

Propuesta de indicadores técnicos para el monitoreo de agroecosistemas afectados por salinidad.

Proposal of technical indicators for monitoring agroecosystems affected by salinity.

Autores: Marianela Cintra-Arencibia⁽¹⁾, Raisa González-Villaverde⁽¹⁾, Luis Rivero-Ramos⁽²⁾, Mirna Vento-Pérez⁽³⁾, Enrique Márquez-Reina⁽⁴⁾

Organismo: ⁽¹⁾Instituto de Suelos – UCTB Guantánamo, ⁽²⁾Instituto de Suelos, La Habana, ⁽³⁾ Instituto de Suelos – UCTB Camagüey, ⁽⁴⁾ Instituto de Suelos – UCTB Pinar del Rio

E-mail: director@suelos.gtm.minag.cu

Resumen.

Se proponen indicaciones técnicas para el monitoreo de agroecosistemas afectados por salinidad, tomando en consideración las condiciones actuales del área. Para ello se describe un diagnóstico inicial que contiene la geología y geomorfología, el relieve, los suelos y su estado actual, cobertura del suelo, comportamiento de las variables climáticas, sistemas de riego y drenaje, calidad del agua superficial y subterránea, contaminación y biodiversidad y pérdida de la diversidad biológica. A partir de esta información, se realiza el monitoreo de la salinidad teniendo en cuenta la NC 776:2010 “Calidad del suelo — evaluación de la afectación por salinidad” y siguiendo las recomendaciones plasmadas en el instructivo. Con este material se logra organizar el monitoreo para los agroecosistemas afectados por sales, de tal forma, que permita dar un seguimiento ordenado a la evolución en el tiempo de este proceso, y tomar las decisiones adecuadas sobre la explotación de los mismos.

Palabras Clave: monitoreo, salinidad, agroecosistemas, indicaciones técnicas

Abstract.

Technical indications are proposed for the monitoring of agroecosystems affected by salinity, considering the current conditions of the area. For this, an initial diagnosis is described which contains geology and geomorphology, the land relief, soils and their current state, soil cover, climatic variables behavior, irrigation and drainage systems, surface and underground water quality, pollution and biodiversity, and biological diversity loss. Based on this information, salinity monitoring is carried out with the Cuban Norm 776: 2010 “Soil quality - evaluation of salinity involvement” and following the recommendations set out in the instructions. With this material it is possible to organize the monitoring for the agroecosystems affected by salts, in such a way, which allows an orderly follow-up to the evolution in the time of this process, and to make the appropriate decisions about their exploitation.

Keywords: monitoring, salinity, agroecosystems, technical indications

Introducción.

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, 2007). 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 CE de $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ y el 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 aplicación en dinámica de la evaluación de la salinidad, permite actuar sobre la protección de la calidad de los suelos (Brejda et al 2000 y Arshad and Martin, 2002, citados por Otero, et al, 2009), fundamentalmente en los ubicados en ecosistemas frágiles, a partir de la valoración del estado de afectación o recuperación, es una de las prioridades globales en las investigaciones de la ciencia del suelo, pues se basa en el estudio de los cambios de los mecanismos edafológicos, necesarios para priorizar la ejecución y adaptación de tecnologías que minimicen los impactos negativos sobre la sostenibilidad, los aspectos ambientales y la producción de alimentos (Otero et al, 2009 citado por Cintra et al, 2017).

En los tres agroecosistemas seleccionados como puntos focales de las acciones de este estudio, está reconocido y probado la presencia de salinidad, de estrés salino y la incidencia de eventos extremos (sequías, inundaciones, etc.), que afectan la actividad del sector agropecuario y la calidad de vida de las poblaciones, por el aumento de la salinidad de los suelos, deterioro de la calidad de las aguas, incidencia de plagas, vectores y empantanamientos.

