



## Característica fisicoquímica de suelos salinos agrícolas en el Fundo Tercer Mundo - Cañete

## Physicochemical characteristic of saline agricultural soils in the Tercer Mundo Farm - Cañete

Juan Saldivar Villarroel.  
Universidad Nacional de Cañete  
Email: [jsaldivar@undc.edu.pe](mailto:jsaldivar@undc.edu.pe)

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

Raymunda Veronica Cruz Martinez.  
Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica  
Email: [veronicacruz050178@gmail.com](mailto:veronicacruz050178@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-5892>

Recibido: 17/02/2025

Aprobado: 16/03/2025

Publicado: 30/03/2025

### Resumen

Los suelos agrícolas con alta salinidad registraron elevadas concentraciones de sales solubles, lo que impactó negativamente el crecimiento de los cultivos al limitar la absorción de nutrientes y disminuir la actividad microbiana. Si bien algunas especies vegetales mostraron tolerancia a la salinidad, su desarrollo estuvo condicionado por diversas propiedades del suelo, como la textura, la conductividad eléctrica y el pH. En este contexto, la investigación analizó un suelo agrícola afectado por erosión salina mediante la evaluación de sus características físicas y químicas, con el propósito de proponer un proceso biológico de recuperación. La investigación se llevó a cabo en suelo clasificado como Inceptisol, donde se analizaron propiedades físicas (textura, densidad real y humedad) y químicas (pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, nitrógeno, fósforo, potasio, sales disueltas y materia orgánica) a una profundidad de 0-30 cm en el fundo Tercer Mundo de la Universidad Nacional de Cañete. Para ello, se tomaron 20 submuestras de suelo por cada lote del fundo, las cuales fueron secadas, tamizadas y enviadas al laboratorio de suelos de la misma universidad para su análisis físico y químico. Los resultados evidenciaron un alto contenido de sodio (46.27 mEq/L), un pH de 7.74, una conductividad eléctrica de 15.76 dS/m y un sodio intercambiable de 11.49, lo que permitió clasificar el suelo como salino sódico. Asimismo, valores elevados de PH y C.E. se registró una disponibilidad limitada de determinados micronutrientes, lo que dificultó su absorción por los cultivos. Estas características fisicoquímicas indicaron que el suelo presentaba baja fertilidad y una capacidad limitada para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

**Palabras clave:** conductividad eléctrica; fisicoquímica; potencial de hidrogeno; sales; salinidad; sodio.

### Abstract

Agricultural soils with high salinity recorded high concentrations of soluble salts, which negatively impacted crop growth by limiting nutrient absorption and decreasing microbial activity. Although some plant species showed tolerance to salinity, their development was conditioned by various soil properties, such as texture, electrical conductivity and pH. In this context, the research analyzed an agricultural soil affected by saline erosion by evaluating its physical and chemical characteristics, with the purpose of proposing a biological recovery process. The research was carried out in a soil classified as Inceptisol, where physical properties (texture, real density and humidity) and chemical properties (pH, electrical conductivity, cationic exchange capacity, nitrogen, phosphorus, potassium, dissolved salts and organic matter) were analyzed at a depth of 0-30 cm in the Tercer Mundo farm of the National University of Cañete. To do this, 20 soil subsamples were taken for each plot of the farm, which were dried, sieved and sent to the soil laboratory of the same university for physical and chemical analysis. The results showed a high sodium content (46.27 mEq/L), a pH of 7.74, an electrical conductivity of 15.76 dS/m and an



exchangeable sodium of 11.49, which allowed the soil to be classified as sodium saline. Likewise, high PH and C.E. values. Limited availability of certain micronutrients was recorded, which made their absorption by crops difficult. These physicochemical characteristics indicated that the soil had low fertility and a limited capacity for plant growth and development.

**Keywords:** electrical conductivity; physicochemistry; hydrogen potential; salts; salinity; sodium.

## 1.- INTRODUCCION

Se estimó que el 15% de los suelos a nivel mundial experimentó procesos de deterioro físico y químico, siendo la salinidad la principal causas. En este contexto, se identificó que una C.E. de  $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  estuvo relacionada un aumento en el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) (Medina Litardo et al., 2023). La salinización afectó la agricultura a nivel global, degradando las propiedades físicoquímicas y mecánicas del suelo; sin embargo, el pH se mantuvo en 7.20, lo que favoreció el equilibrio iónico y el desarrollo adecuado de las plantas (Barcia et al., 2025). Las zonas costeras, influenciadas por la intrusión marina durante la última glaciación, presentaron problemas de salinidad debido a su historia geomorfológica, el uso agrícola intensivo y la acumulación de sales provenientes del sistema marino (Ortega-Escobar et al., 2023). A nivel global, aproximadamente 76 millones de hectáreas de suelos fueron afectadas por la salinidad, lo que impactó significativamente la producción hortícola en el Cinturón Verde de Buenos Aires, donde las pérdidas alcanzaron hasta un 50%, lo que impulsó estudios sobre la tolerancia de las hortalizas a este fenómeno (Harris et al., 2023). Los suelos salinos representaron una amenaza para la productividad agrícola; sin embargo, la aplicación de enmiendas como  $\text{CaSO}_4$ , zeolita y  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  mejoró sus propiedades químicas al reducir la conductividad eléctrica del suelo (Cedeño-Coll et al., 2024). La salinización de los suelos agrícolas en estas parcelas se debió a un manejo inadecuado del riego, al uso de aguas de baja calidad y al empleo excesivo de fertilizantes químicos (Santoyo de la Cruz et al., 2021). Además, el aumento de la desertificación afectó la producción agrícola, situación que se vio agravada por el desconocimiento de las características del suelo y su manejo inapropiado (Chiliquinga Claudio, 2024).

