

Implementación de la nueva metodología para evaluar la salinidad en Cuba. Estudio de caso Guantánamo.

Implementation of new methodology to evaluate salinity in Cuba. The case study in Guantánamo.

Autores: Lic. Marianela Cintra-Arencibia ^{*(1)}, MSc. Inalvis Sánchez-Arce ⁽¹⁾, Ing. Delmis Ceballos-Prevost ⁽¹⁾, Ing. Pascual Lobaina-Ramírez ⁽¹⁾, Téc. Yohannys Bouly-Rodríguez ⁽¹⁾, Dra. Lazara M. Otero-Gómez ⁽²⁾.

Organismo: Estación de Suelos Guantánamo, Cuba ⁽¹⁾, Instituto de Suelos, Guantánamo, Cuba ⁽²⁾.

Email: esp-suelos@gtm.minag.cu

Teléf. 32 – 3873 / 5723

Resumen.

Durante los años 2008 y 2009 se confeccionó y aprobó la Norma Cubana "Calidad del suelo", Evaluación de la salinidad" (NC 112:2009). A través del estudio de caso en Guantánamo se validó el nuevo documento normativo, confirmando la utilidad de los nuevos indicadores para caracterizar la Salinidad global, Salinidad específica y las particularidades de los procesos químicos que caracterizan a la salinización y sodicidad de los suelos. El área escogida fue la Jabilla (Valle de Guantánamo), donde se cuantificó una intensa salinización con Riesgo de sodicidad y destacada interacción iónica. Estos resultados permitieron profundizar en la caracterización de la salinización y la sodicidad de los suelos, aportando particularidades antes no reveladas. A su vez, se divulgó la nueva metodología para evaluar la salinidad, sus ventajas y profundizar en la importancia del cuidado de los suelos afectados por problemas de salinidad.

Palabras clave: salinidad; modicidad; norma.

Abstract.

During the years 2008 and 2009 were made and approved the Cuban Norm: "Quality of soil. Evaluation of the salinity" (NC 112:2009). Through the case study in Guantánamo, the new normative document was validated, confirming the utility of the new indicators to characterize the global salinity, specific Salinity and the particularities of chemical processes that characterize the salinization and sodicity of soils. The chosen area was the Jabilla (Guantánamo Valley), where an intense salinization was quantified with sodicity risk and outstanding ionic interaction. These results allowed deepening in the characterization of salinization and sodicity of soils, contributing particularities before not revealed. In turn, the new methodology was disclosed to evaluate the salinity, its advantages and to deepen in the importance of the care of soils affected by salinity problems.

KeyWords: salinity; sodicity; norm.

Introducción.

Acorde a FAO (1995), cada año se pierden 1.5 millones ha de suelos en el mundo, por anegamiento y salinidad. Nuestro país, con 7 millones ha de suelos cultivables, presenta una afectación de un millón de ha, equivalente al 14 % de su área, por lo que sin dudas es un factor a considerar entre los fenómenos degradantes de la fertilidad de los suelos cubanos.

La evaluación de la salinidad reviste gran importancia teórica y práctica, ya que cuantifica las gradaciones de los componentes de la salinidad en los suelos en el momento del arbitraje, como un índice del factor limitante salinidad (Otero, 2002). Esto es independiente de su inclusión como proceso temporal o permanente establecido en la génesis y clasificación del suelo, para lo cual están determinados los valores críticos de los indicadores fundamentales reconocidos internacionalmente que son: la conductividad eléctrica (CE) de $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) del 15 %, que según refieren Flores et al. (1996), son utilizados para dividir o clasificar a los suelos Halomórficos en salinos, sódicos y salinos-sódicos.

La nueva metodología de evaluación de la salinidad de los suelos cubanos (Otero et al., 2005) recogida en la NC 112:2009, se basa fundamentalmente en el uso de indicadores globales utilizados internacionalmente, conjuntamente con indicadores territoriales específicos para los suelos de las diferentes regiones. Se utiliza la CE para cuantificar la salinización electrostática y el PSI corregido para evaluar la sodicidad de los suelos. El sodio (Na^+) cambiante es corregido para delimitar su efecto dispersante.

Se aporta la valoración del porcentaje de los iones libres inactivos, los cuales tienden a incrementarse con el aumento de la salinización, independientemente al apareamiento iónico; así como el riesgo de sodicidad expresado a través del riesgo de adsorción de sodio total activo (RAS ta), obtenido de las interrelaciones entre las concentraciones activas de los cationes solubles.

