

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
POSTGRADO EN AGRONOMÍA
TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO MAGÍSTER SCIENTIARUM EN AGRONOMÍA

**EVALUACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS BAJO EL CULTIVO DE
BANANO (*Musa AAA*), EN EL ESTADO ARAGUA**

Ing. Agr. Tatiana M. Rondón S.
Tutora: Dra. Rosa Mary Hernández

Maracay, Enero 2013

DEDICATORIA

A Dios.

A la Virgen de la Regla y de la Caridad del Cobre.

Al Divino niño.

A Francisca Duarte.

Dr. Eduardo Casanova Olivo †, por ser fuente de sabiduría y humildad sencillamente un gran maestro.

A mi madre Magaly † y a mi abuela Elena †.

Annabella y Manuel mis amores.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi país Venezuela y a su Alma Mater la Universidad Central de Venezuela por brindarme nuevamente todo el apoyo posible para alcanzar mis estudios superiores.

Al profesor Eduardo Casanova mi tutor inicial, por brindarme la oportunidad de hacer este trabajo.

A la profesora Rosa Mary Hernández mi tutora, por adoptarme y brindarme su ayuda incondicional en la orientación, sugerencias para el desarrollo y culminación de este trabajo.

A la profesora Rosana Figueroa por la asesoría y orientación en el diseño experimental y los análisis estadísticos de los resultados.

A los profesores Juan Carlos Rey, Gustavo Martínez, Gustavo Rodríguez, Carmen Rivero, Zenaida Lozano, Adriana Florentino, Deyanira Lobo, Mansonia Pulido y Ronelly Caballero y Egli Castillo, por su amistad, ayuda y orientación para la realización de este trabajo.

Al personal que labora en los laboratorios donde se realizaron los análisis de las muestras Mabelys Delgado, Marilyn Aular, Ana Torres, Ignacio Castro, Argenis García, Karen Figuera, Bestalia Flores, por su amistad, acertadas sugerencias y por hacer ameno mi trabajo.

A Sra. Zuly Peñaloza por ayudarme en todo momento en la búsqueda de información.

Al personal de la sección de recursos agroecológicos del INIA Walter González, María Fernanda Sandoval, Luis Pargas, Manfred Sapuky, muchas gracias por la ayuda en la logística y planificación de los muestreos.

A mi familia Annabella, Manuel, Lorena, Marcos, Jonathan, Marlene, Jennifer, Antonio, José Gregorio, Kenya y mi padrino Juan, a todos mil gracias, por su ayuda incondicional para mi formación y culminación de mi trabajo de tesis.

RECONOCIMIENTO

Se hace especial reconocimiento al proyecto titulado: “*Innovaciones Tecnológicas para el mejoramiento de la Calidad y Salud de Suelos Bananeros en Latinoamérica y el Caribe*”, el cual sirvió como marco para el surgimiento de esta investigación. Dicho proyecto cuenta con el financiamiento de FONTAGRO en Costa Rica, Panamá República Dominicana y Venezuela, cuyos representantes en nuestro país son el INIA y la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

Adicionalmente se reconoce el importante aporte hecho a este trabajo por parte del personal de la Finca Agropecuaria Punta Larga, al permitir el muestreo dentro de sus instalaciones, así como por la colaboración de su personal técnico y administrativo y por el financiamiento de la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
VEREDICTO	
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	ii
RECONOCIMIENTO	iii
TABLA DE CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
HIPÓTESIS	2
OBJETIVOS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
EL CULTIVO DE BANANO	4
<i>1. Requerimientos edafoclimáticos y de nutrición</i>	5
<i>2. Características morfológicas del cultivo</i>	6
MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y SUS COMPONENTES	8
<i>1. Clasificación de la materia orgánica</i>	9
<i>2. Efectos de la MO sobre las propiedades del suelo</i>	11
INCIDENCIA DEL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa AAA)	12
MATERIALES Y MÉTODOS	15
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	
<i>1. Ubicación del lugar y descripción de la zona</i>	15
<i>2. Clima</i>	16
<i>3. Suelos</i>	16
<i>4. Manejo de la finca</i>	18
DISEÑO EXPERIMENTAL	19

1. Selección de los Lotes	20
2. Muestreo	20
a) Muestras compuestas de tejido vegetal	21
b) Muestras compuestas de necromasa	22
c) Muestras compuestas de suelo	23
3. Medición de los componentes biométricos del cultivo	24
4. Análisis de las muestras	25
5. Análisis de los resultados	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
1.- Contenido de nutrimentos en el tejido foliar del Banano (Musa AAA)	28
2.- Cantidad y calidad de la necromasa	31
3.- Características físicas y químicas del suelo	33
4.- Contenido de nutrientes en los suelos	35
5.- Fracciones de la MO y la actividad biológica del suelo	47
6.- Componentes Biométricos del cultivo de Banano (Musa AAA)	66
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	85

LISTA DE CUADROS

Cuadros	Titulo	Pág
1	Producción y superficie de banano en Venezuela.	4
2	Área de Siembra (ha), Rendimiento (kg.ha ⁻¹) y Producción de Cambur (<i>Musa</i> AAA) en Venezuela.	5
3	Características físicas del suelo en la condición 1 y 2.	17
4	Diagnóstico del nivel nutricional del cultivo en la finca Punta Larga, considerando los niveles críticos de Lahav y Turner (1992).	18
5	Características del compost utilizado en la Finca Punta Larga.	19
6	Metodologías utilizadas para análisis de las muestras de tejido vegetal, necromasa vegetal y suelo.	25
7	Contenido de Carbono orgánico (CO), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) presentes en el tejido vegetal de Banano (<i>Musa</i> AAA) en las condiciones bajo estudio.	29
8	Contenido de Carbono orgánico (CO), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) (g.kg ⁻¹) presente en la necromasa de las condiciones bajo estudio.	32
9	Características físicas y químicas del suelo para la condición 1.	34
10	Características físicas y químicas del suelo para la condición 2.	34
11	Contenido de Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) (mg.kg ⁻¹) presentes en el suelo de las condiciones bajo estudio.	41
12	Relación carbono de la biomasa microbiana/ nitrógeno de la biomasa microbiana presentes en las condiciones bajo estudio.	49
13	Relación carbono de la biomasa microbiana CBM/COT y coeficiente metabólico (qCO ₂) en las condiciones bajo estudio.	53
14	Relaciones C/N e índices asociados a la humificación de la materia orgánica en las condiciones de los suelos bajo estudio.	64
15	Componentes biométricos del cultivo de banano en las condiciones bajo estudio.	68
16	Correlación de los componentes biométricos del cultivo con parámetros nutricionales del suelo, del tejido vegetal y de la necromasa	67
17	Comparación de Iso aportes de CO, de las diferentes fracciones de MO, del nitrógeno de la necromasa en el suelo y del rendimiento de banano, entre las dos condiciones Valores expresados en Mg.ha ⁻¹ y MgCO ₂ .ha ⁻¹ .día ⁻¹ .	69

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Titulo	Pág
1	Esquema de una planta de Banano.	7
2	Inflorescencia – Racimo de una planta de Banano.	8
3	Ubicación geográfica Finca Agropecuaria Punta Larga.	15
4	Precipitación mensual durante los años 2007 y 2008 en la Finca Agropecuaria Punta Larga.	16
5	Procedimiento del muestreo foliar en Bananos (hojas 3 y 7) para determinar el contenido de nutrientes	21
6 a, b , c	Toma en campo de las muestras de tejido foliar para las hojas (3 y 7) en el cultivo de Banano (<i>Musa</i> AAA).	22
7 a y b	Toma de muestras en campo de la necromasa vegetal.	23
8	Diseño del muestreo en campo	24
9	Cantidad de biomasa de la necromasa en $Mg.ha^{-1}.año^{-1}$ presente en las condiciones bajo estudio.	31
10	Contenido de Nitrógeno total (%) del suelo en las condiciones bajo estudio.	35
11	Contenido de Fósforo (P) aprovechable ($mg.kg^{-1}$) del suelo en las condiciones bajo estudio.	38
12	Contenido de Potasio (K) aprovechable ($mg.kg^{-1}$) del suelo en las condiciones bajo estudio.	40
13	Contenido de Carbono y Nitrógeno de la biomasa microbiana ($mg.kg^{-1}$) del suelo presentes en las condiciones bajo estudio.	48
14	Respiración Basal ($mgCO_2.kg^{-1}.día^{-1}$) del suelo en las condiciones bajo estudio.	51
15	Respiración edáfica ($mgCO_2.m^2.h^{-1}$) registrada en la superficie de suelo en las condiciones bajo estudio.	54
16	Fracciones físicas (Fracción ligera (FL); Fracción intermedia (FIM) y Fracción pesada (FP) (%p/p) de la materia orgánica presentes en el suelo en las condiciones bajo estudio.	55
17	Contenido de carbono orgánico (CO) ($g.kg^{-1}$) presentes en las fracciones físicas del suelo en las condiciones bajo estudio.	58
18	Contenido de carbono orgánico (CO) ($g.kg^{-1}$) presente en los agregados estables al agua del suelo en las condiciones bajo estudio.	59
19	Contenido de carbono orgánico total (COT), carbono extraíble total (CET), carbono de los ácidos húmicos (CAH) y carbono de las sustancias no húmicas (CSNH) ($g.kg^{-1}$), presentes en el suelo a las profundidades estudiadas en las condiciones bajo estudio.	62

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de las diferentes fracciones de la materia orgánica (MO) en suelos bajo cultivo de Banano (*Musa* AAA) y conocer la problemática de absorción de nutrientes por parte del cultivo, y su relación con la calidad y cantidad de las fracciones dinámicas de la MO, se realizó un muestreo en suelos lacustrinos en una Finca Bananera ubicada en el estado Aragua, Venezuela, en dos lotes de terrenos que presentaban diferencias marcadas en los rendimientos de fruta (kg/ha). En ellos fue determinado el contenido de macro y micro elementos disponibles en el suelo y el aprovechado por el cultivo, la cantidad de biomasa de la necromasa (hojarasca), la MO y el contenido de carbono de las fracciones: i.-lentas y pasivas obtenidas a través del fraccionamiento físico por tamaño y densidad usando LUDOX; ii.-lábil, lentas y pasivas obtenidas por fraccionamiento químico, usando soluciones extractoras y iii.- activas, mediante la determinación de la biomasa microbiana y compuestos orgánicos solubles de la MO, todo ello para conocer su efecto sobre los componentes biométricos del cultivo y el rendimiento. Los resultados indican, mayores rendimientos y mayor expresión del vigor del cultivo dentro de la condición donde la fracción activa de la MO, representada por la biomasa microbiana (BM) es mayor y más eficiente en el uso del C. Especialmente el C de las fracciones ligeras e intermedias de la materia macroorgánica (poco transformada y lábil), y el C de los microagregados. Esta condición promueve una MO con distintos tiempos de retorno y de asociación a la estructura del suelo, que es más fácilmente degradable, con mayores fuentes de nutrientes orgánicos mineralizados por la actividad microbiana. Ello favorece una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo que resulta en mayores rendimientos, generando en consecuencia, más biomasa vegetal y entradas orgánicas al subsistema suelo. De esta manera, se establece un agroecosistema de banano más dinámico. Situación contraria se presentó en la condición con menores rendimientos, donde la MO era menor, con una fracción lábil más baja y una biomasa microbiana menos eficiente y más estresada en su proceso de síntesis metabólica. La biomasa microbiana fue determinante en la dinámica de la materia orgánica y del agroecosistema; por las altas correlaciones encontradas con las distintas fracciones de la MO, en cada condición.

Palabras claves: Bananos (*Musa* AAA), suelos lacustrinos, macronutrientes, materia orgánica, fracciones dinámicas.

ABSTRACT

In order to evaluate the performance of different fractions of soil organic matter (OM) in soils under Banana (*Musa AAA*) and prove that, quality and quantity of dynamics OM fractions affects the nutrient uptake by the crop, two plots (Condition 1 and 2) with marked differences in yield (kg/ha) of lacustrine soils, was sample in a Banana plantation located in Aragua state, Venezuela. The soil contents of macro and micro elements, and, necromass biomass (litter) was determinate. OM and Carbon content of the OM fractions: a) slow and passive, obtained by physical fractionation, through size and density fractionation using LUDOX, b) labile, slow and passive obtained by chemical fractionation, using extractants and c) actives, by microbial biomass and SOM soluble organic compounds, to determinate the effect on the crop biometric components. The results indicate that, greatest yields and highest biometric components occur in the condition where microbial biomass was greatest and more efficient in the use of Carbon (C), specially the light and intermediate C fractions of macroorganic matter. This condition promotes a different return times OM in association to soil structure, being a easily degradable organic nutrient source transformed by microbial activity. This situation, promotes the availability of nutrients to the crop, promoting high yields, therefore, more biomass and organic inputs to soil subsystem; getting a banana agroecosystem more dynamic and efficient. Opposite situation occurred in the condition with lower yields, where the OM was smallest, with a lowest labile fraction and microbial biomass less efficient and more stressed at the metabolic process synthesis and as nutrients source. Microbial biomass contributions, were determinants by the high correlations found with the different SOM fractions, in each condition.

