

DESARROLLO DE RAÍCES DE PLANTAS DE PLÁTANO EN SUELOS DEL SUR DEL LAGO DE MARACAIBO

Hebandreyna González García¹, Jackson Pernia¹, Yeny Ramírez¹, Ana F., González-Pedraza¹, Anibal Soto¹, Gustavo Rodríguez² y Vianel Rodríguez³.

¹Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprum" (UNESUR). Programa de Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Laboratorio de Suelos. Santa Bárbara, estado Zulia. Venezuela. ²Corpoica (Corporación Colombiana de Investigación Agrícola). ³Universidad Centroccidental Lizandro Alvarado. Decanato de Agronomía. Departamento de Suelos. Barquisimeto, estado Lara. Venezuela. Correo: gonzalezh@unesur.edu.ve.

RESUMEN

El sistema radical de las plantas puede verse afectado por factores bióticos, y dentro de ellos el recurso suelo representa la base fundamental para el crecimiento y desarrollo de cualquier cultivo, de manera que al presentarse alguna limitante dentro de éste, las condiciones del mismo probablemente causarían disminución o detrimento en el sistema radical y por ende en la producción de las plantas. Con el objetivo de evaluar el efecto de propiedades físicas de los suelos sobre el desarrollo radical de plantas de plátano con alto y bajo vigor (AV y BV), se delimitaron parcelas de 1000m² y, en minicalcatas, se tomaron muestras de suelo y raíz para evaluar: profundidad efectiva (PE), textura y porcentaje de humedad. En las raíces se determinó: peso fresco (PFR); peso seco (PSR); densidad del peso fresco (DPFR); densidad del peso seco (DPSR); longitud (LR); densidad de longitud (DLR); diámetro (DR); volumen (VR) y densidad del volumen radical (DVR). El análisis estadístico indicó diferencias significativas ($p < 0,005$) en el horizonte 2, donde PE fue mayor en AV, con respecto a BV. Una correlación negativa entre el limo (%L) y la arcilla (%A) con DPFR fue evidente en AV; y entre %A y LR en BV.

Palabras Clave: desarrollo radical, cultivos, suelos.

ROOT DEVELOPMENT OF PLANTAIN IN SOILS OF THE SOUTH LAKE OF MARACAIBO

ABSTRACT

The radical system of plants can be affected by biotic factors, and within them the soil resource represents the fundamental basis for the growth and development of any crop, so that when some limitation occurs within it, the conditions of it would probably cause decrease or detriment in the root system and therefore in the production of the plants. In order to evaluate the effect of physical properties of soils on the root development of banana plants with high and low vigor (AV and BV), 1000 m² plots were delimited and, in minicalcates, soil samples were collected and root to evaluate: effective depth (PE), texture and percentage of moisture. The roots were: fresh weight (PFR); dry weight (PSR); fresh weight density (DPFR); dry weight density (DPSR); length (LR); density of length (DLR); diameter (DR); volume (VR) and density of the radical volume (DVR). Statistical analysis indicated significant differences ($p < 0.005$) in horizon 2, where PE was higher in AV than in BV. A negative correlation between silt (% L) and clay (% A) with DPFR was evident in AV; and between % A and LR in BV.

Key words: Development root, crops, soils.

INTRODUCCION

El plátano es el cuarto cultivo de frutas más importante del mundo después del arroz, el trigo y el maíz. Esta fruta constituye la base de la alimentación de muchas regiones tropicales y además representa una importante fuente de ingresos para los productores (Belalcázar, 1991; Frison y Sha-rock, 2000).

Aproximadamente el 70% de la producción nacional de plátano se concentra en la zona Sur del Lago de Maracaibo, específicamente en los estados Zulia, Trujillo, Mérida y Táchira (Nava, 1997; Martínez et al., 2006). El estado Zulia, por su parte, ocupa el mayor número de tierras sembradas y las más grandes unidades de producción, especialmente aquellas situadas entre los ríos Escalante, Mucujepe y en las riberas del río Chama (Martínez, 2009). Sin embargo, la superficie destinada al cultivo ha mostrado importantes fluctuaciones y una tendencia decreciente.

Para la búsqueda de mejoras en la productividad de los rubros y la selección de zonas realmente aptas para el óptimo desarrollo de estos cultivos, es necesario realizar estudios que contemplen la caracterización pertinente del suelo, en cuanto a propiedades o atributos del mismo, pero no tendrían ningún sentido observar esto aisladamente sin que interactúe en el sistema la variable planta y su relación con el suelo y clima.

La planta de plátano está formada por el sistema radical, el cormo o rizoma, el sistema foliar y la inflorescencia que da origen al racimo. En la mayoría de las plantas de plátano, la raíz es la parte subterránea del esporofito y realiza funciones de anclaje, almacenamiento de productos para la alimentación, absorción de agua y nutrientes y su conducción hacia el resto de las partes de la planta, producción de materia orgánica al suelo, así como provisión de hábitat para micorrizas y organismos de la rizósfera (Vásquez, 2003).

En cuanto a la morfología del sistema radical del plátano, este corresponde a un sistema fasciculado y fibroso, conformado por raíces primarias, secundarias y terciarias y los pelos absorbentes. Las raíces se originan de los nudos del cormo en grupos de tres a cuatros, y surgen mayormente de la parte superior y su número disminuye hacia la parte inferior del mismo (Stover y Simmonds, 1987). La consistencia de las raíces, a edades tempranas es sumamente frágil, pero luego con el tiempo se vuelven más resistentes, aún cuando continúan siendo flexibles. Pueden variar en número con el estado de salud de la planta, encontrándose en un cormo sano entre unas 200 y 300 raíces (Belalcázar et al., 2003).

