



RECOMENDACIONES PARA EL MÉTODO DE ANÁLISIS EN LA DETERMINACIÓN DE SALES SOLUBLES EN EL SUELO

Recommendations for the method of analysis in the determination of soluble salts in the soil

¹Alberto Hernández Jiménez^{1*}, ²Mario Valera Nualles², ³Marisol Morales Díaz³,
⁴Dagoberto López Pérez⁴, ⁵Yoania Ríos Rocafull⁵, ⁶Marisel Ortega García⁵

¹Departamento de Edafología y Nutrición de Plantas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Km 31/2, Carretera San José de las Lajas a Tapaste, Mayabeque, Cuba.

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba (MES).

³Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). Calle 188 #38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. E-mail: agroecosistemas@inifat.co.cu

⁴Finca La Rosita de la UJC Nacional, La Habana, Cuba. E-mail: dagobertolopez65@gmail.com

⁵Departamento de Recursos Microbianos y Productos Bioactivos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: dpagrobiotec@inifat.co.cu, mariselortega9@gmail.com

RESUMEN: En Cuba, la salinidad del suelo es una limitación para la producción de alimentos en la agricultura; por ello, en este estudio se toman en consideración los métodos de análisis para determinar el contenido de sales solubles en los suelos. En el Laboratorio de Análisis Químico de Suelos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) se utiliza el llamado método rápido. Sin embargo, internacionalmente se recomienda método de la pasta saturada como más efectivo. Teniendo en cuenta ese contraste en este trabajo se realizó el muestreo de áreas con suelos Gleysols, Vertisols y Solonchak en los cuales predomina la arcilla del tipo 2:1, y se determinó el contenido de sales por los dos métodos. Con esos resultados se calculó un coeficiente con el valor de 3,927 entre ambos métodos, de forma tal que se pueda determinar el contenido en sales del suelo por el método rápido; y con la aplicación del coeficiente, obtener un valor comparable al que aporta el método de la pasta saturada.

Palabras clave: Cuba, salinidad, suelos.

ABSTRACT: Soil salinity is a limiting factor for agricultural food production in Cuba. This study evaluates analytical methods for determining soluble salt content in soils. At the soil chemical analysis laboratory of the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), the rapid method is commonly used. However, the saturated paste method is internationally recommended as more effective. Considering this difference, soil samples were collected from areas with Gleysols, Vertisols, and Solonchak soils, which are predominantly composed of 2:1 type clay. Salt content was determined using both methods. Based on the results, a conversion coefficient of 3.927 was calculated between the two methods, allowing the rapid method to estimate salt content and, through the application of the coefficient, a value comparable to that provided by the saturated paste method can be obtained.

Key words: Cuba, salinity, soils.

*Correspondencia a: ahj@inca.edu.cu

Recibido: 11/06/2025

Aceptado: 08/09/2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Redacción-borrador inicial, Redacción -revisión y edición, Supervisión:** Alberto Hernández Jiménez. **Conceptualización, Curación de datos, Metodología:** Mario Valera Nualles. **Conceptualización, Curación de datos, Supervisión, Investigación:** Marisol Morales Díaz. **Curación de datos, Investigación:** Yoania Ríos Rocafull, Dagoberto López Pérez. **Curación de datos, Investigación, Redacción-revisión y edición, Supervisión:** Marisel Ortega García.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

El contenido alto de sales solubles en el suelo es un problema de relieve mundial, ya que más de 800 millones de hectáreas de suelos se encuentran afectados por altas concentraciones de sales (Fathizad *et al.*, 2020). Los mismos se localizan por lo general en regiones áridas y semiáridas (Zhang *et al.*, 2020), sometidos a prolongados períodos de sequía, que conllevan a la salinidad primaria. Es bien conocido que este fenómeno influye fuertemente en el rendimiento de los cultivos, ya que limita a las plantas en su capacidad de absorción de agua y en el crecimiento y desarrollo, lo cual repercute en su rendimiento (Minhas *et al.*, 2020), además, modifica negativamente las propiedades fisicoquímicas de los suelos (Flores *et al.*, 1996., Van de Craats *et al.*, 2020).