Key words: Banana (*Musa AAA*), lacustrine soils, macronutrients, soil organic matter, dynamics fractions.

INTRODUCCIÓN

En el cultivo de banano (*Musa AAA*), es usual el uso poco eficiente de la fertilización, por lo cual es común la disminución paulatina de la fertilidad natural de los suelos. Uno de los aspectos que está relacionado con este deterioro, es la pérdida de la materia orgánica del suelo (MO) producto de los procesos de oxidación y erosión, así como la extracción de los nutrimentos por parte de las plantas, la remoción de los residuos en superficie y pérdidas de nutrimentos por lixiviación. Estos factores han contribuido a impactar otras propiedades del suelo como la formación de agregados, la fertilidad química, cambios en las comunidades de microorganismos y de su dinámica metabólica, la producción de formas recalcitrantes de la MO, entre otras.

En la actualidad existe un inusitado interés en promover el uso de fuentes de fertilización de tipo orgánico, bien sea en combinación con fuentes inorgánicas o de forma exclusiva, con el fin de mantener los contenidos y la calidad de la MO, y mejorar la dinámica biológica y la fertilidad natural del suelo. Por otra parte, estos manejos alternativos han buscado reducir el impacto en los costos de producción, por el uso más eficiente de fuentes inorgánicas, debido a sus altos costos y a la actual dificultad de encontrar en el mercado nacional la fórmula idónea para cubrir los requerimientos nutricionales de la planta.

El presente trabajo surge de la necesidad de conocer y establecer en una finca de producción bananera, ubicada en el estado Aragua, un manejo de tipo combinado inorgánico – orgánico, a través de la producción de compost provenientes de materiales residuales de la misma finca. El manejo alternativo que se ha venido desarrollando pudiera significar el punto de partida para lograr establecer con éxito el cambio de manejo agronómico para cultivos de banano en la región. Por ello, es de suma importancia evaluar uno de los parámetros de mayor relevancia que se relaciona con propiedades y procesos físicos, químicos y biológicos del suelo, como es la MO. Se consideró como objetivo de la presente investigación evaluar la MO y sus diferentes fracciones dentro de la dinámica biológica del suelo bajo banano.

HIPÓTESIS

Se plantea que las deficiencias de algunos nutrimentos en el cultivo de banano de algunos lotes, pueden deberse a la calidad y cantidad de las diferentes fracciones de la materia orgánica presente en los suelos, más que al contenido total de la misma.

OBJETIVOS

General

Caracterizar la materia orgánica y sus diferentes fracciones dinámicas en suelos cultivados con Banano (*Musa AAA*) y fertilización combinada inorgánica-orgánica de la Finca Punta Larga en el estado Aragua.

Específicos

- Determinar el contenido de macro y micro elementos disponibles en la solución del suelo y el contenido de estos que son aprovechados por el cultivo de Banano (*Musa AAA*) y su relación con el contenido de materia orgánica y sus diferentes fracciones.
- Evaluar el efecto de la materia orgánica y de la necromasa (hojarasca) en las propiedades físicas (aporte en la formación de estructura), químicas (fertilidad) y biológicas de suelos (población y actividad de microorganismos) bajo producción de banano.
- Evaluar la distribución en el perfil de suelo de las fracciones dinámicas de la materia orgánica para relacionarlo con la fertilidad del suelo y el contenido nutricional del cultivo.
- Evaluar el efecto de la materia orgánica en los componentes biométricos (vegetativos y rendimiento) del cultivo de Banano (*Musa AAA*).

REVISIÓN DE LITERATURA

EL CULTIVO DEL BANANO

El Banano, se cultiva en más de 130 países, desde el sudeste asiático de donde es nativo, hasta Oceanía y Sudamérica; el principal productor mundial es la India (FAO, 2013). La familia musácea constituida por plantas monocotiledóneas, es una de las familias más grandes de las Angiospermas, perteneciente al orden Zingiberales, en el cual se agrupan 6 familias de plantas perennes tropicales y subtropicales. El género *Musa*, recibe el nombre de banano o cambur. Agrupa a un gran número de plantas herbáceas, tanto híbridos obtenidos a través del mejoramiento genético a partir de las especies silvestres: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, así como cultivares genéticamente puros de estas especies (Jones, 1999).

El banano (*Musa AAA*), en el país ocupa una extensa superficie cosechada (43.000 ha aproximadamente), encontrándose distribuida por todo el territorio nacional (Cuadro 1). El volumen total de producción incluye desde pequeñas áreas tipo conucos, hasta grandes áreas para exportación, superando para el año 2011, las 455.213 toneladas (Figura 1) (Fedeagro, 2012, FAO, 2013).

Las musáceas comestibles representan el rubro más importante dentro de los frutales en nuestro país. Su producción se ubica principalmente en los estados Mérida, Trujillo, Sucre y Aragua, (Cuadro 2) y es llevada casi en su totalidad bajo un manejo tradicional, salvo algunas zonas de producción intensiva con aplicaciones de herbicidas, fungicidas y altas dosis de fertilizantes algunas con manejos combinados de químicos y fuentes de tipo orgánico.

Cuadro 1. Producción y superficie de bananos en Venezuela.

	Años					
	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Superficie Cosechada (ha)	41,097	37,121	34,008	33,462	35,084	34,273
Producción (Ton)	735,079	590,847	559,760	463,047	529,714	508,982

Fuente: Fedeagro – MAT 2012 (*Cifras preliminares)

El banano representa uno de los principales productos alimenticios considerado de primera necesidad para millones de personas en el mundo. Del total de cultivares producidos a nivel mundial, el 47% corresponde a bananos del subgrupo Cavendish, los cuales son utilizados para el consumo interno de cada país. Solo una séptima parte

de la producción mundial es destinada al mercado internacional (Banana Export, 2013).

Cuadro 2. Área de Siembra (ha), Rendimiento (kg.ha⁻¹) y Producción de Cambur (*Musa AAA*) en Venezuela

CAMBUR (BANANO)			
ESTADO	ÁREA DE SIEMBRA (ha)	RENDIMIENTO (kg.ha⁻¹)	PRODUCCIÓN (Ton)
Mérida	9,900	17,100	163,700
Trujillo	7,600	19,800	144,800
Sucre	6,800	13,600	91,800
Aragua	2,500	18,600	46,400
Táchira	3,600	12,900	44,900
Monagas	3,300	12,200	39,600
Vargas	1,800	16,100	29,300
Miranda	2,400	9,600	22,700
Carabobo	2,000	8,700	17,400
Resto de Venezuela	6,100	9,800	47,300

Fuente: VII Censo Agrícola Nacional. (MPPAT, 2008)

En los países tropicales, las musáceas, especialmente los cultivares llamados de cocción, son también una fuente básica de alimento. Representa el cuarto cultivo alimenticio de importancia, después del arroz, trigo y maíz. Otras de las partes consumidas de la planta son el raquis floral (después de la cosecha) y la bellota. El banano como fruta tiene corta vida en el almacenamiento, por ello su procesamiento es importante, elaborándose variados productos como chips, fruta seca, harinas, puré, entre otros. Así mismo, algunas de las partes de la planta son utilizadas en la alimentación animal; especialmente en ganado porcino y bovino. Otros usos contempla la obtención de bebidas alcohólicas, alcohol medicinal, papel y pegamento, por mencionar algunos (Haddad y Borges, 1974; Nava, 1990; Martínez *et al.*, 1999 y Cáceres, 2001).

1.-Requerimientos edafoclimáticos y de nutrición.

El banano se desarrolla bien en suelos de texturas medias; de tipo franco y franco-arcillosa, con buen drenaje, fértiles, profundos, con pH cercanos a la neutralidad (alrededor de 6). Crecen bien hasta alturas de 1000 m.s.n.m. Si bien los suelos ideales son de origen aluvial, los terrenos arenosos, franco-arenosos, arcillosos, calcáreos pueden ser aceptables; teniendo especial cuidado en suelos con arenas demasiado finas que pueden provocar retención de agua (Viloria *et al.*, 2003). La mesa de agua no debe encontrarse en los primeros 80 cm de profundidad del suelo, tampoco son

recomendados suelos con un contenido de arena mayor de 45% debido a su poca capacidad de retención de humedad. En cuanto al pH, a pesar de ser adecuado un rango de valores entre 5,8 y 6,5, pH superiores interfieren con la absorción de K y Fe, elementos esenciales para el banano, y si el pH es bajo favorece la propagación de la enfermedad denominada Mal de Panamá, provocada por el hongo *Fusarium oxysporum f. sp. cubense* (Haddad y Borges, 1974; Nava, 1990; Ordosgoitti, 1999; Pérez, 2004; Caballero, 2011).

Los requerimientos nutritivos del banano son elevados especialmente para elementos como el N y el K; los clones de fruta pueden necesitar entre 250 y 500 kg de N por hectárea y entre 700 y 800 kg de K con adiciones de microelementos, de ser necesario, para proporcionar rendimientos del cultivo a nivel comercial (INIA, 2005, Malavolta, 2006).

2.-Características morfológicas del cultivo.

El banano es una hierba gigante con un tallo subterráneo denominado cormo del cual brota el pseudotallo conformado por las vainas envolventes de las hojas. El cormo posee muchos entrenudos marcados por la cicatriz de las hojas; las raíces brotan de dichos nudos en grupos de 3 o 4, y su diferenciación se lleva a cabo hasta el momento en que el cormo se hace aéreo. Por tal razón la emisión de raíces cesa poco después de la floración. Estas raíces primarias se caracterizan por tener de 5 a 6 mm de espesor y pueden extenderse lateralmente hasta 5,2 m y alcanzar una profundidad de 75 cm (Simmonds, 1966). En la zona meristemática, ubicada en la parte superior del cormo, nacen las hojas y el escapo floral, el cual posee yemas laterales que brotan en forma de espiral. El sistema foliar está conformado por la vaina, el pecíolo, la lámina y el apéndice precursor. La hoja varía desde un color verde claro hasta amarillo, de margen liso y nervaduras pinnadas. Se compone de dos mitades (semi-limbos), que se prolongan desde el margen de la nervadura central, con forma de óvalo alargado. La parte apical se presenta casi truncada y la basal disminuye progresivamente. Las hojas tienen una dimensión variable entre 100 cm de ancho y 400 cm de longitud, presentándose en número de 10 a 15 hojas por planta. Las nerviaciones laterales nacen del nervio central (Figuras 1 y 2) (Simmonds, 1966; Champion, 1975; León, 1987).

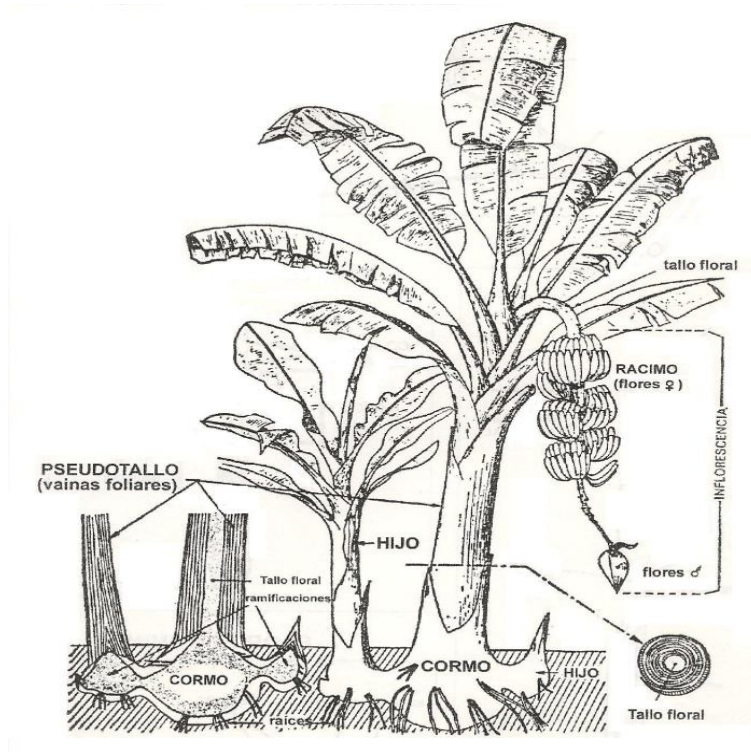


Figura 1. Esquema de una planta de banano (Simmonds, 1966).

La inflorescencia se forma a partir de la yema apical del cormo y pasa por el centro del pseudotallo, el eje de la inflorescencia es la continuación del tallo floral pero en lugar de hojas posee brácteas. En el extremo de la bráctea se forma una masa compacta denominada bellota o chica (Figura 2), la cual aparece entre 8-12 meses después de la siembra. La planta presenta flores femeninas y masculinas; en las flores femeninas el ovario es trilobular, con placenta axilar y óvulos dispuestos en 2 ó 4 hileras en cada lóculo, siendo de forma generalmente alargada; en las masculinas el androceo consiste de 5 estambres o estaminodios. Todas las flores de los bananos tienen néctar que se segrega en el extremo del ovario (Simmonds, 1966).

