

Clasificación de suelos afectados por sales

Demis Andrade F. ¹; Edgar Gutiérrez R. ²; Alfredo Cáceres C. ³

¹ Docente Investigador FCAPyF - UMSS, ² Reconocimiento póstumo de coautoría;

³ Jefe de Laboratorio de Suelos – FCAPyF - UMSS

E - mail: d.andrade@umss.edu

Resumen. La salinidad, sodicidad y alcalinidad de suelo se relacionan con una elevada concentración de sales solubles, exceso de sodio intercambiable, y pH alto con dominancia de sales alcalinas, respectivamente. Los suelos afectados por sales se clasifican como salinos, salino-sódicos o sódicos según el sistema del *U.S. Salinity Lab* (USSL); y como salinos y alcalinos mediante el sistema de clasificación Alternativo, el cual incorpora las relaciones iónicas solubles al margen del porcentaje de sodio intercambiable (PSI), la conductividad eléctrica (CE) y el pH del suelo. Sin embargo, la categoría salino-sódica del sistema USSL resulta ambigua, dado que en la práctica los suelos afectados por sales son de naturaleza salina o sódica/alcalina, por tanto, esta ambigüedad puede generar sesgos en el manejo y la remediación de estos suelos mediante lavado y/o aplicación de enmiendas. En este estudio, se aplicaron ambos sistemas de clasificación para categorizar muestras de suelo del Valle Alto de Cochabamba, con el fin de comparar las diferencias entre las distribuciones de frecuencia generadas por cada sistema para la categorización de suelos afectados por sales y para la clasificación por salinidad/sodicidad. Se recomienda generar y validar un sistema alternativo de clasificación adaptado a las condiciones locales con el fin de contribuir a una identificación efectiva y eficiente en costos, y en consecuencia, a una adecuada remediación y manejo de suelos afectados por sales.

Palabras clave: Suelos salinos; suelos sódicos; suelos alcalinos; conductividad eléctrica; sodio intercambiable.

Abstract: Classification of salt-affected soils. Soil salinity, sodicity, and alkalinity are associated with high concentrations of soluble salts, excess exchangeable sodium, and high pH with a predominance of alkaline ion salts, respectively. Salt-affected soils are classified as saline, saline-sodic, and sodic according to the U.S. Salinity Lab (USSL) system; and as saline and alkaline using an Alternative classification system, which includes soluble ionic ratios in addition to the exchangeable sodium percentage (ESP), electrical conductivity (EC), and soil pH. However, the saline-sodic category of the USSL system is ambiguous, given that in practice, salt-affected soils are either saline or sodic/alkaline; therefore, this ambiguity can lead to biases in the management and remediation of these soils through leaching and/or the application of amendments. In this study, both classification systems were applied to categorize soil samples from the High Valley of Cochabamba with the aim of comparing the differences between the frequency distributions generated by each system for the salt-affected soil classes and for salinity/sodicity classification. It is recommended to develop and validate an alternative site-specific classification system to contribute to effective and cost-efficient identification and, consequently, to the proper remediation and management of salt-affected soils.

Keywords: Saline soils; Sodic soils; Alkaline soils; Electrical conductivity; Exchangeable sodium.

Introducción

La salinidad y la sodicidad de suelos, se originan debido a condiciones naturales y/o actividades antropogénicas, y afectan principalmente a las regiones áridas y semiáridas.

Los suelos salinos tienen un exceso de sales solubles, principalmente como iones de sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), bicarbonato (HCO_3^-), cloruro (Cl^-), carbonato (CO_3^{2-}), y sulfato (SO_4^{2-}), afectando el desarrollo de las raíces a través del efecto osmótico.

Los suelos sódicos tienen un exceso de sodio en el complejo de intercambio catiónico, así como en la solución del suelo, generando efectos adversos, tales como el incremento del pH del suelo, la pérdida de la estructura física del suelo y el deterioro de las relaciones suelo-agua, lo que a su vez genera erosión, compactación, escorrentía, encharcamiento, desequilibrios de nutrientes y toxicidad en las plantas (Stavi *et al.*, 2021; Andrade y Colinet, 2023).

