

Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología para mitigar la salinidad en Guantánamo. Cuba.

Science and technology development to mitigate salinity in Guantánamo. Cuba.

Autores: Lic. Marianela Cintra-Arencibia¹, Dr. C. Jesús Rodríguez-Cotorruelo²

Organismo: Instituto de Suelos–UCTB de Suelos Guantánamo. Cuba¹. Universidad de Guantánamo. Cuba².

E-mail: director@suelos.gtm.minag.cu, cotorruelo@cug.co.cu

Teléf. 21325723¹, 21323873¹, 21324875²

Resumen.

El desarrollo de la ciencia y el uso de la tecnología le han permitido al hombre transformar el medioambiente. Una de las causas de la degradación de los suelos es la salinidad, que afecta agroecosistemas, incidiendo negativamente en sus producciones agrícolas. Son muchas las tecnologías que se emplean en el mundo para la recuperación de suelos salinos y particularmente en Guantánamo, se han empleado el lavado capital de sales, introducción y evaluación de especies tolerantes a diferentes niveles de salinidad, así como, implementación de una tecnología integral para el manejo de suelos afectados por sales con el cultivo del plátano.

Palabras clave: ciencia y tecnología; salinidad; medioambiente; degradación de suelos.

Abstract.

The development of science and the use of technology have allowed man to transform the environment. One of the causes of soil degradation is salinity, which affects agroecosystems, negatively disturbing their agricultural production. There are many technologies used in the world for the recovery of saline soils. Particularly in Guantánamo, capital washing of salts has been used as well as introduction and evaluation of tolerant species at different levels of salinity, the implementation of integral technology for the management of soils affected by salts with the cultivation of banana.

Keywords: science and technology; salinity; environment; soil degradation.

Introducción.

La ciencia y la tecnología son procesos sociales que están estrechamente vinculados entre sí, e inciden, directamente, sobre la sociedad. La influencia que estos procesos ejercen sobre la vida del hombre no siempre es positiva, de lo que se deriva la importancia que tiene el conocimiento profundo de sus interrelaciones.

El desarrollo de la ciencia y el uso de la tecnología le han permitido al hombre transformar el medio ambiente. La explotación desmedida e irracional de los recursos naturales, el empleo de los mismos en la satisfacción de las necesidades, la demanda sin precedentes a la que el rápido crecimiento de la población humana, está produciendo un declive cada vez más acelerado en la calidad de este y en su capacidad para sustentar la vida.

Los vínculos entre la ciencia y la tecnología cada día son más estrechos; las necesidades técnicas repercuten en el desarrollo científico, proponiéndole exigencia cognoscitiva a la ciencia para la investigación y, recíprocamente, los proyectos o programas de investigación involucran tecnologías.

Los seres humanos, con la Revolución Industrial, empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera, y la calidad de su agua. Es por ello que la protección del medio ambiente se ha convertido en una prioridad, en una necesidad de primer orden para garantizar el desarrollo económico y social y, sobre todo, para la salud y la supervivencia de la especie humana en todo el planeta.

La ciencia y la tecnología son omnipresentes en todos los quehaceres de la sociedad contemporánea, la ciencia es considerada como fuerza productiva directa y su estrecha relación con la tecnología (tecnociencia), la ha convertido en algo de lo que no se puede prescindir, todo lo contrario, constituyen un factor decisivo del desarrollo social. El concepto de tecnociencia, menos extendido en la literatura, servirá para destacar los límites borrosos, indistinguibles y a veces inexistentes entre ciencia y tecnología, Núñez, (1999).

Desarrollo.

Materiales y métodos

Se define como **ciencia** al multifacético y complejo fenómeno social que como actividad humana especializada tiene como fin la producción, difusión y aplicación de conocimientos y se expresa a través de un conjunto de rasgos que la caracterizan. Se le puede analizar como sistema de conocimientos que modifica la visión del mundo real y enriquece el imaginario y la cultura cubana; se le puede comprender como proceso de investigación que permite obtener nuevos conocimientos, los que a su vez ofrecen posibilidades nuevas de manipulación de los fenómenos; es posible atender a sus impactos prácticos y productivos, caracterizándola como fuerza productiva que propicia la transformación del mundo y es fuente de riqueza; la ciencia también presenta como una profesión debidamente institucionalizada portadora de su propia cultura y con funciones sociales bien identificadas, Núñez, (1999).

