

Efecto del manto freático somero en el cultivo de Banano (*Musa AAA*) en la zona de Urabá, Colombia

Effect of Shallow Water Table on Banana Crop (*Musa AAA*) in the Urabá Subregion, Colombia

DURANGO, Juan C.¹
 MERCADO, Teobaldis²
 FERIA, Jhon J.³

Resumen

Se evaluó la dinámica del manto freático a través de la medición de profundidades y cotas de niveles freáticos, y salinidad de aguas freáticas en una red de 34 pozos de observación durante enero de 2013 a enero 2014, para establecer su relación con la producción del cultivo de Banano (*Musa AAA*) en la zona de Urabá, Colombia. En la evaluación de producción a las 5, 24, 34 y 44 semanas del calendario bananero de 2013, se encontró que profundidades del nivel freático menores 1,0 m durante la diferenciación floral del cultivo tienen efecto adverso en la producción. Con profundidad del manto freático mayor de 1,0 m durante las etapas críticas se obtiene buena producción, con valor promedio de racimos mayor de 28 kg. Las sales que predominan en las aguas freáticas son de salinidad sulfática con 82,4 % del área de estudio y clorhídrico-sulfática con 17,6 %. La migración de sales se da en dirección del flujo freático, lo cual es responsable de la salinidad progresiva en la zona de descarga.

Palabras clave: isobatas, isohipsa, flujo freático, banano, migración de sales.

Abstract

Dynamics of water table were evaluated by measuring depths and highs of groundwater levels along with phreatic zone salinity in a network of 34 observation wells from January 2013 to January 2014, to establish its relationship with banana production (*Musa AAA*) in the Uraba subregion in Colombia. During the production evaluation at weeks 5, 24, 34 and 44 of the 2013 banana calendar, it was found that water table depths less than 1.0 m during the crop floral differentiation, have an adverse effect on production. With a water table depth greater than 1.0m during the critical stages, good production is achieved, with an average cluster value of more than 28 kg. Salts that predominate in groundwater are of the sulphate kind with 82.4% of the study area, and of hydrochloric-sulphate kind with 17.6%. Migration of salts occurs in the water table direction, responsible for the progressive salinity in the discharge area.

Key words: Isobaths, isohypse, groundwater flow, banana, salt migration.

¹Investigador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Córdoba, Colombia. jdurango@correo.unicordoba.edu.co

²Docente investigador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Córdoba, Colombia. Autor de correspondencia. tmercado@correo.unicordoba.edu.co

³Docente investigador. Facultad de Ingeniería. Universidad de Sucre, Colombia. Jhon.feria@unisucra.edu.co

1. Introducción

La fluctuación de niveles freáticos cercanos a la superficie del terreno, invaden el perfil explorado por las raíces, causando su asfixia o intoxicación salina por efectos osmóticos; provocando desequilibrios fisiológicos que inciden en los rendimientos y pueden causar la muerte de los cultivos. Para evaluar el efecto de la fluctuación del nivel freático en cultivos y suelos, es conveniente realizar mediciones quincenales o mensuales, a través de pozos de observación adecuadamente espaciados de fácil acceso, evitando que queden cercanos a canales, drenes, ríos, pozos de bombeo y vías de tránsito, de tal manera que las mediciones incluyan períodos secos y lluviosos. Es importante determinar la profundidad y cota del nivel freático, y realizar análisis de salinidad; para construir mapas de isobatas, isohipsas y concentración de la solución freática; lo cual permite entender los procesos de migración y acumulación de sales en el suelo. Las isobatas representan zonas con igual profundidad del nivel freático y determinan áreas con riesgos de salinización y necesidad de drenaje en especial en las etapas críticas del cultivo; mientras las isohipsas son las equipotenciales de las superficies freáticas y permiten establecer la dirección, zonas de carga y descarga del flujo subterráneo (Custodio y Llamas, 1983; Martínez, 1986; Bustamante, 1993; Hassan, 1994; Mercado, 1999; Degioanni et al., 2006; Yang, 2008).

