



Efecto del Agua de Regadío sobre la Salinidad de los Suelos Agrícolas en el Distrito de Pisac, Cusco 2023

Effect of Irrigation Water on the Salinity of Agricultural Soils in the District of Pisac, Cusco 2023

Citación: Rojas Manotupa, E. R., & Tomaylla Cruz, C. (2025). Efecto del Agua de Regadío sobre la Salinidad de los Suelos Agrícolas en el Distrito de Pisac, Cusco 2023. Q'EUÑA, 16(1), 26-34.

<https://doi.org/10.51343/rq.v16i1.1790>

Recibido: 15-04-2025
Aceptado: 22-05-2025
Publicado: 27-05-2025



Copyright: © 2025. Este es un artículo de acceso abierto revisado por pares y publicado por la Revista Q'EUÑA de la Sociedad Botánica del Cusco y la UNSAAC (<http://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/RQ>) y distribuido bajo los términos de la licencia de atribución [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), que permite el uso, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se acredite el autor y la fuente originales.

Declaración de disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento y sus archivos de información de respaldo.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Autor Corresponsal:

Ciro Tomaylla Cruz
ciro.tomaylla@unsaac.edu.pe

Erick Ronaldo Rojas Manotupa¹,,
Ciro Tomaylla Cruz¹

¹Escuela Profesional de Química, Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Avenida de la Cultura 733 Cusco, Perú.

Resumen

El distrito de Pisac, ubicado en la región del Cusco, cuenta con amplias extensiones de terreno dedicadas a actividades agrícolas, favorecidas por su clima. Sin embargo, estas zonas no cuentan con estudios previos relacionados con la salinidad de los suelos. Una problemática detectada es la posible disminución en la calidad de los productos agrícolas, atribuida a la salinización del suelo, fenómeno que los agricultores han asociado con deficiencias en el desarrollo de sus cultivos. En este contexto, se evaluaron las características fisicoquímicas, la salinidad, la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) y el Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI) tanto del agua de riego como de los suelos agrícolas, durante las temporadas de secas y de lluvias. Los resultados indicaron una baja salinidad y contenido de sodio en los suelos en ambos periodos, con valores de conductividad eléctrica (CE) entre 0.419 y 2.140 dS/m, pH de 7.2 a 7.9, y PSI de 0.57 a 1.47 %. No obstante, los suelos mostraron baja fertilidad, escasa capacidad de retención de agua y una alcalinidad elevada. El agua de riego presentó una CE entre 285 y 486 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y RAS entre 0.36 y 0.65 meq/L, clasificándose como C2S1, lo que indica un riesgo moderado de salinidad y bajo riesgo de sodicidad, especialmente relevante durante la estación seca, donde podría afectar negativamente al cultivo de maíz. De acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), el agua se clasifica como apta para riego. Se concluye que los problemas observados en los cultivos no se deben directamente a la salinidad del suelo o del agua de riego, sino más bien a otros factores, como un manejo inadecuado del recurso hídrico, la baja fertilidad del suelo y su ligera alcalinidad.

Palabras clave: Salinidad, Suelo Agrícola, RAS, Conductividad Eléctrica, PSI.

Abstract

The district of Pisac in the Cusco region, due to its climate, has vast expanses dedicated to agricultural activities, which do not have studies regarding the salinity of its agricultural soils. One issue is that the quality of their agricultural products may be due to soil salinization, where farmers have observed

problems in the development of their crops. The physicochemical characteristics, salinity, RAS, and PSI of the irrigation water and agricultural soils have been evaluated during the dry and rainy periods. The soils have shown low salinity and sodium in both periods, ranging for EC from 0.419 to 2.140 dS/m, pH from 7.2 to 7.9, and PSI from 0.57 to 1.47%. Likewise, the soils have shown low fertility, low water retention, and high alkalinity. The irrigation water has shown an EC of 285 to 486 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and an SAR of 0.36 to 0.65 meq/L, being classified as C2S1, which would affect the corn crops grown in the district of Pisac, with a greater impact during the dry period; and according to the ECA, it is classified as water of quality for irrigation. It has been concluded that the reported problems are being caused by other factors such as inadequate water management, as well as low fertility and slight alkalinity that agricultural soils have shown.

Key words: Salinity, Agricultural Soil, RAS, Electrical Conductivity, PSI.

