

Interferencia de cloruros en la determinación del carbono orgánico en suelos agrícolas

Isabel Arrieche Luna¹, Magaly Ruiz Dager² y Marianela León Rodríguez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-YARACUY).

²Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERG), San Juan de los Morros

ieluna99@hotmail.com; magaruizdager@gmail.com; m_leon@inia.gob.ve

Resumen

Se evaluó la interferencia del cloruro en la determinación del carbono orgánico (CO) por digestión húmeda y la relación entre el contenido de este ión y la conductividad eléctrica (CE) en suelos agrícolas. Se escogieron cuatro muestras con diferentes niveles de CO y se establecieron cuatro niveles de cloruros: 0, 100, 200 y 400 mg.Kg⁻¹ Cl. Se prepararon pastas saturadas con las muestras. A cada pasta se le determinó el CO, la concentración de cloruro por titulación con AgNO₃ y la CE por potenciometría. Se demostró que la presencia de cloruros entre 0 y 500 mg.kg⁻¹ no interfiere en la determinación de CO. Por tanto, no se considera necesario eliminar la interferencia por cloruros en muestras de suelos agrícolas dentro del rango evaluado. Los valores de CE asociados al nivel de cloruro resultaron un indicativo cualitativo para estimar la confiabilidad de los datos obtenidos con respecto a este ión.

Palabras clave: análisis de suelo, materia orgánica, Walkley-Black, interferencias analíticas, cloruro, conductividad eléctrica.

Chloride Interference in Determining Organic Carbon in Agricultural Soils

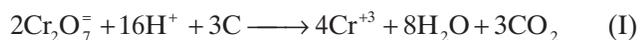
Abstract

Chloride interference in the determination of organic carbon (OC) by wet digestion and the relationship between chloride content and electrical conductivity (EC) in agricultural soils were evaluated. Four soil samples with different OC levels were chosen. Four chloride levels, 0, 100, 200, 400 mg Kg⁻¹Cl, were established and saturated soil pastes were prepared from the samples. For each soil paste, the following properties were determined: OC content, chloride by titration with AgNO₃ and EC by potentiometry. It was shown that the presence of chloride between 0 and 500 mg kg⁻¹ does not interfere with OC determination. Therefore, it is not considered necessary to eliminate interference by soil chlorides in agricultural soils within the evaluated range. The EC values associated with the chloride level were a qualitative indicator for estimating reliability of the obtained data with regard to this ion.

Keywords: soil analysis, organic matter, Walkley-Black, analytical interferences, chloride, electrical conductivity.

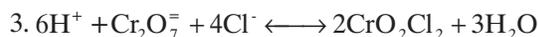
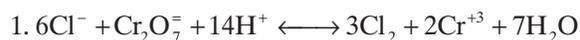
Introducción

En la mayoría de los laboratorios de análisis de suelos la determinación de la materia orgánica (MO) se efectúa por el método de Walkley y Black [18], que consiste en una oxidación parcial del carbono orgánico por la adición de una mezcla ácida de dicromato de potasio, sin aplicación externa de calor, en la cual se da la siguiente reacción:



El exceso de dicromato de potasio que no reacciona con el carbono orgánico, generalmente se valora con sulfato ferroso amoniacal, o se mide la intensidad del color del ión cromo III generado en la reacción en un espectrofotómetro ultra violeta y visible. Dado las características y composición de los suelos, es factible que en la reacción (I) intervengan otros elementos tales como el cloro, hierro y aluminio, provocando una sub o sobre estimación de la cantidad de carbono orgánico existente en ese suelo. El hierro (Fe⁺²) conduce a una sobre estimación en el contenido de la materia orgánica del suelo, la cual puede ser eliminada mediante el secado de las muestras de suelos al aire para propiciar la oxidación del Fe⁺² a Fe⁺³ y así minimizar la cantidad de Fe⁺² presente [15]. Además del Cl⁻¹ y el Fe⁺², Carreira [2] menciona al ión nitrato como interfe-

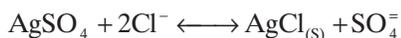
rente en el método de cuantificación del CO. McLead [9], establece que la interferencia de los nitratos y carbonatos es solo significativa con concentraciones que excedan al 5 y 50% respectivamente. El ión cloruro tiene tres posibles reacciones químicas con el dicromato de potasio en medio ácido [5].