El cultivo de Banano (*Musa AAA*) presenta limitaciones de producción en áreas salinas, sódicas, salino-sódicas y drenaje deficiente. Esta situación se presenta en extensas superficies, generalmente improductivas o en vía de serlo. El establecimiento de un drenaje subsuperficial, permite controlar la altura máxima del nivel freático en épocas de mayores recargas por las lluvias. Este aspecto asegura un espacio suficiente de suelo no saturado, que permite la lixiviación de sales, la aireación y desarrollo de las raíces, y por consiguiente un adecuado crecimiento y producción de los cultivos (Sancho, 1996; Ferreira, et al., 2002; Sánchez, 2011; Guarín, 2011).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la profundidad del nivel freático en la producción del cultivo de Banano (*Musa AAA*) y la salinidad del suelo en la zona de Urabá, Colombia.

2. Materiales y Método

2.1. Área de Estudio

La investigación se realizó en la zona bananera de Urabá, Colombia, en el departamento de Antioquia, municipio de Turbo, en la finca El Edén; localizada a 7°57'2,81" Latitud Norte y 76°39'26,81" Longitud Oeste, con un área de 84,46 hectáreas, dedicada a la producción de Banano (*Musa AAA*) tipo exportación. La precipitación media de la zona es de 2.300 mm de régimen unimodal con un periodo seco de diciembre a marzo y uno lluvioso de mayo a noviembre; la temperatura promedio de 28 °C y humedad relativa de 80 %. La zona bananera de Urabá, Colombia, geomorfológicamente está conformada por planicies aluviales de los ríos Atrato y León entre las estribaciones de la Cordillera Occidental, la serranía de Abibe y el Golfo de Urabá. Estos ríos recorren el valle en forma paralela, desbordándose en varios puntos, pero sin abandonar su cauce, constituyendo un patrón de drenaje sub-paralelo, poco profundo y de baja pendiente; lo cual ocasiona que el flujo freático no ocurra hacia los ríos, sino paralelo a ellos; haciendo que la dirección predominante de drenaje sea de Oriente a Occidente (Guarín, 2011).

Se utilizó una red de 34 pozos de observación de niveles freáticos en el área de estudio (Tabla 1), con profundidad de 2 m, espaciados en retículas de 150 m por 225 m; de tal manera que el abatimiento freático de los drenajes no afectara las mediciones.

Tabla 1
Localización de pozos de observación en el área de estudio

Pozo	Cordenadas Geograficas		CNS (m)
	Norte (N)	Oeste (W)	
1	07,94919°	076,66371°	3,97
2	07,94936°	076,66298°	4,14
3	07,94690°	076,66185°	4,87
4	07,94850°	076,66161°	4,42
5	07,95018°	076,66136°	4,69
6	07,94760°	076,66017°	4,76
7	07,94661°	076,65866°	5,25
8	07,94900°	076,65980°	4,76
9	07,95118°	076,66059°	4,83
10	07,95037°	076,65916°	5,16
11	07,94805°	076,65831°	5,20
12	07,95135°	076,65855°	5,46
13	07,95143°	076,65871°	5,58
14	07,94980°	076,65797°	5,24
15	07,94736°	076,65671°	4,14
16	07,95079°	076,65749°	5,27
17	07,94860°	076,65628°	5,52
18	07,94637°	076,65530°	6,25
19	07,94782°	076,65485°	5,68
20	07,95023°	076,65584°	5,83
21	07,95214°	076,65675°	5,89
22	07,95166°	076,65553°	6,17
23	07,94940°	076,65442°	6,27
24	07,94745°	076,65359°	6,64
25	07,94870°	076,65308°	6,65
26	07,95121°	076,65422°	6,46
27	07,95222°	076,65370°	6,88
28	07,95021°	076,65273°	7,02
29	07,95205°	076,65253°	7,42
30	07,94913°	076,65139°	7,42
31	07,95100°	076,65094°	7,76
32	07,94976°	076,64955°	7,81
33	07,95237°	076,65057°	6,27
34	07,95140°	076,64928°	6,66

CNS = Cota Nivel del Suelo

Fuente: Los Autores

2.2. Muestreo del manto freático

En cada pozo se tomaron lecturas semanales de profundidad y cota del nivel freático desde enero de 2013 a enero de 2014. Para medir la profundidad del manto freático se utilizó un flexómetro con cinta de papel como indicador de humedad. La cota del nivel freático se estimó con la ecuación 1, donde CNF es la cota del nivel freático en m, CNS la cota del nivel del terreno y PNF la profundidad del nivel freático.

$$CNF = CNS - PNF \quad (1)$$

Para los análisis físico-químicos de aguas freáticas, en cada pozo se tomó una muestra de 500 mL con una bomba de succión manual y se remitió al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad de Córdoba, Colombia, para determinar cationes solubles (Ca, Mg, Na, K), aniones solubles (Cl, SO₄, CO₃, HCO₃), pH y Conductividad eléctrica (CE), utilizando los procedimientos definidos por la APHA (2012).