Introducción

En la agricultura, la salinidad es una problemática que ha persistido en los suelos hasta la actualidad, aumentando año tras año en zonas secas y semisecas del mundo, debido a la escasez de lluvias, el inadecuado manejo del agua de riego y los fertilizantes (Rueda, 2019). El estrés salino genera modificaciones fisiológicas y bioquímicas en el metabolismo de las plantas, debido a que genera una degradación del suelo, como la disminución de infiltración de agua y aire hacia las raíces. Además, la salinidad trae consigo otras problemáticas como el estrés osmótico, restringiendo la entrada de agua y nutrientes para la raíz. Estos problemas generados por un exceso de sales dependerán de su concentración y constituyentes que presente. Un contenido elevado de sodio y bicarbonatos ocasionará mayor obstrucción de los poros del suelo y un aumento de pH (Lamz & González, 2013). Por todo ello, un exceso de salinidad afectará sobre la calidad del suelo, condicionando su crecimiento y desarrollo de sus sembríos; por consiguiente, su productividad agrícola (Guida, 2021).

El riego artificial es el principal factor que provoca y genera procesos de salinización secundaria en los suelos, debido a que el agua que ingresa al sistema puede infiltrarse al subsuelo causando el ascenso del agua subterránea o una acumulación de la concentración de iones en la superficie debido a la evaporación o el sedimento de estas sales en el suelo por la deficiencia de drenaje, así como la falta de flujos de agua que ayuden a transportar las sales presentes. En

definitiva, estos cambios causan una disminución del desarrollo y rendimiento de los productos (Camacho & Baños, 2019). Actualmente, la salinidad sobre el suelo sigue siendo un factor que incide negativamente sobre la producción de alimentos a nivel mundial, en la cual la actividad humana ha contribuido a que se aumenten las áreas de suelos salinos con las malas prácticas de riego (Courel, 2019).

En el distrito de Pisac, la agricultura sigue siendo una de las principales actividades económicas. No obstante, los agricultores han reportado dificultades en el desarrollo de sus cultivos, lo que ha generado preocupación respecto a la calidad de los suelos agrícolas. En este contexto, el problema general de la investigación se centra en la escasez de estudios sobre el efecto del agua de riego en la salinidad de los suelos agrícolas del distrito. Dado que el agua de riego es un factor constante en la actividad agrícola, se presume que podría estar contribuyendo a procesos de salinización del suelo. Por ello, surge la siguiente interrogante: ¿Estará el agua de riego en el distrito de Pisac contribuyendo al aumento de la salinidad en los suelos agrícolas, afectando el desarrollo adecuado de los cultivos?

A partir de esta problemática, la presente investigación se orienta a analizar las características físicoquímicas y la calidad tanto del agua de riego como de los suelos agrícolas de la zona, a fin de determinar si dicho recurso hídrico está generando procesos de salinización que impactan negativamente en el crecimiento y rendimiento de los cultivos.

Materiales y métodos

El Área de estudio fue en el distrito de Pisac (altitud 2974 msnm, latitud 13°25'18"S y longitud 71°51'05"O) provincia de Calca, región del Cusco.

Las muestras de agua de regadío y de los suelos agrícolas fueron colectados del distrito de Pisac durante el año 2023. La elección de los puntos de muestreo en los suelos, se realizó buscando abarcar toda el área, garantizando la representatividad y la accesibilidad a las parcelas. Se recolectó 10 muestras en el periodo seco y 10 muestras en el periodo lluvioso, almacenando aprox. 4 kg en bolsas de polietileno con cierre hermético y rotuladas.

Para el agua, se realizó el muestreo buscando observar el cambio de concentración de las sales. Se recolectó 10 muestras del agua en el periodo seco y 10 muestras en el periodo lluvioso, almacenando aprox. 1L en botellas de polietileno, debidamente rotuladas.

Procesamiento de las Muestras

Las muestras de los suelos agrícolas, fueron secadas a temperatura ambiente, luego molidas en un mortero de porcelana hasta consistencia de tierra y tamizadas en malla (N° 10 \cong 2 mm) y almacenadas en ambiente seco. En el caso de las muestras del agua de regadío no se realizó ningún procesamiento.

Para la obtención de la solución de extracto soluble de los suelos agrícolas, se ha pesado 20 g. de cada muestra de suelo, se ha mezclado con 40 ml de agua ultra pura y se ha calentado en una estufa por 15 minutos. Se ha enfriado y centrifugado a 5000 rpm por 15 minutos en una centrifugadora; obteniendo la parte líquida del extracto. Para la obtención de la solución de extracto intercambiable de los suelos agrícolas, se ha preparado una solución de NH₄OAc 1N. Se ha pesado 5 g. de cada muestra de suelo seco y se ha filtrado con papel filtro Whatman N° 42 con 20 ml de agua ultra pura, Posteriormente se han secado las muestras de suelos contenidas en el papel filtro y se ha lixiviado con 20 mL de NH₄OAc 1N, se ha separado 15 ml de la solución obtenida y se ha evaporado el acetato hasta

sequedad. Finalmente, se ha agregado 20 mL de agua ultra pura para obtener el extracto de suelo intercambiable.

