



ARTÍCULO ORIGINAL

<https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1515>

Influencia del riego en cultivos sobre el manto freático de un suelo aluvial de Guantánamo

Influence of Irrigation on Crops on the Water Table of an Alluvial Soil in Guantánamo

Lic. Thomas Carbonell-Mestre^I, M.Sc. Albaro Blanco-Imbert^{II}, Dr.C. Julián Herrera-Puebla^{III},
Dr.C. Yoima Chaterlán-Durruthy^{III}, Ing. Luis Manuel Herrera-Sardiñas^I, MSc. Marianela Cintra-Arencibia^{II},
MSc. Marta Paula Ricardo-Calzadilla^{III}, Lic. José Antonio Márquez-Calavia^{IV}

^IInstituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Unidad Científica Tecnológica Base (UTCB), Guantánamo, Cuba.

^{II}Instituto de Suelos, Unidad Científica Tecnológica Base (UTCB), Guantánamo, Cuba.

^{III}Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) Boyeros, La Habana, Cuba.

^{IV}Cooperativa de Créditos y Servicios “Enrique Campos Caballero”, Guantánamo, Cuba.

RESUMEN. El riego constituye un factor decisivo en los rendimientos de los cultivos, más aún en aquellas zonas de bajo régimen pluviométrico anual, variabilidad de las lluvias con respecto a las necesidades hídricas de los cultivos, elevada evaporación anual y mal drenaje, provocan recarga del manto freático por la utilización de altas normas de riego, que favorecen la salinización del suelo por ascenso capilar. Es por ello que el presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la influencia del riego por aspersión en el comportamiento del manto freático en un suelo aluvial con afectación salina, ubicado en el valle de Guantánamo, dentro de la Cooperativa de Créditos y Servicios “Enrique Campos Caballero”. La profundidad del manto freático se monitoreó cada 7 días por tres años (2017, 2018, 2019), en tres pozos de observación instalados en línea a 288 m entre ellos, hasta 3 m de profundidad y cada 15 días se tomaron muestras de agua freática para determinar su grado de mineralización. No se encontró un efecto marcado del nuevo sistema de riego instalado en la profundidad del manto freático al encontrarse en la mayoría de los meses por debajo del nivel crítico. Los valores de conductividad eléctrica no indican salinidad en el suelo.

Palabras clave: salinidad, ascenso capilar, necesidad hídrica, evaporación.

ABSTRACT. Irrigation is a decisive factor in crop yields, even more so in those areas with low annual rainfall, variability of rainfall with respect to the water needs of crops, high annual evaporation, poor drainage and the use of high irrigation standards, all of that causing a poor recharge of the aquifer, which favor the salinization of the soil by capillary rising. That is why this work was carried out with the objective of evaluating the influence of sprinkler irrigation on the behavior of the water table in alluvial soil with saline affectation, located in the Guantánamo valley, within the Cooperative “Enrique Campos Caballero”. The depth of the water table was monitored every 7 days for three years (2017, 2018, 2019), in three observation wells installed in straight line at 288 m line between them, up to 3 m deep. Every 15 days groundwater samples were taken to determine its degree of mineralization. No marked effect of the new irrigation system installed in the depth of the water table was found, since it was below the critical level in most months. The electrical conductivity values do not indicate salinity in the soil.

Keywords: Salinity, Capillary Rise. Water Need, Evaporation.

¹ Autor para correspondencia: Thomas Carbonell-Mestre, e-mail: espiagric@gtm.minag.gob.cu, thomascarbonellmestre@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4013-3476>

Recibido: 25/04/2021.

Aprobado: 12/11/2021.

INTRODUCCIÓN

La presencia de una capa freática cercana a la superficie del suelo condiciona generalmente problemas de salinidad en el suelo debido al movimiento ascendente del agua y de las sales desde este manto en la medida en que el agua se evapora o es consumida por las plantas (Bertram, 2017).

Según Combatt & Narváez (2015) cuando se alcanzan niveles freáticos a menos de dos metros de la superficie de suelos con características salinas, causa aportes y acumulación de sales en la superficie del suelo, efecto que generalmente está asociado al empleo de altos volúmenes de agua en áreas bajo riego, precipitaciones excesivas, así como a la filtración de canales de distribución de agua durante la conducción y de las redes de drenaje (Courel, 2019).

Estos factores causantes del incremento de la salinización en las áreas agrícolas, son más comunes en las zonas áridas y semiáridas, debido al desequilibrio que estas zonas muestran en el ciclo hidrológico, el cual origina cambios en las propiedades de los suelos y del potencial productivo, lo que afecta directamente el desarrollo de la agricultura intensiva y el rendimiento de los cultivos, sobre todo en períodos o etapas críticas en que los mismos son más sensible a la profundidad del manto freático; las afectaciones que estos causan son de tal magnitud en la actividad agropecuaria que la producción en estas áreas llega a resultar incosteable (Pizarro, 1978; Lázaro *et al.*, 2005; Mercado *et al.*, 2011)

Cuba posee sitios con similar situación de elevación del manto freático, como es el caso de la provincia de Guantánamo, donde las áreas bajas del denominado valle de Guantánamo, con una extensión de 1277,1 km² (20,6% del área de la provincia), se ven afectadas por estas condiciones. Los problemas de salinidad ocasionados por el incremento de los niveles freáticos en estas zonas, han sido ampliamente documentados por Ortega *et al.* (1982); Rivero *et al.* (1990); Sánchez *et al.* (2000); Herrera *et al.* (2002). Sin embargo, estos autores, no mencionan la influencia que pudieran tener sobre los niveles freáticos la técnica de riego empleada.

