



## Relación de las condiciones agroecológicas de un lote de planicie lacustrina con la marchitez del banano Cavendish en Aragua, Venezuela

Juan C. Rey-Brina<sup>1,2\*</sup> , Gustavo E. Martínez-Solorzano<sup>1</sup> , Henry Ramírez<sup>3</sup> ,  
Rafael E. Pargas-Pichardo<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Nacional Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Aragua, Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela (UCV), Facultad de Agronomía (FAGRO). Maracay, Aragua, Venezuela. <sup>3</sup>Agropecuaria Punta Larga. Palo Negro, Aragua, Venezuela.

### RESUMEN

En los últimos quince años ha venido cobrando fuerza la enfermedad denominada Marchitez del Banano Cavendish (MBC), particularmente en la zona Centro Norte de Venezuela. El objetivo de este estudio fue establecer la relación entre la incidencia de la MBC y las condiciones agroecológicas de una planicie lacustrina del estado Aragua, Venezuela. El estudio se realizó en la Finca Agropecuaria Punta Larga (APL). En Zonas de área entre 20 y 40 ha de Banano Cavendish, se determinaron con GPS los focos de MBC durante los años 2015 y 2016, calculando el área afectada. Se tomaron muestras de suelo para caracterizarlas con fines de fertilidad, muestras de tejido de banano para determinar el nivel de nutrientes y muestras en plantas enfermas para determinar los microorganismos patógenos. Adicionalmente, se analizaron los cambios de la precipitación y temperatura entre 2004 y 2018. Los datos fueron sometidos a análisis univariados, correlación y componentes principales. Los resultados indicaron que la enfermedad está asociada a un complejo hongo-bacteria y condiciones agroecológicas caracterizadas por suelos limosos (problemas de drenaje) y desbalances nutricionales propios de los suelos lacustrinos y acentuados por fallas en los ciclos de fertilización en los últimos seis años. Además, la aparición e incremento de la enfermedad está asociada a la disminución de la precipitación media anual, aumento de las temperaturas máximas y disminución de las temperaturas mínimas. La relación entre la MBC y las condiciones agroecológicas permiten definir un manejo integrado del cultivo para la prevención de la MBC.

**Palabras clave:** musáceas, microorganismos patógenos, interacción suelo planta, clima.

## Cavendish Banana Wilt, and its relationship with agroecological conditions in a lacustrine plain of Venezuela

### ABSTRACT

In the last fifteen years, the plant disease Wilt of Cavendish Banana (WCB) has been growing mainly in the North Central area of Venezuela. The objective of this study was to establish the relationship between the incidence of MBC and the agroecological conditions of a lacustrine plain in the state of Aragua. The study area was carried at the Farm Punta Larga (APL). WCB focus was determined with GPS in zones from 20 to 40 ha between 2015 and 2016, where the disease area was calculated. Soil samples (0 - 25 cm depth) were taken for fertility analysis and plants samples were taken to establish nutrients levels and pathogenic microorganisms. Additionally, the precipitation and temperature changes between 2004 and 2018 were analyzed. Univariate, correlation and principal component analysis were done to analyze the data. The results indicated that the disease is associated with a fungus-bacteria complex and agroecological conditions characterized by silty soils (drainage problems) and with nutritional imbalances typical of lacustrine soils and accentuated by failures in the fertilization cycles in the last six years. Additionally, the appearance and increase of the disease is associated with a average annual precipitation decrease, maximum temperatures increase and a minimum temperatures decrease. The relationship between MBC and agroecological conditions makes it possible to define an integrated crop management for MBC prevention.

**Key words:** musaceae, pathogenic microorganisms, plant soil relationship, climate.



## INTRODUCCIÓN

Los bananos constituyen una importante fuente de crecimiento económico, ingresos y nutrición para las zonas rurales de muchos países en desarrollo (FAO 2020). Además por poseer cualidades alimenticias y medicinales que los diferencian del resto de las frutas, son consideradas como cultivos estratégicos en la seguridad alimentaria de estos países (Martínez *et al.* 2020).

De acuerdo con FAO (2018), en Venezuela se cultivan en la actualidad alrededor de 31.770 ha, con un total de producción de 448.315 t. Al comparar su comportamiento en los últimos años, se observa que a pesar de la existencia de innumerables factores la producción se ha mantenido estable a nivel nacional. Sin embargo, al detallar la trayectoria de estas variables a nivel regional, se puede observar que para el año 1996, el estado Aragua, presentaba 3.800 ha sembradas de banano, con alto potencial de producción y exportación (Haddad y Leal 1996). Para el año 2017, esa área disminuyó drásticamente a 600 ha, por efecto de varios factores donde destaca la incidencia de la marchitez de banano (Hurtado 2017).

Martínez *et al.* (2016) y Pizzo *et al.* (2013), señalan de acuerdo a resultados de laboratorio de muestras de tejido vegetal de banano Cavendish procesadas, la presencia de bacterias de los géneros *Erwinia* y *Pectobacterium*, y los hongos *Fusarium moniliforme*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*, asociados a los síntomas de marchitez.

Aun cuando su mayor incidencia ha sido indicada en el eje bananero del estado Aragua, Rumbos *et al.* (2016), reportaron la presencia de bacteria del género *Pectobacterium*, en plantas de plátano Hartón en la región Sur del Lago, con síntomas muy similares a esta enfermedad, además de los hongos *F. moniliforme* y *F. oxysporum*.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Beer *et al.* (2001), que indicaron que en las Islas Canarias, fueron aisladas algunas especies de *Fusarium* spp., incluyendo *F. oxysporum*, *F. proliferatum*, *F. solani* y *F. subglutinans*, así como algunas bacterias y otros saprofitos comunes. Por otra parte, tanto en las Islas Canarias como en África del Sur, se comprobó que las pruebas de patogenicidad con *F. oxysporum* aislado de las plantas afectadas con el falso mal de Panamá

resultaron negativas. De manera inversa, se dieron síntomas severos de marchitamiento por *Fusarium* con *F. oxysporum* aislado de las plantas infectadas con el marchitamiento por *Fusarium*. Por lo tanto, se acepta que un patógeno fungoso no es la causa primaria de esta enfermedad, concluyendo que la misma está asociada a factores de estrés, como nematodos, cambios de temperatura, sequía, desbalance nutricional y saturación hídrica.