Análisis Físico de Suelos Agrícolas

La humedad ha sido determinada en los suelos por el método gravimétrico utilizando una balanza analítica (marca Kern 320-4M), una estufa (marca Memmert 200) y un desecador. El porcentaje de humedad se ha realizado por diferencia de pesadas. La textura de los suelos por el método de sedimentación, se ha utilizado vasos precipitados, placas Petri y probetas. La arena y el limo se ha secado y ha sido pesado, mientras que la arcilla se ha obtenido por diferencia del porcentaje obtenido de arena y limo. La materia orgánica en los suelos ha sido realizada por el método Pérdida de peso por ignición. Se ha utilizado crisoles, una mufla (marca Nabertherm B180) y un desecador. El porcentaje de materia orgánica se ha realizado por diferencia de pesadas.

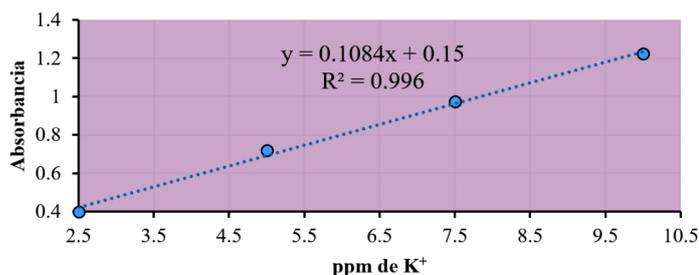
Análisis Fisicoquímico y Químico de Suelos Agrícolas

La conductividad eléctrica, se ha determinado por el método UNE 77308 1:2 v/v, utilizando un conductímetro (marca HANNA HI 5321) previamente calibrado. El Potencial de hidrogeno pH. Se ha determinado por el método UNE 77305 1:2 v/v, utilizando un pHmetro (marca HANNA HI98127) previamente calibrado. La determinación del Ca²⁺ y Mg²⁺ intercambiable ha sido determinado por el método estándar 2340C y 3500-Ca B (volumetría complexométrica). El catión magnesio se ha determinado por diferencia de volúmenes gastados del calcio y magnesio, a partir del volumen gastado obtenido en la determinación de calcio y magnesio como dureza total. El potasio intercambiable, se determinó por método de espectrofotometría UV – Visible. Se ha preparado una solución de cobaltinitrito de sodio y etanol al 40%. Se ha usado de K₂SO₄ P.A. 200 mg/L como patrón. Se ha llevado su lectura en un

espectrofotómetro UV-Visible marca Thermo scientific a 650 nm. Se ha realizado una dilución de 1:100 en la determinación de potasio intercambiable. La curva de calibración corresponde a las siguientes concentraciones 2.5, 5, 7.5 y 10 ppm.

Figura 1

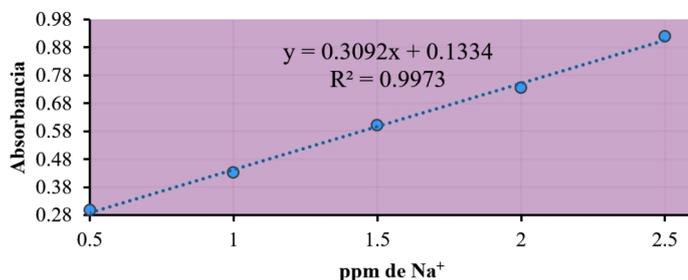
Curva de calibración para potasio intercambiable.



El sodio intercambiable, se determinó por método estándar 3111 B (Espectroscopia de absorción atómica), Se ha usado de NaCl P.A. 200 mg/L como patrón. Se ha llevado su lectura en un espectrofotómetro de absorción atómica de llama marca Thermo scientific a 589 nm. Se ha realizado una dilución de 1:10 en la determinación de sodio intercambiable. La curva de calibración corresponde a las siguientes concentraciones 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 ppm.

Figura 2

Curva de calibración para sodio intercambiable.



El porcentaje de sodio intercambiable (**PSI**) en el suelo ha sido determinado mediante la siguiente fórmula.

$$PSI = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} \times 100\%$$

Nota: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺: Cationes intercambiables en el suelo (meq/100g).