La **tecnología** es el conjunto de conocimientos científicos, ingenieriles, gerenciales y empíricos que contribuyen a la creación, producción, distribución, comercialización y mejoramiento de

bienes y servicios. Es la aplicación del conocimiento científico para resolver problemas prácticos y alcanzar metas humanas. Un cuerpo de conocimientos desarrollado por una cultura que provee métodos o medios para controlar el entorno, extraer las fuentes, producir bienes y servicios y mejorar las condiciones de vida.

Son diferentes las demandas, exigencias y presiones sociales a las que tienen que responder la ciencia y la tecnología: la ciencia es más desinteresada y pública, está menos involucrada en el mercado, pues una ley científica no es patentable, ni es propiedad intelectual de nadie. Mientras que la tecnología se subordina al sistema de patentes y franquicias.

Según Montero, (2012), la Revolución cubana se interesó en el conocimiento científico y tecnológico desde el primer momento. En 1959 era muy poco predecible que líderes como Fidel y el Che abrazaran e impulsaran el desarrollo científico y tecnológico como lo hicieron, sin antecedente alguno evidente de una tradición relacionada.

Uno de los problemas clásicos de degradación de la tierra que ha tenido que enfrentar el hombre, ha sido el de controlar, prevenir o mejorar los suelos afectados por la salinidad. En las regiones áridas, semiáridas y estepas, donde la evaporación es mayor que las precipitaciones, se ubican las regiones más afectadas por sales, Kovda, (1964); citado por Otero et al., (2009).

La **salinización de los suelos** es el proceso de acumulación en el suelo de sales solubles en agua. Se llama **suelo salino** a un suelo con exceso de sales solubles. La sal dominante en general es el cloruro de sodio (NaCl), razón por la cual tal suelo también se llama **suelo salino-sódico**.

Es uno de los problemas más importantes en el mundo, ya que aproximadamente 340 millones de hectáreas están afectadas, el 6 % de la superficie de la tierra tiene niveles importantes de sales, reduciendo la productividad de 20 millones de hectáreas irrigadas en el mundo. Los suelos con un alto contenido de sales, abarcan más del 10 % de la superficie en más de 100 países, Otero et al., (2009).

Además de las extensas áreas de suelos con salinidad primaria en el mundo, en los últimos años se ha incrementado considerablemente la salinidad secundaria en extensos territorios, debido fundamentalmente a los efectos del regadío, donde para garantizar el suministro de agua y tener agricultura, se ha implantado el riego, sin haber previsto la instalación de sistemas de drenaje, lo que ha conllevado al incremento de la salinidad de los suelos, por la ascensión de las sales que se encontraban localizadas por debajo de los 20 cm de profundidad, intensificado por las particularidades climáticas que aumentan su concentración en el suelo.

Este problema se puede intensificar con otras fuentes adicionales de electrolitos, como el uso de fertilizantes y la calidad del agua de riego. La significación relativa del aporte de cada fuente suministradora de sales, depende de las condiciones del suelo, la efectividad del drenaje, la calidad del agua de riego, la sobreexplotación del manto y las prácticas de manejo agronómico. Los cambios hidrológicos provocados por la deforestación o por el cultivo intensivo, también son causas importantes de la salinidad.

Resultados y discusión

En Cuba, existen 1 millón de hectáreas afectadas por salinidad (ONEI, 2016), que representa el 14,9 % de la superficie agrícola. Ocupa el 4^o lugar dentro de los factores limitantes de los suelos, Riverol et al., (2001), por lo que constituye uno de los principales procesos que deterioran la fertilidad de los mismos. En el esfuerzo por mitigar y controlar los impactos del cambio climático, a nivel nacional y global es necesario unir esfuerzos y estrategias de forma coordinada.

Castro, (1985) citado por Flores et al., (1996), destacó la tendencia a la salinización de las tierras en la región de Guantánamo por la naturaleza del terreno, mineralización que tienen ciertas aguas, y salinización que tiene el manto freático. El hecho real es que se pierden áreas por problemas de salinización y este también es otro desafío científico. ONEI, (2016), reportó 20 000 ha afectadas por salinidad en la provincia Guantánamo, ubicadas en su mayoría en el valle de Guantánamo.