En relación con la distribución espacial de las raíces de la planta de plátano, ésta puede considerarse como del tipo ra-

dial horizontal, encontrándose el mayor número de éstas en la capa de suelo correspondiente a los primeros 20cm de profundidad. Su crecimiento y desarrollo está orientado hacia las áreas más fértiles del suelo, especialmente hacia aquellos sitios que poseen alto contenido de materia orgánica (Belalcázar et al., 2003).

El cultivo del plátano requiere de suelos porosos, profundos, con textura media o ligera. Las deficiencias minerales del suelo, los ácidos húmicos y la aplicación excesiva de productos químicos, pueden retardar el crecimiento de las raíces o inducir a un mal desarrollo de las mismas. La compactación del suelo también induce a un débil desarrollo radical. Las raíces crecen rápidamente y son muy sensibles al exceso de agua (Nava, 1997).

Turner (2003) manifiesta que las relaciones entre desarrollo, arquitectura, estructura, anatomía y fisiología de raíces de plantas de musáceas se encuentran superpuestas a los factores ambientales y edáficos que las afecten, sumado al hecho de las posibles modificaciones atribuidas a prácticas de manejo. En consecuencia, el sistema radical de las plantas de plátano puede afectarse por factores bióticos, y dentro de ellos el recurso suelo representa la base fundamental para el crecimiento y desarrollo de cualquier rubro, de manera que al presentarse alguna limitante dentro de éste, las condiciones del mismo probablemente causarían disminución o detrimento en el sistema radical y por ende en la producción de las plantas.

En este sentido, se desprende la necesidad de evaluar el desarrollo radical de plantas de plátano (*Musa AAB cv. hartón*) en lotes de alto y bajo vigor, en diferentes unidades de producción del municipio Colón, estado Zulia; describir las propiedades físicas del suelo: profundidad efectiva, textura, evaluar el sistema radical de plantas de plátano en términos de peso, densidad, longitud, diámetro y volumen de raíces, establecer relaciones entre el desarrollo radical de plantas de plátano y las propiedades edáficas en los lotes de alto y bajo vigor de las plantas de plátano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio:

El estudio se llevó a cabo en diferentes unidades de producción ubicadas entre el km 35 y el km 41 de los sectores: El Uvito, Bancada de Limones, Caño Negro y Cuatro Bocas de la parroquia El Moralito, municipio Colón del estado Zulia. Esta zona se encuentra a una altitud de 8 m.s.n.m y cuenta con una precipitación acumulada anual de 1200 a 1500mm, una temperatura promedio al año de 38°C y una humedad relativa máxima de 90% y media de 85% (INIA, 2005).

Se seleccionaron siete unidades de producción de plátano, con superficies entre 5 y 15 hectáreas. El trabajo se inició con la recolección de datos históricos de manejo y producción con un mínimo de tres años, debido a que esta información es importante al momento de analizar los resultados del diagnóstico y para el diseño de las alternativas de recuperación para mejorar la calidad y salud del suelo.

Selección de los sitios de muestreo:

Se seleccionaron siete unidades de producción de plátano, de las cuales, seis cuentan con una superficie de menos de 10 ha y la otra entre 12 y 15 ha. El siguiente paso fue la identificación dentro de la finca de dos sitios de muestreo: uno con producción “buena” y otro con producción “pobre” (B y P), según el criterio del productor. En función de lo anterior, se definió la zona de trabajo de donde se tomaron los datos o muestras para determinar el desarrollo radical de las plantas de plátano. En cada sitio de muestreo se seleccionaron tres puntos, para un total de seis puntos de muestreo por unidad de producción.

Determinación de los parámetros biométricos de producción de plantas:

En cada parcela seleccionada se calculó la densidad poblacional de plantas, lo cual se realizó multiplicando el número de plantas encontradas en dicha parcela por 10. Igualmente, se identificaron 20 plantas con racimo de las últimas tres cintas (semanas) próximas a cosecha, para la determinación de los parámetros de vigor. En los casos donde no fue posible conseguir las 20 plantas dentro de los 1000m², se completó la cantidad con plantas vecinas que cumplieran con el requerimiento. En la unidad de producción cuya superficie superó las 10 ha se seleccionaron 40 plantas por sitio “bueno” y 40 por sitio “pobre” siguiendo las indicaciones antes mencionadas.

A las plantas seleccionadas se les tomaron datos de: número de manos por racimo, circunferencia de la planta madre y altura del hijo de sucesión. Estos tres parámetros están altamente correlacionados con la producción o vigor de la plantación. Los sitios “buenos” y “pobres” se compararon entre sí con los promedios obtenidos de los datos colectados, para constatar si la apreciación hecha en forma visual por el productor es correcta o no.

La circunferencia de la planta madre se evaluó al momento de la floración, donde se tomó la circunferencia (cm) del pseudotallo a 50cm desde la base del suelo, utilizando una cinta métrica.

Al momento de la cosecha, se midió la altura del hijo de sucesión al frente del mismo, realizando dicha medida

desde el nivel del suelo hasta la inserción del pseudopetiole de la última hoja expandida con la hoja candela, con la ayuda de una cinta métrica.

Una vez desarrollado el racimo, se procedió a contar todas las “manos” de cada racimo, obteniéndose igualmente el total de dedos por racimo de la planta madre.

Para los efectos de la discusión de los resultados se denominará lotes de plantas de alto vigor (AV) a los sitios llamados “buenos” y se designará lotes de plantas de bajo vigor (BV) a los sitios señalados como “malos”.