Sabadell (2003) indicó que la marchitez de banano es un desorden en cuya causa podrían jugar un papel muy importante factores de suelo como compactación, encharcamiento, hipoxia, desbalance nutricional en interacción con alguna especie fúngica o bacteriana.

Nava (2002) señaló que la enfermedad está asociada a una serie de géneros y especies fúngicas, habiéndose determinado 30 géneros diferentes, siendo *Fusarium* el más frecuente. Las especies más abundantes son *F. oxysporum*, *F. proliferatum* y *F. subglutinans*. También se encuentran una serie de especies bacterianas, de las cuales los géneros más abundantes son *Enterobacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Serratia* y *Xanthomonas*.

Una alta proporción de las enfermedades de banano están asociadas a condiciones agroecológicas (clima y suelo). La incidencia y severidad del ataque de *Ralstonia solanacearum*, causante de Moko, es más acentuada en suelos pesados con drenaje deficiente y con baja proporción de microorganismos benéficos (Álvarez *et al.* 2013b, Obregón *et al.* 2011); la pudrición blanda o bacteriosis (*Dickeya chrysanthemi*) está asociada al desequilibrio nutricional edáfico, especialmente en potasio y boro (Álvarez *et al.* 2013a); la alcalinización de los suelos aumenta la virulencia de los hongos, como en el caso de *F. oxysporum*, causante del marchitez en las musáceas (Fernandes *et al.* 2017). Por otra parte, las zonas más afectadas por sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) se caracterizan por tener una precipitación mayor a 1.400 mm anuales, humedad relativa mayor al 80 % y temperatura promedio entre 23 a 28 °C (Álvarez *et al.* 2013b).

De acuerdo con Calberto *et al.* (2016), en la región tropical de Suramérica (Colombia, Perú, Ecuador, Venezuela, Bolivia y Brasil) el evento de mayor afectación son las lluvias prolongadas durante la estación lluviosa y el evento con mayor frecuencia

de respuestas es suelo sobre saturado, provocando aumento de la sigatoka negra (*M. fijiensis*), y otras enfermedades bacterianas y fungosas como Moko (*R. solanacearum*), pudrición blanda o bacteriosis (*D. chrysanthemi*) y marchitez (*F. oxysporum* f. sp. *cubense*).

Así mismo, Canto *et al.* (2015), indican que las musáceas (bananos y plátanos) enfrentan muchas enfermedades y plagas, las cuales se desplazan geográficamente y aumentan en severidad favorecidas por las condiciones climatológicas, tal como ha ocurrido en África con banano y *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum*, y en Perú donde se ha elevado la incidencia de la sigatoka negra (*M. fijiensis*) y la mancha roja causada por Thrips.

El objetivo de este estudio fue establecer los factores agroecológicos (clima y suelo) asociados a la Marchitez de Banano Cavendish en una planicie lacustrina del Estado Aragua en Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

Este trabajo fue realizado en plantaciones de banano (*Musa* AAA, subgrupo Cavendish, cv Pineo Gigante), en la Finca Agropecuaria Punta Larga

(APL), ubicada en el sector La Quinta, 10°8'54.36"N; 67°34'48.458"O, Municipio Libertador, Estado Aragua; con precipitación promedio anual entre 900 y 1.100 mm, distribuidos entre cinco a seis meses húmedos, ubicados entre los meses de mayo-junio y octubre-noviembre; y evaporación promedio anual entre 1.800 y 2.200 mm. Los suelos son de origen lacustrino, en su gran mayoría, texturas medias, alta disponibilidad de nutrientes, altos pH, y condiciones salinas en forma localizada.

### Definición de lotes o áreas de estudio

La Marchitez del Banano Cavendish (MBC) apareció por primera vez en la finca en el año 2008, incrementando su afectación de manera diferencial en las zonas sembradas con banano.

Entre los años 2015 y 2016, se identificaron focos de Marchitez del Banano Cavendish (MBC), los cuales fueron ubicados mediante GPS. Los lotes de banano de Finca Agropecuaria Punta Larga (APL) están agrupados por zonas, que poseen entre 20 a 40 ha (Figura 1), en las cuales, se definió el área con incidencia de la MBC, a partir del protocolo fitosanitario aplicado en la finca, que implica la eliminación de plantas enfermas, y plantas sanas continuas alrededor de estas en un radio de 6 m, definido como círculo de seguridad o encierro.

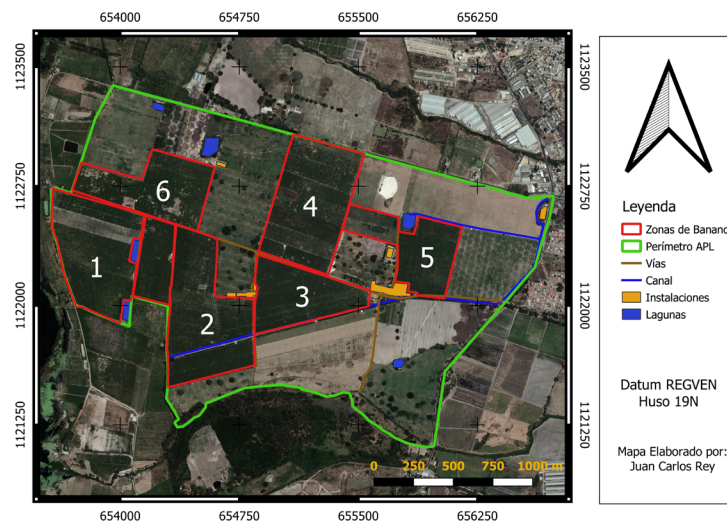


Figura 1. Zonas de Banano Cavendish (números blancos) en la finca Agropecuaria Punta Larga (APL): (1.-Chigüerera, 2.-Empacadora, 3.-Estación 1, 4.-Los Limones, 5.-Los Miguelitos, 6.-Guasimopando), con incidencia del Marchitez del Banano Cavendish (MBC). Años 2015 y 2016. La Quinta, Municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

### VARIABLES ESTUDIADAS

En el año 2015, fueron ubicadas e identificadas plantas con síntomas típicos de la enfermedad en las seis zonas delimitadas de la finca, de las cuales se tomaron muestras de tejido del pseudotallo y raíces, para la identificación de microorganismos patógenos. Se utilizó el método de aislamiento en medio de cultivo PDA y cámara húmeda, en laboratorio de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela.