Los frutos son llamados bayas, son partenocárpicas, es decir, que desarrollan una pulpa comestible sin la polinización. Es importante destacar que la polinización no tiene efecto notable sobre el desarrollo del fruto de los bananos comestibles, excepto por el hecho que propicia el desarrollo del óvulo. El fruto es de forma y color variable según el clon (Figura 2) (Simmonds, 1966; Champion, 1975; León, 1987; Jones, 1999).

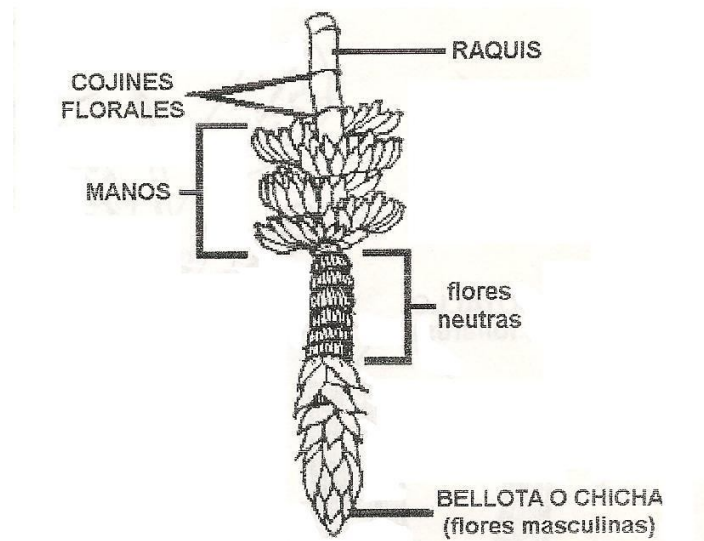


Figura 2. Inflorescencia – Racimo de una planta de Banano (Simmonds, 1966).

MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO Y SUS COMPONENTES

La materia orgánica del suelo (MO) es considerada una mezcla compleja de fracciones heterogéneas con tasas de recambios diferentes (Espinoza, 2004), debido a su diversidad de componentes; que van desde azúcares fácilmente mineralizables hasta compuestos complejos y recalcitrantes que son producto de las transformaciones de los microorganismos (Buyanovsky *et al.*, 1994). La MO es considerada un componente importante de la calidad del suelo, ya que influye directa e indirectamente en las propiedades físicas, propiedades químicas y biológicas del suelo (Lal, 1986; Rivero, 1999; Hernández y López, 2002; Deneff *et al.*, 2004; Medina *et al.*, 2006 y Lozano, 2011).

Debido a la gran heterogeneidad de la MO, varios autores proponen modelos que identifican varias fracciones dinámicas de MO, denominadas fracción activa, lenta y pasiva (Espinoza, 2004); abarcando un amplio rango de sustratos donde se incluyen materiales de fácil descomposición o carbono (C) metabólico, hasta componentes celulares más resistentes o C estructural (Gregorich y Janzen, 1996; Rivero, 2001). Por lo general, los más resistentes se encuentran en su gran mayoría presentes en las estructuras de las paredes celulares de las plantas, e incluyen lignina, polifenoles, celulosa y ceras (Calderón, 1996). Las diferencias en los tiempos de retorno de dichos materiales puede afectar el almacenaje de C en el suelo (Gregorich *et al.*, 1994).

La calidad y cantidad de la MO, juegan un papel fundamental sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, a pesar que la MO solo representa del 1 al 6% del volumen total del mismo. La MO funciona como reservorio de C y nutrimentos para las plantas, de allí radica la importancia de mantener una buena fertilidad y elevar la calidad de MO en el trópico (Accoe *et al.*, 2004; Rivero *et al.*, 2004a).

1.-Clasificación de la materia orgánica.

La MO ha sido clasificada de diversas maneras bien sea por el tipo de compuesto presente, el tamaño, el grado de descomposición, si se encuentra de forma libre o asociada, entre otras. Dentro de las clasificaciones de la MO se encuentran las reportadas en las investigaciones realizadas por Paolini, 1980; Rivero y Paolini, 1994; Zalba y Quiroga, 1994; Barrios *et al.*, 1996; Rivero, 2001; McCallister y Chien, 2000; Carter, 2001; Zagal *et al.*, 2002; Zagal y Córdova, 2005, Hernández-Hernández, 2008):

- *Fracción ligera (FL)*: conformada por las fracciones ligera y libre entre agregados y ligera intraagregados, que se encuentra protegida dentro de los microagregados, pero que no está asociada a fracciones minerales del microagregados. Está compuesta por residuos de plantas y animales en distintos grados de descomposición. Su definición está basada en función del tamaño y de la densidad de la partícula.
- *Fracción pesada (FP)*: conformada por los complejos órgano – minerales, está asociada a las partículas de arcilla, limo y arena y es la fracción que presenta mayor transformación, corresponde principalmente a compuestos humificados, por lo cual su tasa de descomposición es más lenta.
- *Biomasa microbiana (BM)*: corresponde del 1 al 5% de la MO y representa la masa total de microorganismos que habitan en el suelo.
- *MO humificada*: representa la fracción de color oscuro de la MO estable y relativamente resistente a la descomposición, conocida como Humus y es dividida en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas (H).

Otro tipo de clasificación de la MO es la señalada por Theng *et al.*, (1989) los cuales dividen la MO en componentes vivos y muertos, donde los componentes vivos raramente constituyen más del 4% del CO del suelo y pueden subdividirse en tres compartimientos: raíces de plantas (5 – 10%), macroorganismos o fauna (15 – 30%) y microorganismos (60 – 80%). En tanto, los componentes muertos representan

aproximadamente un 96% del CO del suelo y comprenden la materia macroorgánica y el humus.

Por su parte, Hernández-Hernández (2008), señala que están las fracciones activas, lábiles y pasivas de MO que difieren en composición y función, las cuales comprenden desde fragmentos grandes hasta residuos humificados siendo según su definición:

Fracciones activas y lábiles de la MOS: aquellas constituidas por materiales con una relación alta de C/N (15 a 30) y una corta vida media, la mitad de esos materiales pueden ser metabolizados en unos pocos meses a pocos años (Brady y Weil, 2002).

Dicha fracción está representada por:

- La biomasa microbiana del suelo y la MOS soluble, constituyen del 3 al 5 % de la MO total (Rice y García, 1994). Ella regula muchos procesos críticos del ecosistema como la descomposición de materiales orgánicos, su transformación, reciclaje de nutrientes y la integración biofísica de la MO con las fases sólida, acuosa y gaseosa del suelo (Ruiz y Paolini, 2004).
- La mayoría de los carbohidratos que son considerados precursores en la formación y estabilidad de los agregados en el suelo (Fortun *et al.*, 1990; Puget *et al.*, 2000).
- Los polisacáridos extracelulares de bacterias, hongos y mucílagos de raíces que se consideran típicamente una fracción muy lábil de la MO, y un importante agente formador de agregados en el suelo, al igual que otras sustancias no húmicas y los ácidos fúlvicos (Rivero, 2001; Brady y Weil, 2002).

Fracción lenta de la MO: es aquella fracción cuyo tiempo de residencia es alrededor de 10 a 50 años, y representa del 20 al 40% del C total del suelo (Elliot, 1986). Esta es la fracción de la MO dentro de la cual se incluye la fracción ligera así como las SNH que no se encuentran unidas a los minerales del suelo. A su vez es la fracción que se afecta directamente por la labranza y por los cambios en el uso agrícola del suelo; liberando N que puede ser usado por el cultivo siguiente. Tiene una influencia marcada sobre las propiedades físicas del suelo, además de constituir una importante fuente de alimento para el metabolismo de los microorganismos del suelo (Rivero, 1999; Brady y Weil, 2002).

Fracción pasiva de la MO: representa entre el 60 al 90% de la MO y su cantidad aumenta o disminuye muy lentamente. Se encuentra constituida por materiales muy estables y recalcitrantes, remanentes en el suelo por cientos y aún miles de años. Tiene una relación aproximada de C:N de 7:1. Incluye la mayoría del humus físicamente protegido en complejos de arcilla-humus, la mayoría de la huminas y muchos de los ácidos húmicos. Está mayormente asociada con las propiedades coloidales del humus del suelo y es responsable de la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de la capacidad de almacenaje de agua que aporta la MO al suelo (Calderón, 1996; Brady y Weil, 2002).

Estas clasificaciones son realizadas según el objetivo de estudio, pero lo importante es entender que las fracciones de MO no son unidades discretas, fácilmente distinguibles y separables una de otras. En algunos casos se usan procedimientos físicos por tamaño y densidad, y en otros casos, se usan procedimientos químicos, mediante el uso de extractantes de diferente grado de fuerza. En todo caso, las fracciones más pesadas y finas tienden a corresponder con las más recalcitrantes desde el punto de vista químico, y a las asociadas a minerales de arcillas. Las fracciones ligeras tienden a corresponder con fracciones menos humificadas y particuladas; con un menor grado de recalcitrancia. Y las fracciones lábiles, son las fracciones más fácilmente metabolizables desde el punto de vista químico, y son las de mayor grado de actividad biológica en el suelo.

2.-Efectos de la materia orgánica sobre las propiedades del suelo.

Diferentes investigaciones destacan la importancia que tiene la MO en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Dependiendo de la cantidad y calidad de la MO, Pla (1994) y Franzluebbbers (2002), señalan que ella es un factor importante que afecta la conservación y productividad de los suelos en el trópico, en especial aquellos que se encuentran bajo cultivo. Los autores hacen énfasis en que contenidos adecuados de MO promueven un ambiente favorable para la fijación del N, debido a que ésta se comporta como fuente de energía para los microorganismos y ayuda a estimular la actividad de la fauna y la flora del suelo.

Aspectos relacionados con la química y física del suelo donde la MO tiene un efecto importante son señalados por Rivero (1999); Loveland y Webb (2003) y Zagal y Córdoba (2005), destacando:

- Estimulación en el crecimiento de las plantas.
- Bloquea los sitios de fijación de P en suelos ácidos.
- Afecta la eficiencia y degradación de los pesticidas aplicados a los cultivos.
- Por su efecto quelatante, puede afectar la disponibilidad de elementos tóxicos.
- Aumenta la capacidad amortiguadora de los suelos.
- Interacciona con compuestos xenobióticos.
- Aumenta la solubilidad de minerales al producir compuestos que tienden a acidificar el medio.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos con arcilla, o arcilla de poca actividad.
- Actúa como fuente y sumidero de nutrientes para las plantas y microorganismos.
- Provoca ligeras modificaciones del potencial redox.
- Retarda la liberación de N, S, P y otros elementos.
- Mejora la densidad (Da) disminuyendo los niveles de compactación
- Contribuye en la retención del agua
- Mejora la estructura permitiendo un mejor desarrollo de las raíces, evitando los procesos de sellado, encostrado, compactación y erosión al promover mejoras en el drenaje.
- Su coloración oscura favorece la adsorción de radiación y elevación de la temperatura en el suelo.

INCIDENCIA DEL MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE BANANO (Musa AAA)

Diversos trabajos muestran los beneficios del uso de abonos orgánicos en cultivos de banano (Musa AAA). Investigaciones de Rivero *et al.* (2004b), realizadas en suelos de la cuenca del Lago de Valencia con cultivos de banano (Musa AAA), mostraron el efecto de la adición de ácidos húmicos de Leonardita (AHL); una roca producto de lignitos fósiles, tratada industrialmente, sobre la MO, específicamente sobre la fracción de ácidos húmicos del suelo (AHS). Los autores encontraron que la aplicación de AHL (solución al 15%) cada tres meses, a través de un sistema de irrigación por microjet, produjo un efecto limitado sobre la estructura de los AHS, ya que hubo una tendencia a disminuir el contenido de H y N y a aumentar el contenido de O₂ y la concentración

de radicales libres en los AHS. Concluyeron que el incremento del O_2 y de grupos funcionales oxigenados puede deberse a la incorporación del AHL, debido a que este compuesto presentó mayor contenido de O_2 , favoreciendo la capacidad reactiva de la MO.

Por otra parte, Carvalho *et al.*, (2006) evaluaron el uso de fuentes orgánicas, inorgánicas y biológicas para la producción de bananos, probándolos en 5 genotipos: Grande Naine, Nanicão IAC 2001, Maeo Thap, Plata y vigilado Tropical, dentro de una zona de producción con alta incidencia de Sigatoka negra. La evaluación fue realizada durante el primer ciclo de producción, utilizando como abonos orgánicos; estiércol y aceite de ricino y como fertilizantes inorgánicos; roca fosfórica, además de usar biofertilizantes al 2%. Los autores encontraron que el uso de abonos orgánicos promovió una producción sustentable del banano, aún en zonas con alta incidencia de Sigatoka Negra, evidenciado por los aumentos en la altura de plantas, diámetro del pseudotallo, número de días de las hojas en la floración, días de cosecha, número de mano por racimo, peso del racimo y peso del fruto.