Los resultados indicaron que, en condiciones de alcalinidad débil ( $\text{pH} = 8.23$ ), el nivel de pH en el suelo agrícola de cultivos alcalinos en zonas semiáridas fue

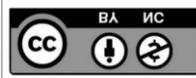
un factor determinante, al igual que la presencia del ion, que también desempeñó un papel relevante en la dinámica del suelo (Kong et al., 2024). En las regiones áridas y semiáridas, la recuperación de suelos salino-alcalinos afectados por contaminantes orgánicos estuvo condicionada por las propiedades físicas y químicas identificadas en dichos suelos (Xia et al., 2025). La salinización del suelo representó una amenaza para la productividad agrícola y la seguridad alimentaria, ya que este proceso se generó por la acumulación elevada de sales solubles y iones de sodio ( $\text{Na}^+$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) (Fan et al., 2025). La degradación del suelo ocasionada por la salinidad constituyó un desafío significativo en las áreas de recuperación costera, afectando directamente la productividad agrícola (H. Wang et al., 2025). Además, el pH del suelo tuvo un papel clave en la evaluación de su calidad, pues valores demasiado bajos o elevados impactaron la disponibilidad de nutrientes, la estructura del suelo y la actividad microbiana, lo que repercutió en el crecimiento de las plantas (Zhang et al., 2019). En suelos alcalinos, se evidenció una posible reducción en la disponibilidad de fósforo a medida que el pH aumentaba (Pistocchi et al., 2017). Tanto la conductividad eléctrica (CE) como el pH fueron considerados indicadores esenciales para la evaluación de la salinidad y alcalinidad del suelo (X. Wang et al., 2024).

En este contexto, la investigación tuvo como finalidad analizar las características fisicoquímicas del suelo salino en el fundo Tercer Mundo, ubicado en Cañete. Asimismo, se buscó proporcionar una base científica que sirviera como referencia para estudiantes, profesionales y agricultores.

## 2.- MATERIALES Y MÉTODOS

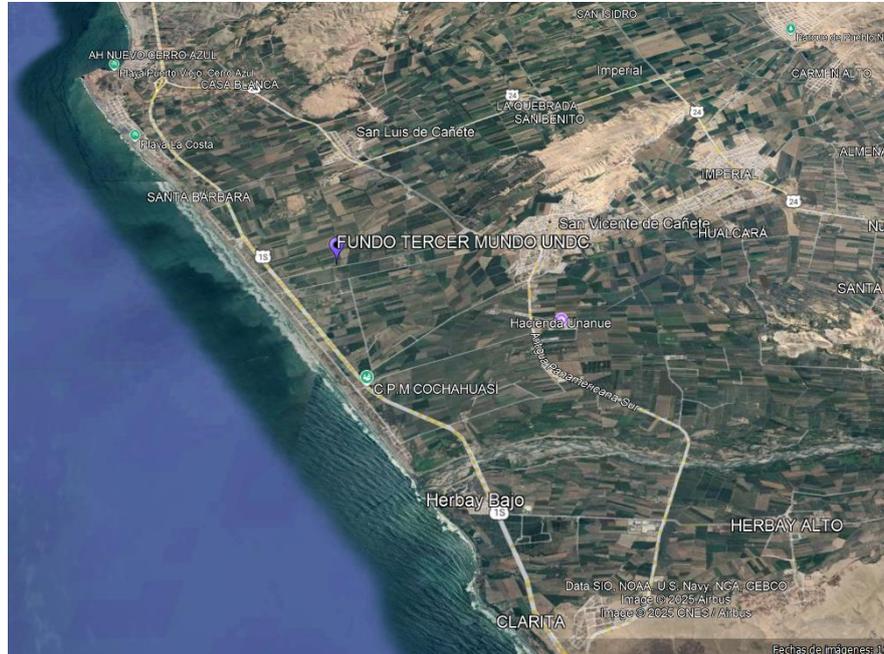
### 2.1.- Sitio de Estudio

El estudio se desarrolló en el fundo Tercer Mundo, situado en el distrito de San Luis, provincia de Cañete, región Lima, a una altitud de 8 m s. n. m. Su ubicación geográfica corresponde a los  $13^{\circ}05'40.46''$  de latitud



sur y  $76^{\circ}25'29.52''$  de longitud oeste. (Figura 1). Además, según Valverde et al. (2020), la precipitación

promedio anual registrada fue de 26.6 mm.



**Figura 1.** Mapa de la ubicación geográfica del fundo Tercer Mundo de la UNDC, basado en imágenes de Google Earth (2024).