En el año 2016, se tomaron muestras compuestas en cada una de las zonas de banano, las cuales fueron sometidas a análisis de suelos con fines de fertilidad, determinando la proporción de arena (a), limo (L) y arcilla (A) a través del método de Boyoucos modificado (Patrick 2002); la reacción del suelo (pH) y conductividad eléctrica (CE) ( $\text{ds.m}^{-1}$ ) a través de los métodos potenciométrico y conductimétrico, respectivamente (Gilabert de Brito *et al.* 1990); contenido de carbono orgánico (C) por el método de Walkley y Black (1939); nitrógeno total (NT) a través del método de Kjeldahl (Bremner y Mulvaney 1982) y carbonatos (carb) (%) por el Método de Bernard (Lorenz 2005); contenidos de fósforo (P) por el método de Olsen (Olsen *et al.* 1954); potasio (K) soluble a través del método de acetato de amonio (Gilabert de Brito *et al.* 1990); hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu) y zinc (Zn) ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) por el método de Melich 1 (Martens y Lindsay 1990); calcio (Ca), potasio (K) y magnesio intercambiables (Mg) ( $\text{cMol}_{(+)}.\text{kg}^{-1}$ ) por el método de acetato de amonio (Gilabert de Brito *et al.* 1990). Adicionalmente, entre los años 2017 y 2018, se tomaron muestras foliares de zonas seleccionadas en la finca (Guasimopando, Los Limones y Los Miguelitos), para determinar el nivel nutricional del cultivo (FAO 1980).

Los resultados del muestreo fueron sometidos a análisis univariado para su caracterización general, correlación de Pearson (significancia de 0,1) y determinación de valores anómalos (Tukey 1977). Mediante un análisis de componentes principales (CP) (Johnson 2000), se establecieron las características de los suelos donde había una mayor incidencia de la enfermedad (MBC).

Finalmente, se analizaron los cambios en la precipitación media anual (PMA) y temperaturas mínima (Tmin), media (Tmed) y máxima (Tmax) entre los años

2004 y 2018 en el área de influencia de APL; a partir de datos colectados en la finca y de la estación agroclimatólogica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas INIA, ubicada en Maracay, Venezuela (INIA 2020).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de tejido vegetal de plantas afectadas por marchitez de Banano, revelaron presencia de bacterias (géneros *Pectobacterium* y *Erwinia*), y hongos (*F. moniliforme*, *F. oxysporum*, y *F. solani*), asociados a los síntomas actuando en conjunto, nunca de manera individual, coincidiendo con lo señalado por Martínez *et al.* (2016) y Pizzo (2013).

Varios trabajos indican que el factor suelo está estrechamente asociado a la ocurrencia de la marchitez de banano (Beer *et al.* 2001, Martínez *et al.* 2016, Pizzo 2013, Sabadell 2003). Por tal motivo, se estableció una relación entre la ocurrencia de la enfermedad y las características de los suelos.

La finca APL esta subdividida en sectores o zonas de banano, con extensiones entre 20 y 40 ha aproximadamente y edades entre 2 a más de 15 años para el cultivo de banano. El porcentaje del área afectada por MBC en estas zonas varió entre 0,3 y 11,4 %. Las zonas de Guasimopando y Los Limones fueron las de mayor incidencia de la enfermedad (Cuadro 1).

Los resultados del análisis univariado, indicaron diferencias entre las características de los suelos

Cuadro 1. Zonas de Banano, con incidencia de Marchitez del Banano Cavendish (MBC) en la finca Agropecuaria Punta Larga. Años 2015 y 2016. La Quinta, Municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

N	Zona	Área (ha)	Edad (años)	Área MBC (ha)	MBC (%)
1	Chigüerera	40,66	mas de 15	0,13	0,32
2	Empacadora	35,45	5	0,3	0,85
3	Lotes 1-5	20,16	12	0,09	0,47
4	Los Limones	33,61	mas de 15	2,42	7,2
5	Los Miguelitos	19,53	2 a 3	0,06	0,31
6	Guasimopando	23,14	mas de 15	2,64	11,41
	Total	172,55		5,64	3,27

de las zonas de banano de APL, las texturas fueron de franca a franco limosa, se presentan suelos de ligera a fuerte alcalinidad y afectados ligeramente por sales localmente (Los Miguelitos, Estación 1).

De acuerdo a las metodologías de determinación empleadas, los contenidos de fósforo y potasio son de altos a muy altos y los de magnesio son de medios a altos. Sin embargo, los contenidos de carbonatos y Ca son excesivamente altos, debido al origen lacustrino de los suelos, derivando en relaciones Ca/Mg y Ca/K muy altas (más de 10 y más de 50, respectivamente), que pueden generar deficiencias de K y Mg en las plantas; la relación Mg/K está en rangos adecuados (López y Espinosa 1995). En relación a los microelementos (hierro: Fe, cobre: Cu, zinc: Zn, manganeso: Mn), están en niveles muy bajos, debido al alto pH de los suelos (Cuadros 2 y 3).

Con la finalidad de establecer una relación entre la incidencia de la MBC y las propiedades de suelo, se obtuvo la correlación de Pearson (Cuadro 4). Las variables que mostraron correlación significativa con el porcentaje de MBC, fueron los contenidos de arena y limo, carbono orgánico, contenido de magnesio intercambiable y la relación calcio – magnesio (Ca/Mg). Solo para el caso de contenido de limo y Ca/Mg se apreció una correlación positiva, indicando que en los suelos muy limosos, con baja permeabilidad y drenaje limitado, y con desbalance de nutrientes fue más frecuente la MBC. Para el resto de las variables mencionadas anteriormente, la correlación fue negativa; indicando que en los suelos con menor concentración de carbono orgánico, sales, nitrógeno total, fósforo, calcio y magnesio se presenta con más frecuencia la enfermedad.