El uso de estiércol de aves de corral y piedra caliza, fraccionado en dos dosis y cuatro dosis, respectivamente fue estudiado por Sônego *et al.*, (2006). Evaluaron el efecto sobre el peso del racimo durante 2 ciclos de cosecha consecutivos en 21 cultivares de bananos: 'Pacovan', 'Prata', 'Branca', 'Thap Maeo', 'Ouro da Mata', 'Maçã Tropical', 'Ouro', 'Nam', 'Pioneira', 'FHIA-01', 'Fig Pomme Naine', 'Nanica', 'Nanicão Corupá', 'Grand Naine', 'Williams', 'Nanicão', 'Enxerto', 'Enxerto Catarina', 'SH-3640', 'Figo Cinza' y 'Figo', pertenecientes a dos sub grupos: Cavendish ('Giant Cavendish' y 'Gran Nain'), y Pome ('Santa Catarina Dwarf' y 'Prata'). Encontraron que los cultivares de bananos responden de forma distinta al abono orgánico, puesto que los del subgrupo Prata, aumentaron el peso del racimo, mientras que éste disminuyó en los cultivares Cavendish.

Las bondades de la fertilización orgánica sobre el comportamiento productivo de banano también fueron evidenciadas en los estudios de Barbosa *et al.* (2006), quienes midieron el efecto sobre los parámetros biométricos de altura de plantas, perímetro del pseudotallo, días entre florecimiento y cosecha, número de hojas por planta, y parámetros de producción como peso del racimo, frutos por racimo, número de manos, peso del fruto del cultivar 'Prata enano'. Igualmente en este caso el uso de los niveles residuales de fertilización orgánica llevada a cabo en el primer ciclo produjo que todos los parámetros biométricos y productivos aumentaran del primer al segundo ciclo, pero

disminuyeran en el tercer ciclo. El efecto temporal de las entradas orgánicas a los agroecosistemas de banano también fue señalada por Rodríguez *et al.* (2006), quienes comparando dosis de fertilizantes líquidos y de residuos orgánicos utilizadas por el productor, encontraron incrementos de 1.0 a 1.5 % de MO en un tiempo de 22 meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos de caracterización de suelos y cultivos, se obtuvo a través del proyecto titulado “*Innovaciones Tecnológicas para el mejoramiento de la Calidad y Salud de Suelos Bananeros en Latinoamérica y el Caribe*”, el cual sirvió de marco a este estudio promoviendo el surgimiento de la hipótesis a ser probada en la presente investigación. Dicho proyecto contó con el financiamiento de FONTAGRO en Costa Rica, Panamá República Dominicana y Venezuela, cuyos representantes en nuestro país son el INIA y la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. Ubicación del lugar y descripción de la zona

La investigación fue realizada en la finca Agropecuaria Punta Larga, la cual se encuentra ubicada en el Municipio Libertador del estado Aragua, específicamente entre los meridianos 67°30' y 67°34' longitud Oeste y los paralelos 10° 12' y 10°17' latitud Norte, en la Depresión del Lago de Valencia (Figura 3). La altitud oscila entre 410 y 440 m.s.n.m. y presenta una superficie de 135 ha de cultivo de banano aproximadamente.

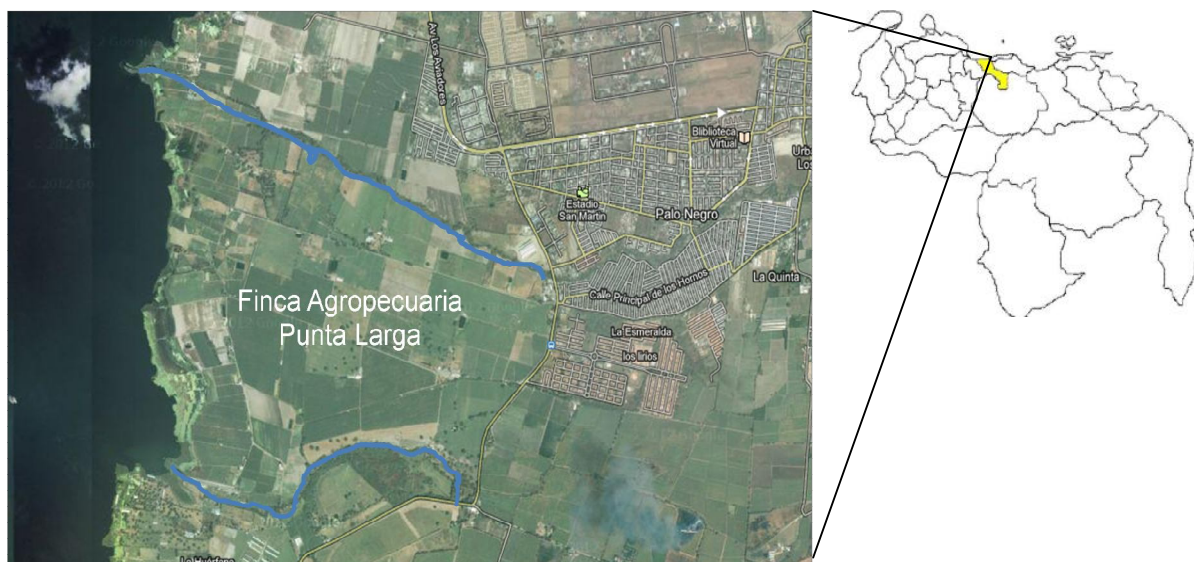


Figura 3. Ubicación geográfica Finca Agropecuaria Punta Larga.

2.- Clima

En la zona se presenta un clima estacional con seis meses de precipitaciones comprendidas entre los meses de Mayo a Octubre y seis meses secos. Los promedios climáticos de la estación meteorológica del INIA-CENIAP, cercana a la finca, la cual está ubicada en la ciudad de Maracay, a unos 16 Km en línea recta, muestran una humedad relativa del 67,3%, temperaturas máximas de 32,2°C y mínimas de 17,5°C y una evaporación de 1,778 mm. La finca cuenta con una estación particular de la cual se pudieron obtener los promedios de algunas variables climáticas entre los años 2003 y 2005. Siendo la precipitación total anual 1,024 mm y la evaporación de 1,746 mm, también se obtuvieron los datos de las precipitaciones mensuales de los años 2007 y 2008 (Figura 4). Cabe destacar que los valores reportados por la estación de la finca son muy similares a los reportados por la estación del INIA-CENIAP.

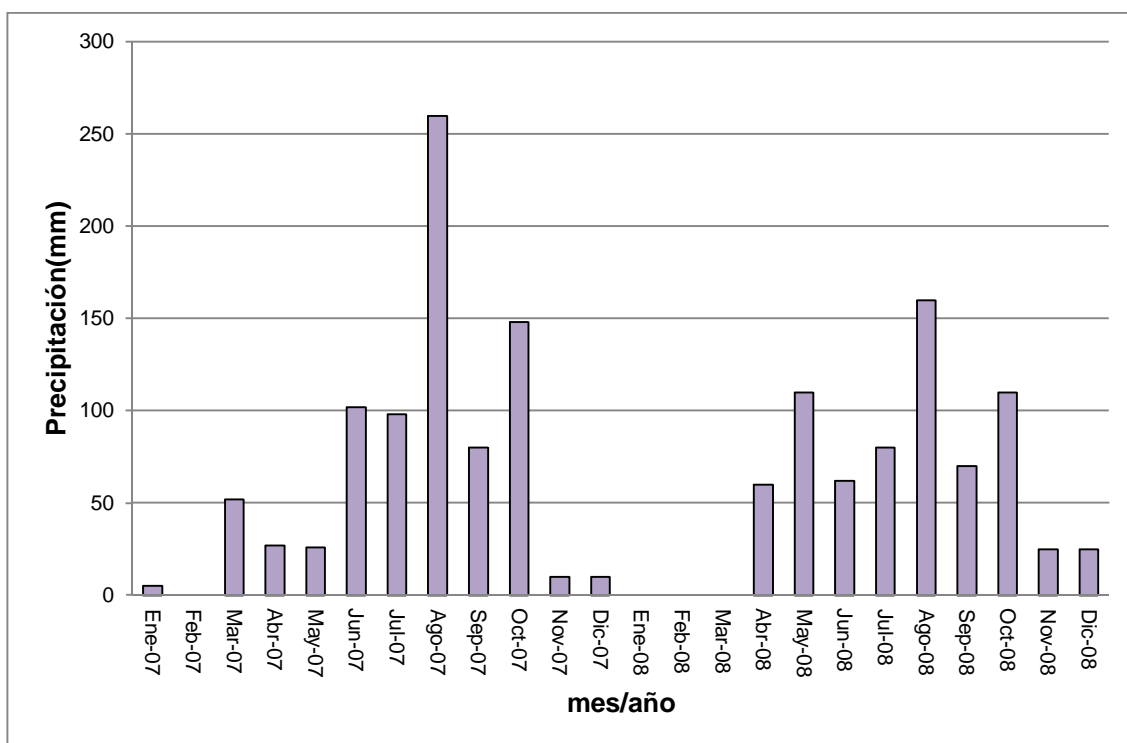


Figura 4. Precipitación mensual durante los años 2007 y 2008 en la Finca Agropecuaria Punta Larga. Fuente: Finca Agropecuaria Punta Larga, 2009.

3.- Suelos

La finca se ubica en una terraza Lacustrina de 4^{to} nivel del cuaternario. Esta región presenta una pendiente plana de 0 a 3%. Los suelos tienen texturas variables (A, AL, FAL, FA y FL), encontrando en el área Molisoles y Entisoles, con colores que pasan

por gris parduzco claro, gris claro, blanco, amarillo pálido y marrón olivo. El drenaje ha sido catalogado comúnmente como moderadamente bien drenado a bien drenado. Son tierras con alta capacidad para uso agrícola, generalmente no inundables, de suelos entre no salinos (0 - 2 dS/m) y ligeramente salinos (2 - 4 dS/m), de reacción neutra (6,6 – 7,3) a ligeramente alcalina (7,4 -7,8). En líneas generales son suelos con buena fertilidad y de media a abundante cantidad de MO (6 - 8%) (Viloria, 1984; Viloria *et al.*, 2003).

Dentro de la zona considerada para el muestreo se seleccionaron dos lotes de terrenos, denominados de la siguiente manera: Condición 1 y Condición 2. El criterio de selección fue la marcada diferencia en los rendimientos de bananos; siendo la condición 1, la que representa los más bajos rendimientos en la finca y la condición 2, la de mayores rendimientos. Algunas de las propiedades físicas de estos suelos fueron evaluadas por Sapuky (2007) y Cruz (2011) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Características físicas del suelo en las condiciones 1 y 2.

Condiciones	Prof. (cm)	Da* (Mg m⁻³)	PT* (%)	Ks* (cm h⁻¹)	IB* (mm h⁻¹)	RP* (kPa cm⁻¹)
Condición 1	0-5	1,15	57,7	1,69	24,5	0,41
	5-10	1,10	58,0	3,89	-	0,35
	10-20	1,11	58,6	1,21	-	0,30
Condición 2	0-5	1,0	60,1	60,1	22,5	0,38
	5-10	1,0	59,0	59,0	-	0,32
	10-20	1,10	57,6	57,6	-	0,28

(*)Fuente: adaptado de Sapuky, 2007 y Cruz, 2011. (Prof.) Profundidades (Da) Densidad Aparente, (PT) Porosidad Total, (Ks) Conductividad hidráulica saturada, (IB) Infiltración básica, (RP) Resistencia a la penetración.

Para estos lotes también fue realizada una fase de diagnóstico de fertilidad, realizado por el proyecto FONTAGRO, mostrando a continuación los elementos limitantes en la agropecuaria Punta Larga (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diagnóstico del nivel nutricional del cultivo, considerando los niveles críticos de Lahav y Turner (1992), en las condiciones bajo estudio, ubicadas en la finca Punta Larga.

Nutrimento	Nivel	Observación	Dosis de fertilizante
N	D*	Fertilización N	250 kg N/ha 1/2 a los 2 meses, 1/2 a los 4 meses
P	Alto	Fertilización Mantenimiento	20 kg P ₂ O ₅ /ha todo a los 2 meses
K	D	Fertilización K	600 kg K ₂ O/ha todo a los 2 meses
S	D	Fertilización	A pesar que los niveles de MO son altos hay deficiencias de S. Si la fuente de N es sulfato de amonio y la de potasio sulfato de potasio, más la aplicación de sulfato de cobre y sulfato de hierro, debería subsanarse la deficiencia de azufre.
Ca	N*	No fertilizar	
Mg	N		
Cu	N - D	Fertilización de Mantenimiento	10 kg/ha CuSO ₄
Fe	N - D	Fertilización de Mantenimiento	Solución 2 % Fe SO ₄
Mn	N	No fertilizar	
Zn	N	No fertilizar	
Na	N	No fertilizar	

*N en la segunda columna significa que el nivel del elemento es normal, D significa que el elemento se encuentra en un nivel deficiente. Fuente: INIBAP, 2004.