Igualmente, se ha determinado la capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante la siguiente fórmula.

$$CIC = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+$$

Nota: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺: Cationes intercambiables en el suelo (meq/100g).

Análisis físicoquímico del agua de riego

El pH en el agua se ha determinado por el método estándar oficial 4500-H⁺B, utilizando el pHmetro (marca HANNA HI98127) calibrado. La conductividad eléctrica en el agua se ha determinado por el método estándar oficial 2510B, utilizando un conductímetro (marca HANNA HI 5321) calibrado. El calcio y magnesio, se ha determinado por el método estándar 2340C y 3500-Ca B. El magnesio ha sido determinado por diferencia de volúmenes gastados de la dureza total y cálcica. El sodio. Método estándar 3111 B (Espectroscopia de absorción atómica), se ha usado de NaCl P.A. 200 mg/L como patrón. Se ha utilizado el mismo procedimiento y misma curva de calibración de la figura 2 para la determinación de sodio en el agua de riego. La alcalinidad. Se ha determinado por el método estándar 2320 B (Volumétrico), utilizando anaranjado de metilo 1% y HCl. La relación de adsorción de sodio (RAS). La relación de adsorción de sodio en el agua de riego ha sido determinada mediante la siguiente fórmula.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}{2}}}$$

Nota: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺: Concentración en el agua (meq/L)

Resultados y Discusión

Análisis físico de suelos agrícolas

Humedad. Las muestras de los suelos agrícolas presentaron una humedad que ha oscilado de 11.5 % a

15.4 % en el periodo seco y una humedad oscilado de 13.8 % a 19.2 % en el periodo lluvioso, indicando una mayor humedad en el periodo lluvioso atribuida a las precipitaciones frecuentes. Estos valores tuvieron relación con la clase textural obtenida, debido a que Fox (2013) y Rucks, García, Kaplán, Ponce de León, and Hill (2004) indica que suelos limosos presentan un 14 % de humedad, atribuidos al mayor contenido de arena. Pérez, García, Terrazas, Ramírez, and Ortega (2013), menciona que un suelo salino con una baja humedad presenta costras blancas en su superficie.

Clase textural. Las muestras de los suelos agrícolas mostraron ser suelos francos limosos en ambos periodos. Al respecto, Delgado and Escobar (2021) ha indicado que un suelo limoso presenta mayor riesgo a problemas de sodicidad por la mayor superficie de intercambio catiónico que contiene. Por otro lado, Fox (2013) considera que un suelo franco es óptimo para su empleo en la agricultura, ya que posee buena permeabilidad y arcilla teniendo una retención de agua y nutrientes.

Materia orgánica. El porcentaje de materia orgánica que han presentado los suelos agrícolas, ha oscilado de 0.9 a 2.1 % en el periodo seco y de 4.64 a 6.84 % en el periodo lluvioso. Huamaní (2018) considera porcentajes bajos de materia orgánica, lo obtenido en el periodo seco. Medina et al. (2016) recomienda usar excretas de ganado, residuos de animales y abonos orgánicos para aumentar la materia orgánica. Asimismo, Fox (2013) indica que valores por arriba de 10 % de materia orgánica mejora la condición física del suelo y reduce los efectos negativos de una salinidad alta y de un pH alcalino, facilitando la producción de cultivos.

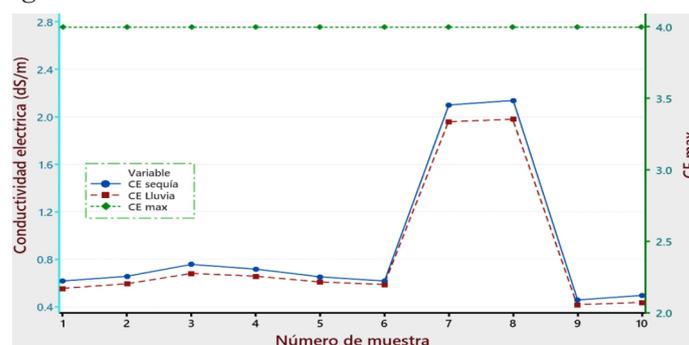
Análisis fisicoquímico y químico de suelos agrícolas

Conductividad eléctrica. Respecto a la CE, los valores obtenidos de CE en los suelos agrícolas son considerados como ligeramente salinos según Huamaní (2018), a excepción de las muestras S7 y S8 que mostraron valores de 1.982 dS/m en el periodo lluvioso y 2.140 dS/m en el periodo seco (figura 3), sin embargo serian valores considerados como suelos de

buen calidad según Medina et al. (2016). Asimismo, Ortiz Ramírez and González Castañeda (2017) indica que valores menores a 4 dS/m son clasificados como suelos no salinos ni salinos sódicos, de acuerdo a lo referenciado por Richards (1954).

