Campo*

a. *Agua de riego*

➤ Toma de muestras

De acuerdo a lo establecido en el Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA). Para iniciar el muestreo es importante colocarse guantes descartables, mascarilla, gafas protectoras y botas de jebes para una correcta manipulación de las muestras y los equipos evitando su contaminación. La toma de las muestras será de la siguiente manera:

Primeramente, el muestreador se debe ubicar en el punto medio de la corriente del agua, donde la corriente sea homogénea evitando que los afluentes sean estancados y poco profundas. Posteriormente se debe coger un recipiente retirar la tapa y la contratapa sin tocar la superficie interna del frasco, se sugiere que antes de coleccionar las muestras estas deben enjuagarse como mínimo dos veces. Para la toma de la muestra se debe coger la botella por debajo del cuello, sumergiéndola en dirección apuesta del flujo de agua y recoger la muestra representativa para su análisis, asimismo se sugiere considerar un espacio de alrededor de 1% para aquellos parámetros que requieren preservación.

➤ Rotulado y etiquetado

Los recipientes se deben rotular con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta de cada muestra de agua como mínimo debe contener los siguientes datos:

- Nombre del solicitante

- Código del punto de muestreo
- Tipo de cuerpo de agua (agua continental o marina)
- Fecha y hora de muestreo
- Nombre del responsable de la toma de muestra
- Tipo de análisis requerido
- Preservación y tipo de reactivo (si lo requiere)

➤ Almacenamiento, conservación y transporte de muestras

Los frascos deben almacenarse dentro de cajas térmicas (coolers) de forma vertical que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol. Los recipientes de vidrio deben ser embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte. Para su conservación, las muestras recolectadas deben adicionarse en cajas térmicas cooler bajo un adecuado sistema de enfriamiento ($5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$), bajo estas condiciones las muestras deben ser trasladadas de manera al laboratorio para su análisis respectivo.

b. Análisis de suelo

Para el análisis de suelo se considera la “GUIA PARA EL MUESTREO DE SUELOS-2014” en dicha guía se establecen todos los procedimientos que se deben considerar para el muestreo de suelos, de esa manera se establecerá un muestreo aleatorizado para ello en la siguiente tabla se establecen la cantidad de puntos de muestreo de acuerdo al número de hectáreas que se desea analizar de suelo contaminado.

Tabla 2.
Número mínimo de puntos de muestreo

Área de potencial interés (ha)	Puntos de muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30

15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
100	50

Nota. Obtenido a partir de “GUIA PARA EL MUESTREO DE SUELOS-2014-MINAM”

➤ Procedimiento para la toma de muestras

Para dar inicio al muestreo se identificó el área de estudio, luego se determinaron los puntos de muestreo (2 de suelo y 1 de agua), y las muestras se tomaron en forma de zig-zag, las muestras deberán ser tomadas a 30 cm de profundidad tratando de mantener las profundidades uniformes, una vez obtenidas todas las 15 submuestras se procederá a homogenizar el total de las muestras y partir de ello tomar una muestra representativa de 1kg para que sea enviado a el laboratorio para el análisis de las propiedades químicas del suelo.

➤ Etiquetado de las muestras

Para el etiquetado de las muestras se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- La etiqueta debe ser colocada en un lugar visible y no sobrepasar el tamaño del recipiente y adherida adecuadamente para evitar su pérdida.
- La etiqueta que acompañe a la muestra, debe contar con número o clave única de identificación, lugar del muestreo, nombre del proyecto, y la fecha y hora del muestreo, nombre de la persona que toma la muestra.
- La impresión de los datos en la etiqueta, debe realizarse con tinta indeleble.

➤ Ficha de muestreo

Documento que recoge información levantada en campo, que incluye la técnica de muestreo, las condiciones del punto de muestreo y una descripción de las muestras tomada (Ver anexo 5).

- Cadena de custodia:
 - La documentación de la cadena de custodia debe contener al menos:
 - El número de la hoja de custodia proporcionada por el laboratorio acreditado.
 - El nombre del responsable del muestreo.
 - Los datos de identificación del sitio (coordenadas UTM).
 - La fecha y hora del muestreo.
 - Las claves de las muestras.
 - Nombre del laboratorio que recibe las muestras.
 - Los análisis o la determinación requerida.
 - El número de envases.
 - Observaciones.
 - Identificación de las personas que entregan y reciben en cada una de las etapas de transporte, incluyendo fecha y hora.

Luego de finalizado el proceso de etiquetado de la muestra de suelo y llenado la cadena de custodia será transportado a un laboratorio para que dicha muestra sea analizada y a partir de ello se determine las condiciones químicas que esté presente y si se encuentra influenciado por la calidad de agua de riego.

3.4.3.3. Etapa de *Experimentación*

No aplica

3.4.3.4. Etapa de *Laboratorio*

En cuanto a la etapa de laboratorio, la muestra de agua será analizada en un laboratorio acreditado por el INACAL, dentro de los parámetros que se analizarán serán los siguientes: pH, alcalinidad, dureza, acidez, oxígeno disuelto, demanda bioquímica del oxígeno (DBO5), demanda química del oxígeno (DQO), nitrógeno (N2), Fósforo (P); y en lo concerniente a las propiedades químicas de los suelos

los parámetros analizados serán los siguientes, reacción del suelo, potencial redox, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica y metales pesados.

3.4.3.5. *Etapa de Gabinete*

Una vez obtenidos los resultados de la muestra analizadas, el procesamiento de datos se realizará a través del software Microsoft Excel, en el cual se tabularán los resultados obtenidos del análisis de agua de riego y suelos agrícolas. Sumado a ello se construirán gráficos y figuras con el objetivo de realizar una mejor interpretación y discusión de los resultados.

La prueba de hipótesis se realizó mediante la t-student en la que, aunque una de las muestras no posea distribución normal pero la otra sí y la razón de varianza más grande a la más pequeña sea < 2 . Esta resulta adecuada al ser comparadas dos medidas. Además, permitió comparar únicamente las medias entre los dos grupos mostrados en la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación de resultados

Para el desarrollo de los resultados de la presente investigación, se tomó en cuenta cada uno de los objetivos planteados, en ese sentido a continuación se presenta dichos resultados para una mayor profundización de los fundamentos teóricos en el cual se lleva a cabo el estudio.

- **Determinar la cantidad de sales en el agua de riego en el distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.**

Tabla 3.