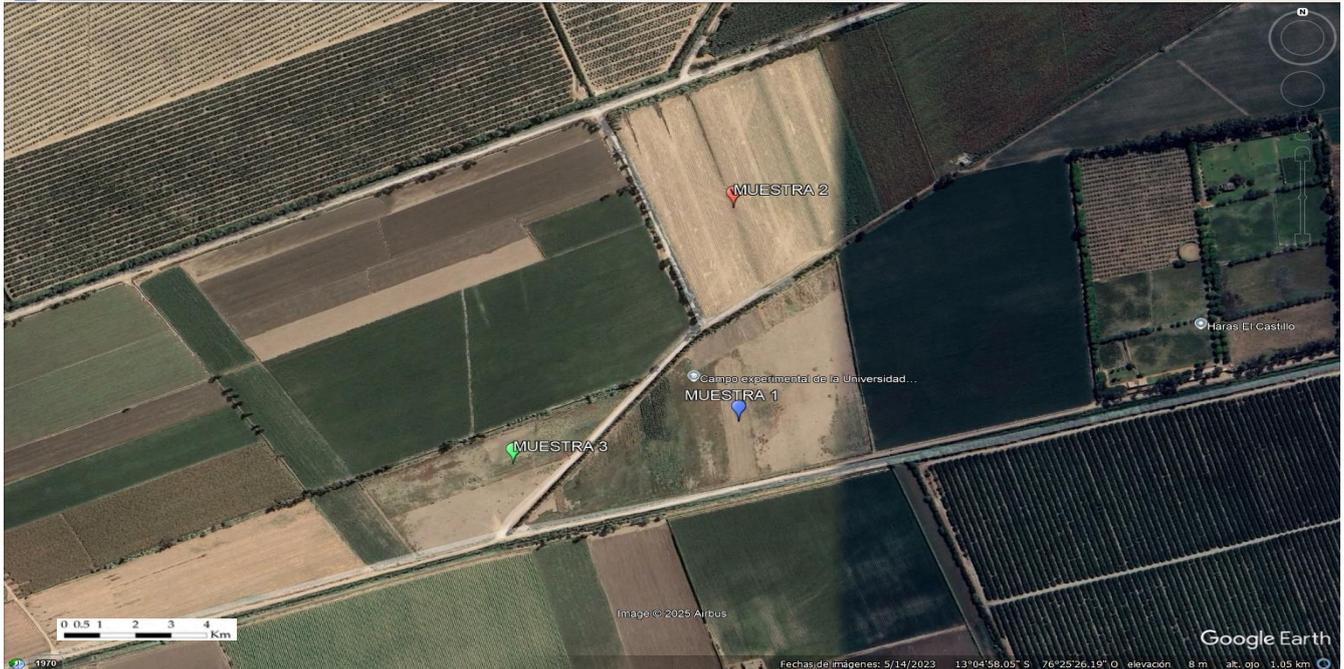
## 2.2.- Recolección de Muestras de Suelo

En la investigación, se realizó una recolección de muestra de suelo en un sitio y periodo específicos, siguiendo un procedimiento previamente establecido para su posterior análisis en laboratorio. Dicha muestra fue seleccionada con el propósito de representar las condiciones particulares del suelo en la zona de estudio. Para ello, se obtuvieron tres muestras compuestas, cada una con un peso aproximado de 1 a 2 kg, logrando un total de tres muestras de suelo destinadas a su evaluación (Peláez-Mora et al., 2022). La muestra estuvo conformada por 20 submuestras, recolectadas en todo el lote o área de muestreo en forma de zig zag. En cada caso, la extracción se realizó a una profundidad de 0 a 30 cm, con el fin de garantizar la representatividad del suelo en esa capa específica (Monge-Pérez et al., 2022). Los análisis de laboratorio permitieron la determinación de diversos parámetros fisicoquímicos, proporcionando información detallada sobre las características del suelo.

**Tabla 1.** Ubicación de puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas UTM (WGS84)	
	Este (m)	Norte (m)
M1	345672.93	8555021.5
M2	345689.48	8553417
M3	345491.41	8553725.5

En la Figura 2 y la Tabla 1 se identificaron tres puntos de muestreo en el fundo Tercer Mundo – UNDC. El primer punto de muestreo se ubicó en la latitud  $13^{\circ}4'01.20''S$  y longitud  $76^{\circ}25'24.20''O$ , con una altitud de 5 m s.n.m., correspondiendo a las coordenadas UTM este 345672.93 y norte 8555021.5. El segundo punto se localizó en la latitud  $13^{\circ}4'53.42''S$  y longitud  $76^{\circ}25'23.95''O$ , a una altitud de 7 m s.n.m., con coordenadas UTM este 345689.48 y norte 8553417. Finalmente, el tercer punto se estableció en la latitud  $13^{\circ}5'02.87''S$  y longitud  $76^{\circ}25'30.58''O$ , con una altitud de 8 m s.n.m. y coordenadas UTM este 345491.41 y norte 8553725.5.



**Figura 2.** Mapa con tres puntos de muestreo en el fundo Tercer Mundo de la UNDC, utilizando imágenes de Google Earth (2024).

### 2.3.- Preparación de Muestras

La preparación inicial de las muestras de suelo incluyó varios procedimientos. Al llegar al laboratorio, el material fue sometido a un proceso de secado, ya sea al sol o al aire, con el objetivo de facilitar su desagregación. Posteriormente, se realizó el tamizado mediante una malla #10, lo que permitió separar las partículas menores a 2 mm y eliminar posibles contaminantes (Carreta et al., 2021). Las muestras, una vez secadas y tamizadas, fueron empleadas en los análisis correspondientes del suelo.

### 2.4.- Análisis de Datos

Para el procesamiento de los datos, se empleó Excel en la gestión de la información, mientras que Infostat se utilizó para la elaboración de gráficos de biplot y el análisis de componente principal (ACP), con propósito en evaluar la variabilidad en las propiedades del suelo agrícola.