Toma de muestras de suelos y determinaciones de propiedades físicas:

En los diferentes sitios escogidos dentro de la finca, frente a la planta madre recién florecida, se abrieron minicalcatas con las siguientes dimensiones: 60cm de ancho x 60cm de largo x 60cm de profundidad, en primera instancia, pues estas dimensiones variaron en función del crecimiento y desarrollo radical por punto de muestreo. Como se señaló anteriormente, en cada sitio, se abrieron tres minicalcatas por sitio de producción, para un total de seis en cada finca.

El procedimiento para la toma de muestras de suelo consistió en hacer una descripción del perfil a través de la delimitación de sus respectivos horizontes genéticos, de acuerdo al color, al crecimiento y desarrollo del sistema radical, tanto lateralmente (horizontalmente) como en función a la profundidad de la misma (verticalmente).

En cada horizonte se procedió a tomar las muestras de suelo para la determinación de las respectivas características físicas del suelo tales como: profundidad efectiva, textura siguiendo el método del hidrómetro de Gee y Bauder, (1986); porcentaje de saturación de humedad (Pérez de Roberti y Gilabert de Brito, 1997).

Evaluación del patrón de desarrollo de raíces durante el período de crecimiento y desarrollo de plantas de plátano:

La evaluación del patrón de desarrollo de las raíces se realizó mediante el método de perfil de pared (Bohm, 1979) y del cilindro modificado (Nacci y Pla, 1992). Para el método del cilindro modificado se aprovechó la trinchera del perfil de pared, en cuya cara se tomaron las muestras de suelo y raíz con la ayuda de cilindros de acero inoxidable de 5cm de diámetro y 5cm de alto, a fin de conocer el volumen de suelo y dentro de éste, las raíces presentes. .

En cada planta seleccionada se tomaron distancias predefinidas cada 30cm en dirección horizontal, en ambos sentidos (izquierda y derecha) de la planta, y en profundidad de acuerdo con el desarrollo del sistema radical (figura 1). Las muestras de suelo más raíces fueron obtenidas por medio de cilindros de acero inoxidable con un diámetro de 5cm y 5

cm de alto. En estas muestras de raíces se evaluó: densidad, diámetro, peso y longitud de las mismas.

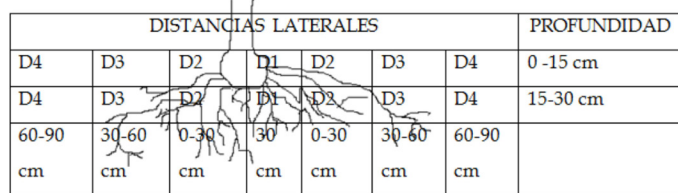


Figura 1. Esquema de distancias laterales de muestreo en las calicatas para la toma de muestras de raíces evaluadas. D1: Distancia de toma de muestra del sistema radical de la planta; D2: Distancia de 30cm de toma de muestra del sistema radical de la planta; D3: Distancia entre 30 y 60cm de toma de muestra del sistema radical de la planta; D4: Distancia entre 60 y 90cm de toma de muestra del sistema radical de la planta.

Los cilindros de suelo fueron llevados inmediatamente al laboratorio para la realización de las siguientes determinaciones:

Extracción y lavado de raíces funcionales y no funcionales:

Una vez obtenidas todas las muestras de suelo y raíz en el perfil de pared, se procedió a la separación de las raíces, mediante el lavado de éstas con agua de chorro. Consecutivamente, se procedió a separar la raíz funcional de la no funcional, la cual se identificó tomando en cuenta que la raíz funcional presenta una coloración crema, mientras que en la raíz no funcional el color es marrón oscuro o negruzco. Posterior a este paso se realizaron las siguientes determinaciones: peso de raíces; densidad de peso fresco radical y densidad de peso seco radical (dividiendo los pesos por el valor del volumen del cilindro utilizado para la toma de muestras) longitud de raíces (Tennant, 1975); densidad de longitud radical (dividiendo la longitud radical entre el volumen del cilindro utilizado); diámetro radical (Bohm, 1979); volumen radical (utilizando una bureta con volumen conocido (50cm³) y un cilindro graduado (10cm³). En este último, se introdujo la muestra de raíces funcionales y se luego se le adicionó agua destilada contenida en la bureta hasta que el cilindro alcanzó los 10cm³. El agua sobrante en la bureta representó el valor del volumen radical en centímetros cúbicos); y densidad del volumen radical (se obtuvo dividiendo el volumen radical entre el volumen del cilindro utilizado).

Diseño experimental:

El diseño de este estudio fue completamente al azar, para ello se procedió a realizar un análisis estadístico univariado, mediante el cual se determinaron parámetros estadísticos comunes, como lo son: la media y el error estándar, así como también se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey utilizando una probabilidad (<0,05%), a través del

programa Statistix versión 8,0. Además, se efectuó un análisis correlacional lineal de pearson entre el desarrollo radical de plantas de plátano y las propiedades edáficas en lotes de alto y bajo vigor. El análisis estadístico univariado se ejecutó principalmente con la finalidad de apreciar las tendencias de las características físicas de suelo estudiadas en relación al vigor de plantas de plátano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de producción de plantas de plátano:

En el cuadro 1 se puede observar que el número de manos por racimo, la circunferencia de la planta madre (cm) y la altura del hijo de sucesión (m), fueron significativamente (p<0,05) más altos en lotes de plantas de plátano de alto vigor (AV) con respecto a los de bajo vigor (BV). Asimismo, al realizar la estimación de la densidad de plantas por hectáreas se refleja una tendencia mayor en lotes de alta producción.

Cuadro 1. Parámetros de producción de plantas de plátano en el Sur del Lago de Maracaibo.