Ayers & Westcot (1987) señalaron que los aspersores a menudo permiten un uso mucho más eficiente del agua y una reducción de las pérdidas por percolación en profundidad y añaden que si la aplicación de agua está de acuerdo con las necesidades del cultivo (evapotranspiración y lixiviación) ~ los problemas de drenaje y

de nivel freático alto pueden reducirse en gran medida, lo que debería mejorar el control de la salinidad: esta efectividad, no obstante, puede variar notablemente en función del periodo del año, de la topografía del terreno y de la incidencia de los factores climatológicos (Namuche *et al.*, 2017). Cardon *et al.* (2003) por su parte, señalaron que las sales se lixivian más eficientemente del perfil del suelo bajo riego de mayor frecuencia (intervalos de riego más cortos) y agregan que mantener los niveles de humedad del suelo más altos entre los eventos de riego diluye efectivamente las concentraciones de sal en la zona de las raíces, reduciendo así el peligro de salinidad. Según estos autores, la mayoría de los sistemas de riego de superficie (sistemas de inundación o surcos) no se pueden controlar para aplicar menos de 75 a 100 mm de agua por aplicación y generalmente no son adecuados para el control de la salinidad mediante lavado, por lo que los sistemas de rociadores, particularmente los sistemas de pivote central y de movimiento lineal configurados con paquetes de boquillas de aplicación de precisión de baja energía (LEPA) o boquillas de goteo adecuadamente espaciadas, y los sistemas de riego por goteo brindan el mejor control para permitir este tipo de manejo de la salinidad.

En atención a lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo de evaluar la influencia del riego por aspersión sobre el comportamiento del manto freático en un suelo aluvial, Guantánamo, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un área de 28 ha pertenecientes a la finca de José Antonio Márquez Calavia, ubicada en la localidad de Matabajo, en las coordenadas Norte 153,410 y Este 669,110, a 9-10 m sobre el nivel del mar, al sur del municipio Guantánamo durante el periodo 2017-2019. EL sitio se caracteriza por presentar un clima semiárido, donde las precipitaciones alcanzan una media anual de 741,8 mm con una distribución estacional muy marcada, largos periodos sin precipitaciones (entre 20 y 30 días consecutivos), o días con lluvias intensas (Aguilar *et al.*, 2015; Baza *et al.*, 2020).

El suelo del área es un suelo aluvial poco diferenciado (Fluvisol Típico), según la clasificación propuesta por Hernández *et al.* (2015), sobre material transportado carbonatado, medianamente profundo, poco humificado, de textura loam arcilloso (Minag-Cuba, 1982). Las características hidrofísicas del mismo se exponen en la Tabla 1.

TABLA 1. Propiedades hidrofísicas del suelo.

Profundidad (cm)	Densidad aparente Da (g·cm ⁻³)	Capacidad de campo Cc (%)	Velocidad de infiltración (mm·h ⁻¹)
0-20	1,30	27,40	18,05
21-40	1,42	25,40	
41- 60	1,43	25,00	
61- 80	1,43	24,90	
81-100	1,43	26,60	

Fuente: Laboratorio del Instituto de Suelos, UCTB Guantánamo.

Riego

La finca posee un sistema de riego por aspersión semiestacionario (instalado en el año 2013), con emisor de impacto y círculo completo Unirain F46L, de diámetro en las boquillas de 3,18 mm y 2,38 mm (1/8" x 3/32"), a un marco entre laterales y aspersores de 12x12 m, a una presión de trabajo de 250 kPa y un radio de alcance de 12,6 m. La fuente de abasto para el riego es del Canal Magistral Guanta Izquierdo, el cual se alimenta de la Presa "La Yaya", cuya agua se considera de buena calidad (CE 0,35 dS·m-1) (Aguilar *et al.*, 2015; Ricardo, 2017; Cintra, 2020).

Drenaje

El área posee dos canales de drenajes principales, ubicados al inicio y al final del campo, los cuales evacúan las aguas que benefician los cultivos explotados.

Monitoreo del manto freático

Para determinar el comportamiento del manto freático durante los tres años (2017, 2018 y 2019), se evaluó la influencia del agua aportada por el riego y las lluvias, para ello se realizaron las siguientes determinaciones.

Volumen del agua aplicado con el riego. Se determinó a partir del caudal en prueba de campo y el tiempo de puesta del emisor durante el riego, lo cual se relacionó con las normas netas totales de los cultivos explotados en el área (Tabla 2), según lo descrito por la Resolución 287 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos INRH-Cuba, (2015) y corroborado en la 17 INRH-Cuba (2020). Los volúmenes totales de agua aplicados en el riego durante los años fueron: 2017 (130 691,8 m³), 2018 (123 404,7 m³) y 2019 (68 451,3 m³).

TABLA 2. Normas netas totales de los cultivos explotados en el área

Cultivos	Normas netas (m ³ ·ha ⁻¹)
Pimiento en trasplante (<i>Capsicum annum L.</i>)	3712
Cebolla (<i>Allium cepa L.</i>)	4646
Pepino (<i>Cucumis sativus, L.</i>)	2717
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)	3400
Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	5800
Sorgo (<i>Sorghum bicolor L. Moench</i>)	2717

Precipitaciones. Se tomaron los datos registrados en los tres años por el pluviómetro 630 “La Juanita” (km 9 de la carretera a Caimanera, 20 m de altitud, localización Norte 155,100 y Este 668,800), de la red del INRH y de la Estación 78368 “Guantánamo” del Sistema Meteorológico en Cuba, ambas, representativas de la zona de estudio. Precipitaciones por año: 2017 (893,8 mm), 2018 (554,8 mm) y 2019 (946,1 mm).

Profundidad del manto freático. Se monitorearon cada 7 días tres pozos de observación instalados hasta 3 m de profundidad en el área, en dirección NW-SE, distanciados a 288 m entre ellos (Figura 1). Determinándose la profundidad con ayuda de un sonador mecánico conectado a una cinta graduada.