2.3. Evaluación de producción

Utilizando una báscula electrónica Trutest XR3000 se realizó el peso de racimos diario con acumulados semanal, en concordancia con la programación de cosecha en 16 lotes establecidos en área de estudio, de acuerdo con las indicaciones de Moreno et al. (2009). Se tomaron datos de precipitación diaria con acumulados semanales desde enero 2013 a enero de 2014, para evaluar su relación con la recarga del nivel freático y peso promedio de racimos.

3. Resultados y Discusión

3.1. Precipitación

La precipitación presentó alta variabilidad en el período de estudio comprendido entre enero de 2013 a enero de 2014 (Tabla 2); observándose de enero a marzo lluvias pequeñas y aisladas; pero a partir de abril se inician eventos más frecuentes e intensos; con máximos valores a partir de julio, decreciendo desde octubre. Este comportamiento sigue el patrón de distribución de lluvias en la zona de Urabá, Colombia; donde se presenta bien definido un período seco y otro lluvioso.

Tabla 2
Precipitación durante el período enero de 2013 a enero de 2014

Semanas	Fecha	Precipitación (mm)
0 a 5	Enero 1 a Febrero 3, 2013	14,0
6 a 24	Febrero 4 a Julio 21, 2013	1.213,0
25 a 34	Julio 22 a Septiembre 29, 2013	564,0
35 a 44	Septiembre 3 a Diciembre 8, 2013	777,0
45 a 51	Diciembre 9 a Enero 26, 2014	394,0
Total		2.962,0

Fuente: Los Autores

3.2. Nivel freático y producción

En las Tablas 3 y 4 se presentan en el área de estudio, la fluctuación de profundidad del nivel freático y peso promedio de racimos en las semanas 5, 24, 34 y 44 del calendario bananero del año 2013. Se encontró para la semana 5 un 84,8 % del área con niveles freáticos mayores de 1,5 m y baja producción; ya que el 53,7 % del área presentó peso promedio de racimos menor de 20 kg; lo cual se debe al estrés del cultivo por saturación del suelo, en su etapa crítica semanas atrás en los meses de septiembre y octubre del año anterior.

Tabla 3
Porcentaje de área en función de la profundidad del nivel freático en el período de estudio

Profundidad Nivel freático (m)	Clasificación	Color	Porcentaje de área			
			Semana 5	Semana 24	Semana 34	Semana 44
< 0,50	Muy superficial	Rojo				
0,50 – 0,75	Superficial	Naranja		5,90	2,90	8,80
0,75 – 1,00	Moderadamente profunda	Amarillo		58,80	61,80	32,40
1,00 – 1,50	Profundo	Azul	15,20	35,30	35,30	58,80
> 1,50	Muy profundo	Verde	84,80			