Análisis de agua de riego en el del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho

Parámetro	Unidad de medida	Resultados
Oxígeno Disuelto	mg/L DO	5.25
Dureza Total	mg/L	32
Alcalinidad total meq/L	meq/L	<0.10
Acidez	meq/L	0.33
Fósforo total	mg/L	<0.01
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	6.45
Demanda Química de oxígeno	mg/LO ₂	175
Nitrogeno total	mg/L	6.16

Nota. Elaboración propia.

Los resultados del distrito de Oyolo en la provincia del Sara Sara, Ayacucho presenta un oxígeno disuelto de 5.25 mg/L y una dureza total de 32 mg/L, de esa forma se evidencia que el OD es suficiente para mantener la salud de las plantas y en lo concerniente a la dureza del agua es adecuado y no debería causar problemas significativos, en lo referente a la alcalinidad presenta un resultado de <0.10 meq/L lo cual es un indicativo que el agua tiene una capacidad limitada para estabilizar el pH.

Por otro lado, en cuanto a la acidez del agua el resultado arrojo 0.33meq/L, mientras que los niveles de fósforo total fueron <0.01 mg/L, ante ello se asume que el recurso hídrico tiene una tendencia baja de acidificación lo cual no afecta de manera directa al suelo, de la misma en lo relacionado a la demanda bioquímica de oxígeno el resultado arrojo 6.45

mg/L; mientras que la demanda química de oxígeno 175 mg/LO₂; Un valor de 6.45 mg/L de DBO₅ sugiere que hay una cantidad moderada de materia orgánica en el agua. Esto es relevante para la calidad del agua, ya que niveles elevados de DBO₅ pueden indicar contaminación orgánica., mientras que la DQO indica que hay una cantidad significativa de contaminantes químicos en el agua, finalmente el nitrógeno con un nivel de 6.16 mg/L sugiere una cantidad moderada de nitrógeno.

➤ **Determinar las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.**

Tabla 4.

Propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

Parámetro	Unidad de medida	LCM	Muestra 1	Muestra 2
Conductividad eléctrica	dS/m	0.10	0.12	0.11
Capacidad de intercambio catiónico.	Meq/100g	0.01	9.90	11.18
Aluminio y/o H Intercambiable, (Al ⁺³ , H ⁺), meq/100g.	Meq/100g	0.01	<0.01	<0.01
Potencial Redox (mV).	mV	0.10	72.90	14.90

En cuanto a la conductividad eléctrica esta permite medir la capacidad del agua o del suelo para conducir la electricidad, permitiendo identificar los niveles de concentración de las sales disueltas, con los resultados obtenidos de 0.12 dS/m y 0.11dS/m; es un indicativo lo cual es generalmente positivo en suelos agrícolas, ya que una baja salinidad suele ser beneficiosa para la mayoría de las plantas. Tomando en consideración la capacidad de intercambio catiónico, los valores reportados (9.90 y 11.18 Meq/100g) sugieren que el suelo tiene una capacidad bastante buena para retener nutrientes. Un mayor valor de CIC suele ser deseable porque indica que el suelo puede proporcionar una cantidad mayor de nutrientes a las plantas.

En lo referente al aluminio y/o hidrógeno intercambiable (Al⁺³, H⁺) (Meq/100g) los resultados son menores al (<0.01 Meq/100g) lo cual es un indicativo que los niveles de aluminio e hidrogeno son bajo, siendo un indicativo que el suelo tiene una baja acidez y

menos riesgo de problemas relacionados con la toxicidad del aluminio, que puede afectar el crecimiento de las plantas. Seguidamente en lo concerniente a el potencial de redox los resultados arrojaron (72.90 mV) y (14.90 mV), el primero es un indicativo de condiciones más oxidativas que el otro resultado, las diferencias significativas entre estos dos resultados podrían reflejar variaciones en el entorno del suelo o en la humedad, lo cual puede influir en la disponibilidad de nutrientes y en la actividad microbiana del suelo.

- **Determinar la diferencia de los resultados del agua de riego del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho; con los estándares de calidad ambiental (ECA).**

Tabla 5.

Análisis de agua de riego en el del distrito de Oyolo provincia del Sara Sara Ayacucho

Parámetro	Unidad de medida	Resultados	ECA
Oxígeno Disuelto	mg/L DO	5.25	4
Dureza Total	mg/L	32	--
Alcalinidad total meq/L	meq/L	<0.10	--
Acidez	meq/L	0.33	7
Fósforo total	mg/L	<0.01	--
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	6.45	15
Demanda Química de oxígeno	mg/L O ₂	175	40
Nitrogeno total	mg/L	6.16	--

En la tabla anterior, **Tabla 5**, se detalla el análisis fisicoquímico del agua de riego del distrito provincia del Sara Sara, Ayacucho, el punto monitoreado se realizó en las siguientes coordenadas: 15°10'59.88"S y 73°11'29.57"O, los resultados de dicho análisis arrojaron lo siguientes datos: oxígeno disuelto 5.25 mg/L, dureza total 32 meq/L, Alcalinidad total <0.10 meq/L, acidez 0.33 meq/L, fósforo total <0.01mg/L, demanda bioquímica de oxígeno 6.45mg/L, demanda química de oxígeno 175mg/L, nitrógeno total 6.16mg/L.

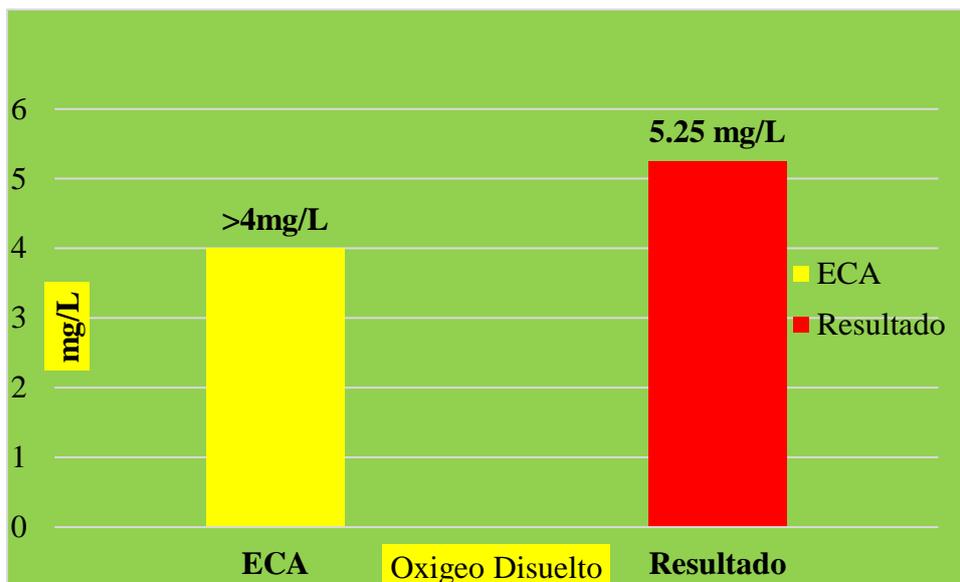


Figura 2. Oxígeno disuelto en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