Figura 3

Valores obtenidos de la CE en ambos periodos de los suelos agrícolas

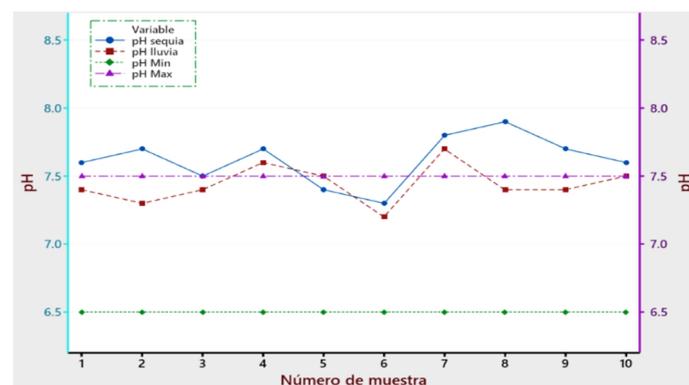


Nota: Los resultados de CE son valores promedio de tres repeticiones.

Potencial de hidrogeno pH. Los valores de pH en los suelos agrícolas en el periodo seco han oscilado de 7.3 a 7.9 y de 7.2 a 7.7 en el periodo lluvioso, presentando las muestras S7 y S8 una tendencia a la alcalinidad (figura 4). Medina et al. (2016) y Delgado and Escobar (2021) indican que el pH óptimo en el suelo agrícola debe estar entre 6.5 a 7.5 para que se dé buenos rendimientos y mayor productividad. Por otro lado, Fox (2013) menciona que un pH alcalino presenta una baja aptitud de infiltración y lenta permeabilidad, lo que no es recomendable en la agricultura.

Figura 4

Valores obtenidos de pH en ambos periodos de los suelos agrícolas



Nota: Los resultados de pH son valores promedio de tres repeticiones.

Salinidad y contenido de sodio. De acuerdo a los criterios de Richards (1954), los valores obtenidos de pH, CE y PSI se encuentran por debajo del límite permisible (figura 5). Se observa que solo el pH ha presentado una diferencia significativa con poca variación de los valores en ambos periodos (tabla 1).

Tabla 1

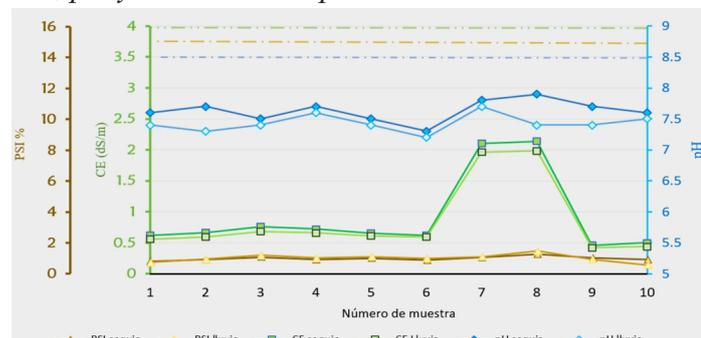
Valores estadísticos obtenidos de la CE, pH y PSI en ambos periodos en el suelo.

	CE		pH		PSI	
	Periodo lluvioso	Periodo seco	Periodo lluvioso	Periodo seco	Periodo lluvioso	Periodo seco
Promedio + desv. estándar	0.85±0.57	0.92±0.61	7.43±0.14	7.64±0.18	1.01±0.28	0.99±0.15
Coefficiente de Variación	0.67	0.66	0.01	0.02	0.27	0.15
Valor p	0.630		0.000		0.763	

Nota: Promedio de treinta mediciones, Valor p: Diferencia significativa entre ambos periodos de los suelos agrícolas.

Figura 5

Clasificación de los suelos agrícolas de acuerdo al PSI, pH y CE en ambos periodos.



Nota: Valores promedio de tres repeticiones de CE, pH y PSI.

Fertilidad del suelo. La capacidad de intercambio de los suelos agrícolas en el periodo seco ha oscilado de 10.23 a 17.34 meq/100g y de 9.26 a 14.32 meq/100g en el periodo lluvioso. Guerrero (2019), indica que la arena y limo no aportan cargas, pero si la arcilla, de igual forma indica que los suelos francos poseen una CIC de 7.5 hasta 15.9 meq/100g y los francos limosos tienen una CIC 9.4 hasta 26.3 meq/100g.