PARÁMETROS BIOMÉTRICOS DE PLANTAS DE PLÁTANO				
Vigor de plantas	Número de manos por racimo	Circunferencia de la planta madre (cm)	Altura del hijo de sucesión (m)	Densidad poblacional (plantas/ha)
AV	7,50±0,97 ^a	66,86±8,29 ^a	2,56±0,53 ^a	3140
BV	4,96±0,89 ^b	59,44± 9,16 ^b	2,03±0,48 ^b	2595
Probabilidad	<0,05	<0,05	<0,05	

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas (p<0,05) según prueba Tukey entre lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor. AV: Plantas de plátano de alto vigor; BV: Plantas de plátano de bajo vigor.

Resultados similares fueron obtenidos por González-Pedraza *et al.*, (2013) en una finca cultivada con plátano ubicada en el municipio Francisco Javier Pulgar del estado Zulia, con características de suelos relativamente similares a las de los sitios evaluados en este estudio. Estos autores encontraron que el número de manos por racimo, la circunferencia del pseudotallo de la planta madre y la altura del hijo de sucesión fueron mayores en los lotes de alto vigor que en los lotes de bajo vigor.

Por su parte, Hernández *et al.*, (2007) no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de manos por racimo de las plantas de plátano en un estudio llevado a cabo en un área de producción platanera ubicada en el sector El Paraíso, municipio Colón, al Sur del Lago de Maracaibo, cuyas características agrometeorológicas y de

suelos son también afines a las de los sitios estudiados en esta investigación. Estos autores señalan que en los estudios de respuestas de fertilización en plátano, el número de manos y dedos por mano, son variables poco afectadas por tratamientos de fertilización.

Los valores promedios para la circunferencia de la planta madre (cm) tanto en los lotes de alto y bajo vigor son relativamente altos, en comparación con los datos reportados (55,9cm) por Delgado *et al.*, (2008), en un trabajo realizado en plantaciones de plátano (Musa AAB cv. subgrupo plátano Hartón) ubicadas en los Llanos Centrales bajo condiciones de suelo y clima muy similares a las de este estudio y con una densidad de siembra de 1111 plantas/ha. Aún cuando las condiciones edafoclimáticas son similares se observan diferencias entre los estudios. Estas diferencias probablemente estén relacionadas con la baja respuesta de la planta a la fertilización aplicada, la cual se realizó en función de las necesidades del cultivo y la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Por otro lado, Rodríguez y Rodríguez (1998), presentaron datos relacionados con la biometría de la cepa de plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. hartón), en la planicie del río Chama, depresión del Lago de Maracaibo, y encontraron que el perímetro promedio del pseudotallo de la planta madre fue de 76,36cm, el cual se ubica por encima del encontrado en este estudio; esto probablemente se deba a la cantidad de unidades de producción muestreadas. Estos autores recomiendan utilizar este valor como base para evaluar el manejo de la plantación, complementar el diagnóstico nutricional del cultivo y determinar su potencial productivo en el área estudiada.

De manera similar Delgado *et al.*, (2008), Belalcázar (1995), reportó una circunferencia promedio del pseudotallo de 49cm para plantaciones de plátano con densidades de siembra de 1666 plantas/ha en una región platanera de los Llanos colombianos, valor también por debajo al reportado en este estudio.

En tal sentido, la condición de fertilidad natural del suelo, así como las diferencias en las condiciones de manejo asociadas a los planes de fertilización juegan un papel importante en los resultados obtenidos en los diferentes estudios realizados en esta área.

Características físicas de los suelos en lotes de plantas de plátano de alto y bajo vigor

Profundidad efectiva:

De acuerdo con los resultados presentados en el cuadro 2, no se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en la profundidad efectiva de las raíces en el

horizonte 1 entre AV y BV. No obstante, para el horizonte 2, se presentaron mayores valores de profundidad efectiva en AV con respecto a BV. En líneas generales, se presentó una profundidad promedio máxima de 33 cm en AV y 28 cm en BV entre ambos horizontes.

Cuadro 2. Profundidad efectiva de los suelos en los lotes de plantas de plátano con diferente vigor para cada horizonte genético en el Sur del Lago de Maracaibo.

VIGOR DE PLANTAS	HORIZONTE	PROFUNDIDAD EFECTIVA (CM)
AV BV	1	16,333±5,435 ^a 14,875±5,153 ^a
AV BV	2	16,833±5,522 ^a 13,542±5,808 ^b

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. AV: Alto vigor; BV: Bajo vigor. Horizonte 1: 0-20 cm de profundidad; Horizonte 2: 20-40 cm de profundidad.

De acuerdo con Jaramillo y Vásquez (1990) la profundidad efectiva se refiere al espesor de las capas u horizontes del suelo, donde las raíces de las plantas pueden penetrar fácilmente en busca de agua o nutrimentos, sin obstáculos físicos ni químicos. Con base a lo anterior, clasifican el suelo según la profundidad efectiva de la siguiente manera: muy profundo (mayor a 120cm); profundo (entre 90 y 120cm); moderadamente profundo (entre 60 y 90cm); superficial (entre 30 y 60cm) y muy superficial (< 30 cm). En cuanto al cultivo del plátano, el 65% de las raíces se ubican en los primeros 30cm de profundidad (Nava, 1997).

La evaluación de la profundidad efectiva permitió observar la capacidad de desarrollo radical del cultivo y detectar las limitaciones que pudieran tener las plantas para el desarrollo de sus raíces. Al respecto, Rodríguez (2009), expresa que para el caso de suelos aluviales se han detectado algunas limitantes en las unidades de producción, las mismas son básicamente relacionadas con terrenos que no poseen buenas aptitudes para el desarrollo adecuado del cultivo, tales como texturas muy pesadas, con altos contenidos de partículas finas como limo y arcilla, lo cual a su vez genera problemas de dificultad en el drenaje superficial e interno y posibles riesgos de compactación.