En la actualidad, a nivel mundial, más de un millón de hectáreas se encuentran afectadas por sales y de ellas el 14 % se localiza en zonas cultivadas (Abellón-Molina *et al.*, 2021). La alta concentración de estos compuestos en suelo, agua y aire, genera un desbalance en los ciclos biogeoquímicos y las cadenas tróficas de las zonas agrícolas (Mandal *et al.*, 2020). En países como Ecuador, se reportan suelos con problemas de alta salinidad (Litardo *et al.*, 2023) donde se siembran alrededor de 340 mil ha de arroz (Faostat, 2021); y de ellas, el 61 % se ubica en las provincias del Guayas, lo que deteriora la calidad de los suelos destinados a esas producciones.

En Cuba, muy pocos suelos muestran salinización primaria, entre ellos se encuentran principalmente las costas y manglares, y en algunos casos debido a relictos edáficos, el sureste de Holguín y el Valle de Guantánamo. No menos importante resulta la salinización secundaria, la que en su mayoría ocurre por la influencia del riego, sobre todo cuando se abusa de este sin drenajes adecuados. Esto ha provocado la salinización secundaria en suelos con relictos edáficos, en estas regiones, en la década de los años 80 (Hernández y Morales, 2001).

La abundancia de sales en el suelo puede causar problemas en su productividad, debido al efecto negativo que produce el potencial osmótico del agua en el suelo, lo cual obstaculiza su absorción y la dispersión de los iones. Induce también, toxicidad en las plantas, por excesos de Na, Cl, Mg y SO₄,

los que promueven los desbalances nutricionales, causas que combinadas afectan indudablemente a los cultivos (Cedeño-Coll *et al.*, 2024).

Sin embargo, el suelo es un recurso natural no renovable y la constante presión antropogénica a la que se someten, origina efectos negativos que perturban su equilibrio ecológico (Montatixe y Eche, 2021). Lo anterior demuestra la importancia que tiene el estudio de los suelos salinos en nuestro país, por lo que es fundamental realizar trabajos tanto de diagnóstico en campo como de técnicas de laboratorio para la determinación de su salinidad.

Para determinar el contenido de sales solubles en el suelo, en muchos laboratorios se utiliza el llamado método rápido o tradicional. Por ejemplo, en el laboratorio de Análisis Químicos del INCA se emplea este método, según el Manual de Paneque *et al.* (2000). Sin embargo, en la actualidad el método internacional de mayor uso es el de la pasta saturada; pero este último es más trabajoso y necesita mayor cantidad de muestra, por lo que resulta poco útil para trabajos de monitoreo en áreas grandes de 1 000 a 2 000 hectáreas.

Por lo anterior, en muchos casos se realiza un trabajo de cálculo del coeficiente entre los dos métodos para evaluar el contenido de sales solubles en una región determinada y el método de la pasta saturada se utiliza para investigaciones detalladas que incluyan el origen de la salinidad en los suelos y su composición.

Este trabajo tiene como objetivo calcular ese coeficiente en suelos salinos y salinizados de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudió el contenido en sales solubles de muestras tomadas en el horizonte superior del suelo en diferentes regiones: Guantánamo, Valle del Cauto, Ciénaga de Zapata y en un humedal en un suelo salino, situado en la desembocadura del río Guanabo, en provincia La Habana.

Para ello, se tomaron 19 muestras, a partir de la colecta de 10 g de suelo en diez puntos distintos en cada una de las áreas, distantes uno del otro y siguiendo un patrón de W o zig-zag, con los que se conformaron cuatro muestras compuestas por cada área (Bautista *et al.*, 2011). Todas las muestras se colocaron en bolsas de nailon bien marcadas y se trasladaron para su estudio.