Ha ocurrido disminución de la producción de las áreas que se mantienen en explotación, así como del total de áreas físicas, puesto que algunas de ellas se han transformado en áreas marginales. De ser adecuadamente tratadas estas últimas, se puede revertir la situación y ser convertidas en franjas protectoras a la incidencia de los eventos extremos, a la vez que de ellas puedan obtenerse algún beneficio productivo.

Método o Metodología.

El estudio se desarrolló en tres sitios de intervención: Llanura costera sur Los Palacios (Pinar del Río), Camalote (Camagüey) y Transepto Jabilla - Matabajo - Paraguay (Guantánamo).

El sitio de intervención Llanura costera Sur Los Palacios se encuentra en la zona sur del municipio Los Palacios, provincia de Pinar del Río, limitada por las coordenadas

268,000 - 280,000 E y 283,000 - 290,000 N, perteneciente a las áreas de la UEBA de Granos Sierra Maestra. Camalote se ubica en el municipio Nuevitas, al noroeste de la provincia Camagüey, entre las coordenadas Norte 299.000 – 308.000 y las coordenadas Este de 464.000 – 469.000. El transepto Jabilla – Matabajo - Paraguay está ubicado al sur de la cuenca Guantánamo – Guaso, enmarcado entre las coordenadas 153.000 - 166.000 N y 668.000 – 675.000 E, en la provincia de Guantánamo.

Se recopilaron todas las bases cartográficas e informes de la zona, se realizaron recorridos exploratorios para corroborar los factores vegetación, clima, relieve, biodiversidad, hidrología, estado del litoral costero, entre otros.

Los análisis químicos fueron evaluados por los criterios de Ayers y Wescott (1985) y por la NC 1048:2014. Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones. La evaluación de la calidad de las aguas se realizó mediante la valoración de los indicadores de requisitos técnicos de su composición, que determinó la clasificación y posibilidades de uso de la misma en 3 categorías: **Superior** (Calidad I), **Primera** (Calidad II) y **Segunda** (Calidad III).

Fue evaluado el comportamiento de las variables climáticas en cada sitio: precipitaciones en época lluviosa, precipitaciones en época de seca, temperaturas máximas y temperaturas mínimas, teniendo en cuenta la información brindada por las dependencias del Instituto de Meteorología en cada territorio.

La clasificación de suelos utilizada fue la del Instituto de Suelos (1975), correlacionada con la de Hernández et al. (1999). La información primaria de suelos fue tomada del mapa básico 1:25000. Se evaluó la salinidad en todas las áreas de estudio, según la NC 776:2010 Calidad del suelo — Evaluación de la afectación por salinidad.

Se utilizó la sonda electromagnética EM 38 para el monitoreo de la salinidad aparente. Previamente se calibra el equipo a 1 m sobre el terreno, tomándose las lecturas de modo vertical y horizontal. Las lecturas de modo vertical sondan el campo electromagnético del suelo hasta 100 cm y de modo horizontal alrededor de 30 cm. Estas lecturas de campo electromagnético son proporcionales a la concentración de iones presentes en el suelo en condiciones de movilidad de los iones, o sea, con alguna humedad presente.

Resultados y Discusión.

En el instructivo técnico para el monitoreo de suelos y agua en agroecosistemas afectados por sales, se tomó en cuenta la información existente por más de 20 años sobre la salinidad en los agroecosistemas estudiados en la bibliografía nacional e

internacional sobre la temática, fueron consultados especialistas de renombre en este tema, de igual manera se analizó la información actualizada colectada en las áreas de estudio.

Es importante contar con un material técnico-metodológico que recoja los aspectos a tener en cuenta para el monitoreo de los agroecosistemas afectados por salinidad, partiendo de un diagnóstico diferenciado según el origen del fenómeno, identificando sus causas principales y secundarias, que permita establecer una política para la explotación racional del área en cuestión.

A continuación se describen los aspectos a tener en cuenta:

- ✓ Área de estudio.