Cuadro 2. Propiedades de los suelos en las zonas de banano de la finca Agropecuaria Punta Larga. Año 2016. La Quinta, Municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

N	Zona	MBC	Are	Lim	Arc	pH	CE	CO	NT	CN	P	K	Carb
5	Los Miguelitos	0,31	22,75	49,75	27,5	7,23	2,74	3,85	0,33	10,15	61,83	232,5	60
1	Chigüerera	0,32	37,59	32,16	30,26	8,44	1,35	4,17	0,44	9,4	227,78	635	48,9
3	Estación 1	0,47	22,07	51,43	26,5	7,68	3,25	3,51	0,38	9,06	125,6	784	72,33
2	Empacadora	0,85	28,8	44,2	27	7,69	1,46	3,6	0,41	9,42	163	540,83	78,3
4	Los Limones	7,20	25,17	47,63	27,2	7,8	1,72	3,33	0,34	9,83	82,57	462,14	66,03
6	Guasimopando	11,41	6,92	68,88	24,2	7,77	0,75	3,03	0,31	9,81	46,23	317,6	69,15

N: Número de la Zona, MBC: Marchitez de Banano Cavendish (%), Are: arena (%), Lim: limo (%), Arc: arcilla (%), CE: conductividad eléctrica (ds.m<sup>-1</sup>), CO: carbono orgánico (%), NT: nitrógeno total (%), CN: relación carbono – nitrógeno; P: fósforo (mg.kg<sup>-1</sup>); K: potasio (mg.kg<sup>-1</sup>), Carb: carbonatos (%).

Cuadro 3. Propiedades de los suelos en las zonas de banano de la finca Agropecuaria Punta Larga. Año 2016. La Quinta, Municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

N	Zona	MBC	Cai	Mgi	Ki	Ca.Mg <sup>-1</sup>	Ca.K <sup>-1</sup>	Mg.K <sup>-1</sup>	Fe	Cu	Zn	Mn
5	Los Miguelitos	0,31	86,13	5,56	0,6	13,29	203,13	14,78	0,13	0,15	0,18	1
1	Chigüerera	0,32	64,90	6,42	1,63	10,25	54,41	5,48	0,12	0,12	0,10	0,26
3	Estación 1	0,47	70,55	6,38	2,01	10,68	49,92	4,58	0,14	0,10	0,10	0,26
2	Empacadora	0,85	84,43	6,13	1,39	12,59	108,82	8,73	0,18	0,11	0,13	0,74
4	Los Limones	7,20	80,34	6,73	1,18	12,20	88,43	7,24	0,10	0,10	0,13	0,47
6	Guasimopando	11,41	44,90	2,59	0,81	17,29	203,86	11,81	0,13	0,13	0,17	0,88

N: Número de la Zona, MBC: Marchitez de Banano Cavendish (%), Cai: Calcio intercambiable (cMol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>), Mgi: Magnesio intercambiable (cMol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>), Ki: Potasio Intercambiable (cMol<sub>(+)</sub>.kg<sup>-1</sup>), Fe: Hierro (mg.kg<sup>-1</sup>); Cu: Cobre (mg.kg<sup>-1</sup>), Zn: Zinc (mg.kg<sup>-1</sup>), Mn: Manganeso (mg.kg<sup>-1</sup>).

Cuadro 4. Correlación de Pearson entre la proporción de la incidencia de Marchitez del Banano Cavendish y las propiedades del suelo. Años 2015 y 2016. La Quinta, Municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

Variables	Pearson	Variables	Pearson
Are	-0,74*	CN	0,38
Lim	0,74*	P	-0,62
Arc	-0,69	K	-0,44
pH	0,02	Carb	-0,19
CE	-0,61	Cai	-0,64
CO	-0,83*	Mgi	-0,71*
NT	-0,66	Ki	-0,44
Ca.Mg <sup>-1</sup>	0,78*	Cu	-0,03
Ca.K <sup>-1</sup>	0,44	Zn	0,42
Mg.K <sup>-1</sup>	0,24	Mn	0,29
Fe	-0,42		

Are: arena (%), Lim: limo (%), Arc: arcilla (%), CE: conductividad eléctrica (ds.m<sup>-1</sup>), CO: carbono orgánico (%), NT: nitrógeno total (%), CN: relación carbono – nitrógeno; P: fósforo (mg.kg<sup>-1</sup>); K: potasio (mg.kg<sup>-1</sup>), Carb: carbonatos (%), Cai: Calcio intercambiable (cMol<sub>(c)</sub>.kg<sup>-1</sup>), Mgi: Magnesio intercambiable (cMol<sub>(c)</sub>.kg<sup>-1</sup>), Ki: Potasio Intercambiable (cMol<sub>(c)</sub>.kg<sup>-1</sup>), Fe; Hierro (mg.kg<sup>-1</sup>); Cu: Cobre (mg.kg<sup>-1</sup>), Zn: Zinc (mg.kg<sup>-1</sup>), Mn: Manganeso (mg.kg<sup>-1</sup>). \*:Indica correlación significativa al 10 % de error

Las enfermedades de los cultivos, cuyo origen se encuentra en el suelo, son más severas cuando hay un drenaje inadecuado, la estructura de suelo es deficiente, hay poca materia orgánica, desbalance nutricional y alta compactación. En este sentido, Larkin (2015) indica que las buenas prácticas de manejo de suelo pueden ayudar a controlar las enfermedades entre un 20 y 80 %.

Por otra parte, enfermedades como el Moko (*Ralstonia solanacearum*) y la pudrición blanda (*Dickeya chrysanthemi*) están asociadas a bajos contenidos de materia orgánica y desbalances nutricionales (Álvarez *et al.* 2013a, 2013b).

En el caso de *F. oxysporum*, hongo causante de la marchitez del banano, su frecuencia está asociada a suelos con mal drenaje, ácidos, con mayores cantidades de amonio y menos nitrato, desbalances nutricionales y bajos contenidos de micronutrientes (Pérez *et al.* 2014, Shen *et al.* 2015, Bossman 2016, Dita *et al.* 2018). Beer *et al.* (2001) y Sabadell (2003)

sugieren que una combinación de factores de estrés como la sequía, saturación hídrica, compactación del suelo, desequilibrio nutricional en combinación con temperaturas bajas, podrían ser la causa de la enfermedad de MBC o Falso Mal de Panamá.

Con la finalidad de comparar cuan similares o diferentes son las zonas de banano en APL se realizó un análisis de componentes principales (Johnson 2000). Los resultados indicaron que los dos primeros componentes principales o factores acumulan alrededor del 75 % de la variabilidad de los suelos. Las propiedades que más aportaron a la variabilidad entre los suelos de las zonas de banano, fueron los contenidos de arena, limo y arcilla, carbono orgánico, la relación carbono / nitrógeno, el contenido de potasio, las relaciones nutricionales entre las bases cambiables (calcio, magnesio y potasio) y el contenido de zinc.