Ortega y Acevedo, (1987) citado por Flores et al., (1996), señalan que, en la Cuba precolombina, los suelos salinos naturales ocupaban sólo pequeñas áreas de las zonas costeras donde la formación de las turbas y los depósitos carbonáticos ocurren en un ambiente salobre, así como en algunos puntos de la provincia Guantánamo, donde las lluvias no alcanzan los 600 mm al año.

Asimismo, Cabrera, (1992), citado por Flores et al., (1996), en un acabado y elocuente análisis de la historia del proceso de salinización en el valle de Guantánamo, relata que los reportes más antiguos datan de 1920 en los trabajos de Bennet y Allison (publicados en 1966), donde se describen ocho perfiles típicos de la zona, de los cuales cuatro presentaban diferentes niveles de salinidad encontrándose ubicados hacia el sur de la provincia.

Son múltiples los resultados recogidos en la bibliografía mundial acerca de la recuperación y/o mejoramiento de los suelos afectados por sales. Una de las tecnologías más efectivas es el lavado de suelos, que se hace con el objetivo de recuperar terrenos salinizados o para mantener un contenido de sales en niveles aceptables. El lavado de las sales, con vistas a que estas sean arrastradas en profundidad más allá de donde alcanzan la mayor parte de los sistemas radicales de las plantas, es una medida esencial con vistas a la recuperación de los suelos degradados por su acumulación. Para alcanzar tales objetivos, el sistema más simple consiste en un riego abundante, a veces incluso con agua ligeramente salina, que disolverá las sales y las arrastrará hasta los horizontes más profundos del perfil del suelo. Para ello es necesario mejorar el drenaje por medio de una labranza profunda y la incorporación de materia orgánica, para asegurar un flujo descendente del agua de riego y lixiviar las sales.

También se utilizan microorganismos benéficos para el control de la salinidad del suelo, estos degradan contaminantes orgánicos o disminuyen la toxicidad de otros contaminantes inorgánicos del suelo a través de la actividad biológica natural, mediante reacciones que forman parte de sus procesos metabólicos.

La tecnología utilizada tradicionalmente en muchos lugares para disminuir los niveles de salinidad en el suelo es la de mejoradores químicos. La aplicación de yeso y azufre aumentan la permeabilidad de los suelos floculando las partículas de arcilla, logrando aumentar el porcentaje

de poros medianos disminuyendo los microporos. Luego con riegos abundantes se lavan las sales.

Otras técnicas empleadas en países más desarrollados son la tecnología de biopolímeros que tiene la ventaja de estabilizar y formar agregados en la estructura del suelo, para así mejorar la velocidad de infiltración y por medio de lavado, facilitar el lixiviado de las sales presentes, además los productos utilizados actúan como estabilizadores de la estructura del suelo; y el electromagnetismo, que utiliza campos magnéticos para acelerar la acción dinámica de los microorganismos benéficos, realizando un proceso de rehabilitación químico-biológico sobre los suelos afectados por la salinidad, reduciendo el tiempo y aumentando la eficiencia del mejoramiento a través de la actividad biológica, CVC-UNIVALLE, (2009).

También de estas últimas décadas es la tecnología de los organismos “genéticamente modificados” (GM), en ellos se incorporan uno o más genes en su genoma por medio de la ingeniería genética, son los organismos transgénicos. La tecnología de los organismos GM ha contribuido desde hace 30 años a un crecimiento sostenido en la producción de alimentos. Esta tecnología presenta resultados prometedores para incrementar la tolerancia a salinidad, mediante ella se incrementan los mecanismos de tolerancia a los estreses y así las técnicas moleculares contribuyen a acelerar la selección de variedades tolerantes a salinidad.

Cuando la salinidad predomina como factor limitante, estos cultivos GM se pueden adaptar con perspectiva de éxito, aunque existen muchas otras limitaciones. El problema a resolver se encuentra en las áreas donde la salinidad es muchas veces un problema menor, comparado con el defecto y/o exceso de agua, la alcalinidad, limitaciones físicas y nutritivas de los suelos, etc.