### 2.5.- Determinación fisicoquímica de los suelos

La determinación en los parámetros físicos del suelo incluyeron la medición de humedad (MES-018), la evaluación de la textura del suelo (MES-001) y el cálculo de la densidad real (MES-019).

En relación con las propiedades químicas, el pH se analizó por gravimetría (MES-005) y la conductividad eléctrica se determinó mediante el método electrométrico (MES-004). La materia orgánica fue cuantificada mediante el método de Walkley y Black (MES-007), mientras que el nitrógeno total se midió con un analizador de nitrógeno Leco (MES-008). La capacidad de intercambio catiónico y las bases intercambiables se evaluaron utilizando acetato de amonio como extractante (MES-10, MES-11, MES-12, MES-13). Asimismo, la concentración de calcio y magnesio se determinó mediante espectrofotometría de absorción atómica de llama (FAAS), siguiendo las normativas EPA 215.1 y EPA 242.1, respectivamente. Los cloruros fueron analizados a través del método argentométrico (SM 4500 CL-B), mientras que la cuantificación del boro se realizó por colorimetría (ISO 9390, 1990). El manganeso fue determinado por FAAS (EPA 242.1) y los nitratos mediante el método colorimétrico (MEA-001). Además, los carbonatos y bicarbonatos se evaluaron por volumetría (SM 2320 B), el potasio por FAAS (EPA 258.1) y el sodio por FAAS (EPA 273.1). El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) se obtuvo a través de un cálculo matemático (MES-015), mientras



que la concentración de sulfatos se determinó utilizando el método turbidimétrico (EPA 375.4).

### 2.7.- Análisis Estadístico

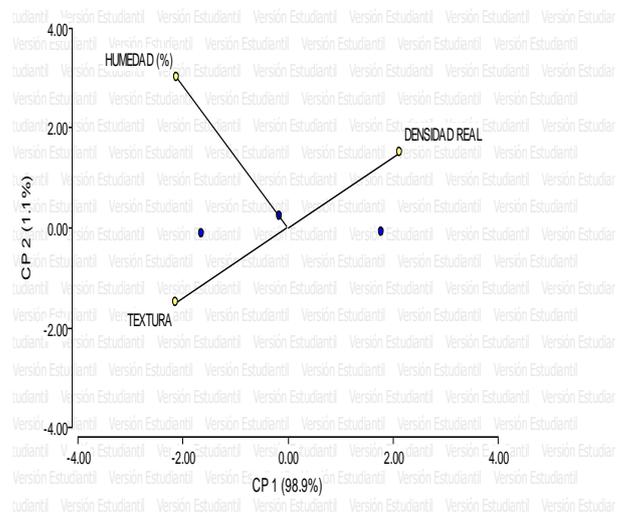
Los datos recolectados fueron procesados utilizando el software estadístico Infostat (2017), el cual permitió generar estadísticas descriptivas para evaluar la variabilidad de la salinidad en los suelos de los distritos estudiados. Los resultados obtenidos se compararon con los estándares agrícolas vigentes, lo que proporcionó una base sólida para identificar patrones significativos en la calidad del suelo.

### 3. Resultados y Discusiones

El análisis de los parámetros físicos del suelo investigado evidenció una textura predominante que correspondía a la categoría franco, caracterizada por una distribución equilibrada de arena, arcilla y limo (Tabla 2). Los porcentajes de estos componentes fueron representados gráficamente en el triángulo de textura del USDA, lo que confirmó la clasificación del suelo como franco. En el sitio estudiado, identificaron suelos con dicha textura, los cuales presentaron un contenido de arcilla inferior al 35-40 % y una proporción de arena menor al 50 %. Además, su estructura porosa equilibrada favoreció una adecuada aireación y drenaje, lo que contribuyó a su alta productividad agrícola (Márquez, 2021). Asimismo, la humedad del suelo se registró en un 36.48 % (Tabla 2), siendo un valor adecuado para favorecer tanto la retención de agua como la actividad agrícola. En este sentido, el contenido de humedad promedio fue de 24 kg/m<sup>2</sup> en Huancayo y 20 kg/m<sup>2</sup> en Pampas (Suazo et al., 2024). Por último, la densidad real del suelo alcanzó un valor de 1.3 g/cm<sup>3</sup> (Tabla 2), situándose en los rangos establecidos en suelos franco arenoso según la NOM-021 (2002). Se registraron valores de densidad real entre 1.21 y 1.40 g/cm<sup>3</sup>, con una diferencia de poco más de 1 g/cm<sup>3</sup> respecto a la densidad aparente. Además, se identificaron valores bajos de densidad real, los cuales, en conjunto con la baja humedad, podrían dificultar los procesos productivos debido a su relación con la fertilidad del suelo (Escobar Perea et al., 2021).