Los niveles de salinidad en el suelo se representan a través de la conductividad electrolítica (CE) en el extracto saturado o en suspensiones suelo-agua. El nivel de sodicidad es usualmente expresado mediante el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) como la proporción de sodio en función de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) o de la suma de cationes intercambiables; asimismo, la relación de adsorción de sodio (RAS), calculada a partir de la concentración de sodio soluble relativo al ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) en solución de suelo (Richards *et al.*, 1954), se emplea para la sodicidad de forma indirecta y para el análisis de agua para riego/lavado.

Para remediar suelos salinos, se emplea el lavado del exceso de sales solubles y/o descenso del nivel freático, y la recuperación de suelos sódicos/alcalinos, implica la aplicación de enmiendas seguido de lavado para reducir el PSI del suelo.

Cabe mencionar que el término “alcalino” suele ser sinónimo de “sódico”, sin embargo, la sodicidad está más relacionada con el exceso de Na^+ y la alcalinidad con la dominancia de sales alcalinas con respecto a las neutras; al respecto McIntyre (1979) diferenció de manera simple los suelos sódicos de los alcalinos, a través del PSI y pH del suelo, respectivamente.

Los suelos alcalinos de regiones áridas y semiáridas -en general- presentan CaCO_3 libre, pH por encima de 8, y dominancia de Na^+ y $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ y muy bajo Ca^{2+} y Mg^{2+} como concentración de iones solubles; y en algunos casos, la materia orgánica se disuelve generando suelos oscuros debido a los recubrimientos orgánico-arcillosos en los agregados y superficie del suelo, causados por el pH alto que se incrementa linealmente en conjunto con el PSI (Chhabra, 2004; Gupta y Abrol, 1990).

Adicionalmente, Abrol *et al.* (1980), observaron que las sales solubles dominantes de los suelos alcalinos tienen capacidad de hidrólisis alcalina, lo que conduce a un aumento de la RAS debido a la precipitación del Ca^{2+} como CaCO_3 , mientras que los suelos salinos contienen sales solubles neutras como Cl^- y SO_4^{2-} de Na^+ , Ca^{2+} , y Mg^{2+} ; y también señalaron que la naturaleza de las sales solubles es un indicador más fiable que la CE_e para diferenciar los suelos alcalinos de los salinos.

La clasificación de suelos afectados por sales del *US Salinity Lab* - USSL (Richards *et al.*, 1954), genera cuatro categorías de suelos:

- ⇒ Salino: $PSI < 15\%$, $CE_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH < 8.5$
- ⇒ Salino-sódico: $PSI > 15\%$, $CE_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH < 8.5$
- ⇒ Sódico: $PSI > 15\%$, $CE_e < 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH > 8.5$
- ⇒ Normal: $PSI < 15\%$, $CE_e < 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH < 8.5$

El *Sistema Alternativo* de clasificación (Szabolcs, 1989; Chhabra, 2004) considera además de los umbrales de 4 dS m^{-1} para la CE_e y 15% para el PSI del suelo, la relación y el balance de las sales solubles neutras y alcalinas, generando tres categorías:

- ⇒ Salino: $PSI < 15\%$, $CE_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH < 8.2$, $(2CO_3^{2-} + HCO_3^-)/(Cl^- + 2SO_4^{2-})$ y $Na^+/(Cl^- + 2SO_4^{2-}) < 1$
- ⇒ Alcalino: $PSI > 15\%$, $CE_e < 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH > 8.2$, $(2CO_3^{2-} + HCO_3^-)/(Cl^- + 2SO_4^{2-})$ y/o $Na^+/(Cl^- + 2SO_4^{2-}) > 1$
- ⇒ Normal: $PSI < 15\%$, $CE_e < 4 \text{ dS m}^{-1}$, $pH < 8.2$, $(2CO_3^{2-} + HCO_3^-)/(Cl^- + 2SO_4^{2-})$ y $Na^+/(Cl^- + 2SO_4^{2-}) < 1$

