

Análisis Geoquímico de conductividad eléctrica y pH del Valle de Cañete – Perú

Geochemical analysis of electrical conductivity and pH of the Cañete Valley – Perú

Juan Saldivar Villarroel¹
Universidad Nacional de Cañete
Email: jsaldivar@undc.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6348-2201>

Yair Marcos Rojas Ramos.
Universidad Nacional de Cañete
Email: 1475008985@undc.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1986-5163>

Raymunda Veronica Cruz Martinez.
Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica
Email: veronicacruz050178@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-5892>

Recibido: 07/11/2024

Aceptado: 27/11/2024

Publicado 12/diciembre /2024

Resumen

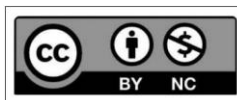
El análisis geoquímico es esencial para evaluar la salinidad del suelo en el valle de Cañete, una región donde la agricultura representa una actividad económica predominante. Este muestreo geoquímico del suelo busca desarrollar mapas detallados que identifiquen el nivel de pH y la conductividad eléctrica, aportando clave información para optimizar la producción agrícola. El estudio abarcó cinco distritos, donde los valores obtenidos se compararon con los rangos de referencia establecidos por la USDA. En cada distrito, se recolectaron 15 submuestras de 500 g, que luego fueron secadas, tamizadas y enviadas al laboratorio de suelos y aguas de la Universidad Nacional de Cañete, empleando el método de relación 1:1 (masa). Los análisis de Conductividad Eléctrica (CE), que indican la concentración de sales en el suelo, se realizaron en laboratorio utilizando un conductímetro para obtener mediciones automáticas en dS/m. Los resultados revelaron que la CE varía entre 0,14 y 5,8 dS/m, abarcando desde suelos con baja salinidad hasta aquellos con niveles excesivamente salinos; valores superiores a 4 dS/m son clasificados como altamente salinos. En cuanto al pH, que se sitúa entre 7 y 9, se observará un estado de alcalinidad básica en los suelos. Este estudio proporciona un análisis exhaustivo sobre la salinidad de los suelos en la provincia de Cañete y ofrece datos científicos valiosos para mejorar la gestión del suelo, lo cual es crucial para maximizar la productividad agrícola mediante un manejo adecuado del suelo.

Palabras clave: conductividad eléctrica, potencial hidrogeno, suelo, salinidad, mapas geoquímicos.

Abstract

Geochemical analysis is essential to evaluate soil salinity in the Cañete Valley, a region where agriculture represents a predominant economic activity. This geochemical soil sampling seeks to develop detailed maps that identify the pH level and electrical conductivity, providing key information to optimize agricultural production. The study covered five districts, where the values obtained were compared with the reference ranges established by the USDA. In each district, 15 subsamples of 500 g were collected, which were then dried, sieved and shipped to the soil and water laboratory of the National University of Cañete, using the 1:1 (mass) ratio method. Electrical Conductivity (EC) analyses, which indicate the concentration of salts in the soil, were carried out in the laboratory using a conductivity meter to obtain automatic measurements in dS/m. The results revealed that the EC varies between 0.14 and 5.8 dS/m, ranging from soils with low salinity to those with excessively saline levels; Values greater than 4 dS/m are classified as highly saline. Regarding the pH, which is between 7 and 9, a state of basic alkalinity will be observed in the soils. This study provides a comprehensive analysis on soil salinity in the province

¹ Autor de correspondencia



of Cañete and offers valuable scientific data to improve soil management, which is crucial to maximize agricultural productivity through proper soil management.

Keywords: electrical conductivity, hydrogen potential, floor, salinity, geochemical maps.

1.- INTRODUCCION

La calidad del suelo fue un factor clave para la productividad agrícola, ya que influyó directamente en el rendimiento de los cultivos y en el aprovechamiento de los recursos hídricos (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2019), Dos parámetros geoquímicos esenciales para evaluar la salud del suelo y el agua en áreas agrícolas son la conductividad eléctrica (CE) y el pH. La CE refleja la concentración de sales solubles en el suelo, funcionando como un indicador del nivel de salinidad; niveles altos pueden limitar el desarrollo de los cultivos y reducir la productividad de los suelos agrícolas (Zuñiga *et al.*, 2021). El pH, por otro lado, es primordial para la disponibilidad de nutrientes en el suelo, ya que ciertos elementos esenciales son más accesibles para las plantas en rangos específicos de acidez o alcalinidad (Paredes & Ramos, 2020)