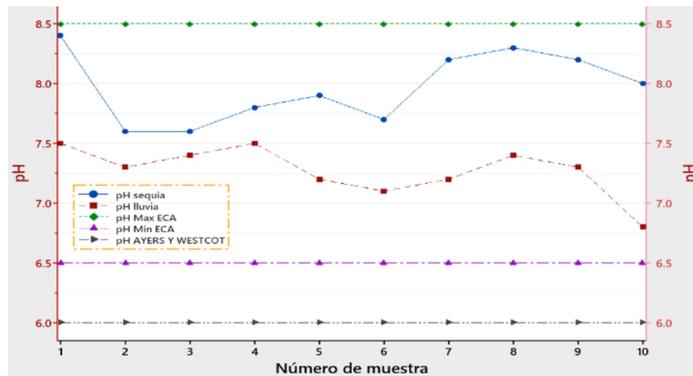
Análisis fisicoquímico del agua de regadío

Potencial de hidrogeno pH. Respecto al pH en el agua de regadío, los valores obtenidos han mostrado un descenso en el periodo lluvioso; no obstante, en ambos periodos se encontraron en el rango de pH 6.5 - 8.5 (figura 6). Delgado and Escobar (2021) considera

que el rango de pH de 7.8 a 8.5 son aguas ligeramente alcalinas y Huamaní (2018) indica que valores mayores a pH 8, son valores con tendencia a la alcalinidad. Por otra parte, según el ECA N° 004-2017-MINAM (categoría 3) los valores se encuentran dentro del rango optimo siendo 6.5 a 8.5, así como para Ayers and Westcot (1985) siendo de 6.0 a 8.5 en ambos periodos.

Figura 6

Valores obtenidos de pH en ambos periodos del agua de regadío.

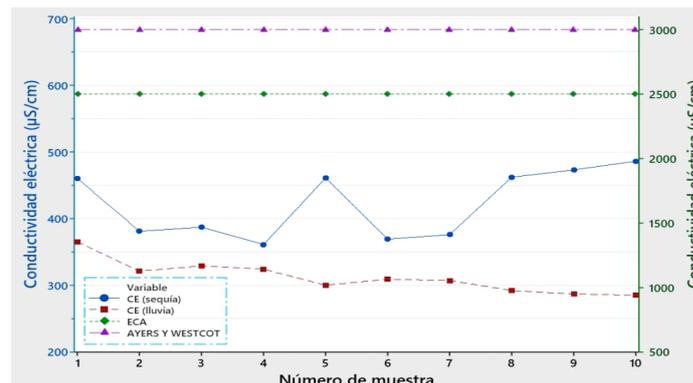


Nota: Los resultados de pH son valores promedio de tres repeticiones.

Conductividad eléctrica. La CE han mostrado un descenso en el periodo lluvioso con respecto al periodo seco. Ayers and Westcot (1985) menciona que valores mayores a 3000 µS/cm puede afectar en el crecimiento de varios sembríos, donde Medina et al. (2016) indica que valores por debajo de 1000 µS/cm ayudan a tener adecuados y buenos rendimientos agrícolas. De acuerdo al ECA N° 004-2017-MINAM (categoría 3) los valores se encuentran por debajo del valor máximo permisible siendo de 2500 µS/cm, así como para los criterios de Ayers and Westcot (1985) siendo de 3000 µS/cm en ambos periodos (figura 7).

Figura 7

Valores obtenidos de CE en ambos periodos del agua de regadío.



Nota: Los resultados de CE son valores promedio de tres repeticiones.

Cationes intercambiables. La predominancia en el complejo de intercambio en ambos periodos está dada por $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+ > Na^+$ mostrando que el sodio, es el catión en menor concentración con respecto a los otros cationes. Por otra parte, López et al. (2019) menciona que los valores óptimos en la CIC para Ca^{2+} es de 65 a 75 %, para Mg^{2+} es de 10 a 20 %, para K^+ es de 5 a 7 % y para Na^+ es < 5 %. En ese entender los resultados mostraron que el calcio se encuentra en el rango óptimo, el magnesio se encuentra por encima del rango óptimo en ambos periodos, en cambio el potasio se ha encontrado por encima del rango en el periodo seco, mientras que en el periodo lluvioso bajo su porcentaje y el sodio ha presentado valores óptimos en la saturación.