La clasificación descrita por Rengasamy (2010), es análoga a la del USSL pero incluyendo los niveles de pH del suelo y un valor umbral de PSI de 6% , en función a los efectos adversos del sodio intercambiable sobre la estructura de suelos vertisoles, en los cuales el mineral de arcilla dominante es la esmectita, así como la montmorillonita en las regiones áridas y semiáridas, debido a que estas arcillas incrementan la sensibilidad a las condiciones sódicas y promueven la dis-

persión del suelo, incluso con un leve aumento del PSI debido a su mayor superficie específica en comparación con la illita y la caolinita (Isbell, 2002; Rengasamy, 2010; Shainberg & Letey, 1984).

El criterio de clasificación de la FAO es similar al del USSL, no obstante, considera un valor umbral de 8.2 para el pH, basándose en la conclusión de Abrol *et al.* (1980) quienes afirman que la precipitación de $CaCO_3$ comienza a un pH de 8.2 , como indicador de la formación de suelo alcalino, coincidiendo con Rengasamy (2016) quien asigna un valor umbral de pH 8 para la clasificación australiana, ya que a este nivel, los carbonatos dominan los aniones.

Entre otros sistemas, están los específicos para clasificar según el grado de salinidad (Richards *et al.*, 1954) y de sodicidad (Abrol *et al.*, 1988) a través de intervalos de CE_e y de PSI, respectivamente.

Si bien el sistema de clasificación de la USSL es de uso generalizado, la categoría de suelo salino-sódico de dicho método, genera alguna confusión afectando la adecuada identificación y clasificación de suelos afectados por sales, por ende, puede distorsionar la elección o la efectividad de la remediación y manejo de estos suelos.

Dicha confusión se debe a que el pH puede no necesariamente estar por encima del valor umbral de 8.5 y considerando que algunos suelos salino-sódicos o salinos con una RAS elevada, mantienen su estructura física e infiltración, generando una disminución simultánea de la CE_e y la RAS cuando son sometidos al lavado del exceso de sales solubles. Además, Chhabra (2004) establece que los suelos clasificados como salino-sódicos (según el sistema USSL) com-

prenden a su vez los suelos alcalinos formados *in situ* ($\text{pH} > 8.5$, $\text{PSI} > 15$ y $\text{CE}_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$), así como los suelos alcalinos con carbonatos sódicos residuales elevados ($> 2.5 \text{ mol m}^{-3}$), en aguas de riego ($\text{pH} > 8.5$, $\text{RAS} > 13$ y $\text{CE}_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$), y aquellos formados por influencia de napas freáticas superficiales con RAS elevada (pH de 7 a 8.5, $\text{RAS} > 13$ y $\text{CE}_e > 4 \text{ dS m}^{-1}$); en este contexto, la incorrecta categorización del suelo puede afectar el cálculo de los requerimientos de lavado para remover sales solubles y/o adición de enmiendas para reducir su PSI .

El *Sistema Alternativo* subsana en gran medida la ambigüedad de la categoría salino-sódico del sistema USSL, al omitir la misma incluyendo en el algoritmo de clasificación el criterio de las proporciones iónicas $(2\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) / (\text{Cl}^- + 2\text{SO}_4^{2-})$ y $\text{Na}^+ / (\text{Cl}^- + 2\text{SO}_4^{2-})$ en mol m^{-3} , siendo suelo alcalino (nátrico) cuando una o ambas proporciones es mayor a 1, o salino (sálico) si ambas proporciones son menores a 1.

El objetivo fue describir y comparar los sistemas de clasificación de suelos afectados por sales del USSL y *Alternativo*, empleando muestras de suelo del Valle Alto de Cochabamba, para ilustrar las diferencias generadas entre ambos sistemas en cuanto a distribuciones de frecuencias y categorías de suelo, con el fin de reducir el sesgo en su identificación y así contribuir a su manejo efectivo.