La elevada salinidad en el suelo dificulta la absorción de nutrientes esenciales para las plantas y disminuye la actividad de los microorganismos en el suelo (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2024) después, en el VII Congreso de la Red Argentina de Salinidad (RAS), realizado en 2023, tuvo como objetivo capacitar profesionales en la identificación y manejo de suelos salinos. Además presentaron estrategias para mejorar la producción en suelos salinos, resaltando la importancia de esta problemática en Argentina y otros países de América Latina (Álvarez & Noellemeyer, 2023).

Luego el estudio se centra en el análisis de la salinidad del suelo en cinco distritos del valle de Cañete, identificando las áreas con mayor concentración de sales que afectan la producción agrícola. Para ello, se incluyen fundamentos teóricos que amplían el conocimiento. La investigación se desarrolló mediante la recolección de muestras y análisis de laboratorio, con el propósito de obtener datos específicos de las zonas de estudio, identificar los problemas asociados a la salinidad y proponer la solución

El monitoreo de la conductividad eléctrica (CE) en el suelo es fundamental para identificar la salinidad y determinar la cantidad de sales disueltas, factor que

limita la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La CE se mide comúnmente en decisiemens por metro (dS/ m); a medida que este valor aumenta, también lo hace el contenido de sales, lo que eleva la probabilidad de problemas para el cultivo (Alonso *et al.*, 2022).

El pH del suelo es otro factor clave para su calidad y productividad, ya que influye ~~tanto~~ en la disponibilidad de nutrientes como en la actividad de los microorganismos. Para la mayoría de los cultivos, el pH ideal se encuentra entre 6 y 7,5, rango en el cual los nutrientes son fácilmente absorbibles por las plantas. Sin embargo, un pH muy ácido (<5.5) o muy alcalino (>8) puede causar deficiencias o toxicidades de ciertos elementos, impactando tanto la calidad del suelo como el rendimiento de los cultivos (Nuñez *et al.*, 2023).

La elaboración de mapas geoquímicos de pH y conductividad eléctrica proporciona una base científica sólida. Estos mapas representan la distribución de las concentraciones de pH y CE obtenidas mediante análisis de laboratorio. Los datos obtenidos se extrapolan a las áreas cercanas a los puntos de muestreo utilizando herramientas tecnológicas, con el propósito de crear mapas geoquímicos que apoyan la producción agrícola (González *et al.*, 2023).

El estudio científico tuvo como objetivo después identificar los problemas de salinidad en el valle de Cañete. Específicamente en los cinco distritos estudiados y en especial en términos de conductividad eléctrica (CE) y pH en el suelo. A través de un análisis cuantitativo detallando las muestras de suelos recolectadas, asimismo se busca proporcionar una base científica sólida, que contribuya con los estudiantes, profesionales y agricultores.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.- Sitio de Estudio

El área de estudio estuvo ubicada en la provincia de Cañete, Región Lima. Sus coordenadas geográficas se encontraban entre los 12°30' y 12°20' de latitud sur, y los 76°30' de longitud oeste (Marcas, 2021).

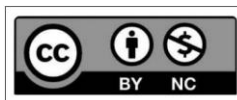


Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del valle de Cañete (Google Earth, 2024)

2.2.- Recolección de Muestras de Suelo

En esta investigación, se llevó a cabo la recolección de una muestra de suelo en una ubicación y periodo específicos, siguiendo una metodología definida, con el propósito de proceder a su análisis en laboratorio. En general, la muestra del suelo representa las condiciones puntuales del suelo. Por su parte, la calidad de un muestreo del suelo se refiere al proceso de toma de muestra que maximiza la selección de cantidades de muestras y sitios de muestreo, de acuerdo con el propósito del estudio de suelo (Castillo *et al.*, 2021).

La recolección de muestras se realizó mediante métodos como aleatorio simple, aleatorio estratificado, en cuadrícula, en X o en zigzag. Las múltiples muestras extraídas fueron mezcladas de manera homogénea para obtener una muestra representativa de 1 kg. (Cervantes *et al.*, 2021).