4.- Manejo de la finca.

La producción de la finca está basada principalmente en banano, con presencia localizada de ganado bovino, pasto de corte y alguna superficie en producción de Caña de Azúcar. El producto de la finca se dirige al mercado local. No obstante, el referencial tecnológico es similar al de una finca de exportación y se aplica de manera uniforme en toda la superficie cultivada. La fertilización de la finca es combinada de

tipo inorgánica-orgánica, a través del uso de fertilizantes químicos de fórmulas completas, fertilizantes foliares y compost (cuadro 5) como fertilizante orgánico. Los productos utilizados son 15-4-23/4, Sulfato de amonio, sulfato de potasio y compost a razón de 3200, 1575, 1575 y 7000 kg/ha/año, respectivamente. El fertilizante es fraccionado en cantidades iguales siendo 8 el total de aplicaciones al año.

Cuadro 5. Caracterización del compost utilizado en la Finca Punta Larga.

MO (%)	pH	C:N	CE dSm ⁻¹	PORCENTAJE (%)									
				N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Cu	Mn
21.6	8.6	7.7	13.1	1.60	5.71	3.65	21.6	2.32	0.11	1.05	0.06	0.06	0.11

MO: contenido de materia orgánica; pH: acidez, CE: conductividad eléctrica, Fuente: Ramírez, 2012.

El control fitosanitario de la plantación se basa principalmente en el uso de fungicidas sistémicos, herbicidas pre y post-emergentes, nemátocidas e insecticidas organofosforados. Para la protección del racimo, se utilizan fundas biodegradables que contienen insecticida y repelentes biológicos, además se realizan prácticas culturales de deshoje, despunte, entre otras.

El sistema de riego utilizado en la finca es subarbóreo, por aspersión con microjet que es alimentado por un pozo profundo que tiene agua salobre (CE: 1,6 dS/m) y por el Sistema de riego Taiguaguai.

La cosecha es estimada por medio del inventario de embolse, el desmane es realizado 2 semanas después de la floración, el desdedo es efectuado en 3 manos, el desbellote es realizado cuando el racimo tiene 2 semanas de edad, los racimos son cosechados con edades entre 13 y 14 semanas y acarreados hasta la empacadora por medio de un sistema de cable vía.

En general, las prácticas agronómicas efectuadas correspondieron con las convencionales para el cultivo en la zona de estudio.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Con la finalidad de caracterizar la MO y sus diferentes fracciones en suelos bajo el cultivo de Banano (*Musa AAA*), se planteó un ensayo bajo un diseño de experimento completamente al azar bajo un muestreo dirigido aleatorio simple, en dos lotes de terreno denominados Condición 1 y Condición 2, dichos lotes fueron definidos y caracterizados tanto física como químicamente (Cuadros 4 y 5), a través de evaluación previa realizada por el proyecto FONTAGRO, antes mencionado. Los lotes quedaron

representados por la Condición de suelo 1; que tiene rendimientos de banano menores a $28,000 \text{ kg.ha}^{-1}$ y la Condición de suelo 2; con rendimientos mayores o iguales a $28,000 \text{ kg.ha}^{-1}$.

En cada condición se contemplaron 6 puntos de muestreo. Es importante destacar que ambas condiciones son sembradas con banano del mismo clon (genotipo) y edad. De igual manera, ambas condiciones poseen similares características físicas y químicas del suelo, el manejo agronómico es el mismo pero presentan diferencias marcadas en cuanto a rendimiento y absorción de algunos nutrientes por el cultivo (Cuadro 4) (INIBAP, 2004).

Para llevar a cabo los objetivos de este trabajo se contemplaron varias etapas:

1.- Selección de los Lotes.

Fueron elegidos dos lotes: i.- lote 1, definido por la condición 1 con rendimientos $<28,000 \text{ kg.ha}^{-1}$ y ii.- lote 2, que representa la condición 2 con rendimientos $\geq 28,000 \text{ kg.ha}^{-1}$. Ambos se seleccionaron, como se señaló anteriormente, bajo los criterios de diferencia en los rendimientos (kg.ha^{-1}) y absorción de algunos nutrientes por el cultivo, obtenidos a través de análisis previos de tejido realizados poco tiempo antes de la presente investigación. Estos lotes son representativos en cuanto a la problemática de la finca relacionada con la diferencia en los rendimientos entre ellos, a pesar de contar con igual manejo agronómico y características similares de suelo. Para la escogencia de los mismos se tomaron en cuenta otros factores en ambos lotes como la misma edad de la plantación (2^{do} ciclo), el mismo clon sembrado, densidad de siembra (entre $1,800$ y $2,000 \text{ pl.ha}^{-1}$), posición en el paisaje, tipo de suelo, igual manejo de la fertilización, riego, y prácticas culturales.

2.- Muestreo.

El muestreo comprendió toma de muestras compuestas de suelo, muestras de tejido vegetal, tanto de hoja como de pecíolo, y necromasa vegetal (Hojarasca). Se trabajó con seis repeticiones por condición de evaluación. Todos los muestreos se realizaron de forma simultánea, para ambas situaciones. El área de muestreo para cada condición, abarcó 2400m^2 . La edad fenológica del cultivo al momento del muestreo fue la floración, específicamente durante el mes de febrero.

Las muestras se trasladaron al laboratorio y los análisis se realizaron en conjunto con el Laboratorio General de Suelos y Laboratorio de Química de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela en Maracay, estado Aragua; el

Laboratorio de Biogeoquímica de la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez en El Cují, estado Miranda y el Laboratorio de Suelos, Agua y Planta de INIA-Yaracuy en Yaritagua, estado Yaracuy.

a) Muestreo tejido vegetal (hoja- pecíolo):

Para las muestras de tejido vegetal (hoja - pecíolo), se tomaron 5 plantas al azar, considerando solo aquellas plantas donde se realizó el muestreo de suelo. En cada planta se tomaron las hojas números 3 y 7. En la hoja 3 se cortó un trozo de la nervadura central y, en ambos lados de ese punto, se tomó parte del limbo. Por otro lado, en la hoja 7 se tomó solo una sección del pecíolo (Figura 5). Dichas partes son las indicadas en la metodología propuesta por Espinosa y Mite (2002), para determinación del contenido de nutrientes en tejido vegetal para bananos.

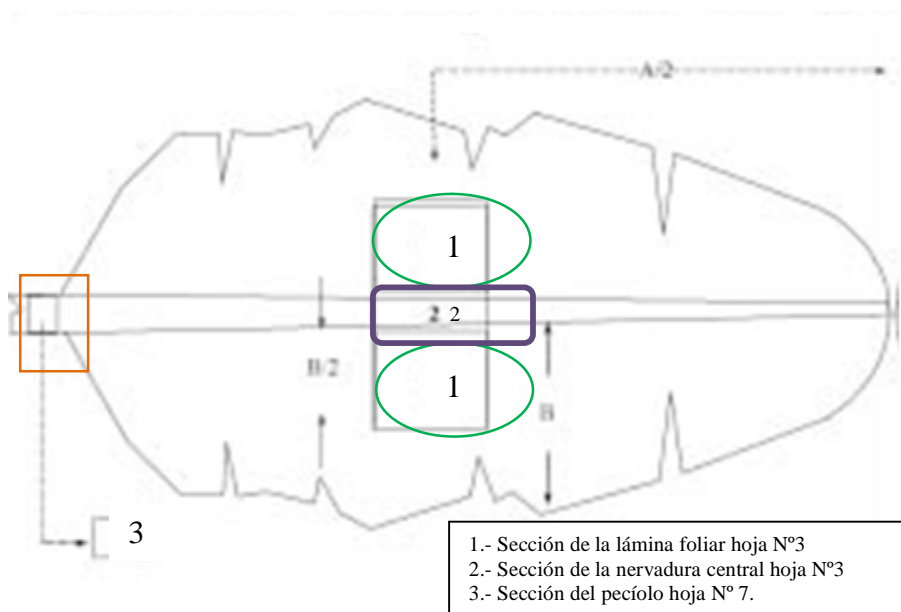


Figura 5. Procedimiento del muestreo foliar en bananos (hojas 3 y 7) para determinar del contenido de nutrientes (**Fuente:** Espinosa y Mite, 2002).

Cada parte de la hoja seleccionada se colocó en bolsas plásticas identificadas. Cada bolsa contó con 5 secciones, provenientes de las 5 plantas escogidas al azar. Este procedimiento se realizó para obtener 1 muestra compuesta de tejido vegetal de cada sección de la planta; pecíolo, semi-limbo y nervadura. El procedimiento anterior debió repetirse para recolectar en total 6 muestras compuestas de tejido vegetal por cada parte de la planta mencionado, en cada condición estudiada (Figura 5 y 6 a,b,c).



Figura 6 a, b y c. Toma en campo de las muestras de tejido foliar para las hojas (3 y 7) en el cultivo de Banano (*Musa* AAA).

b) Muestreo de necromasa vegetal (Hojarasca):

Al pie de la planta tomadas al azar para el muestreo de tejido vegetal, fue colocado un aro metálico de 1 m de diámetro sobre la superficie del suelo, con la finalidad de delimitar el área donde se tomaría la submuestra de necromasa vegetal. Dentro de ese aro, se recolectó todo el material vegetal presente sobre la superficie de suelo y fue colocado en bolsas de plástico identificadas. Este procedimiento se repitió en cinco oportunidades para la toma de submuestras, las cuales en conjunto conformaron una muestra compuesta de necromasa vegetal. Tal metodología debió repetirse hasta recolectar un total de seis muestras compuestas de tejido vegetal para cada una de las condiciones bajo estudio, considerando para el cálculo del área donde cae la biomasa total de necromasa la suma de las cinco repeticiones realizadas para conformar una muestra compuesta (Figura 7a y b)



Figura 7 a y b. Toma de muestras en campo de la necromasa vegetal.

Las muestras de tejido vegetal y de necromasa vegetal, se llevaron al laboratorio y se pesaron en balanza analítica a humedad de campo. Las muestras se secaron en estufa a 45°C, durante un periodo de 72 horas hasta alcanzar peso constante, y finalmente se molieron.

c) Muestras compuestas de suelo:

Para el muestreo de suelos, se seleccionaron al azar 12 plantas, las cuales se consideraron como sub muestras. El muestreo se realizó al pie de estas plantas y del lado del hijo sustituto o de reemplazo. Luego todas las muestras de suelo recogidas en las 12 plantas se mezclaron para formar una muestra compuesta de suelo. Tal procedimiento se repitió en 6 oportunidades para cada profundidad y condición.

En el muestro se abrieron hoyos en el suelo de aproximadamente 30x30 cm, usando un palín como herramienta. Con ayuda de una pala se tomaron muestras de suelo a profundidades fijas dentro del perfil de suelo. Las profundidades establecidas fueron: 0 – 5 cm, 5 -10 cm y 10 - 20 cm.

Cada submuestra de suelo tomada a una profundidad específica fue colocada dentro de un tobo plástico identificado con la profundidad correspondiente hasta alcanzar el total de 12 submuestras de suelo, el suelo se homogenizó en el tobo plástico y se procedió a tomar una muestra compuesta. En total, se tomaron 6 muestras compuestas de suelo por cada una de las profundidades del suelo a evaluar, para un total de 18 muestras por condición y 36 muestras en toda el área evaluada.