En la Figura 2 se muestra la distribución de las zonas de banano de APL y la Figura 3 presenta la distribución de vectores de cada una de las propiedades evaluadas en los suelos. Se observa que los suelos de Guasimopando (6), con mayor incidencia de MBC, son bastante diferentes al resto de las zonas, destacando su alto contenido de limo (mal drenaje) y su alta relación Ca/Mg (desbalance nutricional); mientras que los suelos de La Chigüerera (1), con menor

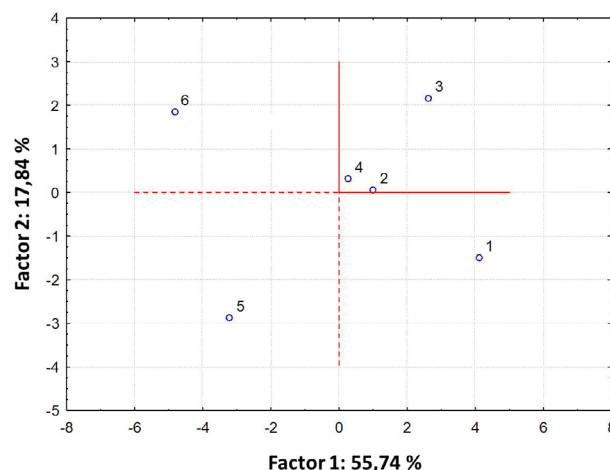


Figura 2. Ubicación de zonas cultivadas con banano con respecto a los componentes principales 1 y 2 en la finca Agropecuaria Punta Larga (APL). 1.-Chigüerera; 2.-Empacadora; 3.-Estación 1; 4.-Los Limones; 5.-Los Miguelitos; 6.-Guasimopando. Años 2015 y 2016. La Quinta, municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

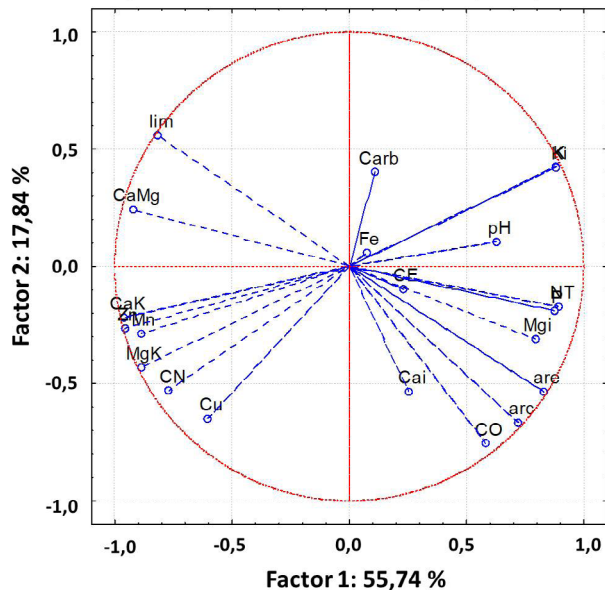


Figura 3. Distribución de vectores de variables de suelos con respecto a los componentes principales 1 y 2 en la finca Agropecuaria Punta Larga (APL). Are: arena (%), Lim: limo (%), Arc: arcilla (%), CE: conductividad eléctrica ( $\text{ds.m}^{-1}$ ), CO: carbono orgánico (%), NT: nitrógeno total (%), CN: relación carbono-nitrógeno; P: fósforo ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); K: potasio ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ), Carb: carbonatos (%), Cai: Calcio intercambiable ( $\text{cMol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ ), Mgi: Magnesio intercambiable ( $\text{cMol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ ), Ki: Potasio Intercambiable ( $\text{cMol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ ), Fe: Hierro ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ); Cu: Cobre ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ), Zn: Zinc ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ), Mn: Manganeso ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ). Años 2015 y 2016. La Quinta, municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

incidencia de MBC, se caracterizan por su mayor contenido de arena y arcilla, nitrógeno total, carbono orgánico y magnesio. La plantación en ambas zonas (Guasimopando y La Chigüerera) tenían una edad similar (más de 15 años), y están continuas espacialmente, por lo tanto, las diferencias en la incidencia de la enfermedad podría atribuirse a los suelos.

Los suelos de Los Limones (4) con 7,2 % de MBC, son similares a los de la Empacadora (2) con apenas 0,85 % de incidencia de MBC, presentando valores intermedios entre los rangos de las propiedades de suelo evaluadas. Las diferencias en la incidencia de la enfermedad puede deberse a que la zona de Los Limones tenía más de 10 años de sembrada, mientras que la mayoría de los lotes de la Empacadora tenían alrededor de 5 años de sembrados para el momento en que se realizó este estudio; por lo que

es de esperarse que en esta zona (Empacadora) la enfermedad pueda avanzar rápidamente.

La zona de Estación 1 (3), con un 0,47 % de incidencia de MBC son los suelos con los mayores contenidos de potasio, elemento esencial para el desarrollo del cultivo (López y Espinoza 1995). Finalmente, los suelos de Los Miguelitos (5), con 0,31 % de incidencia de la enfermedad, presentan altas relaciones carbono/nitrógeno (C/N), Ca/K y Mg/K, lo cual propicia una baja disponibilidad de potasio y la convierte en una zona con alta susceptibilidad a MBC; sin embargo, la incidencia de la enfermedad se muestra baja posiblemente por la poca edad de las plantas (2 a 3 años) (Figuras 1, 2 y 3; Cuadros 1, 2 y 3).

Los suelos lacustrinos de APL tiene una alta proporción de carbonato (mayor a 50 %) y una gran cantidad de calcio intercambiable (más de  $45 \text{ cMol}_{(+)}, \text{kg}^{-1}$ ) (Cuadro 3), que equivale a más de  $10.000 \text{ mg.kg}^{-1}$  de calcio disponible; debido a que la génesis de estos suelos incluye la presencia de abundante caracolillo en el materia parental (Elizalde *et al.* 2007). Esta condición provoca altas relaciones Ca/Mg y Ca/K, además las altas concentraciones de Ca inhiben la absorción de otros macroelementos como fósforo (P) (Rincón *et al.* 2003, Pautasso 2013); de esta manera, aun cuando en los suelos calcáreos exista una alta disponibilidad de P, K y Mg, el exceso de Ca inhibe su absorción presentándose deficiencias en las plantas.