Desarrollo.

Materiales Y Métodos.

Se utilizó la Norma Cubana: "Calidad del suelo. Evaluación de la afectación por salinidad", registrada con el código NC 112:2009.

La zona de estudio se encuentra en la antigua estación experimental de la Estación de Suelos de Guantánamo (5 ha), en "La Jabilla", al sur de la Ciudad de Guantánamo, entre las coordenadas N $20^{\circ} 02' 17''$ y $75^{\circ} 13' 05''$ O. El relieve se caracteriza por muy poca pendiente, mientras que la altura sobre el nivel del mar está en 10 msnm.

Las precipitaciones medias oscilan entre 600 y 800 mm por año; la evapotranspiración sobrepasa los 2 400 mm y la temperatura del aire varía entre 22 °C y 28 °C, con temperatura media de 25.6 °C y Velocidad del Viento de 2.19 m·seg⁻¹.

En la formación geológica predominan las areniscas de grano fino, de muy baja permeabilidad (Jakus, 1983), lo que provocó la salinización del manto freático y este la salinización de los suelos, que son Aluviales poco diferenciados sobre materiales transportados, profundos, salinizados y de textura loam arcillosa (Instituto de Suelos, 1975). Se realizaron 2 muestreos. Primer muestreo: Septiembre / 2007 y Segundo muestreo: Noviembre / 2008.

Los muestreos, análisis químicos, la conversión de los resultados, la evaluación de la salinidad global y de la salinidad específica de los suelos fueron realizados según se describe en la Norma Cubana.

Resultados y Discusión.

Generalidades

La degradación de la zona escogida es preciso analizarla a partir de tres causas principales: condiciones climáticas, hidrogeomorfología e influencia antropogénica. Las dos primeras, puramente naturales, determinan que los suelos sean potencialmente degradables, en períodos relativamente cortos, mientras que la tercera determina que los procesos degradantes pasen de potenciales a reales. La inestabilidad de las precipitaciones, cuya distribución difiere de la media del país, con menor ocurrencia en los meses de junio, julio y agosto respecto al total, explica por qué esta es una de las zonas donde la sequía se manifiesta con gran rigor.

Las características físicas y químicas originales de los suelos del área escogida, han sufrido profundas transformaciones bajo una fuerte influencia antrópica. Las principales consecuencias de esas acciones han sido:

- Recarga del manto freático y su acercamiento a la superficie.
- Acumulación de electrolitos en el perfil del suelo.
- Sobre humedecimientos temporales, alternados con períodos de intensas sequías.
- Pérdida de la capacidad del suelo para transmitir el agua.
- Degradación de las propiedades físicas y químicas del suelo.

El muestreo realizado en septiembre del 2007 se puede considerar representativo de la época seca, por estar entre los meses con menor pluviometría en ese año, precedido además de 3 meses con escasas precipitaciones. El realizado en noviembre del 2008, estuvo influenciado por precipitaciones superiores a la media de ese año, precedido por dos meses con precipitaciones superiores a la media anual, por lo que puede reflejar el comportamiento de la salinidad en época húmeda.

Muestreo 1. Resultados analíticos

Los valores de la CE generalmente fueron muy altos, pues solo 5 determinaciones tuvieron valores particulares de la salinización electrostática que no superan los niveles de la evaluación muy Fuertemente Salinos (S_5).

Del total de puntos muestreados (15), se obtuvo en 9 puntos, que la CE fue superior de 40 – 100 cm y en 6 puntos, en la capa de 0 – 40 cm. La sodicidad de los suelos determinado por el valor del PSI, fue superior de 40 – 100 cm en 10 de los puntos, y de 0 – 40 cm en los 5 restantes.

Los iones solubles en mmol.l^{-1} , obtenidos en la disolución suelo: agua 1:5, reportan la supremacía del Na^+ y el Cl^- sobre los cationes y aniones solubles respectivamente, los cuales generalmente presentan los mayores valores particulares en la capa de 40 – 100 cm.

Valoración de la salinidad global y la salinidad específica.