Textura:

No se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el porcentaje de arcilla, limo y arena en los suelos entre AV y BV, tanto en el horizonte 1 como en el horizonte 2 (cuadro 3). Hubo una predominancia del porcentaje de limo, seguido por la arena y en menor proporción se encontró la arcilla, por lo que el grupo textural observado

fue el franco limoso tanto en AV como BV (cuadro 3). En correspondencia a lo señalado por Nava (1997), donde indica que el cultivo del plátano requiere suelos de textura mediana: franco, franco-arcilloso, franco-arcillo limoso y franco limoso.

Porcentaje de humedad:

El porcentaje de humedad de los suelos no varió significativamente ($p>0,05$) entre AV y BV en ambos horizontes de suelo evaluados (cuadro 3).

Cuadro 3. Características físicas de los suelos en los lotes de plantas de plátano con diferente vigor para cada horizonte genético en el Sur del Lago de Maracaibo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO						
Vigor de plantas	Horizonte	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Grupo textural	PH (%)
AV	1	9,000±4,10 ^a	62,917±13,59 ^a	28,042±16,63 ^a	FL	60,920±4,64 ^a
BV		12,333±8,66 ^a	59,917±13,52 ^a	28,542±20,79 ^a	FL	61,014±4,68 ^a
AV	2	11,294±6,15 ^a	59,882±18,34 ^a	28,824±21,67 ^a	FL	59,389±3,96 ^a
BV		9,733±8,77 ^a	56,933±18,42 ^a	33,333±24,55 ^a	FL	57,807±4,10 ^b

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p<0,05$) según la prueba de Tukey. AV: Alto vigor; BV: Bajo vigor; Horizonte 1: 0-15 cm de profundidad; Horizonte 2: 15-30 cm de profundidad; FL: Franco limoso; PH(%): Porcentaje de humedad.

Cuadro 4. Variables de desarrollo radical entre lotes de plantas de plátano con diferente vigor para cada horizonte genético de suelo en el Sur del Lago de Maracaibo.

DESARROLLO RADICAL DE PLANTAS DE PLATANO PARA LOTES DE ALTO Y BAJO VIGOR											
Vigor de plantas	Hor	Lado	PFR (g)	PSR (g)	DPFR	DPSR	LR (cm)	DLR	DR (cm)	VR (cm ³)	DVR
AV	1	Corno	5,62±4,24 ^a	0,50±0,42 ^a	0,06±0,06 ^a	0,00529±0,004 ^a	11,16±4,52 ^a	0,11±0,05 ^a	4,28±2,38 ^a	0,47±0,28 ^a	0,00473±0,003 ^a
BV			7,55±9,37 ^a	0,82±1,16 ^a	0,07±0,09 ^a	0,00800±0,011 ^a	13,68±10,45 ^a	0,13±0,10 ^a	5,44±5,39 ^a	0,56±0,47 ^a	0,00559±0,005 ^a
AV	1	Derecho	5,37±4,47 ^a	0,55±0,43 ^a	0,05±0,04 ^a	0,00554±0,004 ^a	12,37±5,52 ^a	0,13±0,12 ^a	4,43±2,67 ^a	0,51±0,26 ^a	0,00510±0,003 ^a
BV			6,41±7,89 ^a	0,66±1,03 ^a	0,06±0,08 ^a	0,0063±0,010 ^a	10,60±5,32 ^a	0,10±0,05 ^a	4,31±2,62 ^a	0,54±0,41 ^a	0,00539±0,004 ^a
AV	1	Izquierdo	5,65±4,92 ^a	0,51±0,50 ^a	0,05±0,05 ^a	0,00596±0,008 ^a	11,60±7,34 ^a	0,11±0,07 ^a	4,30±2,74 ^a	0,49±0,25 ^a	0,00485±0,003 ^a
BV			5,06±5,51 ^a	0,53±0,66 ^a	0,04±0,05 ^a	0,00467±0,006 ^a	12,90±9,08 ^a	0,12±0,09 ^a	4,35±3,89 ^a	0,46±0,24 ^a	0,00456±0,002 ^a
AV	2	Corno	3,43±4,00 ^a	0,36±0,38 ^a	0,06±0,15 ^a	0,00355±0,004 ^a	11,50±10,68 ^a	0,11±0,10 ^a	3,48±3,69 ^a	0,45±0,32 ^a	0,00447±0,003 ^a
BV			2,08±1,00 ^a	0,19±0,08 ^a	0,02±0,01 ^a	0,00179±0,001 ^a	9,30±6,61 ^a	2,47±8,57 ^a	2,36±1,29 ^a	0,28±0,11 ^a	0,00281±0,001 ^a
AV	2	Derecho	2,71±2,83 ^a	0,22±0,24 ^a	0,02±0,03 ^a	0,00226±0,002 ^a	11,73±12,65 ^a	0,12±0,12 ^a	2,80±2,23 ^a	0,29±0,21 ^a	0,00290±0,002 ^a
BV			2,24±1,91 ^a	0,21±0,17 ^a	0,02±0,02 ^a	0,00351±0,005 ^a	7,24±4,64 ^a	0,07±0,05 ^a	2,21±1,55 ^a	0,30±0,15 ^a	0,00296±0,001 ^a
AV	2	Izquierdo	3,38±2,96 ^a	0,33±0,31 ^a	0,03±0,03 ^a	0,00299±0,002 ^a	9,65±6,39 ^a	0,10±0,06 ^a	3,12±2,33 ^a	0,36±0,20 ^a	0,00354±0,002 ^a
BV			2,64±2,91 ^a	0,17±0,13 ^a	0,02±0,03 ^a	0,00215±0,002 ^a	8,25±4,84 ^a	0,08±0,05 ^a	2,52±2,10 ^a	0,34±0,21 ^a	0,00331±0,002 ^a