**Tabla 2.** Análisis Físico del suelo en el fundo Tercer Mundo de la UNDC.

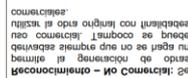
Componentes	Nivel ( 0 - 30cm)	Metodo Usado
Arena (%)	33.68	Bouyucu
Limo (%)	45.64	Bouyucu
Arcilla(%)	20.68	Bouyucu
Clase Textural	Franco	Triangulo Textural
Humedad (%)	36.48	Gravimetrico
Densidad real	1.3 g/cm <sup>3</sup>	Gravimetrico



**Figura 3.** Gráfico *biplot* de las propiedades físicas del suelo en tres sitios del fundo Tercer Mundo UNDC.

El análisis de componentes principales (ACP) (Figura 3) reveló que la totalidad de la variabilidad de los datos fue explicada por los componentes CP1 (98.9 %) y CP2 (1.1 %). Las variables con mayor influencia en CP1 fueron la textura y la humedad del suelo, las cuales mostraron correlaciones significativas que afectaron en la retención de nutrientes en suelos agrícolas.

Por otro lado, los parámetros químicos analizados (Tabla 3) evidenciaron la presencia de suelos salinos, con un pH promedio de 7.74, lo que los ubicó dentro del rango de suelos ligeramente alcalino a moderadamente alcalino. Este indicador se utilizó como clave en la disponibilidad y distribución en micronutrientes y macronutrientes. Asimismo, un pH ligeramente alcalino reflejó un exceso de sodio



intercambiable, cuya concentración, al incrementarse, desplazó a otros cationes del suelo (Yáñez Díaz et al., 2023). Este parámetro fue empleado como un indicador fundamental para evaluar la disponibilidad y distribución de micronutrientes y algunos macronutrientes.

Se encontró que el contenido en materia orgánica de suelo no volcánicos fue moderada, alcanzando un valor del 1.72 % (Tabla 3), lo que coincidió con suelos de naturaleza medianamente alcalina. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó el método Walkley-Black, el cual facilitó la evaluación de la calidad del suelo y permitió la formulación de planes de fertilización enfocados en los agricultores (Arévalo et al., 2023).

**Tabla 3.** Analisis Químico del suelo en el fundo Tercer Mundo de la UNDC

Componentes	Nivel (0 - 30cm)	Método Usado
Nitrógeno Total (%)	0.1	Leco
Fosforo disponible (ppm)	31	Olsen
Potasio disponible (ppm)	163.8	Acetato de Amonio
Materia orgánica (%)	1.72	Walkley y Black
C.E. (dS/m)	15.76	Electrométrico
pH	7.74	Electrométrico
<b>Cationes Cambiables</b>		Extractante: Ac. Amonio
Calcio (miliequivalentes/100 gr)	12.58	Adsorcion Atomica
Magnesio (miliequivalentes/100 gr)	2.63	Adsorcion Atomica
Sodio (miliequivalentes/100 gr)	2.03	Adsorcion Atomica
Potasio (miliequivalentes/100 gr)	0.42	Adsorcion Atomica
P.S.I (%)	11.49	Calculo Matemático
C.I.C.E (mEq/100 gr)	17.66	Calculo Matemático
<b>Sales disueltas</b>		
Cloruro (miliequivalentes/100 gr)	83.78	Argentometrico
Sulfato (miliequivalentes/100 gr)	39.42	Turbidímetro
Nitrato (miliequivalentes/100 gr)	56.22	Colorímetro
Carbonato (miliequivalentes/100 gr)	<0.02	Volumétrico
Bicarbonato (miliequivalentes/100 gr)	1.76	Volumétrico
Calcio (miliequivalentes/100 gr)	99.25	Adsorcion Atomica
Magnesio (miliequivalentes/100 gr)	33.12	Adsorcion Atomica
Sodio (miliequivalentes/100 gr)	46.27	Adsorcion Atomica
Potasio (miliequivalentes/100 gr)	0.68	Adsorcion Atomica
Boro (ppm *)	2	Colorímetro

**Leyenda:**

**(1/1):** Relacion masa del suelo/volumen de agua.

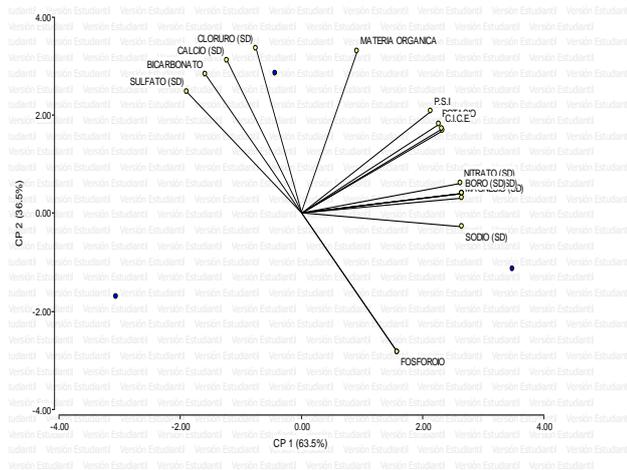
**% :** Masa/masa.

**ppm \*:** mg/L.

**P.S.I:** Porcentaje de sodio intercambiable

**ppm:** mg/kg.

**C.I.C.E.:** Capacidad de intercambio catiónico efectivo



**Figura 4.** Gráfico biplot de las propiedades químicas del suelo en tres sitios del fundo Tercer Mundo UNDC.

El análisis de componentes principales (ACP) (Figura 4) mostró que la variabilidad total de los datos fue explicada en su totalidad por los componentes CP1 (63.5 %) y CP2 (36.5 %). En el CP1, las variables con mayor influencia fueron la capacidad de intercambio catiónico, el calcio, el carbono orgánico y la materia orgánica, las cuales presentaron correlaciones significativas que impactaron en la actividad biológica del suelo.