El análisis de la **tabla 1** señala que como media, el valor absoluto de la CE en la capa 40 – 100 cm es mayor que de 0 - 40 cm, sin embargo; la desviación de los datos de la capa superficial es mayor, puesto que los mayores valores particulares obtenidos en el muestreo, se encontraron de 0 – 40 cm, indicando la alta variabilidad espacial de las propiedades de los suelos que determinan el balance estratigráfico entre el lavado y la ascensión de los electrolitos. Como promedio, tanto por las capas, como a nivel de suelo, el promedio de la salinización electrostática es nivel S_5 , aunque hay puntos con niveles S_2 y S_4 . El PSI es de suelos normales en las capas individuales y ligeramente sódicas hasta los 100 cm, pues hay valores particulares en las capas con nivel Na_1 .

También los valores particulares del % de iones libres inactivos y del RAS total activo fueron algo mayores de 40 – 100 cm. Los resultados obtenidos muestran la correspondencia de los valores más pequeños de iones libres inactivos con las muestras de menores valores de la CE.

Tabla 1. Parámetros de los indicadores de salinidad en el primer muestreo por capas.

Indicadores	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo	N
0 – 40 cm					
CE dS.m^{-1} (Extracto)	22.61	18.61	2.03	55.85	15
PSI (%)	2.89	1.84	0.70	8.18	15
% iones libres inactivos	18.39	6.82	7.84	28.86	15
RAS $\text{ta (me.l)}^{0.5}$	5.69	2.81	0.97	10.19	15

40 – 100 cm					
CE dS.m ⁻¹ Extracto)	24.83	10.73	2.26	38.72	15
PSI (%)	4.80	2.00	0.76	8.55	15
% iones libres inactivos	20.63	6.28	6.74	31.12	15
RAS ta (me.l) ^{0.5}	7.83	3.08	3.16	12.75	15
0 – 100 cm					
CE dS.m ⁻¹ (Extracto)	29.04	15.49	2.65	55.85	15
PSI (%)	5.17	2.03	0.81	8.55	15
% iones libres inactivos	21.75	6.60	6.74	31.12	15
RAS ta (me.l) ^{0.5}	7.15	2.92	2.22	12.75	15

Resumiendo la evaluación de los puntos muestreados, de 0 – 40 cm, la Salinidad global reporta que las afectaciones que más abundan en los suelos son S₅ + Na₀ (Muy Fuertemente Salinos sin Sodicidad), S₅ + Na₁ (Muy Fuertemente Salino y Ligeramente Sódicos), pudiendo también aparecer S₄ + Na₀ (Fuertemente Salinos sin Sodicidad) y S₂ + Na₀ (Medianamente Salinos sin Sodicidad). Se determinó que existen todas las posibilidades de Riesgo de sodicidad en las soluciones, indicando diferentes concentraciones y relaciones de los iones solubles y la posibilidad de continuar agravándose la degradación de los suelos.

Se determinaron 5 categorías de Evaluación de la salinidad específica que son: PS + DR (Con salinización dada la concentración inactiva de los iones libres y Débil Riesgo de sodicidad), PS + MR (Con salinización dada la concentración inactiva de los iones libres y Mediano Riesgo de sodicidad), PS + FR (Con salinización dada la concentración inactiva de los iones libres y Fuerte Riesgo de sodicidad), PS + Af (Con salinización dada la concentración inactiva de los iones libres y sodificación) y PS₁ + MR (Con débil salinización dada la concentración inactiva de los iones libres y Mediano Riesgo de sodicidad), siendo la más abundante PS + MR, seguida de PS + FR.

En sentido general se aprecia, comparando las evaluaciones de la salinidad global y la específica, que en los procesos químicos generados y que caracterizan las propiedades de la salinidad de los suelos, hay relevancia de *Salinización con Acumulación de iones activos monovalentes* y de *Salinización con Riesgo de Modicidad*, procesos que se distinguen por:

- *Salinización con Acumulación de iones activos monovalentes*, que genera en los suelos con muy Fuerte Salinización electrostática que el factor de actividad medio de las soluciones sea de suelos con alta concentración de electrolitos, que no provocan aumentos de la sodicidad por encima de Ligera afectación.

- *Salinización con Riesgo de Sodicidad*, que determina en los suelos con muy Fuerte Salinización electrostática que el factor de actividad medio de las soluciones sea de suelos con alta concentración de electrolitos, con alta proporción del sodio respecto al calcio más el magnesio que pueden provocar aumentos de la sodicidad de los suelos.