Se debe definir con claridad el área para el monitoreo del agroecosistema afectado por sales, partiendo del criterio de un equipo multidisciplinario que no solo incluya a los investigadores y especialistas, sino también a los tenentes del área, de forma tal, que permita un conocimiento lo más profundo posible del historial de campo de la misma.

- ✓ Diagnóstico de la situación actual del área de estudio.
- ✓ Geología y geomorfología.

Debe describirse la geología y geomorfología del área seleccionada, partiendo de la información básica contenida en el mapa básico 1:25 000 y enriqueciéndolo con datos obtenidos en otros estudios relacionados con el tema acerca del área en cuestión.

- ✓ Relieve.

Se describirá el relieve del área seleccionada así como, el relieve circundante a la misma, pues esto puede influenciar las condiciones naturales que presenta el área de estudio.

- ✓ Suelos y estado del suelo.

Deben describirse los tipos de suelo predominantes en el área, así como, una descripción general de las características del perfil contenido en el mapa básico 1:25 000, partiendo de sus elementos distintivos y los factores limitantes que poseen.

Asimismo, se describirán las características químicas y físicas contenidas en el banco de datos del 25 000, y otras que se hayan actualizado en estudios posteriores y que permitan enriquecer la información acumulada sobre el área seleccionada.

Se aportará también los datos conocidos, relacionados con la afectación por sales que permitan valorar las condiciones del suelo a las que nos enfrentamos y se realizará un muestreo inicial de salinidad, según la norma vigente NC 776:2010.

✓ Cobertura del suelo.

Debe describirse la cobertura del suelo en el área de estudio antes de su uso actual, tratando en lo posible de llegar a los orígenes de la misma, así como, la vegetación presente en la actualidad, acotando las especies vegetales más abundantes, y su grado de conservación.

✓ Clima. Evaluación de las variables climáticas.

Es de vital importancia la información meteorológica del área de estudio tomada de la estación más cercana o pluviómetro, en el caso de las precipitaciones, para realizar una valoración correcta de las variables meteorológicas. Son fundamentales las precipitaciones, evaporación y temperatura, aunque pueden colectarse otras que completen el análisis. El período de información de las variables debe oscilar entre los 5 y 10 años anteriores al monitoreo, recopiladas mensualmente, y actualizarse mientras continúe el estudio del área. Deben vincularse especialistas de meteorología para realizar dicha evaluación.

✓ Sistemas de riego y drenaje.

Se describirán los sistemas de riego y drenaje presentes en el área de estudio, así como los que rodean al área y que inciden en la misma, aportando la mayor cantidad de elementos. De ser posible se documentarán con imágenes que permitan apoyar la descripción.

✓ Calidad del agua superficial.

Se tomarán como referencia los últimos estudios realizados a las aguas superficiales circundantes al área, refiriendo toda la información de interés para el monitoreo como la fecha del muestreo y calidad del agua.

✓ Calidad del agua subterránea.

Se tomará como referencia la última información recolectada sobre las aguas subterráneas en el área, teniendo en cuenta los pozos para riego y la profundidad del manto freático, donde existan pozos de observación. En ambos casos debe tenerse en cuenta la calidad y fecha del muestreo.

✓ Contaminación.

Se informará si existe contaminación conocida en el área de estudio o factores que la propicien, y que puedan afectar cualquiera de los recursos naturales: suelo, agua, flora, fauna y aire. Deben tenerse en cuenta, no solo los elementos in situ, sino también otros que por su radio de acción puedan llegar a influenciar el área.

✓ Biodiversidad.

Se describirá la biodiversidad de flora y fauna presente en el área de estudio, así como, los factores naturales y antrópicos que interactúan con ella. Debe precisarse si existe o no pérdida de la diversidad biológica debido a causas naturales o como consecuencia de la acción del hombre.

✓ Monitoreo de la salinidad de los suelos.