Fuente: Los Autores

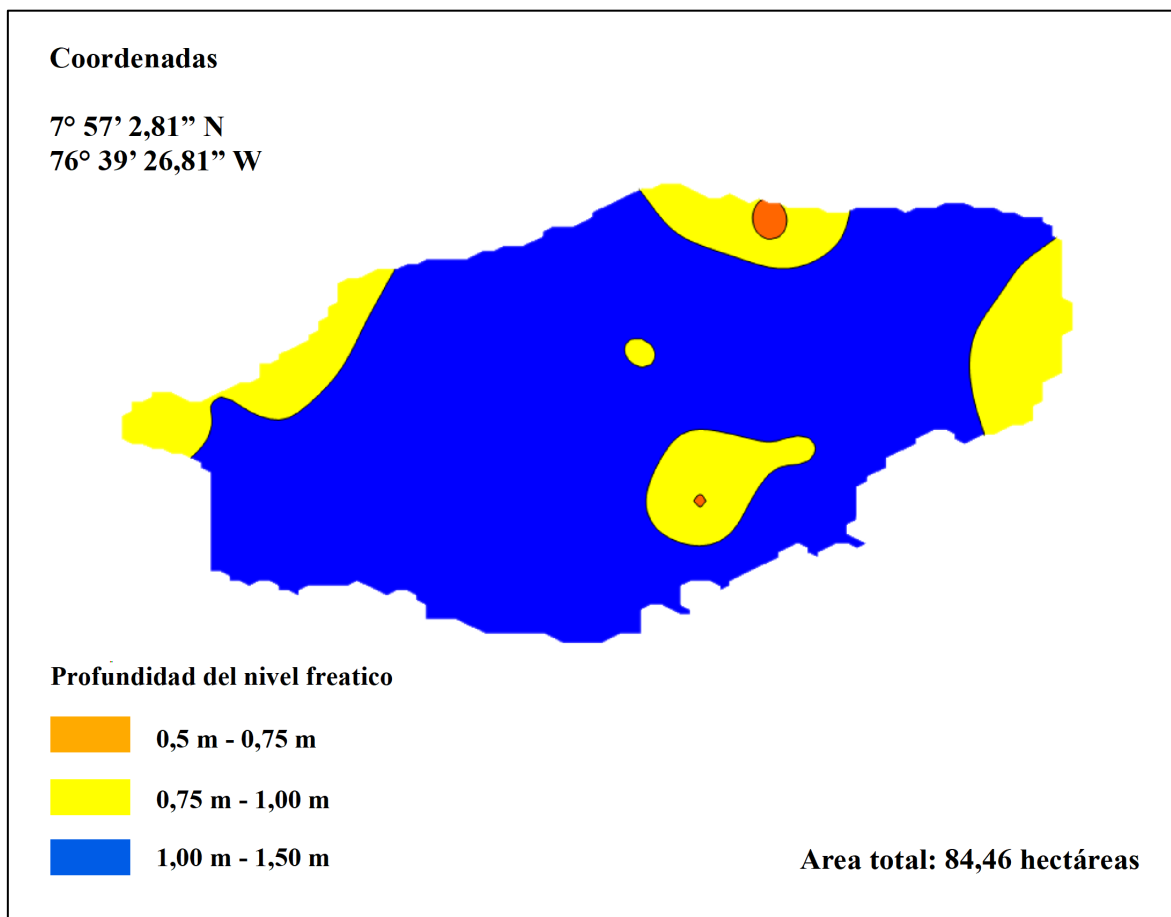
Tabla 4
Peso promedio de racimos en el período de estudio

Peso de los racimos (Kg)	Clasificación	Color	Porcentaje de área			
			Semana 5	Semana 24	Semana 34	Semana 44
< 20	Muy mala	Rojo	53,70			
20 – 24	Mala	Naranja	46,30	24,50	36,30	
24 – 28	Regular	Amarillo		75,50	59,00	10,10
28 – 32	Buena	Azul			4,70	89,90
>32	Muy buena	Verde				

Fuente: Los Autores

La Figura 1, muestra el mapa de isobatas en la semana 24; observándose que el 58,8 % del área de estudio presentó niveles freáticos entre 0,75 - 1,00 m, concordante con la precipitación acumulada desde la semana 6 a la 24 con un valor de 1.213 mm; afectando la producción, pues el 75,5 % del área presentó valor promedio de racimos de 24 - 28 kg y un 24,5 % de mala producción con valor promedio de racimos de 20 - 24 kg. Estos resultados confirman el efecto directo de las lluvias en la recarga y fluctuación del manto freático; lo cual coincide con las investigaciones de Florio et al. (2015) al evaluar la influencia del clima, la topografía y tipo de suelo sobre las fluctuaciones del nivel freático a escala mensual y anual en la Pampa Interior en Argentina y Vázquez et al. (2017) al estudiar la dinámica y control de la napa freática y el contenido de nitratos utilizando el modelo hidrológico DRAINMOD, en suelos de Pampa arenosa en Argentina.