De igual manera, las diversas muestras de suelo recolectadas en distintos puntos del valle de Cañete se obtuvieron considerando varios puntos de submuestras en cada uno de los distritos analizados. En el laboratorio, las muestras fueron sometidas a un proceso de secado al aire a temperatura ambiente y luego tamizadas con una malla de 2 mm para llevar a cabo los análisis correspondientes (Castillo *et al.*, 2021).

2.3.- Preparación de Muestras

Los aspectos que implicaba esta preparación previa eran los siguientes: Al llegar al laboratorio, el suelo debía ser sometido a un secado previo, ya fuera al sol o al aire, para facilitar su desagregación. Posteriormente, se debía cribar a través de una malla #10, que permitía la separación de partículas menores a 2 mm y la eliminación de cualquier contaminante (Carreta *et al.*, 2021). Las muestras de

suelo, antes de ser analizadas, fueron secadas a 60 °C durante 24 horas y tamizadas con una malla de 2 mm (Vega *et al.*, 2022). Las muestras que fueron secadas y tamizadas se utilizaron posteriormente para el análisis de la Conductividad Eléctrica (CE) y el potencial de hidrógeno (pH) del suelo.

2.4.- Análisis de Datos

Se utilizó Excel para gestionar los datos, Minitab para elaborar gráficos de caja, y el software Surfer, para crear mapas de distribución de pH y conductividad eléctrica.

2.5.- Análisis de Conductividad Eléctrica (C.E.)

Para realizar el análisis de la conductividad eléctrica (CE), se emplearon 20 g de suelo y 20 ml de agua desionizada, los cuales se mezclaron en un tubo de ensayo. La mezcla fue agitada durante 10 minutos en un agitador de tubos para garantizar una adecuada homogeneización del soluto. Posteriormente, se dejó reposar por unos minutos para permitir la sedimentación de la fracción sólida. La fase líquida homogeneizada se transfirió a un vaso de precipitados de 100 ml, donde se midió utilizando el equipo Tester de pH/TDS/. Conductividad de la marca HANNA HI98130, que fue calibrado previamente con soluciones buffer. Este procedimiento se repitió para todas las muestras de suelo. La mayoría de los cultivos requieren que la conductividad eléctrica del suelo no supere los 3 dS/m. a afectar negativamente la producción, reduciendo gradualmente el rendimiento a medida que aumenta la conductividad (Corradini & Godoy, 2023)

2.6.- Análisis de Potencial de Hidrógeno (pH)

Para determinar el potencial de hidrógeno (pH), se emplearon 20 gramos de suelo y 20 ml de agua desionizada, que fueron mezclados en un tubo de ensayo. La mezcla se agitó en un agitador de tubos durante 10 minutos para asegurar una homogeneización adecuada. Posteriormente, se dejó reposar por unos minutos para permitir que la fracción sólida sedimentara, y el líquido homogeneizado se transfirió a un vaso de precipitados de 100 ml en este recipiente, se realizaron las mediciones utilizando un potenciómetro de la marca Thermo Scientific, que fue calibrado previamente con soluciones buffer. Este procedimiento se repitió para cada muestra de suelo. El rango óptimo de pH del

suelo, en el que se observa la máxima disponibilidad de nutrientes, se sitúa entre 6.5 y 7.5 (Mogollón & Rivas, 2021).

2.7.- Análisis Estadístico

Los datos recolectados fueron analizados utilizando software estadístico especializado, lo que permitió la generación de estadísticas descriptivas que facilitaron la evaluación de la variabilidad de la salinidad en los suelos de los distritos estudiados. Los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares agrícolas vigentes, proporcionando así una base sólida para identificar patrones significativos en la calidad del suelo.

3. Resultados

3.1.- Clasificación del color de suelo de la Muestra Recolectadas según la tabla Munsell

La clasificación del color de las muestras recolectadas, tanto en condiciones secas como húmedas, se llevó a cabo conforme a la Carta de Munsell. Se observaron predominantemente tonos gris y gris oscuro (ver Tabla 1). El tipo de suelo característico en el área de estudio es franco arenoso, con matices grisáceos, lo que indica una baja concentración de nutrientes en estos suelos.

Tabla 1. Color según Libro Munsell de las muestras de suelo de 5 distritos de Cañete.