En este sentido, se colectaron muestras de tejidos de banano en las zonas de Los Limones (4), Los Miguelitos (5) y Guasimopando (6), entre los años 2017 y 2018. Se apreció una disminución de los contenidos de P y K en el tejido de las plantas de banano, atribuido a fallas en la fertilización que venían ocurriendo desde el año 2012 (de 6 ciclos de aplicación se disminuyó a 2,5 ciclos por año, debido a la escasez de fertilizantes). Por otra parte, en el caso del P, en ambos años se aprecia como los niveles en el tejido están por debajo del nivel crítico (Figura 4A); mientras que para el caso del K en el año 2017 aparecía suficiente, y en 2018 deficiente (Figura 4B). Este tipo de desbalance nutricional promueve una mayor incidencia de la MBC (Beer *et al.* 2001, Sabadell 2003).

Finalmente, se realizó un análisis de la variación climática en el área de influencia de APL, específicamente en relación a la Precipitación Media Anual

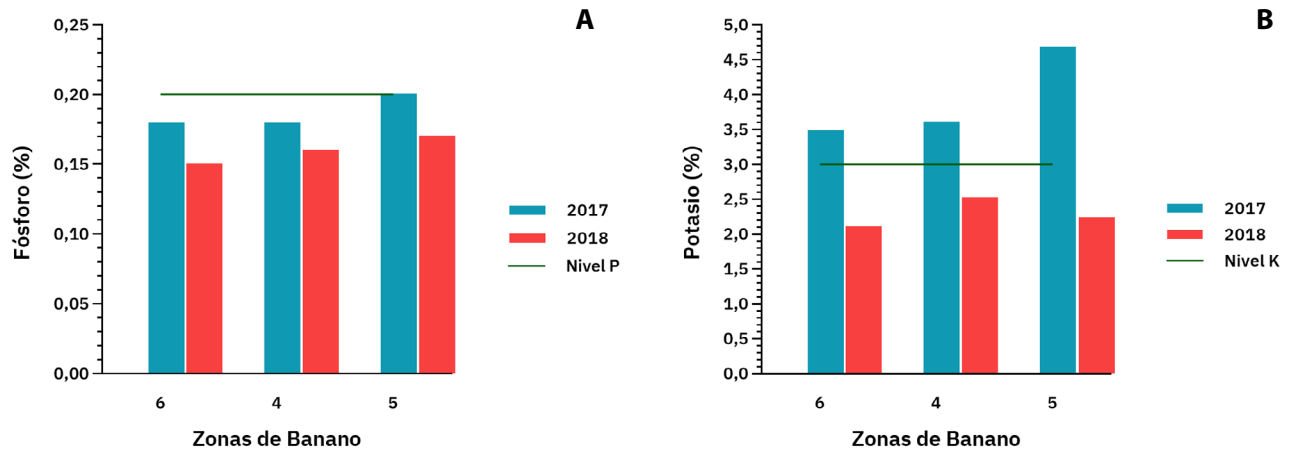


Figura 4. Niveles foliares de fósforo (A) y potasio (B) en plantas de banano cultivadas en la finca Agropecuaria Punta Larga (APL) entre los años 2017 y 2018, en tres zonas: 4.-Los Limones; 5.-Los Miguelitos; 6.-Guasimopando. La línea verde identifica el nivel crítico del elemento en el tejido foliar. La Quinta, municipio Libertador, Aragua, Venezuela.

(mm) (PMA) y las Temperaturas (°C), Mínimas (Tmin), Medias (Tmed) y Máximas (Tmax) anuales. En la Figura 5 se muestra la variación de la PMA entre los años 2004 y 2018, donde se aprecia un rango entre 660 y 1.670 mm y una alta variación de un año a otro; pero con una tendencia a disminuir con el paso de los años.

En el caso de las temperaturas (Figura 6), se analizó la data entre 2004 y 2016, donde se aprecia que la

Tmed se mantiene en el tiempo alrededor de 26,1 °C; sin embargo, la tendencia en el caso de la Tmax fue a aumentar, mientras que en el caso de la Tmin la tendencia fue a disminuir. Se obtuvieron promedios móviles de 3 años para el caso de las temperaturas y se apreció que en el caso de la Tmin la variación fue de 21,8 a 20,6 °C (-1,2); mientras que para la Tmax la variación fue de 31,2 a 32,2 °C (+1,0), entre los años 2004 y 2016, lo que ha significado una variación de 1 °C o más para estas variables climáticas.

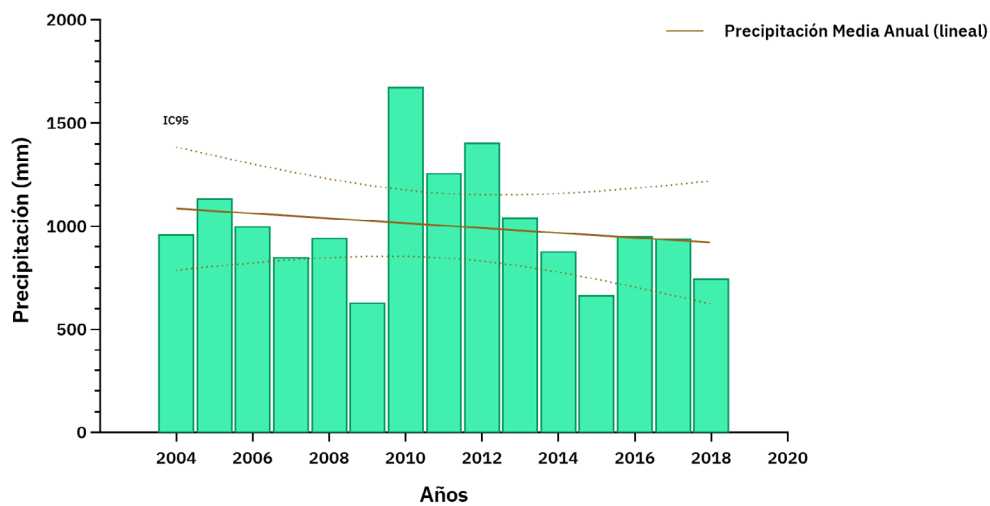


Figura 5. Precipitación Media Anual (mm) entre los años 2004 y 2018 en el área de influencia de Agropecuaria Punta Larga (APL). Fuente: Agropecuaria Punta Larga. Aragua, Venezuela