En la **Figura 2.** se detalla los resultados del oxígeno disuelto realizado a la muestra de agua tomando en las coordenadas 15°10'59.88"S y 73°11'29.57"O, de esa manera se observa que este parámetro excede los estándares de calidad ambiental (ECA) con un resultado 5.25mg/L mayor a ≥ 4 mg/L; lo cual es un indicativo de que el entorno acuático sea sano y estable, ya que permite mantener diversidad de organismos ya que el ecosistema tiene una capacidad adecuada para mantener la vida acuática en equilibrio.

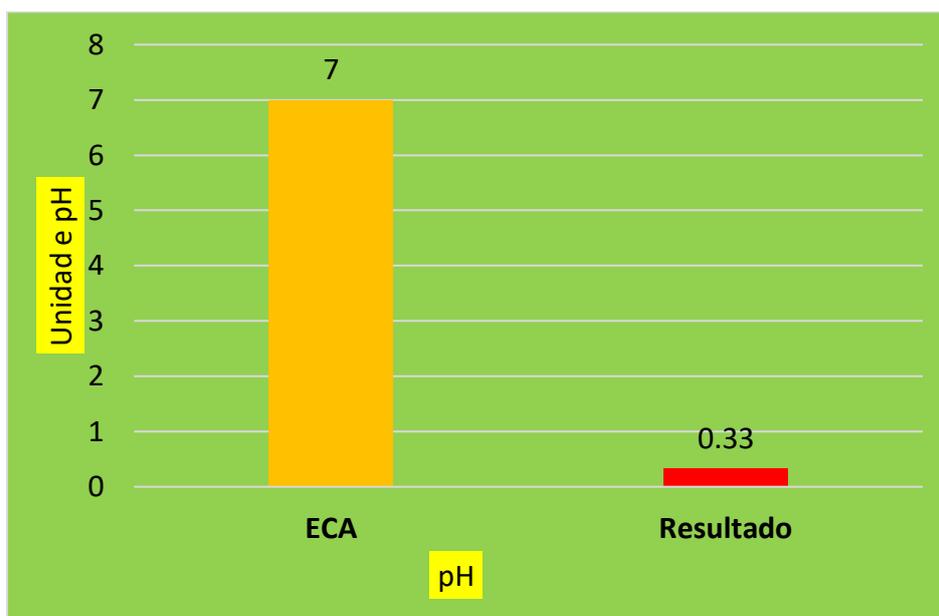


Figura 3. pH en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

En la **Figura 3**, se detalla los resultados del pH realizado a la muestra de agua tomando en las coordenadas 15°10'59.88"S y 73°11'29.57"O, de esa manera se observa que este parámetro es menor a lo establecido en los estándares de calidad ambiental (ECA) con un resultado 0.33, mientras que en la norma los niveles de pH oscilan en niveles de 7, a partir de ello se determina que el agua es extremadamente ácida. Este nivel de acidez puede dañar las raíces de las plantas, interferir con la absorción de nutrientes esenciales, y potencialmente liberar metales tóxicos en el suelo, además, la alta acidez puede corroer los sistemas de riego y alterar la estructura del suelo, lo que afectaría negativamente la salud de las plantas y la eficiencia del riego.

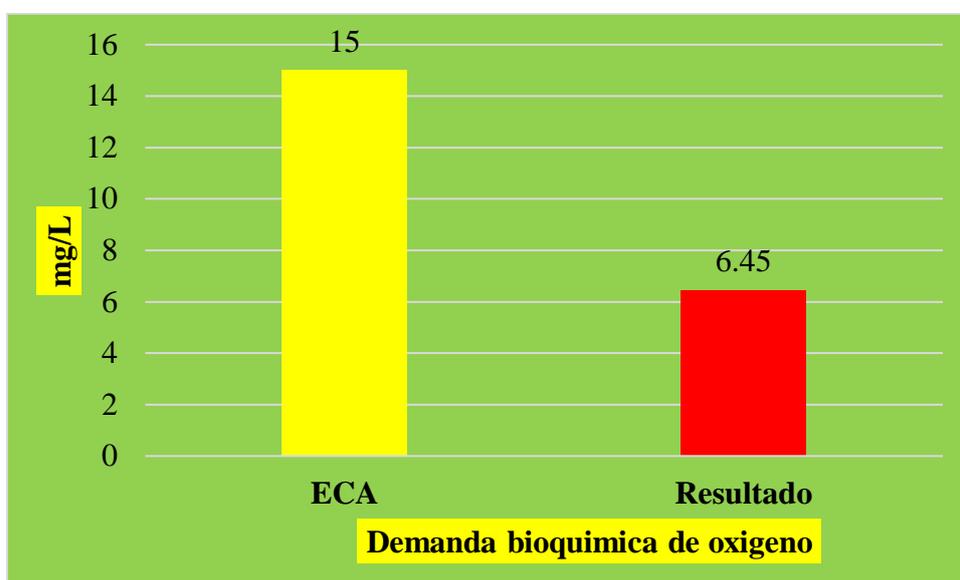


Figura 4. Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

En la **Figura 4**, se detalla los resultados de la demanda bioquímica de oxígeno realizado a la muestra de agua tomando en las coordenadas 15°10'59.88"S y 73°11'29.57"O, de esa manera se observa que este parámetro es menor a lo establecido en los estándares de calidad ambiental (ECA) con un resultado 6.44 mg/L, mientras que en la norma los niveles de demanda bioquímica de oxígeno oscilan en un nivel de 15 mg/L. Esto indica que el agua tiene una carga orgánica baja. Un valor de DBO₅ bajo sugiere que hay menos materia orgánica en el agua, lo cual es generalmente positivo, ya que implica que el agua es menos contaminada y que el proceso de descomposición de materia orgánica no está ejerciendo una presión significativa sobre los niveles de oxígeno disuelto. Esto puede ser una indicación de que el entorno acuático es relativamente saludable y que la calidad del

agua en términos de contaminación orgánica es adecuada según los estándares establecidos.