COD	COLOR SECO	COLOR HUMEDO
F1	5 Y 5/2 (gris olivo)	5YR/1(gris)
F2	5 Y 5/2 (gris olivo)	6YR5/1(gris)
F3	7.5YR4/1(gris oscuro)	5Y5/2(grisolivo)
F4	5 YR 5/1 (gris)	5YR5/1(gris)
F5	5YR4/2(grisrojizooscuro)	7.5YR4/1(grisoscuro)

Nota. Tabla elaborada según sistema de color Munsell

3.2.- Conductividad eléctrica (C.E.) en los suelos de los distritos del valle de cañete

La conductividad eléctrica (CE) del suelo representa un indicador fundamental para determinar la salinidad y la capacidad del suelo para transmitir electricidad. Este parámetro está estrechamente vinculado a la concentración de sales disueltas, lo que puede afectar la accesibilidad de agua y nutrientes para las plantas. En los cinco distritos del Valle de Cañete, los valores de CE varían de 0.14 dS/m a 5.8 dS/m, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Promedio de resultados del pH de las muestras de suelo de 5 distritos de Cañete.

COD	DISTRITO	C.E. (dS/m)
F1	Quilmana	0.80
F2	Imperial	0.98
F3	Nuevo Imperial	0.14
F4	San Vicente	1.57
F5	San Luis	5.80

El gráfico de caja y bigotes de conductividad eléctrica en dS/m muestra un valor mínimo de 0.14 dS/m, un máximo de 5.8 dS/m y un valor medio de 0.98 dS/m. (ver Figura 2)

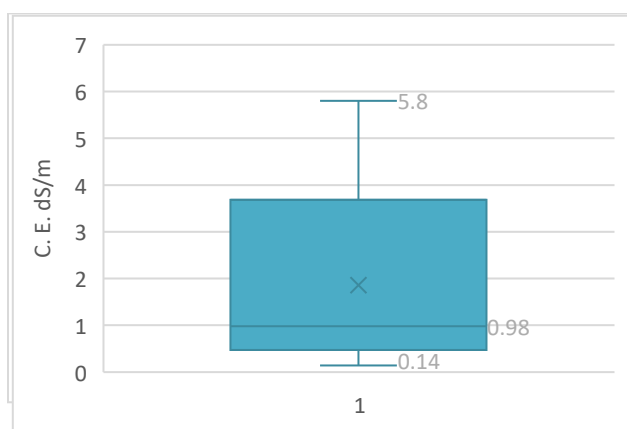


Figura 2. Diagrama de caja y bigote para los valores de Conductividad Eléctrica de los suelos de 5 distritos del valle de Cañete.

El mapa geoquímico de conductividad eléctrica, medido en dS/m, para el área de estudio (ver Figura 3), se puede observar que los valores más altos de conductividad eléctrica se encuentran en la parte sur de la zona, alcanzando aproximadamente 5.80 dS/m. Por otro lado, los valores más bajos se registran en el centro y el norte, con estimaciones de 0.14 dS/m. Esta variabilidad puede estar relacionada con las diferencias de elevación en el terreno, que inducen la escorrentía de los materiales.

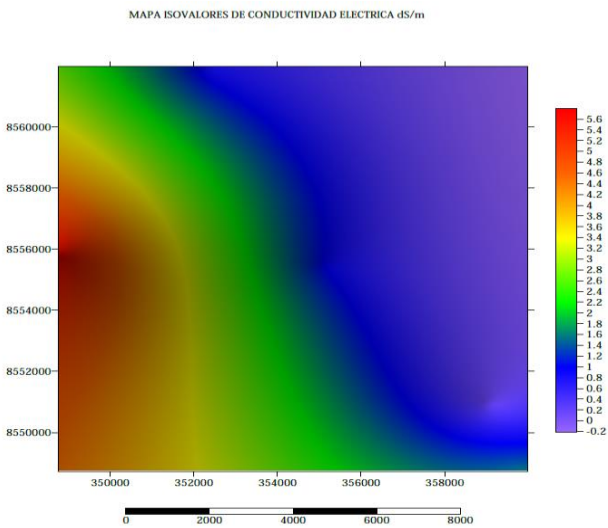


Figura 3. Mapa Geoquímico de Conductividad eléctrica en suelos en dS/m de los 5 distritos del valle de Cañete.