Para determinar el contenido de las sales solubles se utilizaron dos métodos, el más frecuente es el denominado método rápido reportado por la FAO (2006) que consiste en tomar 20 gramos de la muestra de suelo, llevarlo a un beaker, añadir 30 mililitros de agua destilada y agitar durante 1 hora, a intervalos de 15 minutos. Al cabo de ese tiempo, filtrar y en el líquido filtrado se introduce un conductímetro, para determinar la conductividad eléctrica.

El otro método, de extracto de pasta saturada se utilizó anteriormente para las investigaciones de salinidad recomendado por la FAO y muchos textos dedicados a la edafología (Blum *et al.*, 2018; Hernández *et al.*, 2022). Según este método, se toman 50 gramos de la muestra de suelo para realizar una pasta. La misma se coloca en un kitasato y se filtra al vacío, a la solución filtrada se le introduce un conductímetro para determinar la conductividad eléctrica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Cuba, la problemática de la salinidad del suelo se abordó con cierta intensidad en la década de los años 80, cuando se evidenció la ocurrencia de un proceso de salinización secundaria en suelos agrícolas, principalmente en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y arroz (*Oryza sativa*) (Hernández *et al.*, 1982). Se pudo concretar que la causa fundamental de este proceso negativo fue el aumento indiscriminado de los volúmenes de riego sin control del drenaje, en regiones relativamente secas donde existían relictos edáficos salinos. A esto se une, la formación del suelo en un clima árido existente en el país durante la última glaciación del Wisconsin (Ortega y Arcia, 1982). Dentro de las regiones más afectadas se encontraban las llanuras del Cauto, el Valle de Guantánamo y algunas zonas costeras con clima relativamente seco, donde el promedio de lluvias anuales era menor a 1200 mm (Hernández *et al.*, 1982).

Como resultado de esta problemática se constituyeron dos comisiones científicas para los Valles de Guantánamo y del Cauto, presididas por la Academia de Ciencias de Cuba, las que lograron determinar las causas y las medidas a implementar para detener este proceso negativo, cada vez más creciente.

Hoy día, aún se mantienen estos estudios en Cuba, y se siguen lineamientos para la clasificación del contenido de sales en el suelo, como son los de la FAO (2006), adoptados en el Manual para la Descripción de Perfiles de suelos del INCA (Hernández *et al.*, 2022), la que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación del contenido en sales en los suelos

Categoría	Conductividad eléctrica en dS.m ⁻¹
No salinizado	< 0,75
Ligeramente salinizado	0,75 - 2
Moderadamente salinizado	2 - 4
Fuertemente salinizado	4 - 8
Muy fuertemente salinizado	8 - 15
Extremadamente salinizado	> 15

El método de la pasta tiene la desventaja que requiere de más tiempo y de una mayor cantidad de muestra de suelo, por lo que en muchos laboratorios se emplea con mayor frecuencia el método rápido, aunque este es menos certero y tiene menor reconocimiento internacional que el anterior.

No obstante, es importante para el estudio de monitoreo en áreas relativamente extensas para determinar el contenido de las sales en el suelo, por las posibles afectaciones a los cultivos. Ejemplo de ello, son las áreas costeras que se dedican por lo general a la siembra de arroz. En estos casos se determina el coeficiente entre ambos métodos y se aplica el rápido para realizar el monitoreo y permitir la toma de decisiones relativas a la producción agropecuaria en un menor periodo de tiempo.

Esta temática, en los últimos años (fundamentalmente, 2023 y 2024), se ha abordado por instituciones como el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT) y el INCA. En el INIFAT, los estudios de salinidad del suelo se enfatizan en regiones como el sur de Güira de Melena y Guantánamo, Valle del Cauto y Ciénega de Zapata, y el INCA ha trabajado en la región de Campo Florido hacia la desembocadura del río Guanabo.

En todos los casos los suelos en estudio son de textura arcillosa. Al sur de Güira de Melena; donde prevalecen los suelos Ferralíticos y Ferrálicos, con predominio de arcillas del tipo 1:1; y en las otras áreas estudiadas (Gleysoles vérticos,

Solonchaks y Vertisoles Pélicos gléyicos), todos con preponderancia de materiales arcillosos del tipo 2:1. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de las sales solubles (Tabla 2).