Sin embargo, la recuperación de suelos salinos y sódicos utilizando las tecnologías indicadas, previamente es limitada si no se provee el drenaje adecuado para la eliminación de las sales. Dado que esto normalmente excede las posibilidades de un productor aislado, se puede intentar el manejo de los flujos de sales mediante tecnologías de uso a nivel más amplio. Para ello se recomiendan varias opciones de manejo que contribuyen a este fin, como son el manejo agrohidrológico que incluye la sistematización agrohidrológica, aplicada a nivel de cuenca y de campo, y consisten en la realización de obras para el manejo de excedentes hídricos dentro del campo: drenajes ingenieros y drenajes parcelarios.

Se recomienda, además, la siembra directa e interseembra que consiste en el cubrimiento del suelo mediante el manejo de los rastrojos, esta reduce las pérdidas por evaporación y contribuye a lavar las sales por su efecto positivo sobre la tasa de infiltración. Siempre debe favorecerse presencia de “mulch” sobre la superficie para reducir los flujos ascendentes de sales, evitando labranzas.

Aparejado a esto se ha demostrado que es posible controlar la salinización superficial del suelo manejando los pastizales con descansos periódicos o con pastoreo rotativo, lo que aumenta cobertura superficial del suelo.

Existen tecnologías de rehabilitación posibles para los suelos salino-sódicos, con viabilidad futura. Para las tecnologías de aplicación actual, es importante considerar, previo a su implementación, la influencia del agua subterránea como fuente de sales y sodio. Es importante mantener el suelo cubierto por vegetación, para evitar la llegada de las sales a la superficie del

suelo. Las tecnologías disponibles, como enyesado, mejora biológica por abonos orgánicos, especies adaptadas, siembra directa y otras, requieren mayor grado de experimentación local. La fertilización de los pastizales es una herramienta que merece más atención.

En Guantánamo se realizó a finales de la década del 80 del pasado siglo, el lavado capital de sales en 40 ha del valle de Guantánamo, (**Figura 1**), para la recuperación de esas áreas afectadas por sales. Este método resultó muy efectivo y recomendable para la desalinización a corto plazo de estas áreas. Sin embargo, es un método costoso porque requiere de grandes volúmenes de agua, la preparación de las parcelas de lavado, el drenaje adecuado, así como, el monitoreo constante de los parámetros salinos después de cada entrega de la norma de lavado.



Fig. 1. Imagen de parcelas del lavado capital en el valle de Guantánamo.

Limeres et al., (2000), trabajaron en el estudio e introducción de especies tolerantes a la salinidad, obteniéndose la primera tabla de tolerancia a la salinidad para los cultivos más explotados en esta zona. Entre ellos se encuentran los pastos: (gramíneas y leguminosas); viandas: (plátano, boniato, yuca y ñame); vegetales: (tomate, habichuela, cebolla, lechuga, pimiento, quimbombó y rábano blanco); arroz, cítricos, granos: (frijol común, frijol caupí, frijol verde, soja y sorgo); oleaginosas: (higuereta, girasol y cártamo); medicinales: (albahaca y sábila); plantas aromáticas y productoras de fibras: (agaves sp.). En todos los casos se obtuvo pérdida en los rendimientos relativos para las condiciones edafoclimáticas del valle de Guantánamo, a partir del 10 %.

Asimismo, fueron evaluadas 15 especies de árboles de usos múltiples en condiciones de extrema sequía y salinidad, en las que se determinó el nivel de tolerancia, no tolerancia o medianamente tolerantes. (**Figura 2**).



Fig. 2. Algunas de las especies estudiadas para la tabla de tolerancia a la salinidad y la sequía.

Entre los años 1985 y 1995 se diseñó e implementó una tecnología integral para el uso y manejo de los suelos aluviales salinos con el cultivo del plátano, donde se integran los resultados de investigaciones en suelos con diferentes grados de salinidad. Aplicando sobredosis en el riego con agua de buena calidad, seleccionando el cultivo y la variedad adecuada de acuerdo a la salinidad de cada área, incorporación de materia orgánica, construcción de drenajes profundos y una buena preparación de suelos. Esto permitió un régimen hidrosalino de lavado en el suelo, logrando abatir el manto freático por debajo de su profundidad crítica y la disminución en un 35 % los suelos con mayores tenores de sales, alcanzando niveles tolerables de salinidad para este cultivo, **(Figura 3)**.