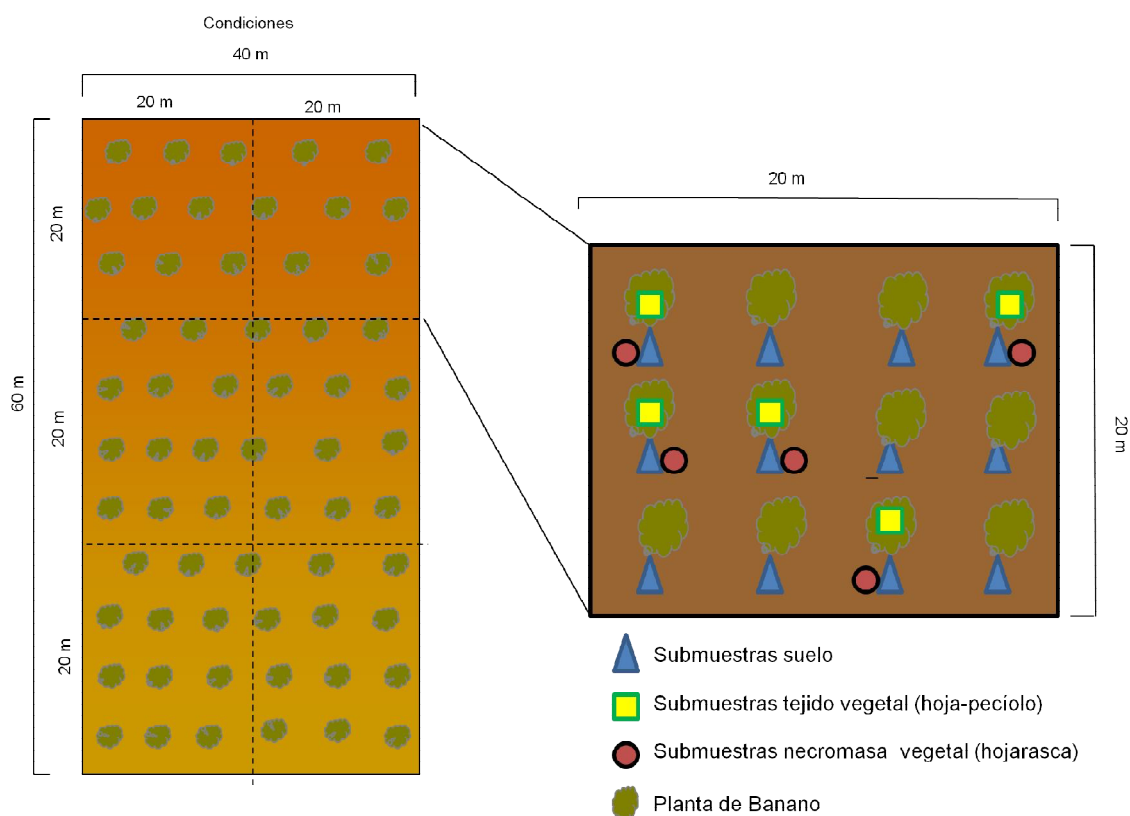
Las muestras de suelo se trasladaron en bolsas plásticas dentro de cavas a baja temperatura, aproximadamente 4°C. Una vez en el laboratorio cada muestra de suelo

fue homogeneizada y separada para ser almacenadas según los análisis respectivos. Las muestras de suelo para análisis biológicos se refrigeraron en nevera a 4°C. Las muestras se tamizaron en húmedo a 2 mm, y se eliminaron raíces, restos de cosecha y/o cualquier otro residuo. Otra parte de la muestra de suelo fue secada al aire, homogeneizada y tamizada a 2 mm.

3.- Medición de componentes biométricos del cultivo:

Las mediciones se realizaron al momento de la cosecha en las plantas seleccionadas, dentro de los lotes para el análisis de tejido necromasa y el muestreo de suelo, considerando las siguientes variables:

- Número de manos por racimo
- Perímetro del pseudotallo a 1 m de altura
- Altura de la planta
- Peso del racimo al momento de la cosecha.



18 Muestras compuestas de suelo
 6 Muestras compuestas de tejido vegetal (Hoja-pecíolo)
 6 Muestras compuestas de necromasa (hojarasca)
 por cada condición.

Figura 8. Diseño del muestreo en campo.

4.- Análisis de las muestras

Cada muestra compuesta de suelo, tejido vegetal (hoja-pecíolo) y necromasa vegetal (hojarasca), se analizó por duplicado o triplicado según la metodología y la sensibilidad del análisis involucrado. Las metodologías aplicadas se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Metodologías utilizadas para análisis de las muestras de tejido vegetal, necromasa vegetal y suelo.

Tipo de muestra	Variable	Metodología	Autor
Tejido vegetal	Determinación de N,P,K y micronutrientes	N por Nessler, P método colorimétrico, K y Microelementos cuantificación por absorción atómica	UCV (1993).
Necromasa vegetal	Determinación de N,P,K, y micronutrientes	N por Nessler, P método colorimétrico, K y Microelementos cuantificación por absorción atómica	UCV (1993).
	Materia seca	Gravimétrico	UCV (1993).
Suelo	Textura	Hidrómetro modificado	Gee y Bauder (1986).
	Fraccionamiento de los agregados estables al agua	Usando el equipo Eijkkamp, agregados tamizados entre 2 y 1 mm sometidos a 5 min de prehumedecimiento por capilaridad y 5 min de tamizado en húmedo separando agregados >250 μ m y <250 μ m	Florentino (2007), modificado por Henández-Hernández (comunicación personal)
	Fertilidad contenido de N, P, K y S aprovechable y microelementos	N por Kjeldahl, P método colorimétrico, S por Turbidimetría, K y Microelementos cuantificación por absorción atómica	UCV (1993).
	Carbono orgánico total	Digestión realizada con Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4) conc. asumiendo el factor de conversión 0,74	Walkley y Black modificado, Heanes (1984)
	Biomasa microbiana	Fumigación con Cloroformo libre de etanol durante 24h, y extracción con sulfato de potasio (K_2SO_4 0,5M) basado en la liberación del C extraíble del contenido citoplasmático en un suelo fumigado en relación con un suelo no fumigado	Sparling y West (1988).

Suelo	Nitrógeno de la biomasa microbiana	Digestión de muestras provenientes de los extractos de suelos (fumigados con cloroformo y no fumigados con H ₂ SO ₄ conc., sulfato de cobre (CuSO ₄), sulfato de sodio (Na ₂ SO ₄) 0,5M). Destilación y titulación con ácido clorhídrico (HCl) 0,01 N. Se considero 1,46 como el factor de conversión	Sparling y West (1988).
	Carbono de la biomasa microbiana	Determinación por combustión en un TOC Shimadzu de muestras provenientes de los extractos de suelos (fumigados con cloroformo y no fumigados). Se consideró el factor de conversión 2,46 para el cálculo	Anderson y Ingram (1993)
	Respiración Basal	A través del uso de trampas de álcali NaOH 0,1M; incubadas a 25°C durante 24h. Para estimar el CO ₂ liberado como respuesta fisiológica de los microorganismos en condiciones mínimas de fuentes de sustrato lábil	Alef y Nannipieri (1995).
	Fraccionamiento físico de la MO	Ludox (silica gel), de dos densidades 1.3 y 1.37 g/cm ³ como medio de separación por densidad. El fraccionamiento por tamaño a 53 µm de las partículas de la materia macroorgánica.	Meijboom <i>et al</i> (1995).
	Carbono orgánico de los agregados estables al agua	Digestión realizada con K ₂ Cr ₂ O ₇ y ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ conc. asumiendo el factor de conversión 0,74	Walkley y Black modificado, Heanes (1984)
	Fraccionamiento químico de la MO	Obtención secuencial de las fracciones de Ácidos húmicos y fúlvicos, con el uso de soluciones extractantes NaOH/Na ₄ P ₂ O ₇ 0,1M y a través una columna de polivinilpirrolidona insoluble (PVP)	Schnitzer y Schuppli (1989).

Adicionalmente se realizaron pruebas a nivel de campo como:

Respiración Edáfica: a través de la determinación de la producción de CO_2 , el cual queda atrapado en trampas de álcali (NaOH 1M) y cuya reacción es detenida utilizando BaCl_2 (3M). Se procedió a titular el NaOH que no reaccionó con el CO_2 , usando HCl 1 M valorado (Machado, 1978). Para ello se utilizaron envases plásticos PET de 16,4 cm de alto por 18,8 cm de diámetro, dentro de los cuales se colocó la trampa de álcali durante 24h.

5.- Análisis de los resultados:

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar combinado con una técnica de muestreo dirigido aleatorio simple, con 6 repeticiones, para un total de 36 muestras compuestas de suelo, 12 muestras compuestas de tejido vegetal (hoja-pecíolo) y 12 de muestras de necromasa vegetal (hojarasca). Los datos obtenidos fueron analizados a través del paquete estadístico Statistix 8.0. La evaluación de los diferentes parámetros estimados se realizó mediante un análisis descriptivo de los datos, medias, desviación estándar, intervalos de confianza y coeficientes de variación. Para conocer el grado de asociación entre las variables, se probaron los supuestos de la varianza con el uso de la prueba de Wilk y Shapiro ($p < 0,001$). Se hicieron análisis de correlación, para determinar asociaciones entre variables mediante vía no paramétrica, utilizando el coeficiente de Spearman. Para determinar diferencias entre los suelos evaluados en las variables estudiadas se procedió a realizar la prueba de Kruskal-Wallis con sus respectivas comparaciones de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Contenido de nutrimentos en el tejido foliar del Banano (Musa AAA)

En el cuadro 7, se presenta el contenido de nutrimentos para las secciones de tejido vegetal evaluadas (pecíolo, semilimbo y nervadura) en ambas condiciones de producción. El análisis de la varianza indica la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre condiciones, para gran parte de los elementos evaluados. En el pecíolo, solo los elementos CO, K, Mn y Zn presentaron diferencias estadísticas significativas, mientras que en el Semilimbo los nutrimentos que variaron significativamente fueron N, K, Mg, Mn y Zn. La nervadura mostró cambios significativos únicamente en los contenidos de CO y K. El CO fue mayor en la condición 2, para las secciones de la hoja de pecíolo y nervadura, con valores de 7.53 y 8.75%, respectivamente. Por el contrario, en el semilimbo, la condición 1 fue donde el banano presentó el mayor valor de CO (8.63%).

Tomando en cuenta los niveles de referencia propuestos por Lahav y Turner (1992), se encontró que, en al menos una sección de tejido estudiada de los bananos cultivados bajo las dos condiciones, seis de los diez elementos analizados (Cuadro 7), mostraron deficiencias nutricionales. Se pudieron observar niveles óptimos únicamente para el P, Mg y Ca, catalogándose a este último elemento en el rango de niveles altos. De igual manera al comparar los tejidos de la hoja de banano en ambas condiciones, se observó, mayor contenido de nutrimentos en los bananos de la segunda condición., Podría decirse que el cultivo ubicado dentro de esta condición presenta un mejor balance nutricional que el cultivo presente en la primera condición.

El N mostró ser deficiente en el semilimbo y en la nervadura de las plantas que crecían en ambas condiciones, solo el peciolo presentó valores superiores al nivel crítico propuesto por Lahav y Turner (1992). Es de destacar, que las hojas de banano de la condición 1 acumularon un mayor contenido de este elemento. La presencia de otros elementos que resultaron altamente correlacionados en forma positiva como lo son el Fe ($c=0.6702$) y el Zn ($c=0.7667$) (Anexo 1, 2 y 3) al parecer mejoran la absorción del N por parte del cultivo al lograr un mejor balance nutricional. Cabe destacar que en ninguna de las secciones de tejido evaluadas en ambas condiciones el N se encontró por debajo de 0,2%, valor reseñado por Casanova y Rivero (2006) como limitante en la nutrición y por ende que afecta negativamente el rendimiento del cultivo.

Cuadro 7. Contenido de Carbono orgánico (CO), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn) y Zinc (Zn) presentes en el tejido vegetal de Banano (*Musa AAA*) en las condiciones bajo estudio.

	CO	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Pecíolo	%						mg.kg ⁻¹			
Cond. 1	6.35(b) ±0.55	0.55(a) ±0.09	0.25(a) ±0.06	1.25(b) ±0.38	2.34(a) ±0.32	0.77(a) ±0.19	3.25(a) ±0.71	26.44(a) ±2.25	19.40(a) ±4.18	10.71(a) ±0.97
Cond. 2	7.53(a) ±0.15	0.41(a) ±0.18	0.23(a) ±0.06	1.68(a) ±0.10	1.81(a) ±0.55	0.97(a) ±0.22	3.45(a) ±0.56	22.35(a) ±5.61	13.21(b) ±1.49	6.02(b) ±0.82
Media	6.94 ±0.64	0.48 ±0.16	0.24 ±0.06	1.46 ±0.35	2.08 ±0.51	0.87 ±0.22	3.35 ±0.62	24.39 ±4.60	16.30 ±4.40	8.36 ±2.60
CV%	9.15	0.68	0.36	1.99	24.60	1.21	4.50	33.15	25.95	12.10
Semilimbo										
Cond. 1	8.63(a) ±0.40	2.42(a) ±0.07	0.35(a) ±0.04	1.53(a) ±0.40	2.20(a) ±0.63	0.70(b) ±0.57	5.88(a) ±1.17	47.25(a) ±10.29	43.98(a) ±2.58	15.80(a) ±5.37
Cond. 2	8.61(a) ±0.11	2.13(b) ±0.29	0.40(a) ±0.08	1.04(b) ±0.09	1.71(a) ±0.14	2.63(a) ±0.86	4.89(a) ±0.15	38.00(a) ±5.07	22.23(b) ±3.95	9.03(b) ±0.98
Media	8.46 ±0.19	2.28 ±0.25	0.37 ±0.07	1.29 ±0.37	1.95 ±0.50	1.66 ±1.22	5.38 ±0.95	43.03 ±8.91	33.10 ±11.80	12.41 ±5.11
CV%	2.29	11.00	18.53	29.04	25.58	73.54	17.61	20.70	35.64	41.15
Nervadura										
Cond. 1	6.33(b) ±0.45	0.57(a) ±0.05	0.32(a) ±0.05	1.57(a) ±0.35	1.80(a) ±0.34	0.90(a) ±0.34	2.98(a) ±1.29	24.87(a) ±5.47	18.1(a) ±2.35	5.73(a) ±1.67
Cond. 2	8.75(a) ±0.08	0.57(a) ±0.08	0.29(a) ±0.05	1.12(b) ±0.05	1.64(a) ±0.17	1.15(a) ±0.43	2.73(a) ±0.40	25.48(a) ±3.30	14.50(a) ±6.47	7.44(a) ±2.60
Media	7.53 ±1.27	0.57 ±0.07	0.31 ±0.05	0.34 ±0.34	1.72 ±0.27	1.02 ±0.39	2.85 ±0.92	25.17 ±4.32	16.30 ±5.01	6.58 ±2.27
CV%	16.87	11.40	16.18	25.03	15.75	38.01	32.21	17.15	30.71	34.44
NIVELES CRITICOS REPORTADOS PARA EL CULTIVO DE BANANO (Lahav y Turner, 1992)										
Pecíolo	-	0.40	0.07	2.10	0.50	0.30	5.00	30.00	70.00	8.00
Semilimbo	-	2.60	0.20	3.00	0.50	0.30	9.00	80.00	25.00	18.00
Nervadura	-	0.65	0.08	3.00	0.50	0.30	7.00	50.00	80.00	12.00

Columnas con letras distintas para el mismo elemento difieren estadísticamente a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$)

El contenido de P no se presentó en las hojas como deficitario independientemente de la condición donde crecía la planta, sus valores fueron superiores a los referenciados por Lahav y Turner (1992), encontrándose niveles promedios de 0.24, 0.37 y 0.31% para pecíolo, semilimbo y nervadura, respectivamente (Cuadro 7).