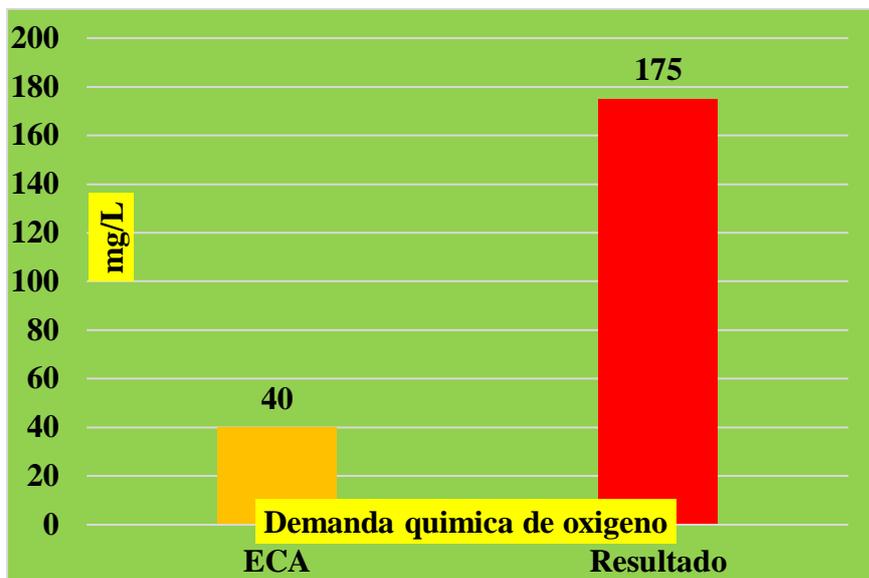


Figura 5. Demanda bioquímica de oxígeno en comparación con el ECA Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM

En la **Figura 5.** se detalla los resultados de la demanda química de oxígeno realizado a la muestra de agua tomando en las coordenadas $15^{\circ}10'59.88''S$ y $73^{\circ}11'29.57''O$, de esa manera se observa que el resultado es mayor a lo establecido en los estándares de calidad ambiental (ECA) arrojando un dato de 175mg/L , mientras que en la norma los niveles de demanda química de oxígeno oscilan en un nivel de 40 mg/L . Un valor de DBO tan alto sugiere una considerable contaminación del agua, que puede a la presencia de grandes cantidades de materia orgánica e inorgánica. Esta alta carga de contaminantes puede llevar a una reducción de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, afectando negativamente la vida acuática y la salud del ecosistema. Por lo tanto, la muestra de agua presenta una contaminación significativa según los estándares, y es necesario tomar medidas para tratar el agua y reducir la carga de contaminantes para proteger la calidad del agua y el entorno acuático.

4.2. Prueba de hipótesis

H_1 : Las propiedades químicas del suelo se ven influenciadas por la calidad del agua de riego en del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

H_0 : Las propiedades químicas del suelo no se ven influenciadas por la calidad del agua de riego en del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho – 2024.

Con los resultados obtenidos en las propiedades químicas del suelo, con la prueba de t-student. Se demuestra que, no existe una relación directa entre las dos variables analizadas.

Tabla 6.

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Muestra 1	20.7325	4	35.08603	17.54301
	Muestra 2	6.5500	4	7.64645	3.82323

Tabla 7.

Correlaciones de muestras relacionadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Muestra 1 y Muestra 2	4	.812	.188

Tabla 8.

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 Muestra 1 - Muestra 2	14.18250	29.21795	14.60897	-32.30977	60.67477	.971	3	.403

Dado que el p-valor es 0,403, siendo mayor que 0,05, no se rechaza la hipótesis nula. Esto demuestra que no hay diferencias significativas entre la Muestra 1 y Muestra 2. Además, el intervalo de confianza también incluye cero, lo que afirma que no existe una diferencia significativa entre las muestras comparadas.

4.3. Discusión de resultados

El agua de riego es fundamental para el desarrollo agrícola desde tiempos inmemoriales, ha sido un elemento esencial para la supervivencia y el desarrollo de la humanidad [37]. Entre los múltiples usos que tiene el agua, uno de los más significativos es su empleo en

el riego de cultivos agrícolas y en la horticultura, lo que constituye la base de la seguridad alimentaria y el sustento económico para millones de personas en todo el mundo, de esa manera una buena disponibilidad de agua genera un mejor desarrollo agrícola en el del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho.

En cuanto a los resultados del estudio se encontró que el oxígeno disuelto fue de 5.25 mg/L y una dureza total de 32 mg/L, de esa forma se evidencia que el OD es suficiente para mantener la salud de las plantas y en lo concerniente a la dureza del agua es adecuado y no debería causar problemas significativos, en lo referente a la alcalinidad presenta un resultado de <0.10 meq/L lo cual es un indicativo que el agua tiene una capacidad limitada para estabilizar el pH. De la misma manera en los aportes de Puy et al. [4] afirmó que el agua de riego es proporcionar la cantidad adecuada de humedad al suelo para el crecimiento saludable de las plantas, ya que el agua es esencial para la fotosíntesis, el transporte de nutrientes y otros procesos vitales de las plantas.

Por otro lado, se analizó la acidez del agua y se obtuvo un resultado de 0.33 meq/L. Los niveles de fósforo total fueron inferiores a 0.01 mg/L. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) fue de 6.45 mg/L, mientras que la demanda química de oxígeno (DQO) alcanzó los 175 mg/L. Finalmente, el nivel de nitrógeno fue de 6.16 mg/L, los resultados obtenidos sugiere que el agua tiene una cierta orgánica que requiere vigilancia para mejorar la calidad del recurso hídrico por lo tanto es importante monitorear de manera progresiva y determinar si el agua es apta para el riego agrícola.

De acuerdo a las propiedades químicas del suelo los resultados arrojaron 0.12 dS/m y 0.11dS/m en lo relacionado a el intercambio catiónico se reportaron resultados de (9.90 y 11.18 Meq/100g), en el mismo ámbito el aluminio y/o hidrógeno intercambiable (Al^{+3} , H^+) (Meq/100g) los resultados fueron menores al <0.01 , finalmente el potencial redox fue (72.90 mV) y (14.90 mV), esta idea se asemeja con los aportes de Solly et al. [55] donde afirma que, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es otra propiedad química importante del suelo que influye en su fertilidad. La CIC se refiere a la capacidad del suelo para retener y liberar iones nutrientes, como calcio, magnesio, potasio y otros cationes.