Conductividad eléctrica del agua freática (CE en dS·m⁻¹). En los años 2018 y 2019, cada 15 días se realizaron muestreo de agua a partir de su extracción de los pozos de observación; estas fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la UCTB Guantánamo y se determinó la CE por el método Conductimétrico, según la Norma Ramal AG 186 (NRAG 186:11, 2011). La calidad del agua se determinó a partir de la clasificación propuestas por Ayers & Westcot (1987) y Rhoades *et al.* (1992).

Conductividad eléctrica del suelo. Se realizaron dos muestreos anuales (época de lluvia y de seca). Se ubicaron 16 puntos de muestreo y en cada uno se tomaron muestras cada 20 cm hasta 1 m de profundidad (NC 776:10, 2010). Las determinaciones se realizaron en el laboratorio del Instituto de Suelos UCTB Guantánamo según la NC 112:01, (2001) y para la clasificación se utilizó la NC 776:10 (2010).



FIGURA 1. Ubicación de los pozos de observación en el suelo aluvial del área de estudio.
 Leyenda: 1, 2, 3) Pozos de observación, 4) Canal Magistral Guanta Izquierdo (fuente de abasto de agua), 5) Canal de drenaje (Inicio), 6) Sistema de riego por aspersión semiestacionario, 7) Perímetro del área experimental, 8) Canal de drenaje (Final)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La profundidad del manto freático durante el periodo 2017 - 2019 (36 meses), con respecto a los volúmenes de agua aplicados con el riego a los cultivos: sorgo, cebolla, pepino y frijol (2017), sorgo, cebolla, pepino, frijol y maíz (2018) y cebolla, pepino,

pimiento, frijol y maíz (2019), se comportó de la siguiente forma: en 23 meses el manto se mantuvo por debajo de los 2 m (Figura 2), cinco entre 1,99 m y 1,80 m, siete entre 1,79 m a 1,50 m y solo uno por encima de los 1,50 m, lo cual significa que en el 77% de los casos, a pesar de que se aplican normas netas totales por encima de las exigencias del cultivo, el agua freática se mantuvo por debajo de los niveles promedios habituales que se tenían antes de la instalación del riego por aspersión.

Esta marcada influencia de la disminución de los niveles freáticos medios mensuales al sustituir la técnica de riego, también pudo estar relacionado con el correcto funcionamiento de los canales de drenaje, lo que corrobora los datos aportados por Limeires *et al.* (2015 y Blanco *et al.* (2019), quienes al aplicar medidas de conservación de suelo como parte del manejo sostenible de tierra en áreas afectadas por la salinidad, reportaron el efecto positivo que conlleva la limpieza y mantenimiento de los canales de drenaje en el abatimiento del manto freático por debajo de los 1,50 m.

En este sentido Rivero *et al.* (1990 y Cabrera (1992), en investigaciones realizadas sobre el comportamiento del manto freático en el valle de Guantánamo, destacaron que las áreas agrícolas deben de contar con zanjas de drenaje para regular el nivel del agua freática.

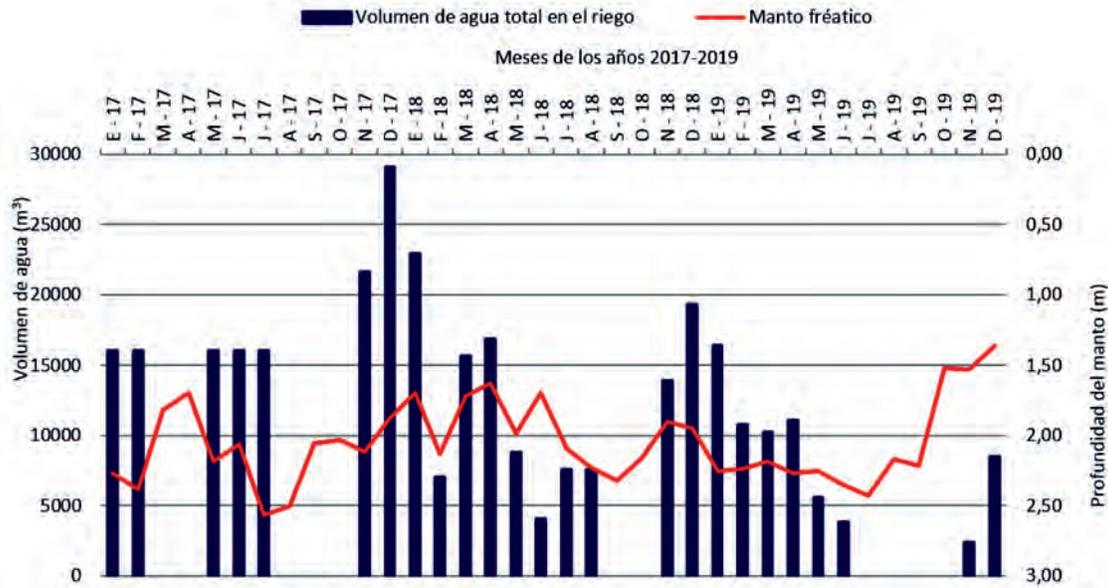


FIGURA 2. Comportamiento de la profundidad del manto freático durante los años 2017, 2018 y 2019 con respecto a los volúmenes de agua aplicado con el riego.

El año 2018 resultó el de registros medios de profundidad del nivel freático más cercanos a la superficie del suelo (1,68 m como promedio), comportamiento que pudiera estar relacionado al azolvamiento que presentaban ambos canales de drenaje, lo cual podría haber dificultado la evacuación de las aguas en exceso del área. Al respecto Flores *et al.* (1996), destacaron como la existencia de redes de drenaje de poca profundidad (menos de 1,5 m), inciden en la poca salida del agua de descarga, lo que provoca fluctuaciones de los niveles freáticos subterráneos, de ahí la importancia de su rehabilitación, ya que este es considerado una de las principales causas de los problemas de salinidad (Coras *et al.*, 2014; Cintra, 2020).