Por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) mostró una relación estrecha con el pH y la concentración de sales en el suelo. Se registró un valor de 15.76 dS/m (Tabla 2), dentro del rango de 16 dS/m, lo que confirmó la presencia de salinidad. Este resultado reflejó la cantidad y composición de sales solubles, las cuales pudieron modificar la capacidad de intercambio de nutrientes como potasio, calcio y magnesio. A nivel global, los suelos salinos se identificaron principalmente en regiones áridas y semiáridas (L. Figueroa et al., 2023). La presencia de cloruros y sodio en el suelo (Tabla 3) mostró una relación directa con los valores de conductividad eléctrica (CE) y pH. Una elevada concentración de sales, especialmente NaCl, provocó un incremento en el pH y la CE, lo que alteró las propiedades del sodio y lo convirtió en un elemento potencialmente tóxico para las plantas. Este fenómeno se manifestó a través del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), que en el estudio alcanzó un valor del 11.49 % (Tabla 3). Un suelo fue clasificado como sódico cuando el PSI superó el 15 %, ya que este porcentaje representa la

fracción de la carga negativa de los coloides ocupada por el catión sodio. Tanto en suelos salinos como en sódicos, dicha condición pudo influir en el crecimiento vegetal y alterar la estructura e interacciones en la rizósfera (Beroisa et al., 2023).

Asimismo con microelementos, determinó en el cobre (Cu) tuvo una fijación química considerable en suelos alcalinos con pH elevado, lo que redujo su disponibilidad. Los resultados indicaron que las concentraciones de este micronutriente fueron bajas según la norma NOM-021. Diovisalvi et al. (2021) Se identificó una correlación positiva entre la biodisponibilidad del cobre (Cu), el contenido de materia orgánica y el pH del suelo. Se registraron concentraciones más bajas de Cu (10 ppm) en suelos con un pH superior a 8, mientras que en aquellos con un pH de 7, los valores fueron cercanos a 20 ppm. De manera similar, a pesar de ser uno de los micronutrientes más abundantes, el hierro (Fe) presentó una menor disponibilidad como consecuencia de los valores de pH. La disponibilidad de micronutrientes pudo limitar la producción agrícola, ya que la concentración de boro (B) y zinc (Zn) influyó en el rendimiento del cultivo. Naula et al. (2025) reportaron concentraciones de hierro (Fe) en suelo alcalino (pH > 8) cercanas a 9 ppm, valor significativamente inferior a la media de 39 ppm de hierro. Los resultados coincidieron en niveles extremadamente bajo de hierro registrados en suelos con un pH superior a 8 (Tabla 2). Debido a su importancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas, los micronutrientes desempeñaron funciones clave como catalizadores enzimáticos, componentes de la clorofila y factores que fortalecieron los tejidos vegetales.

Por su parte, el manganeso (Mn) presentó un comportamiento similar al hierro (Fe), participando en procesos fundamentales. Se analizaron procesos como la germinación del polen, el crecimiento del tubo polínico, la elongación celular en la raíz y la resistencia a patógenos. (Janampa Barrientos & Ramos Degregori, 2021). En suelos alcalinos y neutros con pH superior a 7, la biodisponibilidad de Mn disminuyó a 9 ppm, mientras que suelos con pH inferior a 7 alcanzó 15 ppm, lo que evidenció una relación negativa entre el aumento del pH y la disponibilidad de este elemento. Estos resultados



coincidieron con los presentados en la Tabla 3, donde en suelos con pH mayor a 8 la disponibilidad de Mn fue aún menor. En cuanto al zinc (Zn), su concentración se ubicó en niveles marginales (0.65 ppm) según la NOM-021, mostrando una relación con los valores de pH. La aplicación de micronutrientes en un pH adecuado favoreció el rendimiento del cultivo (Torrecillas et al., 2022). Se observó que el zinc (Zn) tuvo una mayor disponibilidad en suelos ácidos con pH inferior a 7, alcanzando valores cercanos a 7.8 ppm. En contraste, en suelo con pH superior a 8, las concentraciones de Zn fueron bajo a 3.2 ppm.

Por otro lado, el fósforo (P) (Tabla 3) alcanzó su mayor disponibilidad en suelo con pH cercano a 7, con valores de 31.00 ppm. Su concentración aumentó con la profundidad del perfil, alcanzando su punto máximo entre 0.15 y 0.30 cm, lo que reflejó la influencia de la actividad radical en la redistribución de nutrientes a mayores profundidades (Céspedes Flores et al., 2021). En el suelo analizado, donde el pH superó 8, la disponibilidad de fósforo fue marginal o baja, lo que pudo afectar la adsorción por las raíces de las plantas. En contraste, la disponibilidad de calcio (Ca) (99.25 mEq/L) y magnesio (Mg) (33.12 mEq/L) (Tabla 3) se encontró en niveles elevados, dado que los elementos alcanzan óptimo en ambientes alcalinos. La concentración de Ca generalmente varió entre 10 y 20 mEq/L, contribuyendo al incremento del pH por encima de 8. Además, el magnesio redujo el índice de plasticidad del suelo, mientras que el calcio fortaleció la pared celular de las plantas cultivadas (Cornejo Pari & Quispe Ccolla, 2021). De manera similar, el magnesio (Mg) mostró una mayor biodisponibilidad en suelos alcalinos, con concentraciones cercanas a 33.12 mEq/L en valores de pH superiores a 8.4 (García Gallegos et al., 2023).