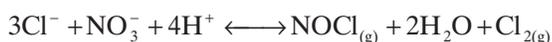
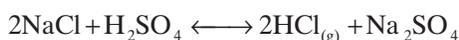
En el caso particular de la reacción 1, el ion cloruro reacciona con el dicromato para producir Cr⁺³. Si la determinación del carbono orgánico se realiza por colorimetría a través de la medición de la intensidad del color verde del Cr⁺³, el resultado obtenido será mayor que el verdadero, ya que el valor de la absorbancia corresponderá a la contribución de los iones provenientes de la oxidación del carbono orgánico más la del cloruro. En suelos salinos, esta interferencia produce una sobrestimación en el valor de la materia orgánica, dado que el cloruro consume dicromato en una relación estequiométrica (Cl:Cr₂O₇⁼): 4:1 [1]. Si además de la reacción 1 ocurriesen las reacciones 2 y 3, la cuantificación del carbono orgánico por titulación con sulfato ferroso amoniacal, se vería afectada por el mayor con-

sumo de $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$, luego los valores de materia orgánica obtenidos serían más bajos que los verdaderos.

El exceso de cloruro puede ser removido mediante su precipitación como cloruro de plata AgCl por la adición de AgSO_4 al ácido sulfúrico concentrado utilizado durante el proceso de digestión [14], según la reacción química:



El AgCl formado es muy estable, lo que impide la reacción del cloruro con el dicromato. Figueroa *et al.* [6] propusieron una alternativa de eliminación del cloruro mediante un procedimiento que consiste en el precalentamiento de las muestras de suelos, para propiciar la generación de compuestos gaseosos que lleven en su molécula los átomos de cloro, de tal forma que estos sean separados del suelo al formar una fase gaseosa independiente de la matriz. El procedimiento se basa en las siguientes reacciones:



La segunda reacción es descrita por Mubarak *et al.* [10]. En ambas reacciones el calor favorece la formación de los gases que contienen cloro. Los autores obtuvieron resultados satisfactorios para suelos áridos de Chile, con un rango amplio de concentración de cloruro comprendido entre 61,6 y 4954 ppm. Aguirre *et al.* [1], realizaron un estudio donde optimizaron el análisis químico del carbono orgánico de los suelos, eliminando la interferencia de Cl^- de la oxidación crómica, vía húmeda, usando un medio menos oxidante como el sistema crómico $\text{HCrO}_4^-/\text{H}_2\text{SO}_4$, en lugar del sistema dicrómico $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}/\text{H}_2\text{SO}_4$, y aunque concluyen que es efectiva la disminución de la interferencia con la adición de los agentes complejantes de Ag^+ o Hg^{2+} , estos son de dudosa recomendación por los problemas asociados a la contaminación. Otras investigaciones han utilizado el sulfato de mercurio para eliminar la interferencia del cloruro en la determinación del carbono orgánico [13, 6]. En los estudios anteriores, las alternativas para eliminar las interferencias debidas al cloruro, involucran un mayor consumo de reactivos, de tiempo e incremento de riesgos para el analista dentro del laboratorio, además de contribuir a la contaminación del ambiente.

El cloro se encuentra en los suelos bajo la forma de cloruros en cantidades que pueden variar dentro de un amplio margen, entre 0 y 1000 kg Cl^-/ha , esto va a depender de las sales solubles presentes, específicamente NaCl y en menor proporción CaCl_2 y MgCl_2 . En otros casos, pueden alcanzarse cifras superiores al límite indicado, tal como

ocurre en suelos cercanos a los mares y océanos con un nivel freático bajo; y aquellos tratados con aguas con alto contenido en cloruro y poco drenaje, donde puedan almacenarse fácilmente. Por otro lado, en un suelo incluso rico en cloruros, pero con macro porosidad importante, la planta asimila poco cloro. Los suelos arcillosos pobres en cloruros y con baja porosidad, proporcionan mas cloro a la planta [11].