Figura 1
Plano de isobatas en área de estudio en la semana 24



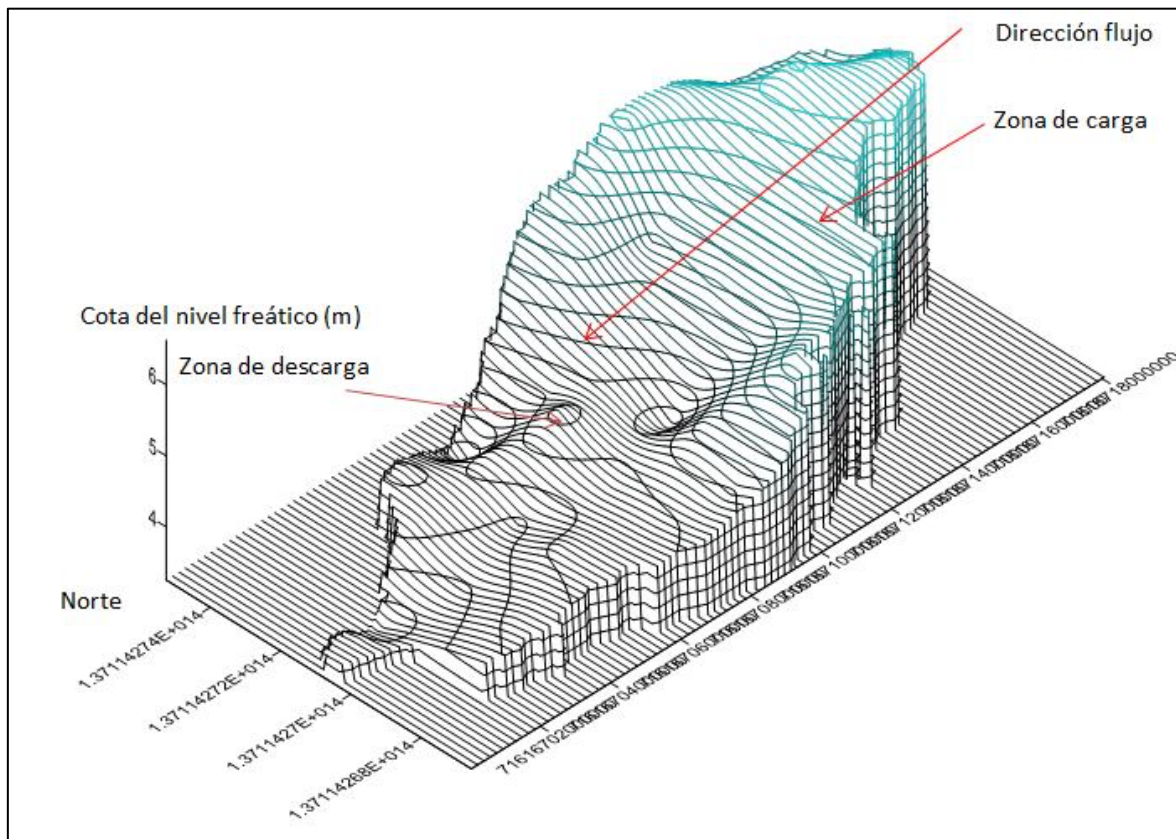
Fuente: Los Autores

En la semana 34 el 61,8 % del área de estudio presentó niveles freáticos moderadamente profundo entre 0,75 - 1,00 m, con la precipitación acumulada de la semana 25 a 34 de 564 mm; afectando la producción, pues el 59,0 % del área presentó producción regular con valor promedio de racimos de 24 - 28 kg. La semana 44 presentó un 58,8 % del área de estudio con niveles freáticos entre 1,00 - 1,50 m, con precipitación acumulada de la semana 35 a 44 de 1.213 mm y buena producción, pues el 89,9 % del área presentó valores promedio de racimos de 28 - 32 kg. Lo anterior indica que el mayor efecto adverso en la producción de Banano (*Musa AAA*) ocurre cuando el manto freático es menor de 1,00 m y coincide con la etapa de diferenciación floral del cultivo, la cual ocurre las semanas 16 a 26 desde la aparición de las bacotas. Precipitación mensual acumulada mayor de 200 mm genera mantos freáticos cercanos a la superficie con su respectivo efecto adverso, lo cual coincide con el reporte de Coras et al. (2014).

3.3. Dirección del flujo subterráneo y salinidad del manto freático

En el período de estudio comprendido entre enero de 2013 y enero de 2014, se observó que la tendencia de la dirección del flujo subterráneo fue de Noreste hacia el Suroeste, lo cual se indica en el plano de isohipsa realizado para la semana 34 (Figura 2). Es importante resaltar que la zona de descarga tiene la mayor probabilidad de salinización, lo cual está asociado al transporte de sales por acción del flujo Darcyniano. Lo anterior se puede evidenciar con el predominio de mayores valores de cationes, aniones y conductividad eléctrica en la zona de descarga del flujo freático. Estos resultados concuerdan con las investigaciones de Mercado (1999) en el distrito de riego 041 río Yaqui, Sonora, México; Mercado et al. (2011) en el distrito de riego de la Doctrina, Colombia y Coras et al. (2014) en suelos agrícolas de San Martín, Netzahualcóyotl, Estado de México, México.