Valores promedios ± desviación estándar seguidos por letras minúsculas diferentes entre las columnas indican diferencias significativas ($p<0,05$) según prueba Tukey entre lotes de plantas de plátano para cada horizonte de suelo. AV: Alto vigor; BV: Bajo vigor; Hor: Horizonte; Hor 1: 0-15 cm de profundidad; Hor 2: 15-30 cm de profundidad; Lado: Distancias laterales de muestreo de raíces en las calicatas (derecho e izquierdo de 0-30cm a partir del corno); PFR: Peso fresco de la raíz; PSR: Peso seco de la raíz; DPFR: Densidad del peso fresco radical; DPSR: Densidad del peso seco radical; LR: Longitud radical; DLR: Densidad de longitud radical; DR: Diámetro radical; VR: Volumen radical y DVR: Densidad del volumen radical.

En este estudio, el porcentaje de limo de los suelos en AV y BV fue mayor al reportado por González-Pedraza *et al.* (2013). Por su parte, Fernández (2016), evaluando las propiedades del suelo limitantes en el vigor de plantas de plátano en una zona del Sur del Lago de Maracaibo, encontró porcentajes de arcilla, limo y humedad significativamente más altos en lotes de alta producción, a diferencia del porcentaje de arena que fue mayor en los lotes de baja producción.

En relación con la textura se debe señalar que éstos son suelos de origen aluvial formados por la deposición de sedimentos provenientes de la Cordillera de los Andes, por lo que predominan las texturas finas, especialmente el limo (MARNR, 1978). Según Nava (1997), dada las características del cultivo, en cuanto a su morfología y área radical, se requieren de suelos de textura media: franco, franco-arcillosos, franco-arcillo limoso, franco limoso con buena profundidad.

Para la variable de humedad, los contenidos porcentuales expresados son mayores tanto en los horizontes genéticos estudiados y en cada lote de vigor (AV y BV), con respecto a los señalados por González-Pedraza *et al.* (2013) y similares a los obtenidos por Fernández (2016).

Desarrollo radical de plantas de plátano en lotes de alto y bajo vigor

Al comparar el desarrollo radical de plantas de plátano entre los lotes por cada lado muestreado (corno, derecho e izquierdo) no se presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) para ninguna de las variables estudiadas (cuadro 4).

La densidad del peso radical es considerada como el peso de raíces en relación con el volumen del cilindro del suelo tomado para la obtención de las muestras. Ésta fue evaluada en extensión lateral desde el pseudotallo de la planta, en las dos primeras capas del suelo (0-15cm y 15-30cm). Se pudo observar que la densidad peso fresco y seco radical, aún cuando no se observaron diferencias estadísticas, tendió a ser mayor en el primer horizonte del suelo y en todas las distancias laterales. Esto hace inferir un mayor y mejor desarrollo de las raíces en la primera capa del suelo, la cual posee características físicas y químicas que favorecen la expresión de su crecimiento y desarrollo. No se observó presencia de raíces en las siguientes distancias laterales (30-60cm y 60-90cm), por lo tanto los datos presentados sólo fueron de 0-30cm de cada lado del pseudotallo de la planta.

Resultados similares fueron señalados por Rodríguez (2006), quien obtuvo valores de densidad radical mayores en la primera capa del suelo (0-17cm) con respecto a la segunda (17-35cm). Al respecto, Belalcázar *et al.* (2003), indican que el mayor número de raíces se encuentran en la capa de suelo correspondiente a los primeros 20cm de profundidad. Igualmente, mencionan que el crecimiento y desarrollo está orientado hacia las áreas más fértiles del suelo.

Diversos investigadores señalan que las raíces laterales de musáceas propenden a desarrollarse en los primeros centímetros del suelo (Avilán *et al.*, 1980; Soto, 1985; Pérez, 1987; Araya, 2003). De igual forma, existen diferentes investigaciones donde se indica que entre el 80 y 90% del peso fresco de las raíces se encuentran entre los 45 y 60cm de extensión lateral. En cuanto a la profundidad del suelo, el 80% de las raíces se ubica en los primeros 30cm del perfil del suelo (Soto, 1985; Araya, 2003).

Los resultados obtenidos en la presente investigación son contrarios a los obtenidos por Abreu (2007), donde el peso radical fue mayor en el lote bueno con respecto al malo. Al respecto, Serrano (2003), indica que cuando el peso radical se encuentra por debajo de los 43g por planta, el porcentaje de raíz funcional y la productividad disminuyen, siendo considerado entonces el valor crítico de referencia para el cultivo de banano. Abreu (2007) presenta también mayor densidad radical en la finca “buena” y menor en la finca “mala”.

En lo que respecta a la densidad de longitud radical (DLR), hubo tendencias mayores en los lados muestreados derecho e izquierdo en distancias de 0-30cm del pseudotallo de la planta en el primer horizonte del suelo. Resultados similares fueron encontrados por Rodríguez (2006), quienes obtuvieron valores más altos de densidad de longitud radical en la primera capa del suelo en comparación con la segunda, disminuyendo los valores de DLR a medida que aumenta la extensión lateral en ambas capas del suelo.