De la misma manera Shehza [28] analizó la calidad de agua de riego y encontró que esta presentaba una mineralización y composición adecuada, con un índice de relación crítica (CRR) dentro del rango de 5.0-28, lo que indica su idoneidad para mitigar el proceso de

salinización. Además, que el suelo se encuentra dentro de parámetros aceptables, lo que sugiere condiciones favorables para el crecimiento de los cultivos y la mitigación del proceso de salinización, de esa manera se afirma que el agua utilizada por el investigador presentaba buenas condiciones para ser utilizada dentro de los cultivos agrícolas

CONCLUSIONES

1. En cuanto a el análisis de agua de riego los resultados arrojaron oxígeno disuelto fue 5.25 mg/L una dureza total de 32 mg/L, la alcalinidad presento un resultado de <0.10 meq/L. Por otro lado, en cuanto a la acidez arrojó 0.33meq/L, mientras que los niveles de fosforo total fueron <0.01 mg/L; de la misma manera en lo relacionado a la demanda bioquímica de oxígeno el resultado arrojó 6.45 mg/L; mientras que la demanda química de oxígeno fue 175 mg/LO₂; finalmente el nitrógeno fue de 6.16 mg/L sugiere una cantidad moderada de nitrógeno.
2. De acuerdo a las propiedades químicas del suelo del distrito de Oyolo, provincia del Sara Sara, Ayacucho los resultados fueron conductividad eléctrica 0.12 dS/m y 0.11dS/m; la capacidad de intercambio catiónico, los valores reportados fueron 9.90 Meq/100g y 11.18 Meq/100g), en lo referente a el aluminio y/o hidrógeno intercambiable (Al^{+3} , H^{+}) (Meq/100g) los resultados son menores al (<0.01 Meq/100g), finalmente el potencial redox resultados arrojó 72.90 mV y 14.90 mV.
3. En cuanto a el oxígeno disuelto excede los estándares de calidad ambiental (ECA) con un resultado 5.25mg/L mayor a ≥ 4 mg/L el pH arrojó 0.33 mientras que el (ECA) fue 7, en cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno se observa que este parámetro es menor a lo establecido en el (ECA) con un resultado 6.44 mg/L, mientras que en la norma los niveles de demanda bioquímica de oxígeno oscila en un nivel de 15 mg/L, de la misma manera la demanda química de oxígeno se observa que el resultado es mayor a lo establecido en los estándares de calidad ambiental (ECA) arrojando un dato de 175mg/L, mientras que en la norma los niveles de demanda química de oxígeno oscila en un nivel de 40 mg/L.

RECOMENDACIONES

1. Con base a los resultados encontrados se recomienda realizar un monitoreo continuo a el agua de riego con el objetivo de tener conocimiento si el agua que se va a utilizar para los cultivos agrícolas cumple con las condiciones para ser utilizada en un sistema de regadío, caso contrario establecer medidas para mejorar la calidad del agua y de esa manera optimizar los rendimientos agrícolas.
2. En cuanto a el suelo se recomienda realizar un monitoreo antes de establecer un determinado cultivo agrícola, con el objetivo de conocer si esta no excede los niveles de salinidad y a partir de ello tener certeza si se establecerá de forma segura un cultivo agrícola, por lo tanto, se sugiere realizar un monitoreo continuo para no poner en riesgo el cultivo.
3. En cuanto a los resultados de los parámetros se recomienda que los análisis obtenidos se comparen con alguna normativa en este caso se sugiere que se establezca un sistema comparativo con los estándares de calidad ambiental (ECA), es por ello de suma importancia tener un buen conocimiento sobre la normativa para asegurar que el agua no afecte a los cultivos agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VELÁZQUEZ, L., I. *et al.* Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 2023, **25**(1), 1–13. ISSN 2395-8723, 1405-888X.
2. GARCÍA, M. *et al.* Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo. *Terra Latinoamericana* [online]. 2020, **38**(4), 907–916. ISSN 0187-5779. Disponible en: doi:10.28940/terra.v38i4.556
3. MARTÍNEZ, O. *et al.* Calidad del agua para uso agrícola del río San Pedro, Nayarit. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [online]. 2020, **11**(3), 619–633. ISSN 2007-0934. Disponible en: doi:10.29312/remexca.v11i3.2083
4. PUY, A. *et al.* Irrigated areas drive irrigation water withdrawals. *Nature Communications* [online]. 2021, **12**(1), 4525 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2041-1723. Disponible en: doi:10.1038/s41467-021-24508-8
5. VANHAM, D. *et al.* The number of people exposed to water stress in relation to how much water is reserved for the environment: a global modelling study. *The Lancet Planetary Health* [online]. 2021, **5**(11), e766–e774 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2542-5196. Disponible en: doi:10.1016/S2542-5196(21)00234-5
6. UNGUREANU, N., VLĂDUȚ V. and VOICU G. Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation. *Sustainability* [online]. 2020, **12**(21), 9055 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2071-1050. Disponible en: doi:10.3390/su12219055
7. EBO YAHANS, E., AMANIN, P. and ANTWI K. Irrigation water quality in *Ghana* and associated implications on vegetables and public health. A systematic review. *Journal of Hydrology* [online]. 2022, **604**, 127211 [vid. 2024-05-11]. ISSN 0022-1694. Disponible en: doi:10.1016/j.jhydrol.2021.127211
8. LÓPEZ, B. *et al.* Contribution of Irrigation Ponds to the Sustainability of Agriculture. A Review of Worldwide Research. *Sustainability* [online]. 2020, **12**(13), 5425 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2071-1050. Disponible en: doi:10.3390/su12135425
9. SIDHU, R. *et al.* Chapter Five - Automation in drip irrigation for enhancing water use efficiency in cereal systems of South Asia: Status and prospects. In: Donald L. SPARKS, ed. *Advances in Agronomy* [online]. B.m.: Academic Press, 2021 [vid. 2024-05-11], s. 247–300. Disponible en: doi:10.1016/bs.agron.2021.01.002
10. ABI SAAB, M. *et al.* Are Fresh Water and Reclaimed Water Safe for Vegetable Irrigation? Empirical Evidence from Lebanon. *Water* [online]. 2022, **14**(9), 1437 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2073-4441. Disponible en: doi:10.3390/w14091437
11. CHOJNACKA, K. *et al.* A transition from conventional irrigation to fertigation with reclaimed wastewater: Prospects and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. 2020, **130**, 109959 [vid. 2024-05-11]. ISSN 1364-0321. Disponible en: doi:10.1016/j.rser.2020.109959
12. KETCHUM, D. *et al.* IrrMapper: A Machine Learning Approach for High Resolution Mapping of Irrigated Agriculture Across the Western U.S. *Remote Sensing* [online]. 2020,