Materiales y métodos

El área de estudio es el Valle Alto de Cochabamba, enmarcada en los límites de latitud de $-17^\circ 29' 47.7''$ a $-17^\circ 39' 48.6''$

y longitud de $-66^\circ 5' 16.8''$ a $-65^\circ 45' 13.0''$, a una elevación media de $\sim 2750 \text{ msnm}$. El clima es semiárido, con una temperatura y precipitación media anual entre 15 – 16°C y 450 – 550 mm , respectivamente. Según la caracterización geomorfológica del área, la mayor parte de los suelos afectados por sales se encuentran en el paisaje de valle, con relieve formado por depresiones lagunares, facies aluvio-lagunares/lagunares, y relieve formado por llanuras lagunares (Metternicht y Zinck, 1997).

Se colectaron 135 muestras de suelo a una profundidad de $\sim 25 \text{ cm}$, como parte del muestreo para los estudios de Andrade-Foronda (2025) y Weber (2018). La localización y las clases texturales según el sistema USDA de las muestras, se representan en la Figura 1a y 1b, respectivamente. El pH y la CE_e del suelo fueron medidos en solución del extracto de pasta utilizando un medidor Oakton-PC-700. Las concentraciones de cationes y aniones solubles en los extractos de pasta saturada se determinaron siguiendo los procedimientos estándar de Richards *et al.* (1954) y *Espectrometría de Absorción Atómica* (EAA). Los cationes intercambiables se cuantificaron empleando el protocolo ISO 22171 a $\text{pH} 7$ modificado y a través de EAA. El PSI del suelo se calculó mediante la fórmula (1) propuesta por Qadir *et al.* (2007).

(1):

$$\text{PSI} = \left(\frac{\text{Na}^+}{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{Na}^+ + \text{K}^+} \right) 100$$

Donde, los cationes se expresan como concentración en $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

ambos sistemas y clasificación textural para complementar el análisis.

El software R v.4.1.3 (R Core Team, 2022) fue empleado para el análisis de datos. La clasificación de suelos afecta-

dos por sales se generó mediante la función “saltClass” modificada de la librería “soilassessment” (Omuto 2020), además de librerías adicionales para la preparación, análisis de datos y visualización de resultados.