La comparación de los valores obtenidos por ambos métodos en cada muestra indica que el método de la pasta saturada es más adecuado para determinar el contenido de sales solubles del suelo, ya que por el método rápido no se extrae el contenido real de las mismas.

En ambos casos se ha obtenido un coeficiente entre los dos métodos. En el sur de Güira de Melena, el coeficiente de regresión es de 3,0, para suelos Ferralíticos y Ferrálicos, mientras que para el INCA es de 3,927 para suelos de composición sialítica (Tabla 3).

Estos resultados demuestran la posibilidad de aplicar el método rápido y transformar los resultados para compararlos con los obtenidos por el método

de la pasta saturada. Consisten en determinar estadísticamente el coeficiente por el cual deben ser multiplicados los valores obtenidos por el método rápido, según la composición textural y mineralógica del suelo en estudio.

CONCLUSIONES

Se demuestra que el método de la pasta saturada es más adecuado, para determinar el contenido de sales solubles del suelo, que el método rápido.

Se obtuvo un coeficiente de regresión entre los dos métodos, para suelos con predominio de arcilla del tipo 2:1, de 3,927.

RECOMENDACIONES

Incluir el método de la pasta saturada entre los métodos analíticos a utilizar en el Laboratorio de Análisis Químico del INCA. Para investigaciones específicas de la salinidad del suelo utilizar este método.

Tabla 2. Resultados obtenidos en el análisis de sales solubles del suelo (en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) por los dos métodos en regiones donde predominan suelos arcillosos con arcilla del tipo 2:1

No. Muestra	Lugar	Suelo	Método rápido	Método pasta saturada		
1	Ciénaga de Zapata. Prov. Matanzas	Gleysol Húmico salinizado	0,59	1,78		
2			0,82	2,88		
3			0,59	2,22		
4			0,77	1,89		
5	Valle del Cauto, Prov. Granma	Vertisol Pélico salinizado	0,31	0,98		
6			0,29	0,83		
7	Humedal en la desembocadura Río Guanabo, Prov. Habana	Solonchak hupersálico	13,2	47,1		
8			11,1	47,1		
9			11,7	52,5		
10			13,2	47,6		
11			11,8	47,1		
12			Terraza aluvial del río Guanabo, Prov. Habana	Clasificado como Gleysol salinizado debe ser Solonchak	5,0	17,9
13					5,2	18,6
14	5,3	17,5				
15			5,5	16,1		
16			4,2	17,5		
17			3,7	19,0		
18			4,2	19,0		
19			4,1	15,0		

Tabla 3. Cálculo del valor del coeficiente entre los dos métodos

Ecuación	Resumen Modelo					Parámetros estimados	
	R cuadrado	F	dF ₁	dF ₂	Sig	Constante	b ₁
Lineal	0,971	1221.437	1	36	ns	- 366	3,927