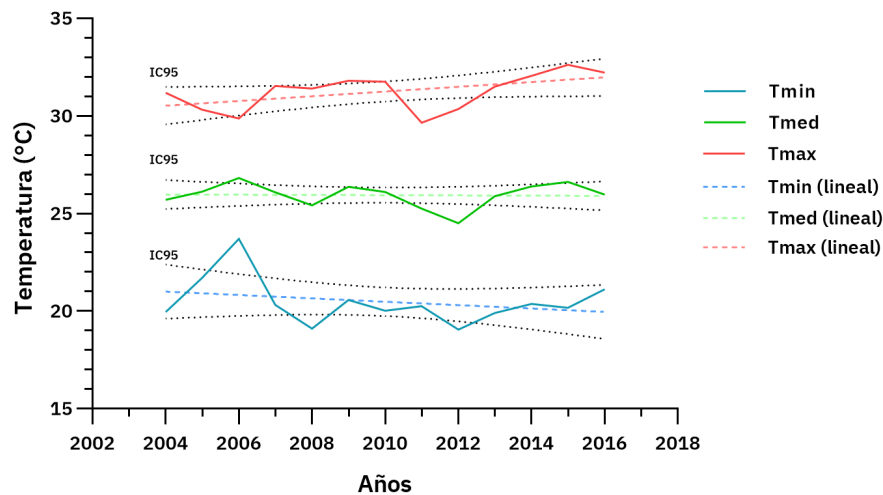


Figura 6. Temperaturas mínimas (Tmin), medias (Tmed) y máximas (Tmax) entre los años 2004 y 2016 en el área de influencia de Agropecuaria Punta Larga (APL). Fuente: Estación CENIAP-INIA, datos ajustados para APL. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay, Aragua, Venezuela.

Los cambios climáticos apreciados en APL pueden estar influyendo en una mayor incidencia de la MBC, tal como lo sugieren Beer *et al.* (2001) y Sabadell (2003), cuando indican que la reducción de precipitación (mayor sequía) y cambios en las temperaturas se relacionan con una mayor ocurrencia de la enfermedad. En este mismo sentido, Salvacion *et al.* (2019), realizaron un análisis del cambio climático en Filipinas, encontrando que la reducción en la precipitación media anual y los cambios de temperatura favorecen la ocurrencia de Mal de Panamá (*F. oxysporum* f. sp. *cubense*).

## CONCLUSIONES

La incidencia de la Marchitez del Banano Cavendish (MBC), en la finca Agropecuaria Punta Larga no fue uniforme. En las zonas de la finca entre 20 y 40 ha, el área afectada por la marchitez varió entre 0,3 y 11 %. Las zonas con mayor incidencia de MBC fueron las que presentaron suelos limosos con problemas de drenaje y desbalance de nutrientes. Esto se relaciona con la condición natural de los suelos lacustrinos, así como fallas en los ciclos de fertilización en los últimos seis años que han generado deficiencias de fósforo y potasio en el tejido de las plantas. Además de las condiciones edáficas, la evolución de la MBC en la finca ha estado asociada

a una tendencia a la disminución de las precipitaciones totales anuales y a cambios en más de 1 °C en las temperaturas máximas (aumento) y mínimas (disminución) entre los años 2004 y 2018.

Se debe realizar un manejo integral del cultivo, ajustando la fertilización para contrarrestar las altas relaciones Ca/Mg y Ca/K, mejorar la eficiencia de absorción de P y K, seleccionar los suelos con mejor drenaje para la siembra del banano, mantener el protocolo fitosanitario establecido en la finca, haciendo énfasis en las zonas de mayor incidencia de la enfermedad. Así mismo, establecer estrategias de manejo como la incorporación de microorganismos benéficos, períodos de barbecho más prolongados durante la renovación de los lotes de banano, con establecimientos de otros cultivos, en especial de leguminosas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Finca Agropecuaria Punta Larga, por el apoyo en la realización del estudio y el financiamiento de todos los análisis de suelos y tejido.

**LITERATURA CITADA**

- Álvarez, E; Ceballos, G; Gañán, L; Rodríguez, D; González, S; Pantoja, A. 2013a. Producción de material de siembra limpio en el manejo de las enfermedades limitantes del plátano (en línea). CIAT-FAO. 16 p. Consultado 22 ago. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3npU030>
- Álvarez, E; Pantoja, A; Gañán, L; Ceballos, G. 2013b. Estado del arte y opciones de manejo del Moko y la Sigatoka negra en América Latina y el Caribe (en línea). CIAT – FAO. 45 p. Consultado 13 abr. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2Wgg6cu>
- Beer, Z, Hernández, J; Sabadell, S. 2001. Enfermedad del falso mal de Panamá en banano. Enfermedades de musa: Hoja divulgativa N° 9 (en línea). INIBAP, Montpellier, Francia. 4 p. Consultado 25 nov. 2019. Disponible en <https://bit.ly/386KkUS>
- Bosman, M. 2016. Role of the environment on the incidence of Panama disease in bananas (en línea). Tesis MSc. Wageningen, Países Bajos, Wageningen University. 48 p. Consultado 23 de sep. 2018. Disponible en <https://edepot.wur.nl/390872>
- Bremner, JM; Mulvaney, CS. 1982. Nitrogen Total. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy 9. ASA. SSSA. Madison, Wisconsin, Estados Unidos de América. p. 595-624.
- Calberto, G; Carvajal, M; Staver, Ch. 2016. Resultados del sondeo I: Eventos meteorológicos que afectan la producción de banano y plátano (en línea). Bioversity International. CGIAR. 18 p. Consultado 5 feb. 2018. Disponible en <https://bit.ly/3oXvJSs>
- Canto, B; Orozco, M; Martínez, L; Manzo, G. 2015. Bananos y plátanos frente al cambio climático. Higuera Ciapara, I (ed.). CONACYT. p. 61-81. Consultado 24 de oct. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nBkOxD>
- Dita, M; Barquero, M; Heck, D; Mizubuti, E; Staver, C. 2018. *Fusarium* Wilt of Banana: Current Knowledge on Epidemiology and Research Needs Toward Sustainable Disease Management (en línea). Frontiers in Plant Science 9(1468):1-21. Consultado 3 jun. 2018. Disponible en <https://doi.org/gfjvt2>
- Elizalde, G; Vilorio, J; Rosales, A. 2007. Geografía de Suelos de Venezuela. Capítulo 15. GeoVenezuela 2: Medio Físico y Recursos Ambientales. Fundación Empresas Polar. Caracas, Venezuela. p 402-537.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Soil Bulletins 38/2. Roma. 249 p. Consultado 19 dic 2020. Disponible en <https://bit.ly/2J2B0Zs>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2018. FAOSTAT (en línea). Consultado 20 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nADdKA>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2020. Perspectivas a mediano plazo: perspectivas para la producción y el comercio mundial de bananos y frutas tropicales 2019-2028 (en línea). 16 p. Roma. Consultado 16 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2KorKiJ>
- Fernandes, T; Segorbe, D; Prusky, D; Di Pietro, A. 2017. How alkalization drives fungal pathogenicity (en línea). PLoS Pathogens 13(11):e1006621. Consultado 22 jun. 2019. Disponible en <https://doi.org/ggd67t>
- Gilbert de Brito, J; López de R, Y; Pérez de R, Y. 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. Fonaip-Ceniap. Serie D. N°28. 164 p.
- Haddad, O; Leal, F. 1996. Situación Actual y Perspectivas de la Producción de Cambur de Exportación y Otras Musáceas en el Estado Aragua (en línea). Papeles de Fundacite Aragua. Maracay, Venezuela. 42 p. Consultado 02 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nj8B0d>
- Hurtado, J. 2017. Amenazadas Plantaciones de Cambur en los valles del estado Aragua (en línea). Consultado 15 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3no6ZlV>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2020. Red Agroclimatológica del INIA (en línea). Consultado 26 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3gRuC3F>