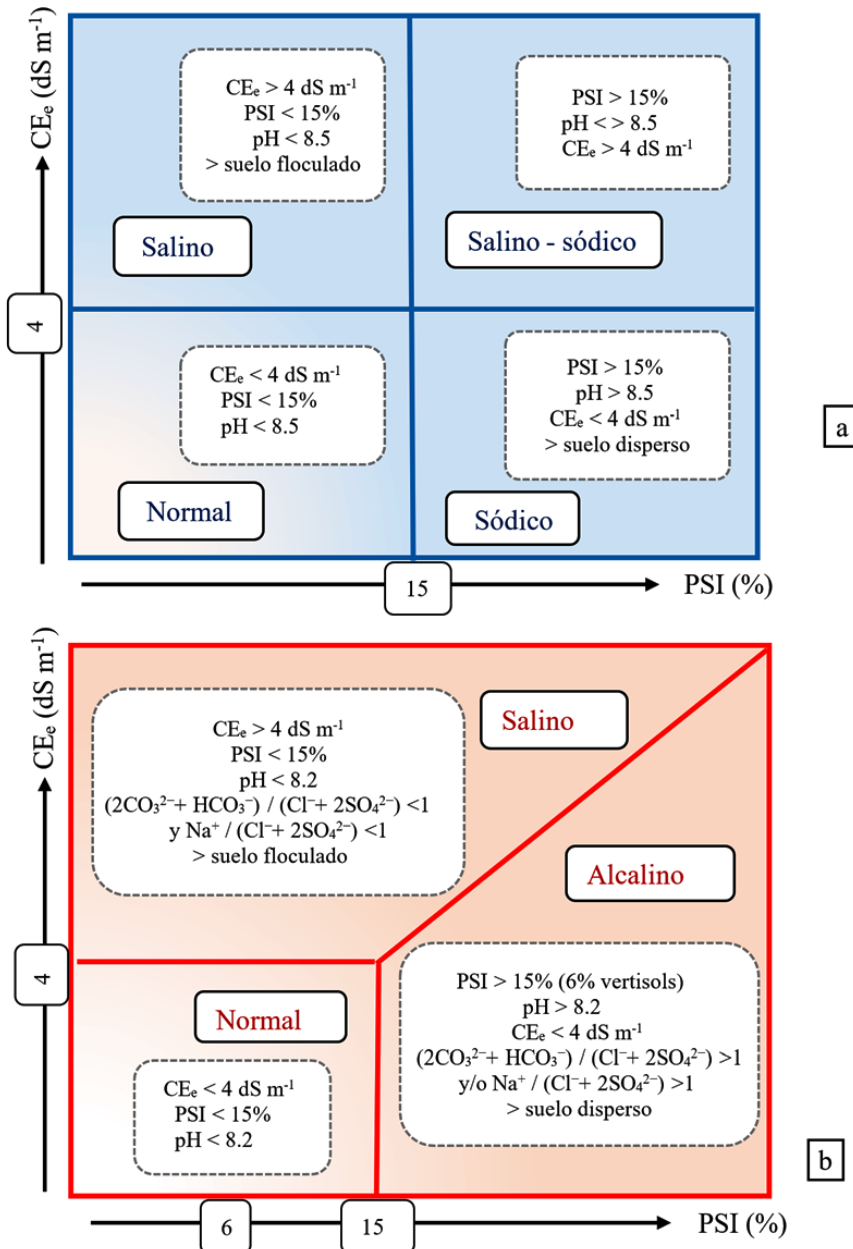


Figura 2. Ilustración gráfica del sistema USSL (Richards *et al.*, 1954) (a), y *Alternativo* (Chhabra, 2004; Szabolcs, 1989) (b), para la clasificación de suelos afectados por sales

Resultados y discusión

Las distribuciones de frecuencias de las muestras para las categorías del sistema de clasificación del USSL (Figura 3a) difieren de las mismas para las categorías del *Sistema Alternativo* (Figura 3b), incluso en las clases análogas (normal y salino), debido principalmente a que el *Sistema Alternativo* reclasifica la categoría de suelo salino-sódico (sistema USSL) mediante variables adicionales (iones solubles) y un menor umbral de pH. Estas diferencias se extrapolan a la distribución espacial de los suelos muestreados, lo cual puede incidir en la caracterización y mapeo inadecuado de suelos afectados por sales; y a la vez conllevan un posible sesgo en el eventual manejo y en la eficacia de la remediación de estos suelos.

Las distribuciones (Figura 3) también reflejan el desbalance generado por la baja cantidad de muestras de suelo de

tipo sódico/alcalino en comparación con las otras categorías.

La clasificación según niveles de salinidad del suelo (Figura 4 a y b) muestra diferencias evidentes entre las frecuencias obtenidas a partir de las clasificaciones USSL y *Alternativa*, principalmente para los suelos bajo los intervalos de 2 a 4 y de 4 a 8 dS m⁻¹, lo cual puede generar interpretaciones erróneas en cuanto al contenido de sales solubles en el suelo. Estas diferencias se deben, en mayor parte, a que algunas muestras de suelo salino están contenidas en la clase salino-sódica (sistema USSL) que a su vez origina una subestimación del conteo de suelos salinos previo a su reclasificación con la clasificación *Alternativa* que incluye el criterio adicional de la dominancia de sales neutras al margen del nivel de CE_e.