- 12(14), 2328 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2072-4292. Disponible en: doi:10.3390/rs12142328**
13. OCHOA, C. *et al.* A. The Use of Water in Agriculture in Mexico and Its Sustainable Management: A Bibliometric Review. *Agronomy* [online]. 2020, **10(12)**, 1957 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2073-4395. Disponible en: doi:10.3390/agronomy10121957
 14. RODRÍGUEZ, C. *et al.* Water Context in Latin America and the Caribbean: Distribution, Regulations and Prospects for Water Reuse and Reclamation. *Water* [online]. 2022, **14(21)**, 3589 [vid. 2024-05-11]. ISSN 2073-4441. Disponible en: doi:10.3390/w14213589
 15. RODRÍGUEZ, S. *et al.* Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS). *Revista Politécnica* [online]. 2022, **49(2)**, 55–64. ISSN 2477-8990. Disponible en: doi:10.33333/rp.vol49n2.06
 16. CARRILLO, C. *et al.* Calidad del agua para riego agrícola en la región del acuífero Calera en Zacatecas, México. *Tecnología y ciencias del agua* [online]. 2021, **12(2)**, 01–58. ISSN 2007-2422. Disponible en: doi:10.24850/j-tyca-2021-02-01
 17. GUEVARA, S. *et al.* Development of a Pilot Smart Irrigation System for Peruvian Highlands. *Journal of Contemporary Water Research & Education* [online]. 2020, **171(1)**, 49–62 [vid. 2024-05-13]. ISSN 1936-704X. Disponible en: doi:10.1111/j.1936-704X.2020.3344.x
 18. BARRIGA, C. *et al.* Calidad de aguas superficiales y subterráneas en la zona de influencia de una cantera de yeso en el Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [online]. 2022, **88(2)**, 101–116. ISSN 1810-634X. Disponible en: doi:10.37761/rsqp.v88i2.383
 19. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Planes Estratégicos Regionales Agrarios* [online]. 2020 [vid. 2024-05-13]. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/plan-reg-agrario>
 20. CARHUARICRA, M. *Evaluación de la calidad de agua como parte del control y protección ambiental de la U.E.A. Breapampa – Provincia de Parinacochas – Ayacucho – 2021* [online]. B.m., 2024 [vid. 2024-12-04]. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3985>
 21. BEDOYA, V. Tipos de justificación en la investigación científica. *Espí-ritu Emprendedor TES* [online]. 2020, **4(3)**, 65–76 [vid. 2024-05-13]. ISSN 2602-8093. Disponible en: doi:10.33970/eetes.v4.n3.2020.207
 22. LÓPEZ, M. *et al.* La Importancia de los Sistemas de Riego para el Uso Eficiente del Agua en la Agricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [online]. 2024, **8(4)**, 3507–3525. ISSN 2707-2215. Disponible en: doi:10.37811/cl_rcm.v8i4.12587
 23. PERÉZ, César. *Estimulación eléctrica para el incremento en la germinación y crecimiento de cucumis sativus en suelo antrosol empleando electrodos modificados con óxidos de metales de transición* [online]. 20. červenec 2021 [vid. 2024-05-13]. Disponible en: <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/442>

24. ZÁRATE, W. *et al.* Propiedades químicas del suelo y calidad del agua en Miahuatlán de Porfirio Díaz y Ejutla de Crespo, Oaxaca, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* [online]. 2024, **11**(1) [vid. 2024-05-13]. ISSN 2007-901X. Disponible en: doi:10.19136/era.a11n1.3948
25. CAMACHO, A. *et al.* Hidroquímica y calidad del agua para riego de las RH 21 y 23 costa de Oaxaca y costa de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana* [online]. 2023, **41** [vid. 2024-05-13]. ISSN 0187-5779. Disponible en: doi:10.28940/terra.v41i0.1600
26. ZAYAS, E. *et al.* Los hidrocontenedores y su influencia en las propiedades microfísicas del suelo. *Revista Ingeniería Agrícola* [online]. 2023, **13**(3) [vid. 2024-05-13]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586275623002/html/>
27. LEAL, A. *et al.* Análisis multivariado de suelos irrigados con aguas residuales de la acuicultura. *Agronomía Mesoamericana* [online]. 2023, **34**(1) [vid. 2024-05-13]. ISSN 1659-1321. Disponible en: doi:10.15517/am.v34i1.50028
28. SHEHZAD, I. *Efecto del riego con agua salina sobre las propiedades químicas y el estado de fertilidad del suelo* [online]. [vid. 2024-05-13]. Disponible en: <https://researcherslinks.com/current-issues/Effect-of-Saline-Water-Irrigation-on-Chemical-Properties-and-Fertility-Status-of-Soil/24/1/3141>
29. TURDALIEV, A. *et al.* Influence of irrigation with salty water on the composition of absorbed bases of hydromorphic structure of soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2022, **1068**(1), 012047 [vid. 2024-05-13]. ISSN 1755-1315. Disponible en: doi:10.1088/1755-1315/1068/1/012047
30. GARCÍA, M. *et al.* Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo. *Terra Latinoamericana* [online]. 2020, **38**(4), 907–916 [vid. 2024-05-13]. ISSN 0187-5779. Disponible en: doi:10.28940/terra.v38i4.556
31. SALAZAR, L. *Análisis de la calidad de agua del río Jerusalén afluente del río Pedro Carbo-Guayas para uso agrícola* [online]. B.m., 2020. Tesis de Pregrado. Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SALAZAR%20HOLGUIN%20LUIS%20FAUTINIANO.pdf>
32. QUISPECURO, J., ANGEL. D., y CRUZ, M. Importancia de la caracterización química del suelo de las áreas verdes mediante estadístico univariante y análisis de correlación de Spearman en la Universidad Peruana Unión. *Anales Científicos* [online]. 2021, **82**(2), 188–197 [vid. 2024-05-13]. ISSN 2519-7398. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8213051>
33. PANAIPO, C., ÑIQUE, M. y LEVANO, J. Calidad y uso sustentable del suelo en el Valle del Monzón, Huánuco – Perú. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica* [online]. 2021, **3**(5), 9–24 [vid. 2024-05-13]. ISSN 2711-0494. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8693278>
34. HUIZA, M. Diagnóstico de las propiedades físicas y químicas del suelo con fines de aptitud de sitio para la producción de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en dos entisols de Pucallpa, Perú. *Universidad Nacional de Ucayali* [online]. 2020 [vid. 2024-05-13]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4755>