## 5.- Conclusiones

Los resultados evidenciaron que el suelo presentó problemas de salinidad y una baja disponibilidad de ciertos nutrientes, principalmente como consecuencia de los valores de pH y conductividad eléctrica (CE). Se consideró fundamental la caracterización del suelo como un paso inicial para estudios más profundos sobre la rizósfera y recuperación de la fertilidad. . La importancia de esta

investigación se fundamentó en la relación entre la biodisponibilidad de micronutrientes y macronutrientes en función de las propiedades físicas y químicas del suelo, tales como el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la textura, entre otras. Estos hallazgos permitirían priorizar el manejo de determinadas zonas y optimizar el uso de insumos agrícolas, como los fertilizantes, evitando su desperdicio. Asimismo, la información obtenida proporcionaría a los productores una base técnica y científica que favorecería una agricultura sostenible, mejorando la eficiencia en el uso de recursos y aumentando la productividad agrícola en la región.

## Agradecimiento

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

## Declaración de consentimiento informado

Se recabó el consentimiento informado de todos los participantes involucrados en el estudio.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

## Referencias

- Arévalo, G. E., Sánchez-Amaya, J. M., & Guillen-Marquina, I. (2023). Estudio del contenido materia orgánica por dos métodos analíticos en suelos de Honduras. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1). <https://doi.org/10.15359/rca.57-1.11>
- Barcia, T. A. Z., Cevallos, J. C. M., Vivas, J. R. M., Almeida, J. A. A., & Macias, P. S. Z. (2025). Evaluación del efecto de la materia orgánica, iones sulfatos en suelos salinos en el crecimiento de (*Oriza sativa* L). *Revista Recursos Naturales Producción y Sostenibilidad*, 4(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.61236/renpys.v4i1.999>
- Beroisa, C., Kloster, N., & Iturri, L. A. (2023). Medición de cationes intercambiables en suelos



afectados por sales de la región semiárida pampeana. *Ciencia del Suelo*, 41(1), 185-195.  
[https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1850-20672023000100185](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-20672023000100185)

Carreta, A. P., Ortíz, R. S. M., Ortiz, T. de J. M., Balvanera, E. M., & Madrigal, V. I. C. (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), Artículo 2.  
<https://doi.org/10.19136/jeeos.a5n1.4551>

Cedeño-Coll, E. P., Dilas-Jiménez, J. O., & Carrillo-Zenteno, M. D. (2024). Cambios de algunas propiedades químicas en tres suelos salinos, tratados con cinco enmiendas cálcicas. *Agronomía Costarricense*, 48(1), 111-123.  
<https://doi.org/10.15517/rac.v48i1.59139>

Céspedes Flores, E., Rey Montoya, T. S., Mónaco, I. P., & Fernández López, C. (2021). Stock de fósforo, nitrógeno y carbono en suelo del Chaco semiárido con diferentes usos. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 41(2), 99-106.  
[https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2314-369X2021000200099](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2314-369X2021000200099)

Chiliquinga Claudio, V. A. (2024). *Determinación de las propiedades físicas y químicas del lote número 14 campus Salache mediante el uso de técnicas básicas del laboratorio de suelos 2023-2024*.  
<http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11723>

Cornejo Pari, J. C., & Quispe Colla, E. (2021). *Aplicación de óxido de calcio y cloruro de magnesio para mejorar capacidades físicas mecánicas de la subrasante, Circunvalación II, Juliaca*. Repositorio Institucional - UCV.  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73616>

Diovisalvi, N. V., Calvo, N. I. R., Boxler, M., & García, F. (2021). Relevamiento de calcio, magnesio, potasio y micronutrientes en zonas con diferente productividad de soja. *Ciencia del Suelo*, 39(1), 63-78.

[https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1850-20672021000100063](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1850-20672021000100063)

Escobar Perea, Y., Vargas Batis, B., Ramos García, Y. M., Rodríguez Suárez, E. J., Osoria, O. R., & Fonseca, R. R. (2021). Propiedades físicas del suelo en cuatro fincas suburbanas de Santiago de Cuba. *Centro Agrícola*, 48(2), 74-78.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0253-57852021000200074](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852021000200074)

Fan, J., Lv, Q., Zhou, T., Wang, T., Gao, H., Zhou, W., Ren, X., & Hu, S. (2025). Calcium lactate as a soil amendment: Mechanistic insights into its effect on salinity, alkalinity, and aggregation in saline-alkaline soils. *Soil and Tillage Research*, 248, 106459.  
<https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106459>

Figueroa, L., & Neaman, A. (2023). Salinos, pero ácidos: Una extraña combinación en suelos del valle de Lluta en el norte de Chile. *Idesia (Arica)*, 41(1), 133-137.  
<https://doi.org/10.4067/S0718-34292023000100133>

García Gallegos, E., Vázquez Cuecuecha, O. G., Guerra-De la Cruz, V., & Cocolletzi Pérez, F. J. (2023). Evaluación del efecto de obras de conservación en suelos forestales de Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(78), 34-57.  
<https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i78.1385>

Harris, M., Krizaj, C., Ventura, F., & Frezza, D. (2023). Crecimiento e indicadores de tolerancia a la salinidad de verdolaga de invierno (*Claytonia perfoliata* Donn ex Willd.). *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*, 39(1), 45-64.  
<https://doi.org/10.29393/chjaa39-5cim40005>