Chapman [4] señalan que en suelos agrícolas, es normal encontrar valores de cloruros comprendido entre 10 y 300 $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ Cl^- , asimismo establecen como satisfactorio para la mayoría de las plantas un rango de menos de 10 a 75 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cl , y como gama excesiva entre 100 y 200 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Cl . De acuerdo a Casanova [3], las deficiencias de cloro en las plantas son difíciles de observar, por cuanto menos de 2 ppm de cloro en solución de suelo son suficiente para satisfacer las demandas de las plantas, así que los excesos de cloro tienden a ser más frecuentes que sus deficiencias, debido principalmente a la salinización producto de las aguas de riego. Esto afecta especialmente a cultivos como el tomate y la papa, por lo que en las recomendaciones de fertilización potásica se recomienda la fuente de sulfato en vez de cloruro.

Es importante destacar que en los laboratorios de rutina donde se trabaja con numerosas muestras, la determinación de cloruros como análisis diario para conocer sí este incide sobre el resultado del contenido de materia orgánica, retrasaría los diagnósticos y resultados analíticos, por lo que se requiere conocer en que rango el cloro influye en su valor.

El ión cloruro en el suelo está asociado a distintos cationes como sodio, potasio, calcio y magnesio, procedentes de la meteorización de las rocas, aguas de riego y fertilización mineral. La concentración de estas sales solubles generalmente se evalúa en el laboratorio como parte del conjunto de los análisis de rutina, por medio de la determinación de la conductividad eléctrica del extracto del suelo. Por lo tanto, el valor de este parámetro probablemente permitiría inferir sobre la confiabilidad de los resultados de los análisis del carbono orgánico obtenidos por el método de combustión húmeda, al considerar la asociación existente entre la concentración de cloruro y la conductividad eléctrica del suelo.

Con la finalidad de comprobar si en la cuantificación del carbono orgánico por combustión húmeda, interfieren los iones cloruro presentes en suelos agrícolas venezolanos, se evaluó la variación del contenido de materia orgánica en suelos con concentraciones de cloruro comprendidos entre 0 y 500 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, y la relación existente entre los niveles de cloruro y la conductividad eléctrica.

Materiales y métodos

Se escogieron cuatro muestras de suelos (M1, M2, M3 y M4), caracterizadas principalmente por sus contenidos de materia orgánica, bajo (M1), medio (M2 y M3) y alto (M4); según la clasificación de Gilabert *et al.* [7]. Se establecieron cuatro niveles de cloruros para la experiencia: N1 (0 mg.Kg⁻¹ Cl); N2 (100 mg.Kg⁻¹ Cl); N3 (200 mg.Kg⁻¹ Cl) y N4 (400 mg.Kg⁻¹ Cl). En el laboratorio se prepararon soluciones de 100, 200 y 400 mg.L⁻¹ de cloruros, a partir de una solución patrón de 1000 mg.L⁻¹, obtenida pesando 1,6478 ± 0,0001 g de un estándar primario de cloruro de sodio disueltos y enrasados en un litro de agua desionizada.

Para cada nivel de cloruro, se prepararon dos pastas saturadas (Pasta 1 y Pasta 2), por muestra, con 50 g de suelo y 50 mL de la solución de cloruro de sodio correspondiente. Esto generó un total de 8 pastas por cada muestra, en total 32 muestras, las cuales fueron secadas al aire.

A cada pasta se le determinó en el laboratorio por cuadruplicado, el contenido de materia orgánica por el método Walkley [18] midiendo la intensidad del color del ión cromo III generado en la reacción por colorimetría a una longitud de onda de 590 nm en espectrofotómetro modelo Génesys 10 UV; cloruros por valoración con AgNO₃ 0,1 M [16] y la CE en extracto 1:5 [12]. El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa STATISTIX [17] para Windows versión 8.0.

Resultados y discusión

Las características físicas y químicas de los suelos utilizados se presentan en la Tabla 1. Se aprecia que son suelos: franco arenoso (M1), franco arcillo arenoso (M2), franco arcillo limoso (M3) y franco (M4); con contenidos bajos (M1) y medios (M2, M3 y M4) en fósforo; de medio (M1 y

M4) a altos (M2 y M3) en potasio y altos contenido de calcio. De acuerdo a los valores de pH son suelos alcalinos (M1) y neutros (M2, M3 y M4). Además presentan valores bajos de CE en todos los casos, de acuerdo a los criterios generalmente utilizados en suelos venezolanos con fines de fertilidad [7].