Realizar cada 2 años el monitoreo del área de estudio. Se recomienda una escala de trabajo 1:10 000 o inferior. Se realiza el muestreo de suelos según la NC 776:2010 CALIDAD DEL SUELO — EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN POR SALINIDAD, y tomando una densidad de puntos de acuerdo a la escala de trabajo seleccionada; los puntos muestreados son georreferenciados para luego introducirlos en un sistema de información geográfico.

Se realizan los análisis de pH en agua (NC-ISO 10390:1999 Calidad del suelo. Determinación de pH), conductividad eléctrica en extracto de saturación (NC 32:2009 Calidad del suelo. Determinación del pH y la conductividad eléctrica en el extracto de saturación) e iones solubles (NC 209:2002 Calidad del suelo. Determinación de los aniones y cationes solubles en extractos suelo- agua y el porcentaje de saturación). De no ser posible aplicar la NC 32:2009 para determinar la conductividad eléctrica, se utilizará la NC 112:2009 Calidad del suelo. Determinación de la conductividad eléctrica y de las sales solubles disueltas en la relación 1: 5 suelo – agua.

Elaborar los cartogramas digitales de salinidad, a partir de los valores de conductividad eléctrica en el extracto de saturación, a las profundidades de 0 – 40 cm y 40 – 100 cm (se toma el mayor valor de conductividad eléctrica entre las muestras de 0 – 20 cm y 20 – 40 cm, y el mayor valor entre las muestras 40 – 60 cm, 60 – 80 cm y 80 – 100 cm), utilizando para ello el software Mapinfo u otro sistema de información geográfico.

Cada 4 años se deben realizar todas las muestras y análisis descritos anteriormente y calcular además, el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) para valorar la sodicidad presente en el área de estudio y el RAS total activo para determinar el riesgo de sodicidad.

Si se dispone del EM 38 (sensor electromagnético), cada 2 años se realizan las lecturas vertical y horizontal de conductividad eléctrica aparente en toda el área y se confeccionan los cartogramas digitales con ambas lecturas. En este caso se muestra el comportamiento cualitativo de la salinidad (conductividad eléctrica aparente).

Para elaborar los cartogramas de salinidad cuantitativos (conductividad eléctrica real) a partir de los valores de conductividad eléctrica aparente es necesario hallar ecuaciones de regresión con los resultados del laboratorio en los puntos muestreados. En las Figuras 1 y 2 se muestra un ejemplo de cartogramas de conductividad eléctrica aparente tomados con el EM 38.

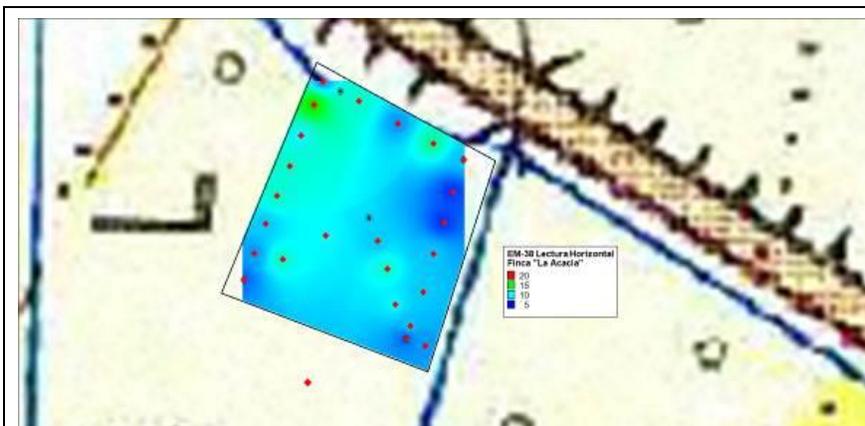


Fig. 1. Cartograma de salinidad con las lecturas horizontales del EM 38. Finca "La Acacia". Guantánamo.