3.3.- Potencial de hidrogeno (PH) en los suelos de los 5 distritos del valle de cañete

El pH del suelo es un factor crucial que influye en la disponibilidad de nutrientes, la actividad microbiana y el crecimiento de las plantas. En los cinco distritos evaluadores del Valle de Cañete, se observaron variaciones en los niveles de pH; algunos distritos presentaron suelos con características más alcalinas, mientras que otros se acercaron a condiciones neutras, tal como se indica en la Tabla 3.

Tabla 3. Promedio de resultados del pH de las muestras de suelo de 5 distritos de Cañete.

COD	DISTRITO	PH
F1	Quilmana	7.50
F2	Imperial	8.40
F3	Nuevo Imperial	8.28
F4	San Vicente	7.60
F5	San Luis	7.62

En el diagrama de caja y bigote correspondiente a los valores de pH (ver Figura 4), se puede apreciar que los datos se distribuyen de manera casi uniforme en un rango de pH, con la obtención de muestras ácidas. Los valores registrados incluyen un mínimo de 7.50, un máximo de 8.40 y una media de 7.62.

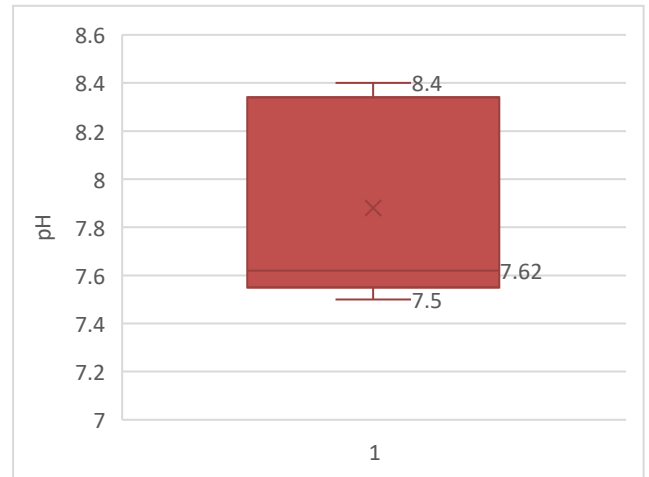


Figura 4. Diagrama de caja y bigote para los valores de Conductividad Eléctrica de los suelos de 5 distritos del valle de Cañete.

El mapa geoquímico de pH para la zona de estudio (ver Figura 5) se observan datos significativamente bajos de pH 7.50 al suroeste correspondientes a las zonas de San Vicente, mientras que en la zona central del terreno muestreado vemos una anomalía de pH aproximado de 8.40, representado de color naranja y rojo siendo el más alto.

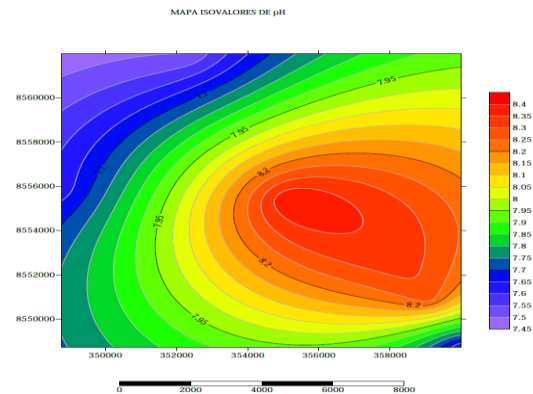


Figura 5. Mapa Geoquímico de pH de los suelos.



4.- Discusión

Los resultados obtenidos sobre la conductividad eléctrica del suelo en los cinco distritos del Valle de Cañete evidencian una marcada variabilidad, destacando la importancia de aplicar estrategias agrícolas específicas para cada área. Según la Tabla 2, los valores de conductividad eléctrica oscilan entre 0,14 y 5,8 dS/m, abarcando desde suelos clasificados como normales hasta aquellos con características salinas. Asimismo, el gráfico de caja y bigote de la Figura 2 muestra un rango que va desde un mínimo de 0,14 dS/m hasta un máximo de 5,8 dS/m, con una media de 0,98 dS/m. Adicionalmente, se observa un promedio de 2,10 dS/m, correspondiente a suelos moderadamente salinos, lo cual indica que algunas zonas del valle podrían enfrentar riesgos asociados a la salinización del suelo.