Figura 2
Plano de isohipsa del área de estudio en la semana 34



Fuente: Los Autores

De acuerdo con los resultados de la Tabla 5, se encontró que los iones sulfatos, calcio, magnesio, cloruro, carbonato, sodio y potasio en su orden son los predominantes en las aguas freáticas; por tanto, pueden originar sales perjudiciales para el crecimiento y producción del cultivo de Banano, tales como sulfato de magnesio, cloruro de magnesio y en menor proporción cloruro de calcio y cloruro de sodio. El tipo de salinidad que dominante en el manto freático del área de estudio, es sulfática en un 82,4 % del área de estudio y clorhídrico-sulfática en un 7,6 %; lo cual está relacionada con altos valores de sulfatos. En las áreas con mayores valores de HCO_3 se pueden formar sales como el carbonato de sodio (Na_2CO_3) que es muy tóxica para las plantas y además causa disminución de la permeabilidad del suelo. Se evidenció que la zona de estudio con mayor concentración de sales coincide con la zona de descarga del flujo freático, lo cual coincide con la dinámica de flujo y concentración electrolítica de las aguas freáticas de las investigaciones de Ortíz et al. (2005) en un área de riego del río Mendoza, Argentina y de Portela et al. (2016) al contrastar el drenaje profundo con la lixiviación de nitrógeno en una rotación de Soja y Maíz en la región Pampeana de Argentina.

Tabla 5
Análisis de aguas freáticas en el área de estudio

Pozo	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO_3	CO_3	SO_4
		dS.m^{-1}	$\text{mmol}_c.\text{L}^{-1}$							
3	7,10	0,37	6,20	2,60	0,39	0,38	0,71	0,78	0,28	7,51
6	6,60	0,40	5,80	2,40	0,65	0,23	0,56	1,18		7,64
7	6,70	0,33	6,30	2,50	0,39	0,08	0,59	0,94	0,12	7,32
8	7,00	0,45	4,90	2,40	0,39	0,23	0,82	1,14	0,20	5,46
9	6,40	0,46	4,50	2,50	0,52	0,31	1,85	0,20		5,96

Pozo	pH	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	CO ₃	SO ₄
		dS.m ⁻¹	mmol _c .L ⁻¹							
10	6,80	0,25	4,60	2,20	0,52	0,23	0,71	0,60		6,45
13	6,80	0,38	5,60	2,60	0,52	0,08	1,06	1,10		6,94
14	6,80	0,29	4,60	2,20	0,39	0,15	0,72	0,80		6,03
15	7,00	0,35	4,50	2,30	0,39	0,08	0,71	0,84	0,20	5,72
16	6,70	0,47	6,20	2,60	0,52	0,23	1,20	1,50		6,55
17	6,90	0,38	4,80	2,30	0,26	0,08	0,92	0,82	0,16	5,44
19	6,80	0,51	6,10	2,60	0,39	0,23	1,20	1,70	0,20	6,02
20	6,90	0,33	4,10	2,80	0,26	0,08	0,87	0,80		5,66
23	6,90	0,42	4,40	2,30	0,39	0,23	1,06	1,04		5,52
24	6,90	0,33	4,70	2,50	0,52	0,15	0,78	1,12		5,78
25	6,70	0,41	5,00	2,10	0,52	0,31	1,27	0,80		5,76
34	6,60	0,36	4,20	3,00	0,52	0,46	1,31	0,40		6,27

En negrita: pozos en el área de descarga

Fuente: Los Autores

4. Conclusiones

El mayor efecto adverso en la producción de Banano (*Musa AAA*) se presenta cuando el manto freático se encuentra a menos de 1,0 m en las etapas críticas comprendidas entre las semanas 16 a 26 desde el inicio de la floración, lo cual indica que es necesario abatir el nivel freático por debajo de esta profundidad para lograr buena producción con promedio de peso de racimos mayores de 28 kilogramos.

La migración de sales se da en dirección del flujo freático, lo cual es responsable de los valores mayores de pH, cationes, aniones y conductividad eléctrica en la zona de descarga; ocasionando la salinidad progresiva del área de estudio; del tipo sulfática y clorhídrico-sulfática.