Al comparar los resultados correspondientes al contenido de cloruro y de materia orgánica entre las dos pastas (1 y 2) por muestra, se evidencia que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre ellas (Tabla 2).

Al no existir diferencias significativas entre pastas, se consideraron un total de 8 repeticiones de cada parámetro evaluado por nivel de cloruro, por muestra, en vez de 4 repeticiones como inicialmente se había planteado.

El coeficiente de variación (CV), que proporciona una visión más clara de la calidad de los datos analíticos, fluctuó para los resultados de la materia orgánica entre 0,8% y 6,4% (Tabla 3).

Los valores más altos se correspondieron con las muestras de menor contenido en materia orgánica, aunque desde el punto de vista de interpretación agronómica no hay cambios en el diagnóstico de fertilidad en los valores de materia orgánica del suelo, igual tendencia encontraron Figueroa *et al.* [6]. Los %CV fueron disminuyendo cuando los contenidos de materia orgánica eran superiores a 1%, resultado que coincide con el de Matus *et al.* [8]. El análisis de varianza (ANAVAR), señaló que no existen diferencias significativas en el contenido de materia orgánica respecto a los niveles de cloruro en el suelo.

En el caso del cloruro, el CV osciló entre 0,6% y 7,6% (Tabla 4).

Los valores de conductividad eléctrica variaron entre 0,07 y 0,86 dS.m⁻¹, con un coeficiente de variación comprendido entre 0,001% y 10% (Tabla 5).

Tabla 1. Características físicas y químicas de los suelos.

Parámetros	Suelos			
	M1	M2	M3	M4
Arena %	74,4	51,6	13,2	35,2
Limo %	17,6	22,8	51,2	43,2
Arcilla %	8,0	25,6	35,6	21,6
Clasificación textural	Fa	FAa	FAL	F
Fósforo(mg.Kg ⁻¹)	3	12	16	15
Potasio (mg.Kg ⁻¹)	80	117	221	77
Calcio (mg.Kg ⁻¹)	>2000	1992	1476	1566
pH	7,7	6,7	6,9	6,4
Conductividad Eléctrica (dS.m ⁻¹)	0,16	0,68	0,07	0,07

Tabla 2. Comparación de medias entre pastas para las determinaciones de cloruros y materia orgánica por muestra.

Parámetros	Pasta	Muestra			
		M1	M2	M3	M4
Materia orgánica (%)	1	0,446	1,336	2,169	3,836
	2	0,450	1,330	2,152	3,769
	Significancia estadística (p)	0,09	0,06	0,49	0,25*
Cloruros (mg.Kg ⁻¹)	1	220	262	221	230
	2	224	262	227	226
	Significancia estadística (p)	0,54*	0,94*	0,70*	0,83*

p ≥ 0,05 no hay diferencias significativas entre las medias. *Prueba Kruskal Wallis (no paramétrico).

Tabla 3. Promedio de materia orgánica por muestra y nivel de cloruros.

Nivel de cloruro	Estadístico	Materia orgánica (%)			
		M1	M2	M3	M4
N1	$\mu \pm \alpha$	0,47 ± 0,03 ^a	1,34 ± 0,02 ^a	2,10 ± 0,05 ^a	3,74 ± 0,03 ^a
	CV (%)	6,4	1,8	2,2	0,8
N2	$\mu \pm \alpha$	0,45 ± 0,03 ^a	1,33 ± 0,03 ^a	2,22 ± 0,07 ^a	3,75 ± 0,07 ^a
	CV (%)	6,3	2,6	3,1	1,9
N3	$\mu \pm \alpha$	0,43 ± 0,02 ^a	1,33 ± 0,03 ^a	2,15 ± 0,06 ^a	3,84 ± 0,08 ^a
	CV (%)	4,7	2,0	2,9	2,2
N4	$\mu \pm \alpha$	0,45 ± 0,02 ^a	1,33 ± 0,03 ^a	2,17 ± 0,05 ^a	3,88 ± 0,09 ^a
	CV (%)	4,7	2,1	2,2	2,4

En cada columna, medias seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes (p < 0,05) según la prueba de medias de Tuckey para M1, M2 y M3 y Prueba Kruskal Wallis (no paramétrico) para M4. α : Desviación estándar.