También se apreció en pequeña cuantía, la presencia de otros procesos como:

- *Débil Salinización con Acumulación de iones activos monovalentes*, que establece en suelos con mediana afectación electrostática que el factor de actividad medio de las soluciones sea de suelos con menor afectación por salinización, en que la proporción del sodio respecto al calcio más el magnesio está a favor de la concentración del sodio, determinando que sea Mediano el Riesgo de Sodicidad de los suelos.
- *Salinización con Sodificación*, que provoca en suelos con muy Fuerte Salinización electrostática, que la proporción del sodio libre activo sea tan destacado respecto al calcio más el magnesio, que la solución del suelo puede tener efectos propios de la sodicidad, además de la saturación en sodio cambiante ser mayor que la de suelos normales.
- *Salinización con Acumulación de iones activos divalentes* distingue a los suelos con Mediana Salinización electrostática por tener el factor de actividad medio de las soluciones propio de suelos con destacada concentración de electrolitos en que la proporción del sodio libre activo respecto al calcio más el magnesio está a favor de estos últimos.

Muestreo 2. Resultados analíticos

Solo en 5 muestras la cuantía de la CE tuvo valores por debajo del nivel S_5 (muy fuertemente salino), de ellas en 10 puntos la CE y el PSI fueron superiores en la capa de 40 - 100 cm y en los otros 2 de 0 - 40 cm. Los iones solubles en mmol.l^{-1} , obtenidos en la disolución suelo:agua 1:5, también reportan la supremacía del Na^+ y el Cl^- sobre los cationes y aniones solubles respectivamente, ambos generalmente presentan los mayores valores particulares en la capa de 40 - 100 cm.

Valoración de la Salinidad global y la Salinidad específica

En la **tabla 2** se aprecia que el valor absoluto de la CE del extracto en la capa 40 - 100 cm es mayor que de 0 - 40 cm, los valores medios son menores que los del muestreo precedentes indicando la influencia de la época en la disminución de la intensidad de la salinización, aunque puntualmente algunos puntos indicaron resalinización en la capa superficial de los suelos. Respecto a la sodicidad, hubo aumentos de valores particulares de 0 - 40 cm, que influyeron que como promedio fuera mayor, pudiendo existir, como en el muestreo anterior, evaluaciones de ligeramente sódicos. De 40 - 100 cm aunque como media disminuyó la sodicidad, hubo valores extremos mayores que en el muestreo anterior con evaluaciones de medianamente sódicos, lo cual está justificado por la evaluación del riesgo de sodicidad de los suelos en el muestreo anterior.

Es clara la influencia del efecto de las precipitaciones sobre las cuantías particulares de los iones libres inactivos, cuyo promedio y valores extremos disminuyeron respecto al muestreo anterior, además de obtenerse los mayores valores de 40 – 100 cm. Los valores respectivos del RAS ta aumentaron en este muestreo respecto al anterior, siendo algo mayores de 40 – 100 cm que de 0 – 40 cm. Los valores obtenidos del riesgo de sodicidad mostraron todas las posibilidades de Riesgo.

Tabla 2. Parámetros de los indicadores de salinidad en el segundo muestreo por capas.

Indicadores	Promedio	Desviación	Mínimo	Máximo	N
0 – 40 cm					
CE dS.m ⁻¹ (Extracto)	17.46	14.25	2.34	46.66	15
PSI (%)	3.12	2.03	0.49	8.72	15
% iones libres inactivos	16.25	6.59	7.07	26.06	15
RAS ta (me.l) ^{0.5}	5.93	3.84	1.02	17.16	15
40 – 100 cm					
CE dS.m ⁻¹ (Extracto)	23.33	10.58	2.26	38.40	13
PSI (%)	4.52	2.66	1.53	10.89	13
% iones libres inactivos	19.13	5.44	7.32	26.88	13
RAS ta (me.l) ^{0.5}	9.15	4.14	2.32	19.68	13
0 – 100 cm					
CE dS.m ⁻¹ (Extracto)	26.79	11.16	2.65	46.66	16
PSI (%)	4.12	2.62	1.37	10.89	16
% iones libres inactivos	20.53	4.90	9.37	26.88	16
RAS ta (me.l) ^{0.5}	8.75	3.97	1.02	19.68	16

La Salinidad global reporta que las afectaciones que más abundan en los suelos son S₅ + Na₀ (Muy Fuertemente Salinos sin Sodicidad), S₅ + Na₁ (Muy Fuertemente Salino y Ligeramente Sódicos), pudiendo también aparecer S₃ + Na₀ (Salinos sin Sodicidad), S₂ + Na₀ (Medianamente Salinos sin Sodicidad) y S₅ + Na₂ (Muy Fuertemente Salino y Medianamente Sódico).