Al analizar los valores encontrados para el diámetro radical (DR) observamos relativamente diámetros mayores en el primer horizonte del suelo con respecto al segundo, lo cual coincide con lo mostrado por Rodríguez (2006), donde encontró mayor DR en la zona cercana al pseudotallo de la planta, y posteriormente a medida que avanza lateralmente, las raíces se tornan más delgadas. Por su parte, Stover y Simmonds (1987) quienes, para el patrón de arquitectura de raíces en Musa, indican que las raíces de anclaje, denominadas primarias o adventicias, son más gruesas y suberizadas, se encuentran en las zonas más cercanas al cormo, mientras que aquellas raíces que poseen la función de absorber agua y nutrimentos (raíces laterales) se extienden lateralmente y poseen diámetros inferiores.

En cuanto al comportamiento del volumen radical, éste llegó a ser mayor en la primera capa del suelo en comparación con la segunda, no observándose valores en extensiones laterales de 30-60cm y de 60-90cm de cada lado muestreado. Por su parte, Rodríguez (2006), manifiesta que la extensión lateral en sus resultados es predominante en la primera capa del suelo, ya que la segunda capa identificada, las raíces solo llegan hasta los 60cm como máxima extensión lateral.

Relaciones entre el desarrollo radical de plantas de plátano y las propiedades edáficas en lotes de alto y bajo vigor

Existe una correlación negativa entre el porcentaje de limo y arcilla y la densidad del peso fresco radical de plantas de plátanos en lotes de alto vigor (cuadro 5). En este sentido, se puede inferir que las partículas minerales (limo y arcilla), afectan negativamente la densidad del peso fresco radical de plantas de plátano.

Cuadro 5. Relación del desarrollo radical en lotes de alto vigor de plantas de plátano con propiedades físicas del suelo.

Desarrollo radical/Propiedades físicas	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Humedad (%)	R				
PFR	0,163	-0,114	-0,244	0,069					
PSR	0,175	-0,148	-0,185	0,039					
DPFR	0,377	-0,327	-0,375	0,051					
DPSR	0,146	-0,099	-0,232	0,146					
LR	0,007	-0,090	-0,002	0,029					
DLR	0,028	-0,060	0,084	0,066					
DR	0,172	-0,138	-0,203	0,001					
VR	0,246	-0,223	-0,218	0,166					
DVR	0,246	-0,223	-0,218	0,166					

Valores de PFR: Peso fresco de la raíz; PSR: Peso seco de la raíz; DPFR: Densidad del peso fresco radical; DPSR: Densidad del peso seco radical; LR: Longitud radical; DLR: Densidad de longitud radical; DR: Diámetro radical; VR: Volumen radical; DVR: Densidad del volumen radical. R: Coeficiente de correlación lineal de Pearson.

En el cuadro 6, se observa una correlación negativa entre los contenidos porcentuales de arcilla y la longitud radical de plantas de plátano ubicadas en lotes de bajo vigor.

Cuadro 6. Relación del desarrollo radical en lotes de bajo vigor de plantas de plátano con propiedades físicas del suelo.

DESARROLLO RADICAL/PROPIEDADES FÍSICAS	ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)	PORCENTAJE DE HUMEDAD	R
PFR	-0,004	-0,002	0,076	0,177	
PSR	-0,006	-0,008	0,098	0,173	
DPFR	0,016	-0,017	0,051	0,152	
DPSR	-0,044	0,049	0,083	0,197	
LR	0,217	-0,136	-0,213	-0,020	
DLR	0,174	-0,182	-0,134	-0,253	
DR	0,092	-0,047	-0,061	0,114	
VR	-0,069	0,044	0,142	0,189	
DVR	-0,069	0,044	0,142	0,189	

Valores de PFR: Peso fresco de la raíz; PSR: Peso seco de la raíz; DPFR: Densidad del peso fresco radical; DPSR: Densidad del peso seco radical; LR: Longitud radical; DLR: Densidad de longitud radical; DR: Diámetro radical; VR: Volumen radical; DVR: Densidad del volumen radical. R: Coeficiente de correlación lineal de Pearson.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

Los parámetros biométricos de plantas de plátanos fueron mayores en los lotes de alto vigor.

El desarrollo radical de las plantas de plátano en los lotes de alto y bajo vigor fue similar tanto en los diferentes lados muestreados: cormo, extensión lateral derecha y extensión lateral izquierda como entre los horizontes genéticos analizados.

De las propiedades físicas evaluadas, el porcentaje de limo y arcilla fueron las que afectaron negativamente el desarrollo de las raíces de las plantas de plátano tanto en los lotes de alto vigor como en los de bajo vigor, esto quedó evidenciado por la correlación negativa encontrada entre el limo y la arcilla y la densidad de peso fresco de las raíces de las plantas de plátanos en los lotes de alto vigor y el porcentaje de arcilla con la longitud radical de las plantas de plátano en los lotes de bajo vigor.

REFERENCIAS

Abreu, Y. (2007). Salud y desarrollo radical de banano (Musa AAA) en sistemas de producción en “San Mateo” Estado Aragua. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 85.

Araya, M. (2003). Distribución y estratificación del sistema

radical en Musa AAA (Subgrupo Cavendish cvs Valery y Grand Nain). En: Simposium internacional: Sistema radical de banano (hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo), INIBAP-CORBANA. San José, Costa Rica. pp 33-34.

Avilán, L; R. Meneses; C. Sucre; Corta, M. y O. Sangle. (1980). Distribución del sistema radical del banano “pineo gigante” bajo cuatro sistemas de manejo de suelo. *Agronomía Tropical*. 29 (4): 299-312.

Belalcázar, S. (1991). El cultivo del plátano en el trópico. Manual de asistencia técnica N° 50. INIBAP. Colombia. p. 376.

Belalcázar, S. (1995). Cultivo de plátano en altas densidades, una nueva posición. *Informaciones Agronómicas* 20: 1-4.