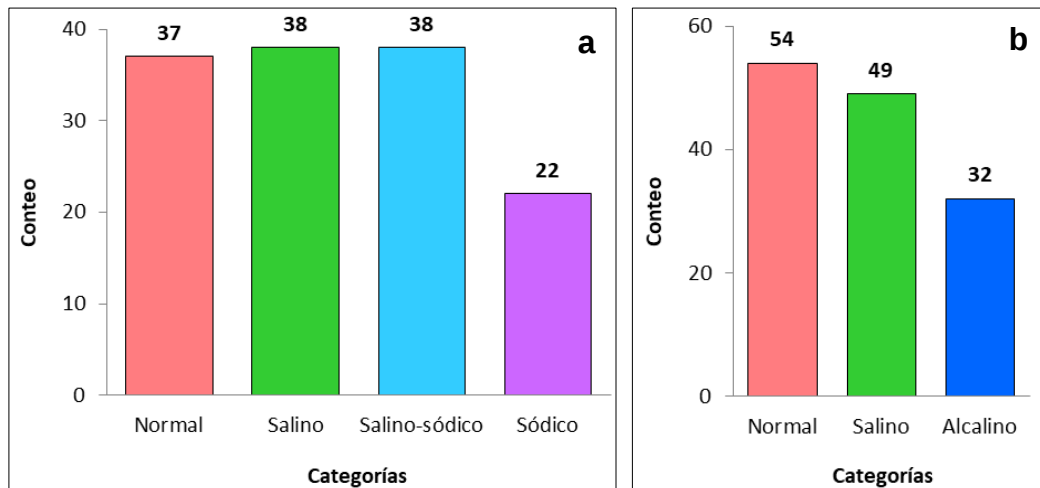


Figura 3. Distribución de frecuencias para las categorías de suelos afectados por sales según los sistemas de clasificación del USSL (a) y el *Alternativo* (b).

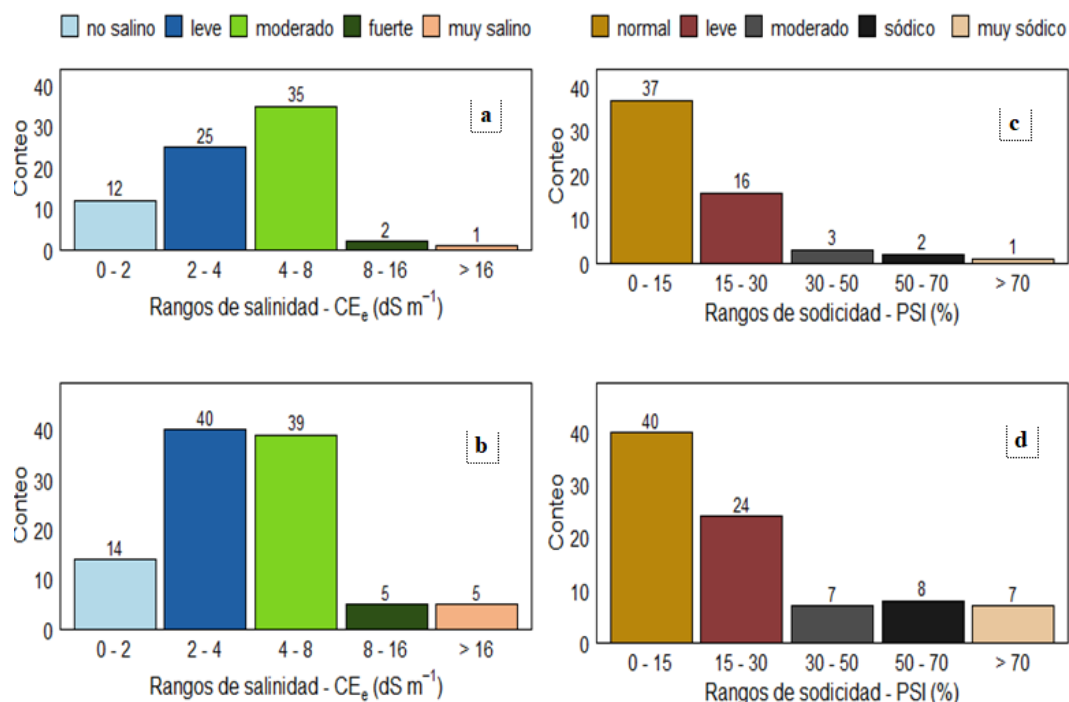


Figura 4. Clasificación de salinidad y sodicidad en base a los resultados de los sistemas de clasificación del USSL (a y c) y el Alternativo (b y d).