Tabla 4. Promedio de cloruros por muestra y nivel de cloruro.

Nivel de cloruro	Estadístico	Cloruros (mg.Kg ⁻¹)			
		M1	M2	M3	M4
N1	$\mu \pm \alpha$	57,8 ± 2,6	42,3 ± 1,1	53,0 ± 3,9	59,3 ± 2,5
	CV (%)	4,6	2,6	7,4	4,2
N2	$\mu \pm \alpha$	143,6 ± 6,9	205,4 ± 7,5	146,9 ± 3,6	150,7 ± 11,5
	CV (%)	4,8	3,7	2,4	7,6
N3	$\mu \pm \alpha$	251,2 ± 2,8	308,9 ± 4,8	248,3 ± 4,0	248,2 ± 2,9
	CV (%)	1,1	1,5	1,6	1,2
N4	$\mu \pm \alpha$	434,5 ± 2,7	491,2 ± 8,2	447,4 ± 10,1	455,3 ± 24,0
	CV (%)	0,6	1,7	2,3	5,3

α : Desviación estándar.

Esta variabilidad analítica es aceptable en ambos parámetros, ya que depende del procedimiento seguido para cada determinación, en el que influyen los instrumentos de medidas, el método propiamente dicho, las condiciones ambientales, entre otros [16].

En la Figura 1, se aprecia la variación del contenido de la materia orgánica en función del incremento de los cloruros en el suelo por muestra.

En todos los casos se observa que la cantidad de materia orgánica no varía, en un rango comprendido entre 0,4 a

Tabla 5. Promedio de conductividad eléctrica por muestra y nivel de cloruro.

Nivel de cloruro	Estadístico	Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹)			
		M1	M2	M3	M4
N1	$\mu \pm \alpha$	0,130 ± 0,001	0,640 ± 0,013	0,078 ± 0,009	0,070 ± 0,001
	CV (%)	0,1	2,0	10,4	0,1
N2	$\mu \pm \alpha$	0,195 ± 0,009	0,652 ± 0,018	0,131 ± 0,010	0,144 ± 0,005
	CV (%)	4,8	2,8	7,6	3,6
N3	$\mu \pm \alpha$	0,258 ± 0,010	0,720 ± 0,010	0,190 ± 0,009	0,220 ± 0,013
	CV (%)	4,0	1,5	4,9	6,0
N4	$\mu \pm \alpha$	0,391 ± 0,013	0,856 ± 0,030	0,325 ± 0,005	0,353 ± 0,018
	CV (%)	3,2	3,5	1,6	5,0

α : Desviación estándar.