Igualmente se puede apreciar que este mismo año resultó el de mayor cantidad de meses (33,3%) donde la profundidad del manto presentó valores cercano a los 1,5 m; nivel este considerado límite crítico en aquellos suelos afectados por sales, para la mayoría de los cultivos. Mauricio *et al.* (2015); Cisneros (2017); Isidoro (2017) consideran una profundidad ideal entre 1,5 - 2,5 m para la mayor parte de los cultivos agrícolas.

En estudios previos realizados en este sitio por Ricardo *et al.* (2009); Ricardo (2017) señalaron que es común observar un manto freático entre 1,0-1,7 m de la superficie del suelo, aun-

que destacaron que este comportamiento estuvo influenciado por la técnica de riego empleada (riego superficial por surco).

En cuanto a los meses, diciembre registró los valores medios de profundidad del manto freático más cercanos a la superficie (1,70 m), lo cual estuvo influenciado por los altos volúmenes de agua que recibió el suelo como consecuencia del riego y las precipitaciones ocurridas (Figura 3), efecto que resultó más significativo en diciembre del 2019, en el cual el manto se elevó hasta 1,36 m de profundidad.

Se encontró que los mayores registros de lluvias influyeron en la elevación del manto, con mayor incidencia para las caídas a finales de septiembre del 2019, noviembre y diciembre de este mismo año seguidas de las reportadas en marzo y abril 2017. En septiembre 2017 y octubre 2018 a pesar de los valores de lluvias registrados, estos manifestaron una menor influencia. Todos estos periodos coinciden con etapas donde no se aplica riego, lo que nos permite deducir que en los meses de mayores precipitaciones se debe reordenar el riego en función de la humedad del suelo, las necesidades del cultivo y considerar los pronósticos de lluvias (Baza *et al.*, 2020).

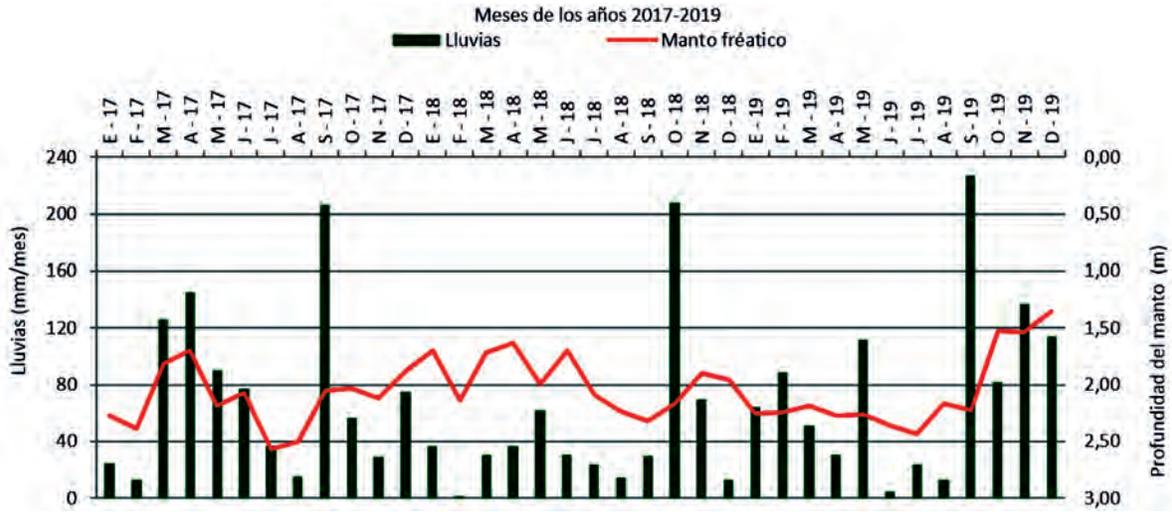


FIGURA 3. Comportamiento de la profundidad del manto freático en relación a las lluvias caídas en los años 2017, 2018 y 2019.

De acuerdo a los muestreos de las aguas freáticas realizados durante el periodo 2018-2019 (Figura 4), se encontró que la conductividad eléctrica (CE en $dS \cdot m^{-1}$) alcanza valores que la catalogan como ligeramente salinas Ayers & Westcot (1987); Rhoades *et al.* (1992); Villar (2016), aspecto que debe ser considerado en el manejo del riego en el sitio por las afectaciones que esta puede causar a los cultivos con un ascenso del manto freático. Diferentes autores Rivero *et al.* (1990); Sánchez *et al.* (2000); Cintra (2020) destacan que resulta fundamental mantener la eficiencia de los colectores para que estos logren abatir el manto freático, por ser esta la causa fundamental de la salinización de los suelos del valle de Guantánamo.