El K resultó estar por debajo de los valores referenciales para las tres secciones estudiadas de la hoja (pecíolo, semilimbo y nervadura), con valores promedios para

ambas condiciones de 1.46%, 1.29% y 0.34%, respectivamente (Cuadro 7). Es por ello que se sugiere la fertilización en beneficio de cubrir las demandas de este elemento tan importante para la formación y llenado de la fruta. Una posible alternativa, sería mejorar la cantidad y calidad de la MO ya que esta funciona como fuente de nutrimentos inclusive el K, y debido a la correlación existente entre los contenidos de K en el tejido y el CO ($c=0.6281$) (Anexo 1) que favorecen la disponibilidad de mismo en el suelo.

Otro elemento que vale la pena mencionar es el Ca, cuyos valores resultaron por encima del valor referencial para los bananos de ambas condiciones, en todas las secciones de hojas evaluadas. Posiblemente los altos niveles de este elemento en el suelo, (Cuadro 11) debido a su origen lacustrino, y a la presencia de otros elementos como el Zn y a la alta correlación que resultó tener con el Ca en el tejido foliar ($c=0.5779$) (Anexo 1, 2 y 3) (Gauggel y Gauggel, 2010), se pudiera atribuir estos altos niveles de Ca observados en las hojas.

Elementos como el Cu, Fe, Mn, se presentaron deficientes en las plantas de ambas condiciones (Lahav, 1995). En este sentido, se sugiere la fertilización con estos elementos, debido a que algunos de ellos tienen baja disponibilidad en el suelo (Cuadro 11). Para lograr un balance nutricional adecuado, los planes de fertilización deben contemplar niveles apropiados de los microelementos, ya que estos, tal como lo sugieren Gómez y Ortiz (2006), podrían interferir de forma desfavorable o favorable sobre la absorción de otros elementos. Como ejemplo; el Fe puede verse afectado por el déficit de Mn debido a su alta correlación ($c=0.6165$) (Anexo 1, 2 y 3), provocando un desbalance nutricional (López, 1999).

Los niveles en los nutrimentos del tejido foliar de banano fueron generalmente mayores en la primera condición, especialmente los micronutrimentos. El resto de los elementos evaluados estaban en niveles deficientes, al menos en alguna de las secciones de tejido vegetal del banano que crece en cada una de las condiciones.

Los resultados obtenidos en el análisis foliar de los bananos de este estudio, son similares a los encontrados por INIBAP (2004) y Cruz (2011), para los mismos elementos determinados en el tejido de los bananos de esta plantación de la finca bajo evaluación.

Gómez y Ortiz (2006) señalan que la ausencia de Bo y Zn en planes de fertilidad, limita el balance nutricional del cultivo de banano, ya que dichos elementos regulan la

expresión del potencial productivo del cultivo y la calidad de la cosecha. Los autores aumentaron los niveles de disponibilidad de estos elementos en el suelo, encontrando respuestas positivas en los niveles foliares, tanto en plantilla (Williams) como en plantación establecida (Gran Enano), expresadas por incrementos superiores en la producción al 20% y mejoras del componente calidad por reducirse las deformaciones en la fruta del cultivo.

2.- Cantidad y calidad de la necromasa

La condición 1, presentó significativamente una menor cantidad de necromasa generada por hectárea al año; con valor de $1.8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, mientras en la condición 2 la producción de necromasa resultó ser de $2.07 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 9).

Haciendo el análisis de nutrientes en la necromasa se tiene también que el contenido de CO resultó mayor en la segunda condición con 81,2 % (Cuadro 8), superior al de la condición 1 por 13.7% (Cuadro 8).

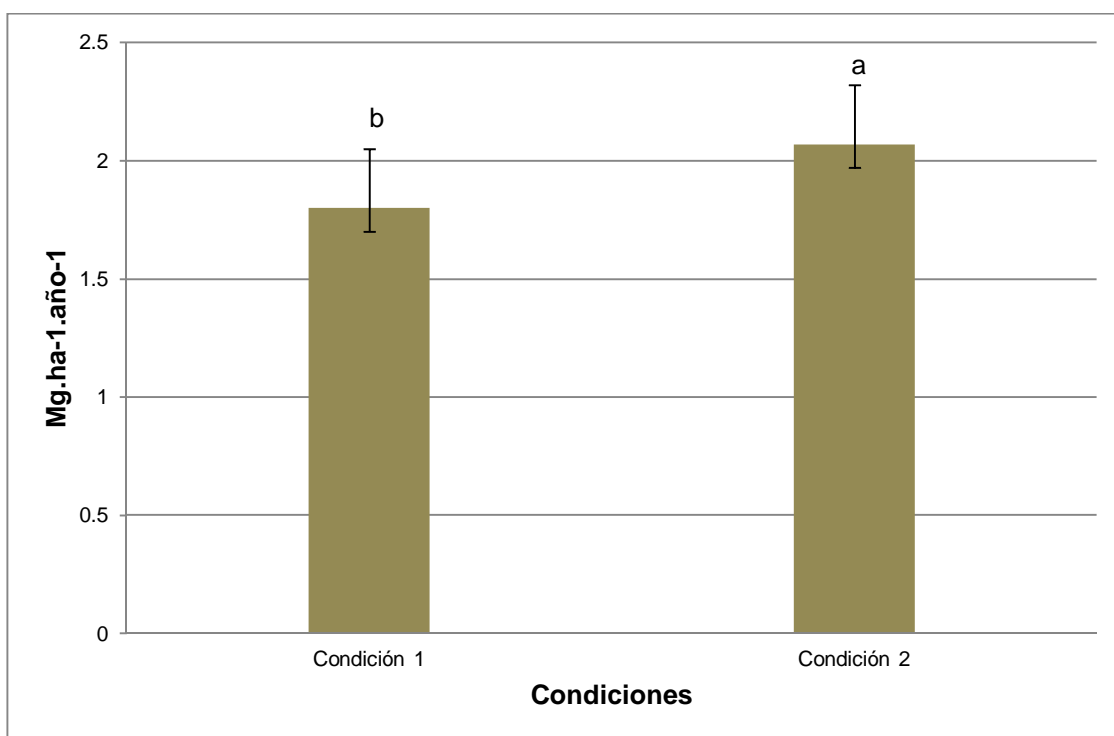


Figura 9. Cantidad de biomasa de la necromasa en $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ presente en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las condiciones.

Los niveles de N, P y Zn resultaron ser superiores para la segunda condición, aunque no siempre esta diferencia fue significativa, el resto de los elementos tuvieron niveles ligeramente superiores en la necromasa de la primera condición. Sin embargo, solo los elementos CO, P, K, Fe, Mn mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$)

entre las situaciones productivas comparadas (Cuadro 8). Los elementos que resultaron mayores para la necromasa de la condición 1 de igual modo resultaron superiores en el análisis de tejido (Cuadro 7), lo cual es un indicativo de la procedencia de la necromasa sobre la superficie del suelo. También se encontró cierta correspondencia con mayores valores del Fe en el suelo de la condición 1 (Cuadro 11).

La principal fuente de necromasa en estas plantaciones de banano, son los residuos orgánicos de hojas u otras partes de estas plantas, por tanto es de esperar que haya una similitud en la calidad de los tejidos de la masa aérea del banano y la de la necromasa. Uno de los indicativos de calidad de necromasa que luego tiene su efecto en el suelo, especialmente en los procesos microbianos ligados a la mineralización de CO y la acumulación de MO, son las relaciones C/N de la necromasa. Se pudo observar que las relaciones C/N de la necromasa en la condición 1, muestran estar alrededor de 48, mientras para la condición 2 fue de 52. En ese sentido pareciera que no hay diferencias en la calidad de necromasa aportada que pueda determinar diferencias en la actividad biológica. Una material con estas relaciones podría favorecer procesos de inmovilización de N microbiano en el suelo. Sin embargo, como las cantidades son significativamente mayores en la condición 2, los aportes de nutrientes y de CO al suelo en la condición 2 son mucho mayores y pudieran tener un efecto distinto en el agroecosistema de bananos que crecen bajo esa condición, favoreciendo la dinámica de la MO en aquellas fracciones más lábiles.

Cuadro 8. Contenido de Carbono orgánico (CO), Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) (g.kg^{-1}) presente en la necromasa de las condiciones bajo estudio.

Necromasa	CO	N	P %	K	Ca	Mg	Cu	Fe mg.kg^{-1}	Mn	Zn
Cond. 1	67.5(b) ± 0.50	1.40(a) ± 0.51	0.40(a) ± 0.13	1.77(a) ± 0.11	1.84(a) ± 0.51	1.30(a) ± 0.48	4.63(a) ± 1.45	77.61(a) ± 14.81	70.28(a) ± 11.73	7.13(a) ± 1.47
Cond. 2	81.2(a) ± 0.25	1.55(a) ± 0.16	0.56(b) ± 0.06	1.16(b) ± 0.07	1.77(a) ± 0.19	0.82(a) ± 0.24	3.88(a) ± 0.56	50.30(b) ± 8.16	44.88(b) ± 23.53	7.25(a) ± 1.29
Media	74.5 ± 0.64	1.74 ± 0.23	0.47 ± 0.12	1.47 ± 0.33	1.80 ± 0.37	1.06 ± 0.45	4.25 ± 1.10	63.96 ± 18.26	57.58 ± 22.16	7.19 ± 1.32
CV%	8.25	15.74	26.54	22.64	20.39	41.83	25.82	28.55	38.48	18.36

Columnas con letras distintas para el mismo elemento difieren estadísticamente a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$).

En la descomposición de la MO, la necromasa, raíces muertas y residuos frescos son utilizados principalmente por la macro y mesofauna del suelo, los cuales fragmentan

estos residuos en unidades mucho más pequeñas permitiendo su incorporación con mayor facilidad en la matriz del suelo esto facilita la acción por parte de los microorganismos, es a partir de allí donde la velocidad de descomposición por parte de la población microbiana y la liberación de nutrimentos es regulada principalmente por la composición química de los residuos sobre la superficie del suelo (Dossa *et al.*, 2009).

Con la finalidad de determinar el efecto que tiene la necromasa sobre las distintas fracciones de la MO, Murcia y Ochoa (2012), en sus investigaciones sobre la dinámica de la BM en especial de la respiración edáfica en suelos del alto bosque andino en Colombia, encontraron que la cantidad de necromasa en el bosque, así como las precipitaciones y las temperaturas medias del aire afectan significativamente las tasas de respiración edáfica diurnas y nocturnas, es así como las mayores tasas de respiración diurnas coincidieron con los mayores valores de precipitación y con el máximo volumen de hojarasca o necromasa caída, la investigación citada a pesar de no encontrarse en un suelo bajo cultivo de banano, sirve como referencia para explicar lo encontrado en el presente trabajo, donde la mayor cantidad de hojarasca resultó en la condición 2, encontrando en ella una mayor BM, al igual que una mayor RB y RE.