b₁: Coeficiente de regresión. ns: no significativa

Para trabajos de servicios científico-técnicos de diagnóstico de la salinidad del suelo, utilizar el método rápido y transformar los resultados mediante el coeficiente 3,927 para los suelos con predominio de arcilla 2:1, y por 3,0 para suelos con predominio de arcilla 1:1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abellón-Molina, M. I., Posada-Dacosta, M. D. G., Torres-Calzado, K., García-Reyes, R. A., Villazón-Gómez, J. A., y Velázquez-Sánchez, E. C. (2021). Remote Sensing of Salinity in Agroecosystem of Mayarí, at Holguín Province, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 30(1), 26-32. ISSN -1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- Bautista, F., Heydrich, S. C., y Cervantes, I. S. (2011). Suelos. En: Bautista F. (ed.) Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales [Internet]. 2da ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); 2011. p. 227-58. Disponible en: <http://bibliotecasibe.eco-sur.mx/sibe/book/000050337>.
- Blum, W. H., Schad, P., y Nortcliff, S. (2018). Essentials of Soil Science. Soil formation, functions, use and classification (World Reference Base, WRB). Borntraeger Science Publishers. Stuttgart 2918. ISBN: 978-3-443-01090-4. 171 p.
- Cedeño-Coll, E.P., Dilas-Jiménez J. O., y 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. ISSN:0377-9424 / 2024. Disponible en: www.mag.go.cr/revagr/index.htmlwww.cia.ucr.ac.cr
- FAO (2006). Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). Guidelines for Soil Description. Rome. 97 p.
- Faostat (2021). Food and Agriculture Organization statistical database (en línea, sitio web). Faostat. Consultado 5 ago. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Fathizad, H., Ali Hakimzadeh-Ardakani, M., Sodaiezadeh, H., Kerry, R., y Taghizadeh-Mehrjardi, R. (2020). Investigation of the spatial and temporal variation of soil salinity using random forests in the central desert of Iran. *Geoderma*, 365, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114233>.
- Flores Díaz, A., Gálvez Valcárcel, V., y Hernández Lara, O. (1996). Salinidad: Un nuevo concepto. Universidad de Colima, México e Instituto de Suelos de Cuba. ISBN: 968-8190-73-2, 157 p.
- Hernández, A. y Morales, M. (2001). Cambios Globales en los Suelos. Un nuevo paradigma para la agricultura y la Pedología en Cuba. Editado en CD. XIC Curso Internacional de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Chiapas. México, 8 p.
- Hernández, A., Torres, J. M., Obregón, A., y Ruiz, J. (1982). La regionalización geográfica de los suelos, escala 1:250 000 de la provincia de Guantánamo. Instituto de Suelos, Presentado al Fórum Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba.
- Hernández, A., Morales, M., Pérez Jiménez, J. M., y Cabrera A. (2022). *Manual para la descripción de perfiles de suelos de Cuba*. Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7258-14-8, 82 p.
- Litardo, R. C. M., Bendezú, S. J. G; Zenteno, M. D. C., Mora, F. C., y Rivas, L. L. P. (2023). Sistema de producción del cultivo de arroz en zonas con alta salinidad en suelos y agua. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 24(2): e2812. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2812
- Mandal, A., Sarkar, B., Mandal, S., Vithanage, M., Patra, A. K., y Manna, M. C. (2020). Impact of agrochemicals on soil health. En: *Agrochemical detection, treatment and remediation*. Kuhl, M. y Butterworth-Hinemann, L. (Ed.). Oxford. 161-187. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>.
- Montatixe Sánchez, C. I., Eche Enriquez, M. D. (2021). Degradación del suelo y desarrollo económico en la agricultura familiar de la parroquia Emilio María Terán, Píllaro. *Siembra*, 8: e1735. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i1.1735>
- Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., y Pereira, L. S. (2020). Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>
- Ortega, F. y Arcia, M. (1982). Determinación de las lluvias en Cuba durante la glaciación de Wisconsin, mediante los relictos edáficos. *Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio*. No.4, 87-104. Disponible en: http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/1983_Sastriques_Glaciacion de Wisconsin.

- Paneque, V. M., Calaña, J. M., Calderón, M., Borges, Y., Hernández, T., y Caruncho M. J. (2000). *Manual de Técnicas de Analíticas para Análisis de Suelos, Foliar, Abonos Orgánicos y Fertilizantes Químicos*. Folleto impreso en Word. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba (INCA). Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. 82 págs.
- Van de Craats, D., van der Zee, S. E. A. T. M., Sui, C., van Asten, P. J. A., Cornelissen, P., y Leijnse, A. (2020). Soil sodicity originating from marginal groundwater. *Vadose Zone Journal*, 19(1), 1-14. <https://doi.org/10.1002/vzj2.20010>
- Zhang, H., Pang, H., Zhao, Y., Lu, C., Liu, N., Zhang, X., y Li, Y. (2020). Water and salt exchange flux and mechanism in dry saline soil amended with buried straw of varying thicknesses. *Geoderma*, 365. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114213>