Figuroa (2020) determina que los valores de conductividad eléctrica (CE) en su estudio oscilan de 0,2 a 3,2 dS/m, ubicándose en el rango de suelos no salinos a escasamente salinos. Una conductividad eléctrica elevada puede resultar en la pérdida de materia orgánica, alteraciones en el pH e impedimentos en el desarrollo de las especies vegetales. De acuerdo con Pérez *et al.* (2020), la conductividad eléctrica en la solución nutritiva es un factor determinante que impacta el rendimiento y la calidad de los frutos, específicamente en cultivos como el pimiento morrón.

El mapa geoquímico de conductividad eléctrica en dS/m para la zona de estudio, mostrado en la Figura 3, indica que los valores más altos se concentran en la región sur, alcanzando aproximadamente 5.80 dS/m. En contraste, las zonas central y norte presentan valores más bajos, estimados en 0.14 dS/m. Esta variación puede atribuirse a las diferencias de elevación en el terreno, que favorecen la escorrentía de materiales del suelo. Se ha demostrado que una conductividad eléctrica de 3 dS/m superior puede mejorar la calidad nutracéutica, pero también puede disminuir significativamente el rendimiento de los cultivos (Pérez *et al.*, 2020).

Los datos sobre el potencial de hidrógeno (pH), presentados en la Tabla 3, revelan que los suelos estudiados tienen un rango que oscila entre 7,5 y 8,4, lo cual indica una leve alcalinidad. Según el diagrama de caja y bigote de la Figura 4, los valores se distribuyen de forma casi uniforme, con un mínimo de 7,50, un máximo de 8,40 y un promedio de 7,88,

correspondiente a suelos alcalinos. Este nivel de alcalinidad suele estar relacionado con la presencia de carbonatos o bicarbonatos, así como con una limitada disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas.

Esto es consistente con los hallazgos de Casas (2019), quien reportó un pH de 7.7, lo que evidencia que los suelos de la provincia de Cañete presentan una ligera alcalinidad que puede dificultar la asimilación de nutrientes y el desarrollo adecuado de las plantas. El pH del suelo es un factor crucial en la agricultura, ya que determina la disponibilidad de nutrientes esenciales. El mapa geoquímico de pH de la Figura 4 revela datos significativamente bajos de pH (7.60) en el suroeste, correspondientes a la zona de San Vicente, mientras que en la zona central se observa una anomalía de pH aproximada de 8.2, que se representa en colores naranja y rojo, indicando un pH elevado. El rango óptimo de pH para la mayoría de los cultivos generalmente se sitúa entre 6,0 y 7,5, ya que favorece la actividad microbológica y la absorción de nutrientes. Valores fuera de este rango pueden limitar el desarrollo de los cultivos (Pérez *et al.*, 2023).

5.- Conclusiones

Los estudios geoquímicos llevados a cabo en el valle de Cañete, particularmente en los cinco distritos analizados, revelan que los suelos presentan un pH levemente alcalino, acompañado de una baja disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, lo que restringe el rendimiento agrícola, con un promedio de pH de 7,88.

En lo que respecta a la conductividad eléctrica, el mapa geoquímico permitió visualizar su distribución en la zona se observa un promedio de 2,10 dS/m, correspondiente a suelos moderadamente salinos, lo cual tiene una conductividad eléctrica entre 2 y 4 dS/m, afectando la absorción de agua y nutrientes por las plantas, reduciendo su productividad, lo cual se ve influenciada por la pendiente del terreno. Este patrón evidencia procesos de erosión ocasionados por escorrentías, que movilizan sales desde el suelo hacia cuerpos de agua, donde se observaron los valores más altos de conductividad.

Dado el potencial de los mapas geoquímicos para la agricultura, se sugiere ampliar el área de estudio e incluir análisis de nutrientes. Esto permitirá priorizar el manejo de ciertas zonas y optimizar el uso de insumos como los fertilizantes, evitando su



desperdicio. Esta información proporcionaría a los productores una base técnica y científica que favorecería una agricultura sostenible, contribuyendo así a un uso más eficiente de los recursos y mejorando la productividad agrícola en la región.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Nacional de Cañete por apoyar este trabajo de investigación.