La clasificación según intervalos de sodicidad de suelo (Figura 4 c y d) refleja diferencias leves entre los recuentos generados a partir de ambos sistemas, en contraste con lo observado en la clasificación por salinidad (Figura 4 a y b), principalmente debido a la baja cantidad de muestras estrictamente sódicas/alcalinas lo cual tuvo escasa influencia en la reclasificación de las muestras salino-sódicas (sistema USSL) aplicando el criterio de dominancia de sodio y sales alcalinas sobre las sales neutras, del Sistema Alternativo.

Las diferencias entre ambos sistemas en cuanto a la sumatoria de muestras de suelo clasificadas para cada distribución (figuras 3 y 4) se deben a las clasificaciones omitidas como categorías atípicas a raíz de la insuficiencia para alcanzar los valores umbrales del algo-

ritmo de cada clasificación, probablemente a causa de errores inherentes en las mediciones de laboratorio.

En general, los resultados de los recuentos de las muestras de suelo por categorías de las clasificaciones del USSL y Alternativa presentan diferencias sustanciales, lo cual puede impactar adversamente en la identificación y remediación de estos suelos.

En ese sentido, el sistema de clasificación Alternativo facilita una categorización más precisa al omitir la categoría salino-sódica del sistema USSL al incluir en su criterio las relaciones iónicas, además del PSI, pH y CE_e del suelo; siendo que -según Chhabra (2004)-, si los suelos clasificados como salino-sódicos mediante el criterio del USSL tienen la relación $(2CO_3^{2-} + HCO_3^-) / (Cl^- + 2SO_4^{2-})$ y/o

$\text{Na}^+ / (\text{Cl}^- + 2\text{SO}_4^{2-})$ mayor a 1, deben ser remediados como suelos alcalinos, mediante la aplicación de enmiendas y posterior lavado para reducir el sodio intercambiable, ya que cuando son solo lavados para reducir el exceso de sales solubles, su pH y PSI aumentan, causando una disminución de la tasa de infiltración; mientras que si los suelos tienen ambas relaciones iónicas menores a 1, entonces, independientemente de su pH y RAS, deben ser tratados como suelos salinos, mediante lixiviación con agua no salina para disminuir tanto la RAS como la CE_e simultáneamente.

Considerando que una adecuada identificación del tipo de suelo afectado por sales es imprescindible para su remediación y manejo efectivo, y que en concordancia con Abrol *et al.* (1980) quienes afirman que la naturaleza de las sales solubles sería un parámetro más adecuado que la CE_e para diferenciar los suelos alcalinos de los salinos; se recomienda la adaptación y validación de un sistema de clasificación *Alternativo* de forma regionalizada, empleando modelos multivariados para predecir categorías de suelo y descartar algunas variables predictivas. No obstante, cabe resaltar que el criterio *Alternativo* requiere recursos adicionales de laboratorio.

Conclusiones

- Los suelos clasificados como salino-sódicos según el sistema del USSS, pueden generar confusión para fines de identificación y manejo; en ese sentido, la clasificación *Alternativa* considera la naturaleza neutra o alcalina de las sales solubles empleando las relaciones iónicas de $(2\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) / (\text{Cl}^- + 2\text{SO}_4^{2-})$ y $\text{Na}^+ / (\text{Cl}^- + 2\text{SO}_4^{2-})$ en mol m^{-3} , además del PSI, CE y pH, para generar las categorías de suelo salino y alcalino.
- Ambos sistemas fueron sometidos a un análisis comparativo con muestras de suelo del Valle Alto de Cochabamba. Se observaron diferencias notorias entre ambos sistemas para los conteos en las distribuciones de frecuencias de las categorías de suelos afectados por sales y para los rangos de clasificación por salinidad y sodicidad. Estas variaciones podrían generar sesgos en la identificación y eventual remediación de suelos afectados por sales en la zona de estudio.
- El estudio sugiere que la clasificación *Alternativa* es más adecuada que la del USSS, no obstante, requiere más recursos en laboratorio. Se recomienda realizar validaciones complementarias y desarrollar un criterio de clasificación adaptado a las condiciones locales.