35. MUÑOZ, U. y RUIZ, Y. *Determinación de la calidad del agua del río Chinchipe en el centro poblado puerto Chinchipe, Cajamarca, Perú-2020* [online]. B.m., 2023 [vid. 2024-12-05]. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de Jaén. Disponible en: <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/507>
36. ATAÑO, R. *Caracterización de los suelos y gestión del agua para una agricultura sostenible en los andenes de Andamarca, Lucanas, Ayacucho, 2023* [online]. B.m., 2024 [vid. 2024-12-05]. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6494>
37. FOSTER, T., MIENO, T. and BROZOVIĆ, N. Satellite-Based Monitoring of Irrigation Water Use: Assessing Measurement Errors and Their Implications for Agricultural Water Management Policy. *Water Resources Research* [online]. 2020, **56**(11), e2020WR028378. ISSN 0043-1397, 1944-7973. Disponible en: [doi:10.1029/2020WR028378](https://doi.org/10.1029/2020WR028378)
38. LI, M. *et al.* Efficient irrigation water allocation and its impact on agricultural sustainability and water scarcity under uncertainty. *Journal of Hydrology* [online]. 2020, **586**, 124888. ISSN 00221694. Disponible en: [doi:10.1016/j.jhydrol.2020.124888](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124888)
39. GONG, X. *et al.* Optimization allocation of irrigation water resources based on crop water requirement under considering effective precipitation and uncertainty. *Agricultural Water Management* [online]. 2020, **239**, 106264. ISSN 03783774. Disponible en: [doi:10.1016/j.agwat.2020.106264](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106264)
40. SIMONS, G. *et al.* A novel method to quantify consumed fractions and non-consumptive use of irrigation water: Application to the Indus Basin Irrigation System of Pakistan. *Agricultural Water Management* [online]. 2020, **236**, 106174. ISSN 03783774. Disponible en: [doi:10.1016/j.agwat.2020.106174](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106174)
41. ESHETE, D., SINSHAW, B. and LEGESE, k. Critical review on improving irrigation water use efficiency: Advances, challenges, and opportunities in the Ethiopia context. *Water-Energy Nexus* [online]. 2020, **3**, 143–154. ISSN 25889125. Disponible en: [doi:10.1016/j.wen.2020.09.001](https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.09.001)
42. BORSATO, E. *et al.* Weak and Strong Sustainability of Irrigation: A Framework for Irrigation Practices Under Limited Water Availability. *Frontiers in Sustainable Food Systems* [online]. 2020, **4**, 17. ISSN 2571-581X. Disponible en: [doi:10.3389/fsufs.2020.00017](https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00017)
43. SALMAN, S. *et al.* Changes in Climatic Water Availability and Crop Water Demand for Iraq Region. *Sustainability* [online]. 2020, **12**(8), 3437. ISSN 2071-1050. Disponible en: [doi:10.3390/su12083437](https://doi.org/10.3390/su12083437)
44. HUANG, Z., YUAN, X. and LIU, X. The key drivers for the changes in global water scarcity: Water withdrawal versus water availability. *Journal of Hydrology* [online]. 2021, **601**, 126658. ISSN 00221694. Disponible en: [doi:10.1016/j.jhydrol.2021.126658](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126658)
45. IMRON, F a MURTININGRUM, A. Optimization of irrigation water allocation by using linear programming: case study on Belitang irrigation system. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2021, **653**(1), 012023. ISSN 1755-1307, 1755-1315. Disponible en: [doi:10.1088/1755-1315/653/1/012023](https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012023)

46. CHHABRA, R. Irrigation Water: Quality Criteria. In: Ranbir CHHABRA *Salt-affected Soils and Marginal Waters* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2021, s. 431–486. ISBN 978-3-030-78434-8. Disponible en: doi:10.1007/978-3-030-78435-5_8
47. DUNÁN, P. *et al.* Evaluación preliminar de la calidad de las aguas del río Yamanigüey para el riego agrícola. *Minería y Geología*. 2022, **38**(1), 83–98. ISSN 1993-8012.
48. ALTAMIRANO, R. y TERREROS, R. Metodología para determinar la calidad de agua del río Rímac para uso en amasado y curado de concreto. *Ingeniería Industrial* [online]. 2018, (36), 123–135. ISSN 10259929, 25236326. Disponible en: doi:10.26439/ing.ind2018.n036.2451
49. GRODSKY, S. and HERNANDEZ, R. Reduced ecosystem services of desert plants from ground-mounted solar energy development. *Nature Sustainability* [online]. 2020, **3**(12), 1036–1043. ISSN 2398-9629. Disponible en: doi:10.1038/s41893-020-0574-x
50. ABAD, J. *et al.* Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *OENO One* [online]. 2021, **55**(1), 295–312. ISSN 2494-1271. Disponible en: doi:10.20870/oenone.2021.55.1.3599
51. ADETUNJI, A., *et al.* Management impact and benefit of cover crops on soil quality: A review. *Soil and Tillage Research* [online]. 2020, **204**, 104717. ISSN 01671987. Disponible en: doi:10.1016/j.still.2020.104717
52. VASU, D. *et al.* Soil Quality for Sustainable Agriculture. In: Ram Swaroop MEENA, ed. *Nutrient Dynamics for Sustainable Crop Production* [online]. Singapore: Springer Singapore, 2020, s. 41–66. ISBN 9789811386596. Disponible en: doi:10.1007/978-981-13-8660-2_2
53. PAN, X. *et al.* Effects of soil chemical properties and fractions of Pb, Cd, and Zn on bacterial and fungal communities. *Science of The Total Environment* [online]. 2020, **715**, 136904. ISSN 00489697. Disponible en: doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136904
54. ADEKIYA, A. *et al.* Different organic manure sources and NPK fertilizer on soil chemical properties, growth, yield and quality of okra. *Scientific Reports* [online]. 2020, **10**(1), 16083. ISSN 2045-2322. Disponible en: doi:10.1038/s41598-020-73291-x
55. SOLLY, E. *et al.* A Critical Evaluation of the Relationship Between the Effective Cation Exchange Capacity and Soil Organic Carbon Content in Swiss Forest Soils. *Frontiers in Forests and Global Change* [online]. 2020, **3**, 98. ISSN 2624-893X. Disponible en: doi:10.3389/ffgc.2020.00098
56. MARSCHNER, P. and RENGEL, Z. Nutrient availability in soils. In: *Marschner's Mineral Nutrition of Plants* [online]. B.m.: Elsevier, 2023, s. 499–522. ISBN 978-0-12-819773-8. Disponible en: doi:10.1016/B978-0-12-819773-8.00003-4
57. YIN, L., *et al.* Irrigation water consumption of irrigated cropland and its dominant factor in China from 1982 to 2015. *Advances in Water Resources* [online]. 2020, **143**, 103661. ISSN 03091708. Disponible en: doi:10.1016/j.advwatres.2020.103661
58. LAVALLEE, J., SOONG, J. and COTRUFO, F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century.