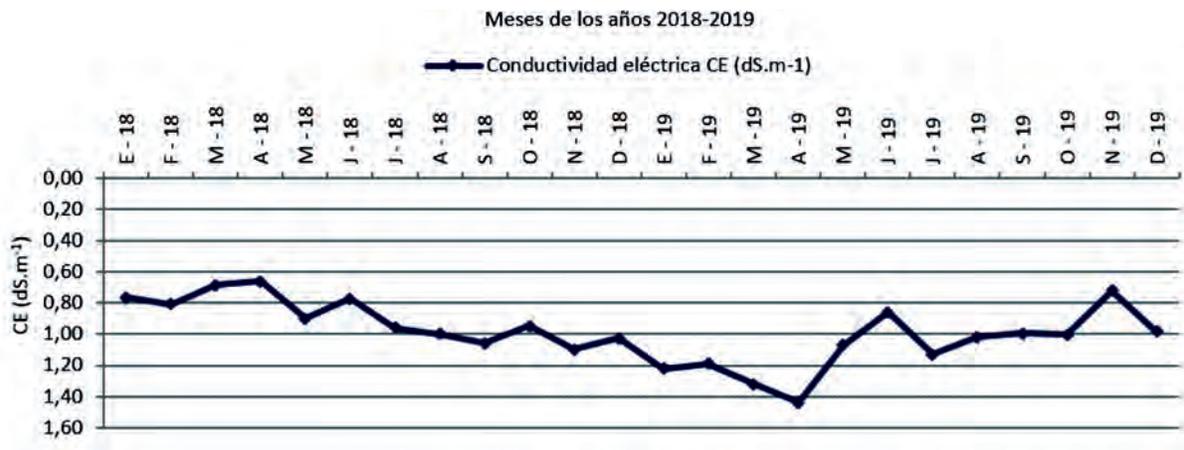


FIGURA 4. Comportamiento medio de la conductividad eléctrica del agua freática durante los años 2018 y 2019.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de la CE en relación a la profundidad del agua freática, evidenciándose una fuerte relación lineal entre estas variables, explicada por un coeficiente de determinación de $R^2=0,819$. El modelo obtenido resultó estadísticamente significativo. Como se puede observar la CE tiende a incrementar sus valores a medida que el manto se encuentra a mayor profundidad, lo cual se relaciona con la presencia de un manto mineralizado, característica que fue confirmada anteriormente por Rivero *et al.* (1990); Sánchez *et al.* (2000); Herrera *et al.* (2002); Ricardo *et al.* (2009); Limeres *et al.* (2015); Ricardo (2017), quienes atribuyen esta característica al material geológico subyacente. Destacan además que la elevación de los niveles de agua freática, inducida por el exceso de riegos sin un drenaje adecuado, unido a un desbalance de lluvias y evapotranspiración inciden en el aumento de la salinización de los suelos.

Al respecto Herrera *et al.* (2002); Ricardo *et al.* (2009) y Ricardo (2017) plantearon que la causa fundamental de la salinidad en esta área, es por el ascenso capilar de las sales a partir de un manto cercano a la superficie con agua fuertemente mineralizada (más de 2000 ppm), el cual se recargaba el manto por el riego superficial empleado, sin un drenaje adecuado y aparejado a las condiciones climáticas de la zona que aceleraban el proceso de salinización en la zona.

Al respecto Caballero *et al.* (2001); Mercado *et al.* (2011); Rodríguez *et al.* (2012) y Scherger *et al.* (2019) señalaron que con la aplicación de agua y el mantenimiento de un drenaje eficiente se puede remover y transportar las concentraciones de los niveles superficiales de los solutos hacia las capas más profundas del suelo, lo que favorecen los procesos de lavado, comportamiento que también pudiera haber influenciado la mayor concentración de sales a mayores profundidades.

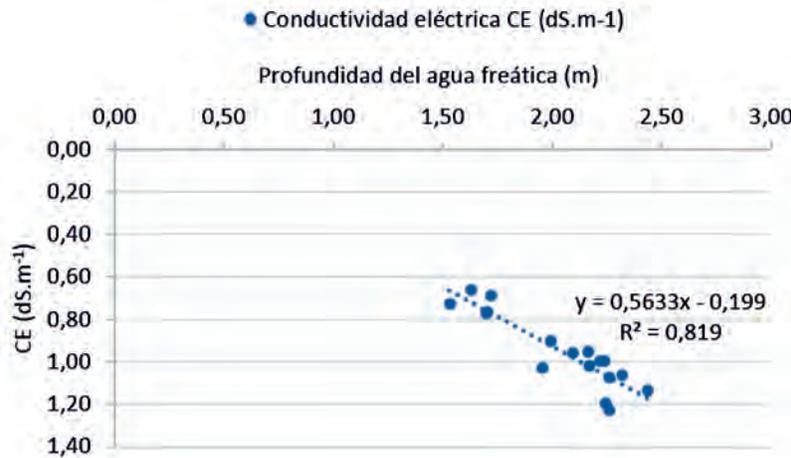


FIGURA 5. Comportamiento medio de la CE según la profundidad del agua freática.

Herrera *et al.* (2002) y Limeres (2017), destacaron que el movimiento de las sales dentro del perfil del suelo, está asociado con la concentración salina del manto freático, y que este proceso se intensifica por las condiciones climáticas desfavorables, produciendo el ascenso capilar del agua freática que, al evaporarse, enriquece de sales todo el perfil y, principalmente la porción superior del suelo, causando la salinización.

En la evaluación de la salinidad del suelo (CE en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$) se observa una disminución de la CE en los últimos años con respecto al año inicial (Tabla 3), lo que indica claramente la ocurrencia de un proceso de lavado de las capas superiores, influenciado tanto por el riego como las lluvias.

Estos resultados son coincidentes con los de Herrera *et al.* (1983); Rivero *et al.* (1990) y Sánchez *et al.* (2000) quienes encontraron movimiento de sales en los suelos, correspondiendo a condiciones de lavado.

TABLA 3. Resultados de la evaluación de la conductividad eléctrica ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, en solución 1:5) del suelo aluvial presente en el área de estudio

Profundidad, cm	Año		
	2017	2018	2019
0 - 20	0,29	0,13	0,14
20 - 40	0,34	0,15	0,18
40 - 60	0,45	0,27	0,18
60 - 80	0,57	0,43	0,25
80 - 100	0,73	0,96	0,62

Por su parte, Pujol *et al.* (1988) y Pavón *et al.* (1990) al estudiar, tanto en campo como laboratorio el efecto del lavado en estos suelos, llegaron a la conclusión que es fac-

tible obtener una disminución de la salinidad hasta valores tolerables por los cultivos, luego de un período de 5-6 meses, siempre y cuando se cuente con un sistema de riego y drenaje adecuadamente diseñado.