Referencias

- American Public Health Association, APHA. (2012). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 22nd ed.* Washington D.C.: APHA.
- Bustamante, H. (1993). *Drenaje de tierras agrícolas y sus aplicaciones.* Medellín, Colombia: Ediciones Universidad Nacional de Colombia.
- Coras, P., Ontiveros, R. & Diakite, L. (2014). Movimiento del agua freática y concentración de sales en suelos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4). 537-548. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342014000400001&lng=es&nrm=iso
- Custodio, E. & Llamas, M. R. (1983). *Hidrología subterránea. Tomo I.* Barcelona, España: Ediciones Omega, S.A.
- Degioanni, A., Cisneros, J., Cantero, A. & Videla, H. (2006). Modelo de simulación del balance hídrico en suelos con agua freática poco profunda. *Revista Sociedad Argentina de la Ciencia del Suelo*, 1, 1-10. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4363638>
- Ferreira, E. W., Semen, L. S. & Willadino, L. (2002). Genotipos de Bananos (*Musa spp.*) bajo estrés salino: Tolerancia y sensibilidad. *Infomusa*, 11(2), 13-18. Recuperado de

https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Infomusa__La_revista_internacional_sobre_bananos_y_pl%c3%a1tanos_950.pdf

- Florio, E. L., Mercaus, J. L. & Noretto, M. D. (2015). Factores que regulan la dinámica freática en dos ambientes de la Pampa Interior con distintos regímenes de humedad. *Revista Ciencias del Suelo*, 33(2), 263-272. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/14810>
- Guarín, G. W. (2011). *Impacto de la variabilidad climática en la producción de Banano en el Urabá Antioqueño*. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/4643/>
- Hassan, E. (1994). *Balance de agua y de sales en un "Gypsic xerochrept" situado en la cuenca media del río Guadiana* (Tesis Doctoral). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos and Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
- Martínez, J. (1986). *Drenaje agrícola. Volumen I*. Madrid, España: Edición Ministerio de agricultura, pesca y alimentación.
- Mercado, T. (1999). *Establecimiento de vectores de salinidad a través del análisis físico-químico de los mantos freáticos someros en el distrito 041, río Yaqui, Sonora* (Tesis de Maestría). Centro de Hidrociencias, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Mercado, T., Ortega, M., Arenas, A. & Combatt, E. (2011). Dinámica de sales en el distrito de riego La Doctrina, Colombia. *Revista Idesia*, 29(1), 83-90. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292011000100011
- Moreno, J. M., Blanco, C. & Mendoza, R. J. (2009). *Buenas prácticas agrícolas en el cultivo de Banano en la región del Magdalena*. Medellín, Colombia: Publicaciones AUGURA.
- Ortiz, G., Morábito, J., Rearte, E. & Mastrantonio, L. (2005). Salinidad del agua freática en el área regadía del río Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Mendoza, Argentina*, 37(2), 1-14. Recuperado de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/783/ortizAgrarias2-05.pdf
- Portela, S., Restovich, S. B., González, H. M. & Torti, M. J. (2016). Reducción del drenaje profundo y la lixiviación de nitrógeno en rotaciones agrícolas con cultivos de cobertura. *Revista Ecología Austral*, 26, 212-220. Recuperado de http://ojs.ecologiaaustral.com.ar/index.php/Ecologia_Austral/article/view/307
- Sancho, H. (1996). Efectos del mal drenaje y su control sobre la productividad del cultivo del Banano. En *X Congreso Nacional Agronómico y II Congreso de Suelos* (pp. 207-216). San José, Costa Rica. Recuperado de http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-III_207.pdf
- Sánchez, J. D. (2011). Efectos del exceso de agua en el suelo y la fisiología de la planta de Banano. *Boletín técnico trimestral No 1. Noviembre*. Bogotá, Colombia: CENIBANANO y AUGURA.
- Vázquez, G.G., Bosch, N., Ricca, A.P., Rojas, D.E., Ortiz, M.L., Lascombes, J., Feiguin, M.F. & Cristo, D. (2017). Napa freática: Dinámica, variables de control y contenido de nitratos en suelos de Pampa arenosa. *Revista Ciencias del Suelo*, 35(1), 117-134. Recuperado de <http://www.suelos.org.ar/sitio/volumen-35-numero-1-julio-2017/>
- Yang, X. (2008). Evaluation and application of DRAINMOD in Australian sugarcane field. *Agricultural Water Management*, 95(4), 439-446. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.11.006>