Calcio y magnesio. Respecto al calcio y magnesio en el agua de regadío, han mostrado que de acuerdo al ECA (categoría 3) los valores se han encontrado por debajo del límite permisible siendo de 10 meq/L para Ca^{2+} y 12.5 meq/L para Mg^{2+} , así como para los criterios de Ayers and Westcot (1985) siendo de 20 meq/L para Ca^{2+} y 5 meq/L para Mg^{2+} en ambos periodos.

Sodio. Los valores obtenidos de sodio en el agua de regadío en ambos periodos, se han encontrado por debajo del límite dado por el ECA N° 004-2017-MINAM (categoría 3) siendo de 10 meq/L. De igual forma para los criterios de Ayers and Westcot (1985) siendo de 40 meq/L.

Alcalinidad. La alcalinidad en el agua ha disminuido considerablemente de HCO_3^- en el periodo lluvioso. Huamaní (2018) indica que una alcalinidad alta en aguas eleva el pH en el sustrato, afectando la solubilidad de ciertos nutrientes tales como el Fe, Zn y Mg y Ojeda (2019) menciona que valores por encima de 70 mg/L aumentan los CO_3^{2-} en la superficie del suelo y la alcalinización, afectando en la fertilidad y productividad. No obstante, valores bajos de Ca^{2+} y Mg^{2+} , tanto en el agua como en el suelo, podría acidificar un suelo. De acuerdo al ECA (categoría 3) los valores se encuentran por debajo del valor máximo siendo de 370 mg/L. Según el criterio de Ayers and Westcot (1985) estos valores presentan un grado de

restricción de ligero a moderado, el cual afectaría a cultivos sensibles.

Aptitud del agua para riego. El agua de regadío está clasificada como C2S1 en ambos periodos de acuerdo al diagrama dado por las normas de Riverside (figura 8). Delgado and Escobar (2021) indica que una clasificación de C3S1 son aguas con alto riesgo de salinidad con cierta restricción para riego de suelos agrícolas y bajo riesgo de sodio. Se observa que la CE, pH y RAS han presentado una diferencia significativa con poca variación de los valores en ambos periodos (tabla 2). Sin embargo según los criterios de Ayers and Westcot (1985), el agua tiene una cierta restricción su empleo en la irrigación, ya que podría reducir la aptitud de infiltración en el suelo según los valores del RAS y CE obtenidos.

Tabla 2

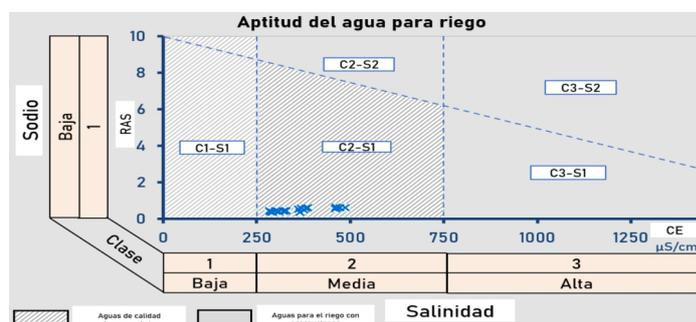
Valores estadísticos obtenidos de la CE, pH y PSI en ambos periodos en el agua.

	CE		pH		RAS	
	Periodo lluvioso	Periodo seco	Periodo lluvioso	Periodo seco	Periodo lluvioso	Periodo seco
Promedio + desv. estándar	312±23.3	422±48.6	7.28±0.24	8.00±0.37	0.41±0.04	0.59±0.07
Coefficiente de Variación	0.07	0.11	0.03	0.04	0.10	0.11
Valor p	0.000		0.000		0.000	

Nota: Promedio de treinta mediciones, Valor p: Diferencia significativa entre ambos periodos del agua de regadío.

Figura 8

Clasificación del agua de regadío según la CE y RAS en ambos periodos.



Nota: Son valores promedio de tres repeticiones del RAS.

Conclusiones

Los suelos agrícolas en el distrito de Pisac están clasificados como suelos normales sin exceso de salinidad ni de sodio, de modo que los problemas reportados de un deficiente desarrollo y crecimiento óptimo de sus productos, están siendo generados por otros factores.

Los resultados fisicoquímicos y químicos en el agua de riego se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles por el ECA categoría 3, para agua de riego y vegetales en ambos periodos, teniendo mayor concentración en el periodo seco.