Estudios realizados por Sánchez *et al.* (2000); Herrera *et al.* (2002); Cintra (2020), en áreas del Valle de Guantánamo, destacan que los problemas de salinidad existentes en estas, se deben entre otros factores a la ineficiencia del sistema de drenaje, ya que el asolvamiento de los canales dificulta la evacuación del agua excedente del riego o de las lluvias, propiciando el aumento de la recarga del manto freático, y con ello los riesgos del incremento de la salinidad en el suelo.

De manera general, los resultados indican una estabilidad de la profundidad del manto freático por debajo de los dos metros, donde el sistema de riego instalado no mostró una influencia marcada en su comportamiento ni en el aumento de los niveles de salinidad del suelo por el ascenso capilar.

CONCLUSIONES

- Los volúmenes de agua aplicada con el riego por aspersión ($322\ 547,8\ \text{m}^3$) para los cultivos (sorgo, pimiento, cebolla, pepino, frijol y maíz) y por las lluvias ($2\ 394,7\ \text{mm}$) no condicionan la elevación del manto freático hasta niveles críticos, ni la presencia de niveles elevados de sales en las capas superiores del suelo, durante los años 2017-2019.
- Existe una fuerte correlación entre la salinidad del manto freático y su profundidad en un suelo aluvial de la finca de José Antonio Márquez Calavia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, Y.; URQUIZA, M.N.; RICARDO, P.M.; CALERO, B.; LIMERES, T.; CARABALLO, Y.; SALAZAR, J.; CRISTINA, M.; GINEBRA, M.; MARTÍNEZ, J.J.; CASTRO, L.; MONTANO, C.R.; ALEMÁN, C.; GARCÍA, D.; FLORES, L.; MALAGÓN, G.: *Manejo Sostenible de Tierras, Experiencias y Desafíos*, Inst. Programa de Asociación de País para el MST, Apoyo a la Implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, Informe Final Proyecto 1 “Fortalecimiento de Capacidades para el Planeamiento, Toma de Decisiones y Sistemas Regulatorios; Sensibilización/Manejo Sostenible de Tierras en Ecosistemas Severamente Degradados”, La Habana, Cuba, 50 p., 2015, ISBN: 978-959-300-110-6.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W.: *La calidad del agua en la agricultura*, no. ser. 21, Ed. FAO, Estudio FAO, Riego y Drenaje ed., vol. 29, Roma, Italia, 174 p., publisher: Fao Roma, 1987, ISBN: 92-5-302263-9.

- Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761, Vol. 12, No. 1 (enero-febrero-marzo, pp. 14-21), 2022
- BAZA, R.; HERNÁNDEZ, A.; PEÑA, A.: *Estudio climático en las áreas productivas de Matabajo, municipio Guantánamo, para la serie climática 1989-2019 (30 años)*, Inst. Centro Meteorológico Provincial Guantánamo (INSMET), Informe institucional, Guantánamo, Cuba, 20 p., 2020.
- BERTRAM, N.: “Causas y consecuencias de los excedentes hídricos: su asociación con el componente freático”, En: *V Reunión de la Red Argentina de Salinidad: salinidad un desafío para el Semiárido, Cambio climático, Excesos hídricos y Degradación*, Villa Mercedes (San Luis), ed. O. A. Barbosa y J. Cruz, CD-ROM, PDF, 2017, ISBN: 978-987-42-5601-0.
- BLANCO, A.; FERNÁNDEZ, I.; LIMERES, T.; CINTRA, M.; MÁRQUEZ, J.A.: *Prácticas de Manejo Sostenible de Tierra para recuperar áreas afectadas por salinidad*, Ed. Ambiente y Sustentabilidad, 2.ª ed., vol. 5, Cuba, 491 p., 2019, ISBN: 978-9942-36-415-9.
- CABALLERO, R.; BUSTOS, A.; ROMAN, R.: “Soil salinity under traditional and improved irrigation schedules in central Spain”, *Soil Science Society of America Journal*, 65(4): 1210-1218, 2001, ISSN: 0361-5995.
- CABRERA, R.: *Fundamentos de las medidas para el mejoramiento y recuperación de la zona cañera del valle de Guantánamo*, Univesidad de Oriente, Tesis de Doctorado, Guantánamo, Cuba, 102 p., 1992.
- CARDON, C.E.; DAVIES, J.E.; BRAULER, J.A.: *Managing Saline Soils, [en línea]*, no. N0. 303, Inst. University Cooperative Extension, Crops Series, Colorado State, USA, 5 p., 2003, Disponible en: www.ext.colostate.edu.
- CINTRA, M.: *Propuesta para el monitoreo adecuado de un agroecosistema afectado por salinidad en la zona sur del Valle de Guantánamo*, Universidad de Guantánamo, Tesis (presentada en opción al título de Máster en Ciencias en Desarrollo Agrario Sostenible), Guantánamo, Cuba, 2020.
- CISNEROS, J.M.: “Uso y degradación de cuencas: Qué nos quiere decir la Naturaleza”, En: *V Reunión de la Red Argentina de Salinidad: salinidad un desafío para el Semiárido, Cambio climático, Excesos hídricos y Degradación*, Villa Mercedes (San Luis), CD-ROM, PDF, 2017, ISBN: 978-987-42-5601-01.
- COMBATT, E.; NARVÁEZ, H.: “Estimación de la salinidad en aguas freáticas del área de influencia de la desembocadura del río Sinú-Córdoba, Colombia”, *Idesia (Arica)*, 33(3): 55-63, 2015, ISSN: 0718-3429.
- CORAS, M.P.M.; ONTIVEROS, C.R.; DIAKITE, D.L.: “Movimiento del agua freática y concentración de sales en suelos agrícolas”, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(4): 537-548, 2014, ISSN: 2007-0934.
- COUREL, G.F.: *Guía de estudio suelos salinos y sódicos*, Inst. Universidad de Tucumán, Facultad de Agronomía y Zootecnia, Cátedra de Edafología, Tucumán, Argentina, 89 p., 2019.
- FLORES, A.; GÁLVEZ, V.; HERNÁNDEZ, O.; LÓPEZ, J.G.; OBREGÓN, A.; ORELLANA, R.; OTERO, L.; VALDÉS, M.: *Salinidad un nuevo concepto*, Ed. Colima, Universidad de Colima, México, 137 p., 1996, ISBN: 968-6190-73-2.
- HERNÁNDEZ, J.; PÉREZ, J.; BOSCH, I.; CASTRO, S.: *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*, Ed. INCA, vol. 93, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 91 p., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, 2015, ISBN: 978-959-7023-77-7.
- HERRERA, L.M.; MARTINEZ, R.M.; AVILA, L.; ORTEGA, S.F.: “Algunas características de los suelos salinos del Valle de Guantánamo”, *Ciencias Agrícolas*, 17: 97-109, 1983.
- HERRERA, P.J.; LÓPEZ, G.; PUJOL, R.; REYES, J.; CID, L.G.: *Estudio básico para la formulación de un programa de drenaje en Cuba*, Inst. FAO, Cuba, Informe TCP/CUB/0167, La Habana, Cuba, 168 p., 2002.
- INRH-CUBA: “Resolución 287 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH)”, *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 2015, ISSN: 0864-0793, e-ISSN: 1662-7511, Disponible en: <http://www.gacetaoficial.gob.cu/>.
- INRH-CUBA: “Resolución 17 del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH): República de Cuba”, *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, 61, Gaceta Oficial No. 61 Ordinaria de 20 de agosto de 2020, GOC-2020-557-O61, 2020, ISSN: 0864-0793, e-ISSN: 1662-7511, Disponible en: <http://www.gacetaoficial.gob.cu/>.
- ISIDORO, D.: “Salinidad y calidad del agua en el manejo del riego”, En: *II Symposium Internacional del Sector Agroalimentario de la Vega Baja Orihuela*, Ed. CITA, Zaragoza, España, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)-Departamento de Innovación, Investigación y Universidad del Gobierno de Aragón (DGA), 2017.
- LÁZARO, P.; FUENTES, C.; COLLADO, J.; DE LEÓN, B.: “Modelación inversa de la recarga de los mantos freáticos someros en distritos de riego”, *Tecnología y ciencias del agua*, 20(1): 89-98, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Ingeniería hidráulica en México, 2005, ISSN: 2007-2422.
- LIMERES, T.: *Informe del expediente Técnico de la CCS Enrique Campos, Área de Intervención Llanura Costera Sur Maisí-Guantánamo*, Inst. CCS Enrique Campos, Informe del expediente Técnico de la CCS Enrique Campos, Maisí, Guantánamo, Cuba, Proyecto 2: “Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los Sistemas de Monitoreo / MST en Áreas con Problemas de Manejo de los Recursos Hídricos, 2017.
- LIMERES, T.; BORGES, O.; CINTRA, M.; FERNÁNDEZ, I.; BLANCO, A.; AGUILAR, Y.; SALLES, M.E.; MATOS, B.Y.; BAZA, R.; VERANES, E.: *Manejo Sostenible de Tierras en Guantánamo, Experiencias y desafíos*, Inst. Programa de Asociación de País (CPP) para el MST, Apoyo a la Implementación del Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, Informe final Proyecto 1, Maisí, Guantánamo, Cuba, 183 p., 2015.
- MAURICIO, R.; DUNEL, L.; SCHERGER, M.: *Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o sodicidad en Argentina*, Inst. Programa nacional agua, FAO-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (Presidencia de la Nación), Informe Programa Nacional Agua, Buenos Aires, Argentina, 112 p., 2015.
- MERCADO, F.T.; ORTEGA, E.M.; ARENAS, T.A.; COMBATT, C.E.: “Dinámica de sales en el distrito de riego La Doctrina, Colombia”, *Idesia (Arica)*, 29(1): 83-90, 2011, ISSN: 0718-3429, DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000100011>.
- MINAG-CUBA: *Génesis, Clasificación y Edafología de los Suelos, Seminario, Mapa Nacional de Suelos a Escala 1:25 000, (1:25 000)*, Ed. MINAG, La Habana, Cuba, Ministerio de la Agricultura (MINAG), 1982.
- NAMUCHE, V.J.R.; CASTILLO, S.E.; ZACARÍAS, F.M.: “Variación del nivel freático e influencia de las mareas en el Rancho Polvoal, Campeche, México”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(4): 57-64, 2017, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.

Carbonell-Mestre *et al.*: Influencia del riego en cultivos sobre el manto freático de un suelo aluvial de Guantánamo