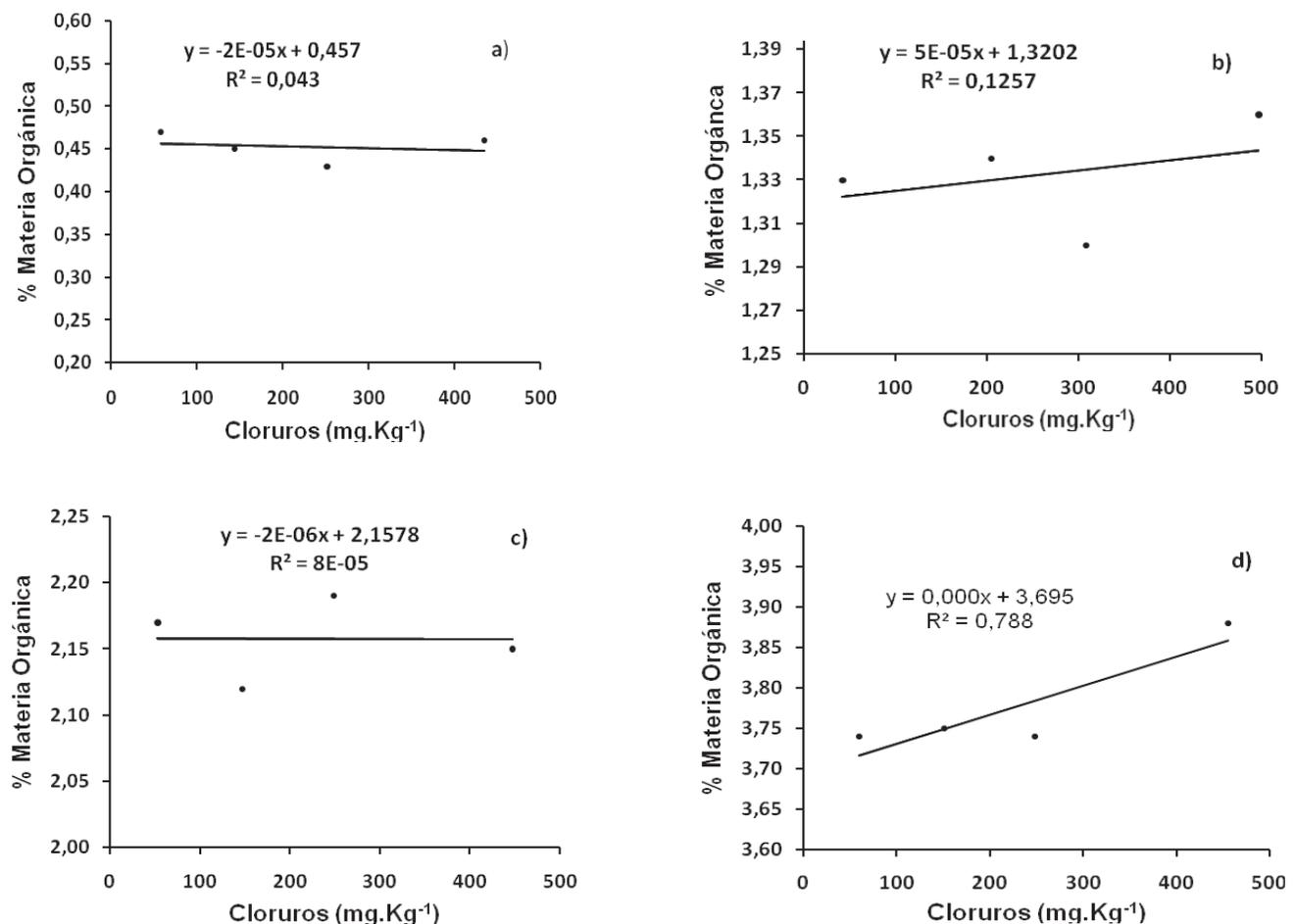


Figura 1. Materia orgánica en función del contenido de cloruros en el suelo en la muestra 1(a), muestra 2 (b), muestra 3 (c) y muestra 4 (d).

3,9%, y fue independiente de la concentración de cloruros presentes en el suelo en el rango comprendido entre 0 y 500 mg.Kg⁻¹, con valores muy bajos del coeficiente de correlación (R^2) a la probabilidad de un 95%. Este resultado coincide con McLead [9], quien indica que en la mayoría

de los casos, la presencia de cloruro en un 1% (1000 ppm) variará el contenido de la materia orgánica de suelos solamente en un 0,1%.

En la Figura 2, se muestra una relación lineal positiva entre la CE y el contenido de cloruro, con alto coeficiente