El agua de riego no está generando procesos de salinización, ni aumento de sodio en los suelos agrícolas. Sin embargo, al estar clasificada como C2S1 (salinidad moderada y bajo contenido de sodio) puede afectar a cultivos sensibles a la salinidad. Entonces, al ser el maíz el cultivo que siembran en el distrito de Pisac, provocaría efectos negativos en su desarrollo, debido a que es un sembrío sensible a la salinidad.

El agua de riego está contribuyendo con un aporte adecuado de sales y sodio en los suelos agrícolas. Sin embargo, manejar inadecuadamente el agua puede generar problemas de permeabilidad, efectos tóxicos, efectos osmóticos y aumento de pH en el suelo. Asimismo, los problemas reportados podrían deberse a la baja fertilidad, baja retención de agua y a una alta alcalinidad que presentan los suelos.

Agradecimientos

A los agricultores por habernos permitido la accesibilidad a sus parcelas para el muestreo respectivo. A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, por el uso de los laboratorios de Analítica de la Escuela Profesional de Química-Facultad de Ciencias Químicas, Físicas y Matemáticas.

Referencias Bibliográficas

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture*. Retrieved from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b1345105-e9e6-4704-81cc-577f8e187278/content>

Camacho, R. C., & Baños, A. (2019). Impacto de la salinidad secundaria en los sistemas agrícolas. *Cuba Tabaco*, 20, 54-59. Retrieved from <http://www.iitabaco.co.cu/wp-content/uploads/2021/02/Vol-20-2-2019.pdf#page=55>

Courel, G. F. (2019). *Guía de estudios: suelos salinos y sódicos*. Facultad de Aronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán. Retrieved from <https://es.slideshare.net/slideshow/suelos-salinos-y-sdicos-2019/250782971>

Delgado, J., & Escobar, B. (2021). *Análisis de la calidad de agua para riego en suelos agrícolas en la parroquia rural Colonche, provincia de Santa Elena*. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil [Tesis de grado], Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53424>

Fox, E. C. L. (2013). *Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la Cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980-2003)*. Pontificia Universidad Católica del Perú [Tesis de grado], Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4809>

Guerrero, J. M. L. (2019). *Determinación de la capacidad de intercambio catiónico por el método del formaldehído*. Universidad Nacional Agraria La Molina [Tesis de maestría], Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4116>

Guida, B. J. (2021). Restauración productiva de áreas irrigadas en zonas áridas: detección de sitios afectados por salinidad del suelo mediante sensores remotos. *Multequina*, 30(2), 181-198. Retrieved from https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-73292021000200181&script=sci_arttext

Huamaní, C. F. C. (2018). *Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el suelo y cultivos en la desembocadura del canal de riego de las Salinas Bajo-Chancay-Lima*. Universidad Católica Sedes Sapientiae [Tesis de grado], Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.14095/572>

Lamz, P. A., & González, C. M. C. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. *Cultivos*

- tropicales*, 34(4), 31-42. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362013000400005&script=sci_abstract
- López, W. B., Reynoso Santos, R., López Martínez, J., Villar Sánchez, B., Camas Gómez, R., & García Santiago, J. O. (2019). Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 897-910. Retrieved from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000400897
- Medina, E. K. V., Mancilla Villa, O. R., Larios, M. M., Guevara Gutiérrez, R. D., Olguín López, J. L., & Barreto García, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco. *Idesia (Arica)*, 34(6), 51-59. Retrieved from https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000600007
- Ojeda, J. W. C. (2019). Calidad del agua de la irrigación canal n del río llallimayo y aptitud agrícola distrito Cupi-Melgar 2018. *Revista de Investigaciones de la Escuela de Posgrado de la UNA PUNO*, 8(2), 1069-1081. Retrieved from <https://doi.org/10.26788/riepg.v8i2.1374>
- Ortiz Ramírez, P. P., & González Castañeda, J. (2017). Caracterización Físicoquímica Y Abundancia Microbiana De Suelos Agrícolas Con Baja Productividad En El Noreste De Guanajuato. *Jovenes en la ciencia*, 3(2), 127-132. Retrieved from <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1688>
- Pérez, J. P. D., García, Y. B. D., Terrazas, L. M., Ramírez, C. A., & Ortega, H. M. E. (2013). Composición y caracterización química del suelo: indicadores de salinidad y sodicidad. Retrieved from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052021000200105
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Retrieved from https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20360500/hb60_pdf/hb60complete.pdf
- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay. Retrieved from <https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Rueda, J. M. T. (2019). Aprovechamiento del suelo salino: agricultura salina y recuperación de suelos. *Apthapi*, 5(1), 1539-1563. Retrieved from <https://doi.org/10.53287/sruw3931wp34k>