- Global Change Biology* [online]. 2020, **26**(1), 261–273. ISSN 1354-1013, 1365-2486. Disponible en: doi:10.1111/gcb.14859
59. AGNEW, H. and ALVIAR, M. Propiedades Físicas y Químicas. In: [online]. 2022. Disponible en: [https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductoria%2C_Conceptual_y_GOB/Mapa%3A_Qu%C3%ADmica_Introductoria_\(Corwin\)/04%3A_Materia_y_Energ%C3%ADa/4.08%3A_Propiedades_F%C3%ADsicas_y_Qu%C3%ADmicas](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductoria%2C_Conceptual_y_GOB/Mapa%3A_Qu%C3%ADmica_Introductoria_(Corwin)/04%3A_Materia_y_Energ%C3%ADa/4.08%3A_Propiedades_F%C3%ADsicas_y_Qu%C3%ADmicas)
60. CANALES, M., PAUCAR, W. y JUIPA, N. Método de investigación para ingenierías basado en la metodología de la investigación científica. *RevIA* [online]. 2020, **7**(4), 5–9 [vid. 2024-05-23]. ISSN 2224-445X. Disponible en: <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/172>
61. ZÚÑIGA, P. *et al.* Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar* [online]. 2023, **7**(4), 9723–9762 [vid. 2024-05-22]. ISSN 2707-2215. Disponible en: doi:10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
62. ARIAS, J. y COVINOS, M. *Diseño y metodología de la investigación*. [online] 2021. ISBN:978-612-48444-2-3: Disponible en: www.tesisconjosearias.com
63. HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C. *Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta* [online]. B.m.: Mc Graw Hill educación, 2018 [vid. 2024-05-22]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
64. CONDORI, P. *Veintitrés, Desafío Ecuador*. (2020) - Otros. *Studenta* [online]. 13. červen 2023 [vid. 2024-05-22]. Disponible en: <https://es.studenta.com/content/123424744/condori-ojeda-porfirio-2020>
65. URRÉA, H. *at el. Metodología de la investigación*. *ACVENISPROH Académico* [online]. 2022 [vid. 2024-05-22]. ISSN 1690-8120. Disponible en: doi:10.47606/ACVEN/ACLIB0017

Anexo 2. Etiqueta para muestra de agua

Solicitante:				
Nombre del laboratorio:				
Código punto de monitoreo:				
Tipo de cuerpo de agua:				
Fecha de muestreo:		Hora		
Muestreado por:				
Parámetro requerido:				
Preservada:		SI	NO	Tipo de reactivo

Slab CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ SUELOS Y TEJIDOS BIOLÓGICOS FR-098-07

Datos del cliente:
 Residencia / Nombre: **Jesus Kevin Aranc Sorosi** RUC ODM: **70816173** Correo: **COT-132490-9124 V01** Pág. **1** de **1**
 Persona de Contacto: **Jesus Kevin Aranc Sorosi** Correo: **Sorosi.Jesus@gmail.com** Celular: **979561540** Código de Cadena de custodia: **RM-24-1802 al 1803**
 Dirección: **Barrio Coollana - Oyoto, Páucar del Sara Sara, Ayacucho.** N° de Informe: **IE-2024-1802 al 1803**
 Nombre del Proyecto: **---** Lugar de muestreo: **Distrito Oyoto, Páucar del Sara Sara, Ayacucho**

Matriz: Suelos Tejidos biológicos

Item	Punto de muestreo s/o descripción de la muestra	Código de laboratorio	Fecha y Hora de Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frasco	Determinante				Temperatura (°C)	Observaciones
							Grupo	Sub-grupo	Coordenadas (UTM)	V		
1	01-Muestra 1	S-3449	*24-07-24 11:18	S Suelo	*693966 8320363	- - 2	✓	✓	✓	✓		
2	02-muestra 2	S-3450	*24-07-24 12:00.	S Suelo	*694056 8320419	- - 2	✓	✓	✓	✓		
3												
4												
5												
6												
7												
8												

Clasificación de Suelo		Clasificación de Tejido Biológico	
GRUPO	SUB-GRUPO	GRUPO	SUB-GRUPO
S	Suelo	TA	Animal
	Lodo		Vegetal
	Sedimento		Hoja

Muestreado por:	Cliente:
<input type="checkbox"/> SLAS / <input checked="" type="checkbox"/> CLIENTE	
Nombre y Apellido: Jesus Kevin Aranc Sorosi	
Fecha: 24-07-24	
Firma: <i>[Firma]</i>	

Sistema de Servicios y Analisis Quimicos
SLABPERU

Sello de recepción de muestra:
31 JUL. 2024

INGRESO CONFORME

Recepcionado por: *[Firma]*
Fecha / Hora: **19:00**
Firma: *[Firma]*

Condiciones en que se recibieron las muestras	
<input type="checkbox"/> Refrigeradas	<input type="checkbox"/> Preservadas
<input checked="" type="checkbox"/> Dentro del tiempo de conservación	Temperatura (°C): ---
<input type="checkbox"/> Muestras observadas	Momento de muestreo observado: ---
Observaciones y comentarios: ---	

VSD
 Fecha de Aprobación
 2024-06-11

Documento Controlado, prohibida su reproducción parcial o total
 sin autorización de Slab.

Anexo 4. Evidencias fotográficas

PUNTO 1 SUELO



PUNTO 2 SUELO



PUNTO 1 AGUA