Declaración de consentimiento informado

Se obtuvo el consentimiento informado de todos los sujetos involucrados en el estudio.

Conflictos de interés

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

6.- Referencias

- Alonso, S. J., Sainato, C. M., & Iseas, M. S. (2022). Modelado de la conductividad eléctrica aparente para mejorar la evaluación de propiedades de suelos agrícolas. *Ciencia del suelo*, 40(1), Article 1.
- Álvarez, C., & Noellemeyer, E. (2023). *Mitigar la Problemática de Salinidad para conservar los ambientes y la producción*. <https://redsalinidad.com.ar/>
- Carreta, A., Ortiz, R., Ortiz, T., Balvanera, E., & Madrigal, V. (2021). Preparación de muestras de suelo y su influencia en la determinación del límite líquido en diferentes tipos de suelos. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.19136/jeeos.a5n1.4551>
- Castillo, X., Etchevers, J., Hidalgo, C., Aguirre, A., & Hidalgo, C. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: Generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Cervantes, M., Gutiérrez, L., Reynoso, A., Canihua, J., López, E., Munarriz Aedo, J. S., Flores de Garay, I., Sales Dávila, B., & Guerrero Lázaro, J. M. (2021). Manual de buenas prácticas de laboratorio. En *Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1375>
- Corradini, F., & Godoy, P. (2023). *Rangos de conductividad eléctrica esperados en los suelos de la Región Metropolitana*. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68995>
- Figueroa, C. del P. (2020). *Estudio ambiental del cultivo de manzana variedad Delicia, en la cuenca media y baja del río Mala, Cañete-Perú*.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2024). *Suelos afectados por salinidad*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/es/#c239240>
- González, A., Montenegro, V., Hernández, D., Domínguez, A., Castañeda, Y., Adames, R., Percival, H., Vergara, A., Zamora, A., Vargas, Y., Quintero, K., Gracia, R. D., Zambrano, P., Caicedo, R., Solís, Y., Sandoval, H., Martínez, E., Rodríguez, R., & Arrocha, J. (2023). Estudio geoquímico de pH y conductividad eléctrica en una finca piñera, Zanguenga, La Chorrera. *I+D Tecnológico*, 19(2), Article 2. <https://doi.org/10.33412/idt.v19.2.3828>
- Marcas, L. (2021). *Alternativas para mejorar la rentabilidad del cultivo de Vid (Vitis vinifera L.) «Italia» en el Valle de Cañete*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4894>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú. (2019). *Informe anual sobre la calidad de los suelos agrícolas en Perú*. MINAGRI. <https://doi.org/10.1234/minagri2019.calidad>
- Mogollón, J. P., & Rivas, W. (2021). Determinación de la fertilidad del suelo mediante un sistema de información geográfica en el municipio Falcón de la Península de Paraguaná, Venezuela. *Observador del Conocimiento*, 6(2), Article 2.
- Nuñez, J., Pérez, J., & Prado, J. (2023). Análisis de



indicadores e índices de calidad de suelos en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(6), Article 6. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i6.3148>

Paredes, M., & Ramos, V. (2020). *Fertilidad del suelo y disponibilidad de nutrientes en sistemas agrícolas de la costa peruana*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://doi.org/10.1234/unalm2020.nutrientes>

Pérez, E., Gaucín, J., Ramírez, S., Sariñana, M. de los Á., Zapata, G., & Zuñiga, E. (2020). Conductividad eléctrica de la solución nutritiva efecto en el rendimiento y la calidad nutracéutica de pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i7.2409>

Pérez, E., Hidalgo, E., Robles, C., Gallegos, V., Martínez, G., & Rodríguez, G. (2023). Indicadores de calidad como herramientas útiles para evaluar el estado de la fertilidad del suelo. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.60158/rma.v10i1.376>

Vega, V. de J., Fernández, D., Macedo, A., Ríos, J., & Ruiz, A. (2022). Análisis de la fertilidad del suelo mediante la validación e interpolación Kriging de sus variables. *Terra Latinoamericana*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1573>

Zuñiga, R., Rodriguez, J., & Sanchez, T. (2021). Impacto de la salinidad en cultivos de la región costera del Perú: Un análisis geoquímico del suelo. *Revista Peruana de Suelos*, 15(2), 123-137. <https://doi.org/10.1234/rpsu.2021.152123>