Belalcázar, S; Rosales, F y L. Pocasangre. (2003). Formación y desarrollo de raíces de plátano (Musa AAB Simmonds). En: Simposium Internacional: Sistema radical de banano (hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo). INIBAP-CORBANA. San José, Costa Rica. pp 31-32.

Bohm, W. (1979). *Methods of studying root systems*. (Ecological studies). Springer – Verlag Berlin, Heidelberg. p.188.

Delgado, E; N. Gómez; González, O. y C. Marín. (2008). Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (Musa AAB cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 25: 603-616.

Fernández, R. (2016). Propiedades del suelo limitantes en el vigor de plantas de plátano en la Parroquia Urribarrí, Municipio Colón. Tesis como requisito para optar por el grado de: Ingeniero de la Producción Agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago Jesús María Semprum.

Frison, E. y S. Sharrock. (2000). Biodiversidad y producción sostenible del banano. Disponible en: www.bananafair.de/publ/report/spa/5.htm. Consultado el 04 de febrero del 2016.

Gee, G. y J. Bauder. (1986). Particle-size Analysis. En: Klute. A. (Ed.); “Methods of soil analysis: part I-Physical and mineralogical methods”. *Agronomy Second edition*, number 9; American Society of Agronomy and Soil Science Society of America; Wisconsin; United States of America. p. 383-412.

González-Pedraza, A; J. Atencio; K. Cubillán; R. Almendralles; Ramírez, L. y O. Barrios (2013). Actividad microbiana

- en suelos cultivados con plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. 1 Hartón) con diferente vigor de plantas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol. 30: Suplemento Especial N°1 (EN PRENSA).
- Hernández, Y; Marín M. y J. García. (2007). Respuesta en el rendimiento del plátano (Musa AAB cv. Hartón) en función de la nutrición mineral y su ciclo fenológico. Parte I. Crecimiento y producción. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol. 24: 607-626.
- INIA (2005). Estación Chama. Red Bioclimática Mérida. Disponible en: www.cecalc.ula.ve/redbc/coleccionestacionchama/datos_estacion_chama. Consultado el 13 de febrero del 2016.
- Jaramillo, R. y A. Vásquez. (1990). Manual de procedimientos para presentación y realización de estudios detallados de suelos y clasificación de tierras para el cultivo de banano. Edición revisada. Departamento de Investigaciones, San José CR Asociación Bananera Nacional. p 25.
- MARNR. (1978). Hacia un plan rector de ordenación del territorio. Zona Sur del Lago de Maracaibo. Serie informe Técnicos DGPOA/IT/16. Caracas.
- Martínez, G; Rey, J; Rodríguez, G; Crozzoli, C; Colmenarez, R; Lobo, D; Gonzalez, M; Rodríguez, M; Cortez, A; Poca-sangre, L; Delgado, E. y F. Rosales. (2006). Aspectos sobre calidad y salud de suelos bananeros en Venezuela, y su relación con la productividad. Resultados preliminares. XVII. Reunión Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Santa Catarina- Brasil. ACORBAT. p. 363.
- Martínez, G. (2009). Situación nacional de las musáceas: Breve análisis. *Producción Agropecuaria* 2(1): 31-44.
- Nacci, S. y I. Pla. (1992). Estudios de resistencia a la penetración de los suelos con equipo de penetrometría desarrollados en el país. *Agronomía Tropical*. 42 (1-2):115-132.
- Nava, C. (1997). El plátano y su cultivo en Venezuela. Ediciones Astro Data S.A Maracaibo- Venezuela. p. 134.
- Pérez, V. (1987). Desarrollo y distribución radical de clones de musáceas de distinta composición genómica en suelos de lenta infiltración. Trabajo de grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. p. 37-50.
- Pérez de Roberti, R. y J. Gilabert de Brito. (1997). Métodos y procedimientos analíticos para caracterizar suelos y aguas afectados por sales. Editorial: UCLA, Barquisimeto, Venezuela. p 91.
- Rodríguez, V. y O. Rodríguez. (1998). Biometría de la cepa de plátano (Musa AAB subgrupo plátano cv. Hartón) en plantas con rendimientos superiores a 18 kilogramos por racimo, en Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. Vol. 15: 439-445.
- Rodríguez, G. (2006). Desarrollo y distribución de raíces en diez clones de Musa y su relación con las propiedades de un suelo de la Depresión de la Cuenca del Lago de Valencia. Tesis como requisito para optar por el grado de: Magister en Ciencia del Suelo. Universidad Central de Venezuela. Maracay. p. 118.
- Rodríguez, G. (2009) Aspectos sobre salud radical de banano en suelos de Venezuela. *Producción Agropecuaria*. Vol. 2, N°. 1. p. 49-52.
- Serrano, E. (2003). Relación entre los contenidos de raíz funcional y la productividad de banano en Costa Rica. En: Simposium internacional: Sistema Radical del Banano (hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo). INIBAP - CORBANA. San José, Costa Rica. p. 61.
- Soto, M. (1985). Bananos, Cultivo y Comercialización. Universidad de Costa Rica. Lil, S.A. San José, Costa Rica. p. 648.
- Stover, R. y N. Simmonds. (1987). Bananas. *Tropical Agriculture Series*. Third Edition. p. 468.
- Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal Ecology* 63: 995-1001.
- Turner, D. (2003). Factores que afectan la fisiología del sistema radical de banano. En: Simposium Internacional: Sistema radical de banano (hacia un conocimiento para su manejo productivo). INIBAP-CORBANA. San José, Costa Rica. p 36-37.
- Vásquez, N. (2003). Anatomía y morfología de raíces de monocotiledóneas y dicotiledóneas. En: Simposium Internacional: Sistema radical de banano (hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo). INIBAP-CORBANA. San José, Costa Rica. p. 25-26.