Se registraron 6 categorías de evaluación de la salinidad específica que son: PS + DR (Con Salinización por la concentración de iones libres inactivos y Débil Riesgo de sodicidad), PS + MR (Con Salinización por la concentración de iones libres inactivos y Mediano Riesgo de sodicidad), PS + FR (Con Salinización por la concentración de iones libres inactivos y Fuerte Riesgo de sodicidad), PS + Af (Con Salinización por la concentración de iones libres inactivos y Sodificación), PS₁ + MR (Con Débil Salinización por la concentración de iones libres inactivos y Mediano Riesgo de Sodicidad) y PS₁ + DR (Con Débil Salinización por la concentración de iones libres inactivos con Débil Riesgo de Sodicidad), siendo la más abundante PS + MR , seguida de PS + FR, acorde a la nueva metodología.

Se verifica, que los procesos que particularizaron en la salinidad de los suelos en el primer muestreo se repitieron en el segundo, apareciendo en un punto el proceso *Débil Salinización con acumulación de iones activos divalentes*, que se distingue porque:

- establece en suelos con mediana afectación electrostática, que el factor de actividad medio de las soluciones sea de suelos con menor afectación por salinización, en que la proporción del sodio respecto al calcio más el magnesio está a favor de la concentración de estos dos últimos, determinando que sea Débil el Riesgo de Sodicidad de los suelos.

Conclusiones.

El resultado reportado por el comportamiento de los indicadores y las especies iónicas evaluados, indican que las prácticas de manejo principales a acometer en esta área, deben contemplar el drenaje superficial y sub superficial de los suelos, garantizando la existencia del colector primario, nivelación de los suelos, riego tecnificado con sobredosis de agua de buena calidad, practicas agronómicas, físicas y biológicas que aseguren la cubierta vegetal del terreno, uso de plantas tolerantes a la salinidad, fertilización diferenciada y aplicación de abonos orgánicos. No se recomienda el lavado de los suelos como única medida de disminución de iones y electrolitos, puesto que la composición de las soluciones, puede favorecer al cesar este, la entrada del sodio al complejo adsorbente.

Los muestreos actuales y el monitoreo de la salinidad de los suelos, empleando los principios contenidos en el documento normativo NC 112:2009, permitieron caracterizar y diagnosticar la problemática particular de esta área en cada uno de los momentos arbitrados.

Recomendación.

Es preciso continuar la divulgación de esta Norma Cubana que propicie su aplicación en la actualización y monitoreo de la salinidad en otros ecosistemas.

Bibliografía.

Flores, D. A., Gálvez, V. V., Hernández, L. O., López, A. J. G., Obregón, S. A., Orellana, G. R., Otero, G. L. y Valdés, P. M. (1996). *Salinidad un nuevo concepto*. México.

- Jakus, P. (1983). *Formaciones Vulcanógeno-sedimentarias y sedimentarias de Cuba Oriental. Instituto de Geografía y Paleontología de la ACC.*
- NC 112:2009. *Calidad del suelo. Evaluación de la afectación por salinidad.*
- Otero, L., Cintra, M., Curbelo, R., Valdez, M. y otros. . (2002). *Parámetros de los indicadores más importantes que definen el mejoramiento de la productividad de los suelos salinos de Cuba.* (Informe final de Proyecto Ramal de Suelos PR –05,).
- Otero, L., Labaut, M., Francisco, A., Gálvez, V., Sánchez, I., Vento, M., Morales, R., Cintra, M., Montejo, J. (2005). *Implementar nueva metodología para la evaluación de la salinidad en Cuba.* (Informe final de Proyecto Ramal de Recursos Naturales PR –1136).
- Suelos., I. d. (1975). Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. *Suelos*, 23, 1 - 25.

Fecha de recibido: 18 jul. 2012
Fecha de aprobado: 17 sep. 2012