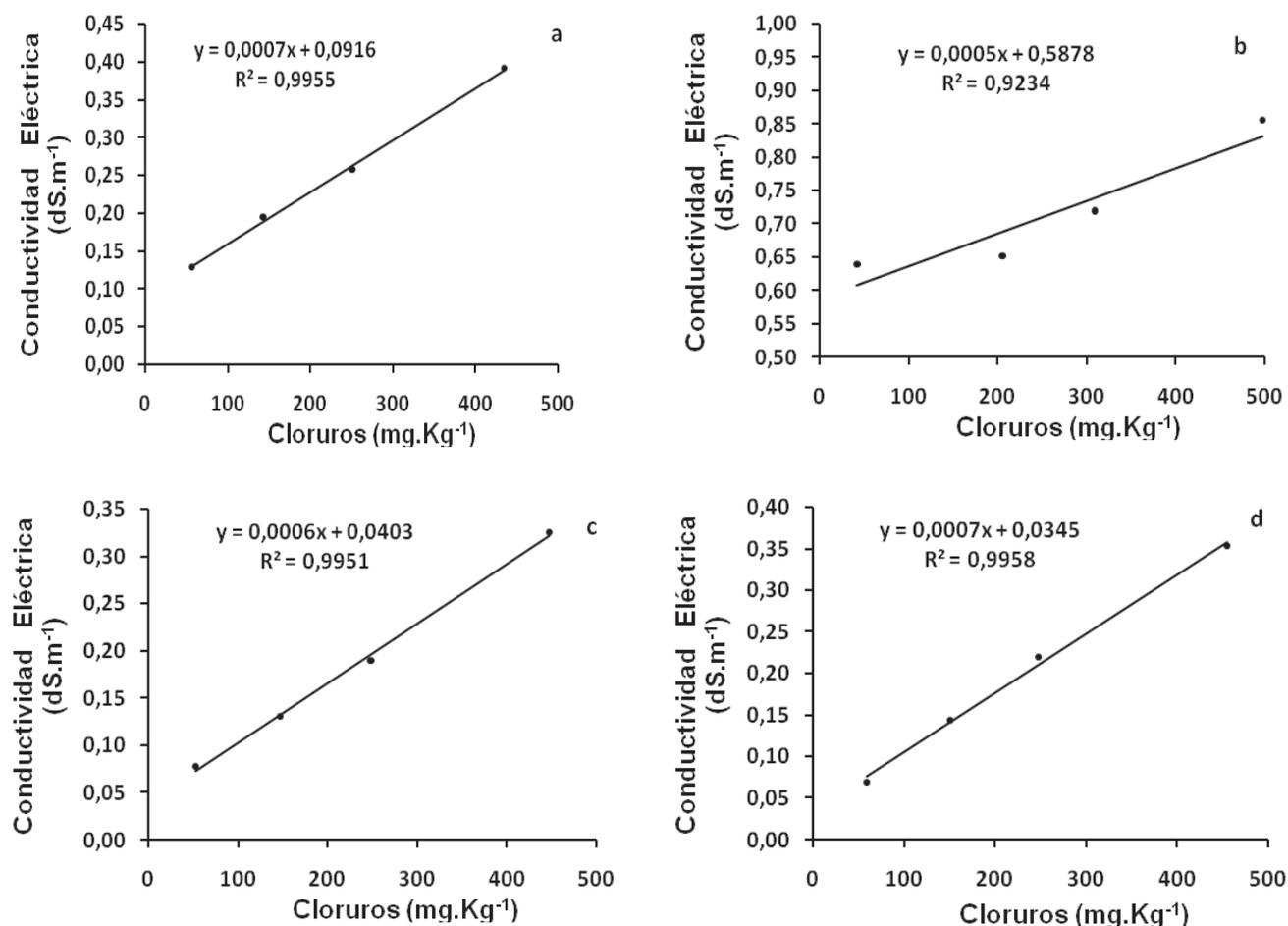


Figura 2. Conductividad eléctrica en función del contenido de cloruros en el suelo en la muestra 1(a), muestra 2 (b), muestra 3 (c) y muestra 4 (d).

de correlación a la probabilidad del 0.01%, ratificando en este estudio que la variable CE está asociada a la cantidad de cloruro en el suelo. En consecuencia, una vez que se determine la CE, el laboratorio podría utilizar ese valor, entre otros criterios, para asegurar la confiabilidad del resultado de materia orgánica reportado, en virtud de la relación encontrada entre la CE y el contenido de cloruro en el intervalo de 0 a 500 mg.Kg⁻¹.

Conclusión

En esta investigación se demostró que la presencia de cloruro en un rango comprendido entre 0 y 500 mg.kg⁻¹ no interfiere en la determinación del contenido de carbono orgánico de los suelos por el método de combustión húmeda. Con base a ello no se considera necesario incluir procedimientos previos para eliminar la interferencia por cloruros de los suelos, salvo que estos tengan problemas de salinidad. Los valores de conductividad eléctrica del suelo asociados al rango de cloruro evaluado, resultaron

un indicativo cualitativo adecuado para estimar la confiabilidad de los datos obtenidos de la materia orgánica, con respecto a esta interferencia.