Referencias citadas

- Abrol, I. P., Chhabra, R. K., y Gupta, R. K. (1980). A fresh look at the diagnostic criteria for sodic soils. *Proceedings of the International Symposium on Salt-Affected Soils* (pp. 142–147). Central Soil Salinity Research Institute.
- Abrol, I. P., Yadav, J. S., y Massoud, F. I. (1988). *Salt-affected soils and their management* (FAO Soils Bulletin No. 39). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Andrade-Foronda, D. (2025). *Characterization, prediction, and remediation of salt-affected soils in the High Valley of Cochabamba – Bolivia* [Doctoral dissertation, Université de Liège]. ORBi-University of Liège. <https://orbi.uliege.be/handle/2268/325556>
- Andrade-Foronda, D., y Colinet, G. (2023). Prediction of soil salinity/sodicity and salt-affected soil classes from soluble salt ions using machine learning algorithms. *Soil Systems*, 7(2) 47. <https://doi.org/10.3390/soilsystems7020047>
- Chhabra, R. (2004). Classification of salt-affected soils. *Arid Land Research and Management*, 19(1), 61–79. <https://doi.org/10.1080/15324980590887344>
- Gupta, R. K., y Abrol, I. P. (1990). Salt-affected soils: Their reclamation and management for crop production. R. Lal y B. A. Stewart (Eds.). *Advances in Soil Science* 11, 223–288. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3322-0>
- Isbell, R. F. (2002). *The Australian soil classification* (Ed. rev.). CSIRO Publishing.
- McIntyre, D. S. (1979). Exchangeable sodium, soil plasticity and hydraulic conductivity of some Australian soils. *Australian Journal of Soil Research*, 17, 115–120.
- Metternicht, G., y Zinck, J. A. (1997). Spatial discrimination of salt- and sodium-affected soil surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 18(12), 2571–2586. <https://doi.org/10.1080/014311697217486>
- Omuto, C. T. (2020). *Soil assessment: Assessment models for agriculture soil conditions and crop suitability* [Paquete de R]. Comprehensive R Archive Network (CRAN). <https://cran.r-project.org/web/packages/soilassessment/index.html>
- Qadir, M., Oster, J. D., Schubert, S., Noble, A. D., y Sahrawat, K. L. (2007). Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Advances in Agronomy* 96, 197–247. Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(07\)96006-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(07)96006-X)
- R Core Team. (2022). *R: A language and environment for statistical computing* [Software de computación]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613–620. <https://doi.org/10.1071/FP09249>
- Rengasamy, P. (2016). *Salt-affected soils in Australia*. CSIRO Publishing.

- Richards, L. A., Allison, L. E., Bernstein, C., Bower, C. A., Brown, J. W., Fireman, M., y Richards, W. P. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. United States Salinity Laboratory Staff, Agricultural Research Service.
- Shainberg, I., y Letey, J. (1984). Response of soils to sodic and saline conditions. *Hilgardia*, 52(2), 1–57. <https://doi.org/10.3733/hilg.v52n02p057>
- Stavi, I., Thevs, N., y Priori, S. (2021). Soil salinity and sodicity in drylands: A review of causes, effects, monitoring, and restoration measures. *Frontiers in Environmental Science*, 9, Artículo 712831. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.712831>
- Szabolcs, I. (1989). *Salt-affected soils*. CRC Press.
- Weber, A. (2018). *Identification des échelles spatiales et des facteurs de variations des sols et de leurs propriétés au sein de la vallée Alto de Cochabamba (Bolivie)*. [Master's thesis, Université de Liège]. MatheO. <https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/5035>

Agradecimientos

Los Autores manifestamos nuestro agradecimiento a la “Académie de recherche et d’enseignement supérieur” - ARES (Bélgica)