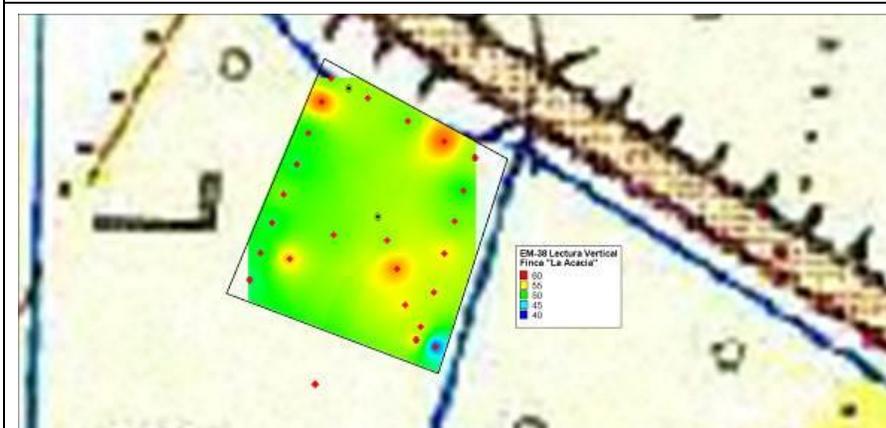


Fig. 2. Cartograma de salinidad con las lecturas verticales del EM 38. Finca "La Acacia". Guantánamo.

La utilización de este equipo permite valorar como se van moviendo las sales en el área monitoreada, sin necesidad de tomar muestras de suelo. Para estos casos, es el equipo de trabajo el encargado de determinar si es necesario realizar el muestreo completo al área o solo allí donde se detecte alguna anomalía significativa y se desee conocer los elementos que están influyendo en ese suelo.

Monitoreo de la calidad de las aguas superficiales.

Se deben tener en cuenta las características del área de estudio para determinar los puntos escogidos para el monitoreo de las aguas superficiales. Tomar muestras de la fuente de agua para el riego, ya sea de canales o, río o laguna, y del agua que llega efectivamente al campo mediante el sistema de riego empleado. Se recomienda realizar 2 muestreos en el año, uno en época seca y otro en época de lluvia, tratando en lo posible de hacerlo coincidir con el monitoreo de los suelos. A estas muestras de les aplica la NC 1084:2010 Calidad del agua para preservar el suelo — Especificaciones, para la determinación de todos los análisis descritos y su correspondiente evaluación en Calidad I, II o III.

Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas.

Se aplica lo mismo que para las aguas superficiales, cuando estas son utilizadas para el riego. No obstante, en las áreas que lo requieran, con problemas de drenaje y mineralización del manto freático conocidos, y que sea factible, deben instalarse pozos de observación, siempre a mayor profundidad de la que comúnmente se encuentran las aguas, para permitir una medición efectiva. En este caso, también se tomarán muestras de agua, al menos, 2 veces al año, se medirá la profundidad del manto y se aplicará la NC 1084:2010, para valorar la mineralización de las aguas.

Conclusiones.

Las indicaciones técnicas diseñadas para el monitoreo de suelos y agua en agroecosistemas afectados por suelos y agua permite contar con un material metodológico que agrupe todos los aspectos a tener en cuenta para el manejo de los mismos, reuniendo toda la normativa vigente referida a la temática.

De igual forma, tiene en cuenta no solo las condiciones actuales de los suelos y las aguas sino que asume como un todo el entorno circundante y las condiciones climáticas que inciden en el área afectada.

Es una herramienta necesaria para el seguimiento de este fenómeno en el país y constituye un apoyo imprescindible para las decisiones futuras que sobre estas áreas se tomen.

Bibliografía.

Acosta, M., y Mugica, L. (2006). Reporte final: Aves acuáticas en Cuba, Water Bird Conservation for the Americas.

Ayers y Wescott (1985). Calidad del agua de riego para la agricultura, Roma, FAO, Riego y Drenaje, 29: 174 pp.