Referencias

- [1] AGUIRRE, A.; LEÓN RODRÍGUEZ, F.M.; MÁRQUEZ, A. (2003). Estudios de optimización de la oxidación crómica del carbono orgánico de los suelos. **Terra Latinoamericana**. Universidad Autónoma Chapingo, México. Vol. 2, Núm 1, p.p. 21-30.
- [2] CARREIRA, D. (2011). Cuantificación de la materia orgánica. Método de Walkley&Black. **Jornadas de actualización: Gestión de la calidad en los laboratorios de análisis de suelos agropecuarios**. SAMLA-PROINSA. Rosario. Argentina. (p.p. 1-7)
- [3] CASANOVA, E. (2005). **Introducción a la Ciencia del Suelo**. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. 2a ed. Caracas, Venezuela. p. 482.
- [4] CHAPMAN, H.; PRATT, P. (1979). Análisis de disponibilidad y pruebas rápidas. En: **Métodos de análisis para suelos**,

- plantas y aguas.** Editorial Trillas, S.A. México. Capítulo 26, (p.p. 149-157).
- [5] COTTON, A.; WILKINSON, G. (1974). Los elementos del grupo VII: Cl, Br, I, At. En: **Química Inorgánica Avanzada.** Editorial Limusa-México. Capítulo 22, (p.p. 587-619).
- [6] FIGUEROA, L.; LAU, M.; ROJAS, I.; YONG, B.; ZEGARRA, I. (1987). Alternativa de sustitución para la eliminación del interferente cloruro en la determinación de la materia orgánica de suelos áridos. **Agricultura Técnica** (Chile) 47(4): 431-432.
- [7] GILABERT, J.; ARRIECHE, I.; BISBAL, E.; ALFONZO, N.; NAVAS, M.; GÓMEZ, N.; YANES, P. (2004). **Manual de métodos y procedimientos de referencia** (Análisis de suelo para diagnóstico de fertilidad) 2da. Versión. INIA. Venezuela. (p.p. 88-111)
- [8] MATUS, F.; HERMOSILLA, V.; MAIRE, C.; ORTEGA, F. (1997). Comparación en la determinación de materia orgánica por oxidación parcial y completa en diversos suelos de la VII Región. **Agricultura Técnica** (Chile) 57 (3): 195-199.
- [9] McLEAD, S. (1973). Studies on wet oxidation procedures for the determination of organic carbon in soils. CSIRO Division of soils. **Notes on Soil Techniques.**
- [10] MUBARAK, A.; HOWALD, R.; WOODRIFF (1977). Elimination of chloride interferences with mercuric ions in the determination of nitrates by the Phenoldisulfonic Acid. **Method. Anal. Chem.** Vol. 49 No.6: 857-860.
- [11] NAVARRO, S.; NAVARRO, G. (2003). Origen, contenido y dinámica del cloruro en el suelo. En: **El suelo y los elementos esenciales para la vida.** Eds. Technology & Engineering, (p.p. 415-417).
- [12] Official Methods of Analysis of AOAC Internacional (AOAC). (1997). AOAC Official Methods 977.01. Phosphorus (water soluble) in fertilizers. **Preparation of solution: Chapter 2.** 16th Ed., 3rd rev. 1997. Gaithersburg, M.D. USA.
- [13] QUEIROZ, J.F.; BOYD, C.E. (2007). Evaluation of a Kit for Estimating Organic Matter Concentrations in Bottom. Soils of Aquaculture Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 29: 230-233.
- [14] SCHUMACHER, B.A. (2002). Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. U.S. **Environmental Protection Agency**, Washington, DC, EPA/600/R-02/069. p.p.1-23.
- [15] SCHULTE, E.; HOSKINS, B. (2009). Recommended soil organic matter tests. Chapter 8. **Cooperative Bulletin** No. 493. p.p. 63-74.
- [16] SKOOG, W.; WEST, D.M.; HOLLER, F.J.; CROUCH, H. (2004). Aplicaciones de los métodos espectroscópicos atómicos y moleculares. En: **Química Analítica**, 7ª Ed. McGraw-Hill. Cap. 23, (p.p. 614-656).
- [17] STATISTIX (2003). STATISTIX for Windows version 8.0. User's Manual. **Analytical Software.** Tallahassee, FL, USA.
- [18] WALKLEY, A.; BLACK, A. (1934). An examination of the method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, 37: 29-38.