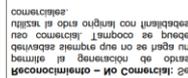
Janampa Barrientos, A. O., & Ramos Degregori, H. S. (2021). *Respuesta de la vid (Vitis vinifera) Var. Flame seedless a la aplicación de micronutrientes en el valle de Ica*.  
<https://hdl.handle.net/20.500.13028/4272>

Kong, W., Wang, W., Jiang, Y., Wang, G., Ma, F., & Wu, Y. (2024). Sorption of ciprofloxacin and enrofloxacin on alkaline cropland soil in semiarid regions: Roles of pH, ionic strength,



DOI: <https://doi.org/10.60091/ric.2024.v3n2.02>

- and ion type. *Journal of Environmental Management*, 365, 121565. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121565>
- Márquez, K. (2021). Caracterización de la textura de suelo en la subcuenca del río Zaratí para la evaluación del sistema de agua subterránea. *Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología – APANAC*, 271-277. <https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3203>
- Medina Litardo, R. C., García Bendezú, S. J., Carrillo Zenteno, M. D., Cobos Mora, F., & Parismoreno Rivas, L. L. (2023). Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(2). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num2\\_art:2812](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2812)
- Monge-Pérez, J. E., Loría-Coto, M., & Oreamuno-Fonseca, P. (2022). Efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes en pitahaya (*Hylocereus sp.*). *Cuadernos de Investigación UNED*, 14(1). <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3836>
- Naula, M. del R. G., Delgado, I. R., Iglesias, H. I. P., & Unda, S. A. B. (2025). Contenido de micronutrientes en un suelo *Inceptisol* bajo cultivo de cacao, maíz y bosque. *Polo del Conocimiento*, 10(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.23857/pc.v10i1.8792>
- Ortega-Escobar, H. M., Martínez-Rodríguez, O. G., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E., Bojórquez-Serrano, J. I., García-Paredes, J. D., Sánchez-Bernal, E. I., Madueño-Molina, A., & Mancilla-Villa, O. R. (2023). Caracterización de la salinidad en suelos de la planicie del río San Pedro, Nayarit, México. *Terra Latinoamericana*, 41. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1606>
- Peláez-Mora, R., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., & Villanueva-Díaz, J. (2022). Estructura forestal y análisis de suelos en un programa de pago por servicios ambientales en la cuenca del río Nazas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 87, Artículo 87. <https://doi.org/10.33064/icycaa2022873741>
- Pistocchi, C., Ragolini, G., Colla, V., Branca, T. A., Tozzini, C., & Romaniello, L. (2017). Exchangeable sodium percentage decrease in saline sodic soil after basic oxygen furnace slag application in a lysimeter trial. *Journal of Environmental Management*, 203, 896-906. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.007>
- Santoyo de la Cruz, M. F., Flores-Magdaleno, H., Khalil-Gardezi, A., Mancilla-Villa, Ó. R., & Rubiños-Panta, J. E. (2021). Composición iónica y comparación de índices de salinidad de suelo agrícola de Texcoco, México. *Nova Scientia*, 13(27). <https://doi.org/10.21640/ns.v13i27.2789>
- Suazo, J. M. A., Vasquez, R. A., Márquez, E. Y. C., Meza, C. L., Astocaza, L. L. H., & Humaní, M. L. C. (2024). Efecto del material particulado y humedad de suelo en Huancayo y Pampas/Perú. *Revista Alfa*, 8(24), Artículo 24. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.319>
- Torrecillas, M., Lavelli, F., & Stepien, E. G. (2022). Uso de micronutrientes como complemento de la nutrición en la siembra y post emergencia en sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Revista Científica y Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 9(1), Artículo 1. <http://servicios.ingenieria.unlz.edu.ar:8080/ojs/index.php/agrarias/article/view/91>
- Valverde, N. C., Blas Seminario, R., & Pinedo Taco, R. (2020). Caracterización de unidades de producción de camote (*Ipomoea batata*) en San Luis, Cañete. *Idesia (Arica)*, 38(3), 5-13. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000300005>
- Wang, H., She, D., Ding, J., Tang, S., Liu, J., & Xin, P. (2025). Isotropic compression behavior of salinized unsaturated agricultural soil: An experimental and constitutive investigation. *Soil and Tillage Research*, 245, 106314. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106314>



Wang, X., Zhu, H., Shutes, B., Cui, H., Hou, S., & Yan, B. (2024). Fertilization changes nitrogen and carbon concentrations in saline-alkali paddy soil and their relationship with gas emissions: An analysis from the perspective of functional genes. *Environmental Technology & Innovation*, 36, 103817. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103817>

Xia, M., Zhang, S., Xu, K., Zhang, C., & Wang, X. (2025). Synergistic effects of adsorption and photocatalysis in MIL-88A(Fe) catalyst for remediation of phenanthrene-contaminated saline-alkaline soils. *Applied Catalysis A: General*, 689, 120010. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2024.120010>

Yáñez Díaz, M. I., Cantú Silva, I., & Garza Ocañas, F. (2023). Efecto en las propiedades fisicoquímicas de un Regosol con cambios de uso de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 14(79), 58-79. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v14i79.1359>

Zhang, Y.-Y., Wu, W., & Liu, H. (2019). Factors affecting variations of soil pH in different horizons in hilly regions. *PLOS ONE*, 14(6), e0218563. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218563>