Fig. 3. Tecnología integral para el uso y manejo de suelos aluviales salinos con el cultivo del plátano.

Con todo lo anteriormente expuesto, se deduce la necesidad de integrar índices genéticos, geomorfológicos, químicos, físicos, biológicos y de manejo, entre otros, lo que permitirá definir la situación concreta de cada agroecosistema para tomar las mejores decisiones.

Conclusiones.

Aunque existen varias tecnologías para contrarrestar la salinidad en agroecosistemas afectados, para su implementación deben tenerse en cuenta aspectos esenciales, como son:

- Costo de la tecnología a implementar y tiempo de recuperación de la inversión. Al considerar la relación pérdida-costos. Flores et al., (1996), refieren que es difícil calcular el costo del mejoramiento, ya que este depende, entre otros factores, del grado y tipo de salinidad, cercanía del manto freático, propiedades hidrofísicas de los suelos, tecnología disponible, fuentes de compuestos mejoradores, etcétera, haciendo énfasis en la importancia que debe darse a los aspectos relacionados con la prevención de la salinidad.

- Características específicas del área donde se implementará: (físicas, químicas y biológicas), teniendo en cuenta el desequilibrio que se produce en el ecosistema agrícola con el uso de sustancias químicas que traen cambios en los procesos del suelo.
- Disponibilidad de especies y variedades apropiadas, numerosos estudios han demostrado que la utilización de plantas tolerantes a la salinidad cultivadas bajo agrotecnia y manejo adecuados, han permitido obtener rendimientos satisfactorios en áreas agrícolas afectadas por salinidad.
- Preparación técnica del personal que acometerá las acciones de recuperación por la importancia que reviste la capacitación para la selección de la tecnología más apropiada para cada caso y asumiendo los factores anteriores.

Referencias Bibliográficas.

- Borges, O., Limeres T., Mila F., Piedra C., Lobaina P. & San Loys, D. (2000). Introducción, evaluación y ordenamiento territorial del cultivo del arroz en el Valle de Guantánamo. *Informe Final de Proyecto (T-0033)*, Programa Territorial, CITMA, Guantánamo.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2009). Proyecto *“Diseño y promoción de tecnologías y prácticas para la recuperación de áreas con suelos degradados por erosión y salinidad”*. CVC-UNIVALLE, Cali, Colombia, 456 p.
- Cuba, Anuario Estadístico. (2016). *Estadística de Cuba/Medio Ambiente*.
- Del Castillo. (1997). *La ciencia para todos*. México. Fondo de Cultura Económica, Secretaría de Educación Pública. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Flores, D. A., Gálvez, V. V., Hernández, L. O., López, A. J. G., Obregón, S. A., Orellana, G. R. et al. (1996). *Salinidad un nuevo concepto*. Editorial Colima, México, 137 p.
- Limeres, T., Borges, O. & Favier, V. (1999). Evaluación preliminar de cuatro variedades de frijol Caupí en suelos afectados por sales del Valle de Guantánamo. *Rev. Electrónica Hombre, Ciencia y Tecnología*, 9.
- Limeres, T., B., O., Piedra, C., San L., D. & Favier, V. (2000). *Introducción y evaluación de especies vegetales de usos múltiples que propicien el uso sostenible de los suelos de la región semiárida de Guantánamo*. Tarea 02, Informe Final del Proyecto Nacional 013 - 05 - 001”. Estación provincial de Suelos Guantánamo. Cuba.
- Núñez Jover, J. (1999). *La Ciencia y la Tecnología como Procesos Sociales*. La Habana: Editorial Félix Varela, 34.
- Otero, L., Sánchez, I., Cintra, M., Morales, R., Rivero, L., Vento, M., et al. (2009). Informe final del *Proyecto Ramal de Recursos Naturales*.
- 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”*.
- Taboada, M. A. & Lavado, R. S. (2008). Funcionamiento de los suelos salinos y sódicos. *Actas XVI Congreso AAPRESID*, 339-348.
- Zúñiga, O., Osorio, J. C., Cuero, R. & Peña, J. A. (2011). Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*, 64(1).

Fecha de recibido: 14 oct. 2019
Fecha de aprobado: 11 dic. 2019