- NC 112:01: *Calidad del suelo. Determinación de la conductividad eléctrica y de las sales solubles totales en suelos afectados por la salinidad. Relación 1:5 suelo – agua*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Norma cubana NC, La Habana, Cuba, Vig de 2001.
- NC 776:10: *Calidad del suelo-Evaluación de la afectación por salinidad*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Norma cubana NC, La Habana, Cuba, 17 p., Vig de 2010.
- NRAG 186:11: *Suelos. Disoluciones nutritivas. Métodos químicos de análisis*, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Norma cubana NC, La Habana, Cuba, Vig de 2011.
- ORTEGA, S.F.; MARTINEZ, M.; HERRERA, L.M.: “Causas de la variación del manto freático y su relación con la salinidad de los suelos en el Valle de Guantánamo.”, *Ciencias Agrícolas*, 12: 63-73, 0138-7154, 1982, ISSN: 0138-7154.
- PAVÓN, A.; PUJOL, R.; DZHAFAROV, J.; SUÁREZ, R.: “Estudio del proceso de desalinización de los suelos por lavado en columnas”, *Ciencias Técnicas Agricultura, Serie Riego y Drenaje*, 13(2): 63-70, 1990, ISSN: 0138-8487.
- PIZARRO, F.: *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*, Ed. Agrícola Española S.A., 2da. ed., Madrid, España, 542 p., 1978, ISBN: 84-85441-00-1.
- PUJOL, R.; SOTOLONGO, B.; IRARRAGORRY, R.; DZHAFAROV, J.: “Indicadores básicos para el lavado de los suelos salinos de la Empresa de Cultivos Varios de Guantánamo [Cuba].”, *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Riego y Drenaje. CU.*, 11(2): 55-71, 1988, ISSN: 0138-8487.
- RHOADES, J.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.: “The use of saline waters for crop production-FAO irrigation and drainage paper 48”, *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 48: 133, 1992, ISSN: 0254-5284.
- RICARDO, M.P.: *Informe Técnico sobre los impactos alcanzados en los sitios demostrativos de Guantánamo en la Gestión del Riego a partir de la implementación del Manejo Sostenible de Tierras*, Inst. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Informe Técnico, La Habana, Cuba, 2017.
- RICARDO, M.P.; AGUILAR, Y.; HERRERA, J.; LIMERES, T.; CINTRA, M.; SÁNCHEZ, I.; PLUTÍN, I.; MATOS, M.; GARCÍA, A.; MILÁ, F.; DE JESÚS, A.: *Informe Técnico 2009-2010 sobre el reporte de actividad del sitio Matabajo, Cooperativa de Créditos y Servicios “Enrique Campos”*, Inst. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Informe Técnico 2009-2010, La Habana, Cuba, Programa de Asociación de País (CPP). Apoyo a la Implementación del Programa de Acción de Lucha Nacional contra la Desertificación y la Sequía (OP-15), GEF/PNUD/FAO/PNUMA, CPP Proyecto 1, 2009.
- RIVERO, L.; OBREGÓN, A.; SÁNCHEZ, I.; ORELLANA, R.; HERNÁNDEZ, M.: *Indicadores físicos, hidrofísicos y del régimen hídrico que permitan la recuperación y el manejo de los suelos salinos*, Inst. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Logro 18 RI 84, Guantánamo, Cuba, Instituto de Suelos, 1990.
- RODRÍGUEZ, R.E.; LARREAL, M.H.; MORENO, J.J.: “Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos series de suelo del sector caño San Miguel, municipio Mara, estado Zulia, Venezuela durante un periodo de tres años”, *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4): 881-889, 2012.
- SÁNCHEZ, I.; CEBALLOS, D.; CINTRA, M.; LIMERES, T.: *Informe proyecto LADA*, no. Informe proyecto, Inst. Instituto de Suelos, Guantánamo, Cuba, 8 p., 2000.
- SCHERGER, L.E.; LEXOW, C.; ZANELLO, V.; CARBAJO, M.B.: “Salinización de suelos de textura fina por ascenso capilar a partir del acuífero freático hipersalino somero (Bahía Blanca, Argentina)”, *Revista Aguas Subterráneas*, 33(2): 159-170, 2019, ISSN: 0101-7004, DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i2.29265>.
- VILLAR, J.L.: *Efecto sobre la producción agrícola y estrategias a nivel predial para mitigar y/o capitalizar sus consecuencias en el centro de la provincia de Santa Fe*, Inst. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)-EEA Rafaela, Centro Regional Tucumán Santiago del Estero, Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle, Centro Regional Patagonia Norte, Informe Técnico, Buenos Aires, Argentina, 2016.

Thomas Carbonell-Mestre, Lic. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Unidad Científica Tecnológica Base (UTCB) Guantánamo. Carretera Guantánamo-Santiago de Cuba, km 2½, Guantánamo, Cuba, e-mail: espiagric@gtm.minag.gob.cu, thomascarbonellmestre@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4013-3476>

Albaro Blanco-Imbert, Especialista, Instituto de Suelos, Unidad Científica Tecnológica Base (UTCB) Guantánamo. Calle 3 este entre Ramon Pintó y Avenida Ernesto Che Quevara, #1158, San Justo, Guantánamo, Cuba, e-mail: espiagric@gtm.minag.gob.cu, thomascarbonellmestre@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4013-3476>

Julián Herrera-Puebla, Julián Herrera-Puebla, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: julian.herrera@boyeros.iagric.cu, jhpuebla8722@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1015-6661>

Yoima Chaterlán-Durruthy, Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: yoima.chaterlan@boyeros.iagric.cu, chaterlandurruthyyoima@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8453-3394>

Luis Manuel Herrera-Sardiñas, Investigador Agregado, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Unidad Científica Tecnológica Base (UTCB) Guantánamo. Carretera Guantánamo-Santiago de Cuba, km 2½, Guantánamo, Cuba, e-mail: espiagric@gtm.minag.gob.cu, thomascarbonellmestre@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7286-871X>

Marianela Cintra-Arencibia, Investigador Agregado, Instituto de Suelos, Unidad Científica Tecnológica Base (UTCB) Guantánamo. Calle 3 este entre Ramon Pintó y Avenida Ernesto Che Quevara, #1158, San Justo, Guantánamo, Cuba, e-mail: director@suelos.gtm.minag.cu, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5142-8512>

Marta Paula Ricardo-Calzadilla, Inv. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: marta.ricardo@boyeros.iagric.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7051-941X>

José Antonio Márquez-Calavia, Asociado de la Cooperativa de Créditos y Servicios “Enrique Campos Caballero”, Carretera Guantánamo-Caimanera, km 9, Guantánamo, Cuba, e-mail: espiagric@gtm.minag.gob.cu, thomascarbonellmestre@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5205-2046>

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.