- Johnson, D. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. Madrid, España, International Thomson. 566 p.
- Larkin, R. 2015. Soil Health Paradigms and Implications for Disease Management (en línea). *Phytopathology* 53:199-221. Consultado 15 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2WjoE2b>
- López, A; Espinoza, J. 1995. Manual de nutrición y fertilización de banano. International Plant Nutrition Institute. Quito, Ecuador. 86 p.
- Lorenz, G. 2005. Métodos de análisis de suelos (en línea). Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de ciencias Forestales. Serie Didáctica N° 12. Argentina. 142 p. Consultado 12 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/34og1lb>
- Martens, D; Lindsay, W. 1990. Testing Soils for Cu, Fe, Mn and Zn. Chapter 9 In Soil Testing and Plant Analysis. 3 ed. Westerman, RL (ed.). SSSA. Consultado 12 sep. 2020. Disponible en <https://doi.org/fn83>
- Martínez, G; Rey, J; Castro, L; Micale, E; López, O; Pargas, R; Manzanilla, E. 2016. Marchitez en banano Cavendish, en la región central de Venezuela, asociado a un complejo Hongo – Bacteria (en línea). ACORBAT 2016. Miami. USA. Proceeding. Consultado 06 ene. 2020. Disponible en <https://bit.ly/33tCtio>
- Martínez, G; Rey, J; Pargas, R; Manzanilla, E. 2020. Marchitez por *Fusarium* raza tropical 4: Estado actual y presencia en el continente americano (en línea). *Revista Agronomía Mesoamericana* 31(1):259-276. Consultado 3 jun. 2020. Disponible en <https://bit.ly/37ho3TO>
- Nava, C. 2002. Las enfermedades del plátano en Venezuela. Su control. Ediciones Astro Data. S.A. Maracaibo, Venezuela. 174 p.
- Obregón, M; Rodríguez, P; Salazar, M. 2011. Supervivencia de *Ralstonia solanacearum* en suelo y tejido de plantas de banano en Urabá, Colombia (en línea). *Fitosanidad* 15(2):91-97. Consultado 15 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/387xZQ3>
- Olsen, S; Cole, C; Watanabe, F; Dean, LA. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939. Washington, Distrito Columbia, Estados Unidos de América. USDA. 22 p.
- Patrick, W. 2002. Modification of method of particle size analysis. *Soil Science Society of America Proceedings* 22:366-367.
- Pautasso, J. 2013. Eficiencia agronómica de fósforo: efecto de fuentes líquidas y sólidas en suelos con presencia de calcáreo en Entre Ríos (en línea). Tesis MSc. Buenos Aires, Argentina, Universidad de Buenos Aires. 78 p. Consultado 10 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nukqAY>
- Pérez, L; Dita, M; Martínez, E. 2014. Technical Manual Prevention and diagnostic of *Fusarium* Wilt (Panama disease) of banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Tropical Race 4 (TR4). Mitigating the Threat and Preventing its Spread in the Caribbean (en línea). West Indies University. FAO. Port Spain, Trinidad y Tobago. 76 p. Consultado 09 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/2Wq7nUV>
- Pizzo, N. 2013. Diagnóstico y control de una marchitez en cambur (*Musa* AAA cv. 'pineo gigante') en la zona de Santa Cruz, estado Aragua. Tesis Ing. Agr. Maracay, Venezuela, Universidad Central de Venezuela. 56 p.
- Rincón, J; Gallardo, Y; Leal, L; Rojas, Y. 2003. Efecto de la relación calcio:fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* (Willd) (en línea). *Bioagro* 15(2):97-105. Consultado 5 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/37kQul2>
- Rumbos, R; Pino, N; Gómez, C; Vera, J; Peña, M; López, B. 2016. Reporte de Falso Mal de Panamá (FMP) en plátano (*Musa* AAB) en el municipio Francisco Javier Pulgar del estado Zulia (en línea). *Geominas* 44(71):203-206. Consultado 13 sep. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3mnhkNM>
- Sabadell, S. 2003. Etiología y epidemiología del falso mal de Panamá en Canarias (en línea). Tesis Dr. Tenerife, España, Universidad Autónoma de Barcelona. 286 p. Consultado 12 sep. 2020. Disponible en <https://bit.ly/3nBp3cx>
- Salvacion, A; Cumagun, C; Pangga, I; Magcale, D; Cruz, P; Saludes, R; Solpot, T; Aguilar, E. 2019. Banana suitability and *Fusarium* wilt distribution in the

- Philippines under climate change (en línea). Spatial Information Research. Consultado 8 sep. 2020. Disponible en <https://doi.org/fnpp>
- Shen, Z; Ruan, Y; Wang, B; Zhong, S; Su, L; Li, R; Shen, Q. 2015. Effect of biofertilizer for suppressing *Fusarium* wilt disease of banana as well as enhancing microbial and chemical properties of soil under greenhouse trial (en línea). Applied Soil Ecology 93:111–119. Consultado 1 sep. 2020. Disponible en <https://doi.org/fn94>
- Tukey, J. 1977. Exploratory data analysis. Reading, Massachusetts, Estados Unidos de América. Addison-Wesley Publishing Company. 712 p.
- Walkley, A; Black, A. 1939. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37:29-38.