Borges, O. y otros. (1999). Informe final del proyecto nacional del Programa Nacional de los Cambios Globales 013-05-001. 254 pp.

Cárdenas, O., Quintana, M., Barranco, G., y otros (2013). Fase de caracterización, Tarea 3.1.4 Modelo de ordenamiento ambiental Municipio Los Palacios Pinar del Río. Proyecto BASAL, 126 pp.

Centro de Meteorología Provincial Guantánamo (2013). Reporte meteorológico anual (sin paginar).

Cintra, M. y otros. (2017). Informe final del proyecto “Control sistemático de los suelos y las aguas en agro ecosistemas afectados por salinidad bajo condiciones de manejo diferenciado para enfrentar los efectos del cambio climático”, Instituto de Suelos, 76 pp.

Coras Merino, P. M.; Ontiveros Capurata, R.; Diakite Diakite, L. (2014). Movimiento del agua freática y concentración de sales en suelos agrícolas. Revista mexicana de ciencias agrícolas. Vol. 5, No. 4, Texcoco Jun – Ago.

Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes (1988). Mapa Genético de Suelos Provincia de Camagüey. Esc: 1: 25 000.

Estación meteorológica San Diego (2011). Reporte meteorológico anual (sin paginar).

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. Editorial Colima, México; 137 pp.

Fuentes, I., Baisre, J., San Loys, D. y Borges, O. (1998). Propuesta de límites de la zona semiárida sur Maisí. Guantánamo. Informe de tarea Resultado 013-05-001. En archivo Estación de Suelos Salinos, Guantánamo.

García, C. (1994). Mapa Geomorfológico de la Provincia de Camagüey. Escala 1:250000. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos, Camagüey.

- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., Rivero, R. L., Camacho, D. E. y otros (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba. Editorial Agrinfor. Ciudad de la Habana, 64 pp.
- I.N.R.H. (1992). Esquema detallado de desalinización de las tierras del Valle de Guantánamo. INRH. Colectivo de Autores soviético-cubanos.
- I.N.R.H. (1996). Estudio a nivel de Factibilidad. Medidas contra las inundaciones en el Valle de Guantánamo.
- Instituto de Geología. (1989). Atlas de la Provincia de Camagüey.
- Instituto de Geología y Paleontología. (1997). Mapa Geológico de la Provincia de Camagüey Escala 1: 250 000.
- Instituto de Suelos. (1975). 2ª Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie Suelos, 23: 1 - 25.
- Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (2014). Información de las precipitaciones en los años 2009 – 2013.
- Ionin, A., Pavlidis, S. y Avello, A. (1977). Geología de la Plataforma Marina de Cuba. Editorial Nauka. Moscú, 351 pp.
- Norma Cubana 776:2010. Calidad del suelo. Evaluación de la afectación por salinidad.
- Norma Cubana 1048:2014. Calidad del agua para preservar el suelo. Especificaciones.
- Norma Cubana 209:2002. Calidad del suelo. Determinación de los aniones y cationes solubles en el extracto y el porcentaje de saturación de la pasta de suelos afectados por la salinidad.
- NRAG 186:2011. Suelos. Disoluciones nutritivas. Métodos químicos de análisis.
- Otero, L. (2007). Utilización de nuevos indicadores en la evaluación y en la efectividad del manejo de los suelos afectados por salinidad. Tema 4 del Curso de Postgrado "Química de los suelos salinos".
- Otero, L., Sánchez, I., Cintra, M., Morales, R., Rivero, L., Vento, M., Montejo, J. L., Márquez, E., Gálvez, V., Valle, E., Santos, E., Horta, M., Ortega, H., Curbelo, R., López, I., García, M. y otros (2009). Informe final del Proyecto Ramal de Recursos Naturales PR 1172, 76 p, 35 Figs, 32 Tablas y 2 Anexos.

Fecha de recibido: 7 mar. 2020

Fecha de aprobado: 13 may. 2020