3.- Características físicas y químicas del suelo

Los resultados de la evaluación de algunas características físicas y químicas del suelo en las condiciones productivas 1 y 2 se presentan en los cuadros 9 y 10, respectivamente. De acuerdo con la clasificación para indicadores físicos de suelo propuesta por Florentino (1998), el suelo en la condición 1 presenta una textura Franco Limosa (FL), con un pH ligeramente alcalino, baja conductividad eléctrica; entre 0,68 - 0,87 dS/m, lo que cataloga al suelo como no salino, un contenido de MO alto > 4%. Al considerar los valores obtenidos en el presente estudio con los valores reportados por Sapucky (2007) y Cruz (2010) para las propiedades físicas del suelo (Cuadro 3), se reflejó según la clasificación, que éste tenía una densidad aparente baja, un nivel medio de compactación, buena estabilidad estructural agregados mayores a >250mm por encima del 60%, buena aireación; al tener una relación de macro y microporos de alrededor del 60%, la conductividad hidráulica saturada media a muy alta con valores desde 1,21 hasta 3,89 cm h⁻¹, y una infiltración básica ligeramente lenta. Las últimas tres características mencionadas, llevan a señalar que el suelo en la condición 1 es ligeramente bien drenado y con buena fertilidad en las profundidades consideradas en este estudio. Los resultados concuerdan con los

reportados para estos suelos en investigaciones anteriores realizadas por Viloría (1984), Viloría *et al.* (2003), FONTAGRO (2004), Sapucky (2007) y Cruz (2011).

Cuadro 9. Características físicas y químicas del suelo para la condición 1.

Prof. (cm)	MO (%)	a (%)	A (%)	L (%)	C. T	pH	CE ds/m	Agre. <250 mm	Agre. >250 mm
0-5	4,42	8,8	18,8	73,3	FL	7,73	0,87	21,43	77,14
5-10	4,92	9,1	15,7	75,2	FL	7,77	0,78	23,29	75,27
10-20	5,19	9,4	22,4	68,2	FL	7,62	0,68	-	-

(%MO) porcentaje de materia orgánica (a) Contenido de arena (A) contenido de arcilla, (L) contenido de limo, (C.T) Clase textural, (pH) acidez, (CE) Conductividad eléctrica, porcentaje de agregados estables al agua <250 mm y >250 mm.

En el cuadro 10, se presentan las características del suelo en la condición 2, en este caso y siguiendo la clasificación de Florentino (1998), el suelo posee una textura Franca (F), con pH ligeramente alcalino, conductividad eléctrica entre 1,62 - 2,10 dS/m, haciendo que el suelo, a diferencia del suelo de la condición 1, sea de ligeramente salino a moderadamente salino, alto contenido de MO >4%. Su densidad aparente es baja, buena estabilidad estructural, buena aireación, con conductividad hidráulica saturada de alta a muy alta (1,21 – 1,69 dS/m), y una infiltración básica o permeabilidad ligeramente lenta con un nivel de compactación medio (Cuadro 3). El suelo de la condición 2 tiene buen drenaje y buena fertilidad. Toda esta descripción coincide con los trabajos previos de Viloría (1984), Viloría *et al.* (2003), FONTAGRO (2004), Sapucki (2007) y Cruz (2011).

Cuadro 10. Características físicas - químicas del suelo en la condición 2.

Prof. (cm)	MO (%)	a (%)	A (%)	L (%)	C.T	pH	CE ds/m	Agre. <250 mm	Agre. >250 mm
0-5	5,91	7,2	23,1	69,0	F	7,84	1,62	7,98	89,25
5-10	4,89	7,9	24,5	68,3	F	7,78	2,10	13,94	84,23
10-20	4,97	8,1	25,4	66,5	F	7,64	1,66	-	-

(%MO) porcentaje de MO, (a) Contenido de arena (A) contenido de arcilla, (L) contenido de limo, (C.T) Clase textural, (pH) acidez, (CE) Conductividad eléctrica, porcentaje de agregados estables al agua <250 mm y >250 mm.

Los valores encontrados para las características físicas y químicas, como el pH ligeramente alcalino, el predominio de las partículas del tamaño arcilla y limo, sí como la presencia de sales, se deben a que estos suelos son de origen lacustrino, con presencia de carbonatos en el perfil de suelo. Por esto los suelos tienen una fuerte

reacción al ácido clorhídrico al 10%. La densidad aparente más baja pudiera estar relacionada con los mayores niveles de MO encontrados en estos suelos.

4.- Contenido de nutrientes en los suelos

Nitrógeno

La distribución del contenido de nitrógeno (N) total en el perfil del suelo de la condición 1, sigue un patrón irregular, sin una clara tendencia, mientras que en la condición 2 se evidencia que el elemento disminuye a medida que se profundiza en el perfil del suelo. En líneas generales, se encontraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) para los contenidos de N presentes hasta los 10 cm entre las condiciones 1 y 2, siendo la segunda condición la que mostró mayores valores en los contenidos de N en las profundidades 0-5 cm (0.36%) y 5-10 cm (0.27%) (Figura 10).

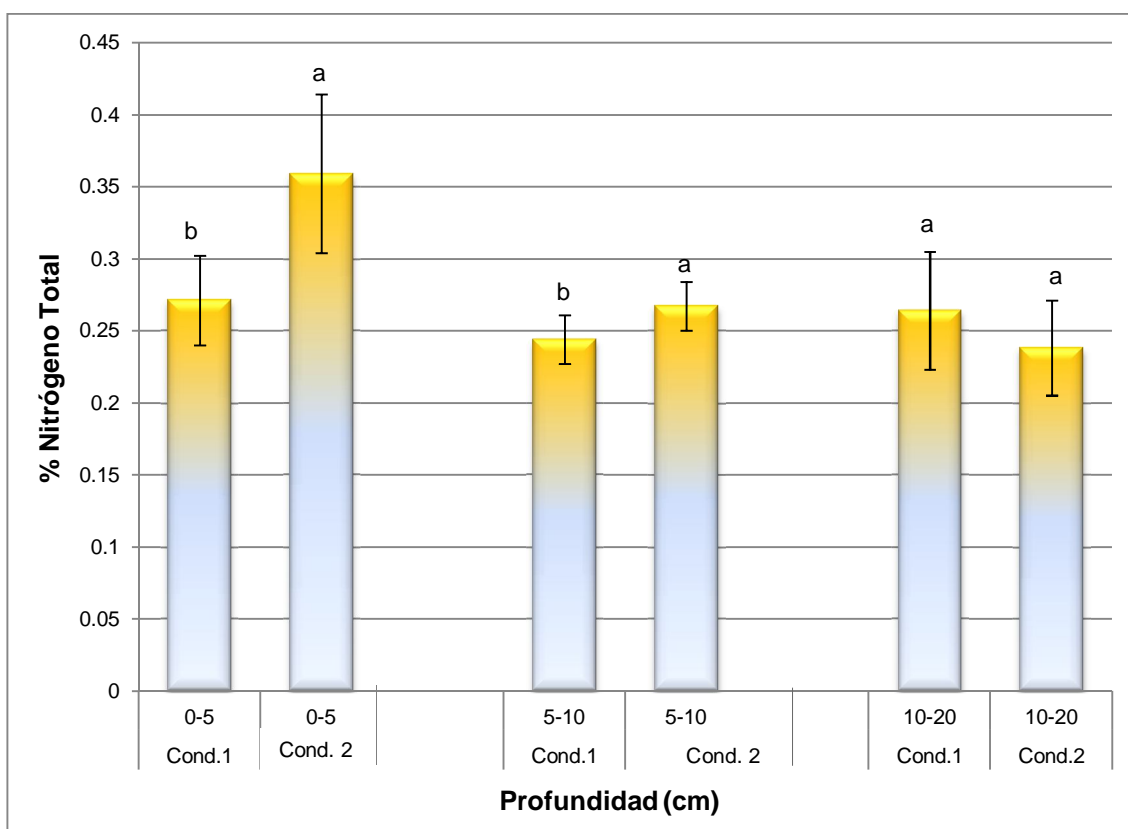


Figura 10. Contenido de Nitrógeno Total (%) del suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Según los valores referenciales señalados por FONAIAP (1982), el contenido de N en el suelo se ubica en niveles medios a altos de disponibilidad para el cultivo, en ambas condiciones y en las tres profundidades estudiadas. El contenido de N en el perfil de suelo puede verse influenciado por el manejo de la fertilización, el pH, la conductividad

eléctrica, la presencia de residuos en superficie y la distribución de tamaño de partícula entre otras.

Los suelos francos en el agroecosistema de la condición 2 podrían estar evitando importantes pérdidas por lixiviación del N mineral, especialmente de nitrato (Cuadro 9). Por otra parte, la mayor cantidad de necromasa en superficie ($2.07 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$), favorece la mayor cantidad de N encontrado en los primeros centímetros de profundidad. La combinación de fertilización inorgánica y orgánica podría mejorar los niveles de NT especialmente por liberación de nutrientes en el proceso de descomposición de la MO, sobre todo en suelos con altos aportes y contenidos de MO. Gauggel y Gauggel (2010), señalan que dependiendo de la textura del suelo disminuye o aumenta la aplicación de fertilizantes nitrogenados. En suelos con contenidos de MO altos, como los encontrados en este estudio, por lo general requieren menos N, pero aun siendo altos los porcentajes de MO, se requiere la aplicación de fuentes externas de N, aún cuando sus altos costos limitan la producción orgánica de bananos de exportación. En la finca la fuente de fertilizante nitrogenado utilizada para el cultivo de banano fue el nitrato de amonio. Esta fuente es estable y soluble en agua y por tanto aumenta la disponibilidad de N a las plantas antes de que actúen mecanismos de fijación para otros elementos como el P. De esta manera se logra que en suelos bajo cultivo, la relación en los niveles de N, P y K sea más equilibrada por los aportes artificiales de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos, estimulándose a los microorganismos, quienes muestran preferencia por la mineralización del carbono en presencia de N y el S, y en consecuencia una mayor liberación de estos nutrientes (Duxbury *et al.*, 1989; López y Espinosa, 1995; López, 1998; Malavolta, 2006).

El efecto de la fertilización nitrogenada con urea y riego en la distribución del N de un suelo Fluventic Haplustept derivado de sedimentos aluviales ha sido evaluado por Marcano *et al.*, (2011). Los autores encontraron que el riego induce a la pérdida del 76% del NT del suelo pero que la fertilización con cantidades de 250 kg N ha^{-1} estimula la “liberación” de 22% del N del suelo, mientras que con la mitad de la aplicación solo lleva a perderse el 11% del N. Los autores concluyeron que el riego provocó la mineralización de la MO, lo cual fue compensado parcialmente por la fertilización. Ello aumentó el N inorgánico en el suelo y compensó en parte, las pérdidas de NH_4^+ y NO_3^- por lixiviación.

Fósforo

Los contenidos de fósforo disponible (P) fueron superiores en los suelos de la condición 2 con respecto al suelo de la primera condición, para todas las profundidades evaluadas, con valores promedios de 2,33; 3,33 y 4,17 mg.kg⁻¹, respectivamente. La tendencia del P dentro del perfil de suelo en la segunda condición fue la de incrementar a medida que se profundiza en el mismo, mientras la tendencia dentro de la condición 1 no es bien definida (Figura 11). Los suelos en general presentaron un bajo nivel de disponibilidad del P, según FONAIAP (1982). Las diferencias encontradas posiblemente se deben a la presencia de formas insolubles de dicho elemento o a su inmovilización temporal por parte de la comunidad microbiana dados los altos contenidos de C presentes en el suelo y los bajos niveles de disponibilidad del elemento (Meléndez, 2003), la baja disponibilidad del elemento P existe a pesar que el suelo en ambas condiciones cuenta con niveles de S (Cuadro 11) altos lo cual es de mencionar dada la correlación de ambos elementos ($c=0.5303$) (Anexo 5), ya que los ciclos de mineralización e inmovilización de ambos elementos se dan de manera simultánea en el suelo (Duxbury *et al.*, 1989, Martínez *et al.*, 1997; Casanova 2005; Malavolta, 2006). Por otra parte, el pH cercano a la alcalinidad favorece la precipitación del fosfatocálcico (Casanova, 2005). En estos suelos se encontró una correlación negativa del P con el contenido de Ca ($c=-0.625$) (Anexo 5), y en menor proporción con el Mn, lo cual disminuye la disponibilidad del P al competir por los sitios en el complejo de intercambio en el suelo (Casanova, 2005; López-Hernández, 2005) (Figura 11).

Los contenidos de P encontrados en el presente estudio, son distintos y están por debajo de los contenidos de P reportados en investigaciones previas realizadas por Sapucky (2007) y Cruz (2011) en suelos bajo cultivo de banano, donde se hallaron niveles de P disponible entre 14,56 y 15,08 mg.kg⁻¹. Aún a estos niveles los autores indicaron la necesidad de una fertilización de mantenimiento, debido a que las necesidades del cultivo son superiores a los aportes realizados por el suelo, según los valores reportados de extracción por parte del cultivo alrededor de 60 kg.ha⁻¹ (Lahav y Turner, 1992) de P son necesarios para cubrir las demandas. Los niveles de P encontrados en este estudio se encuentran alrededor 5 a 7 kg.ha⁻¹, en ese sentido, la fertilización fosforada complementaria es clave en el manejo productivo de la finca.

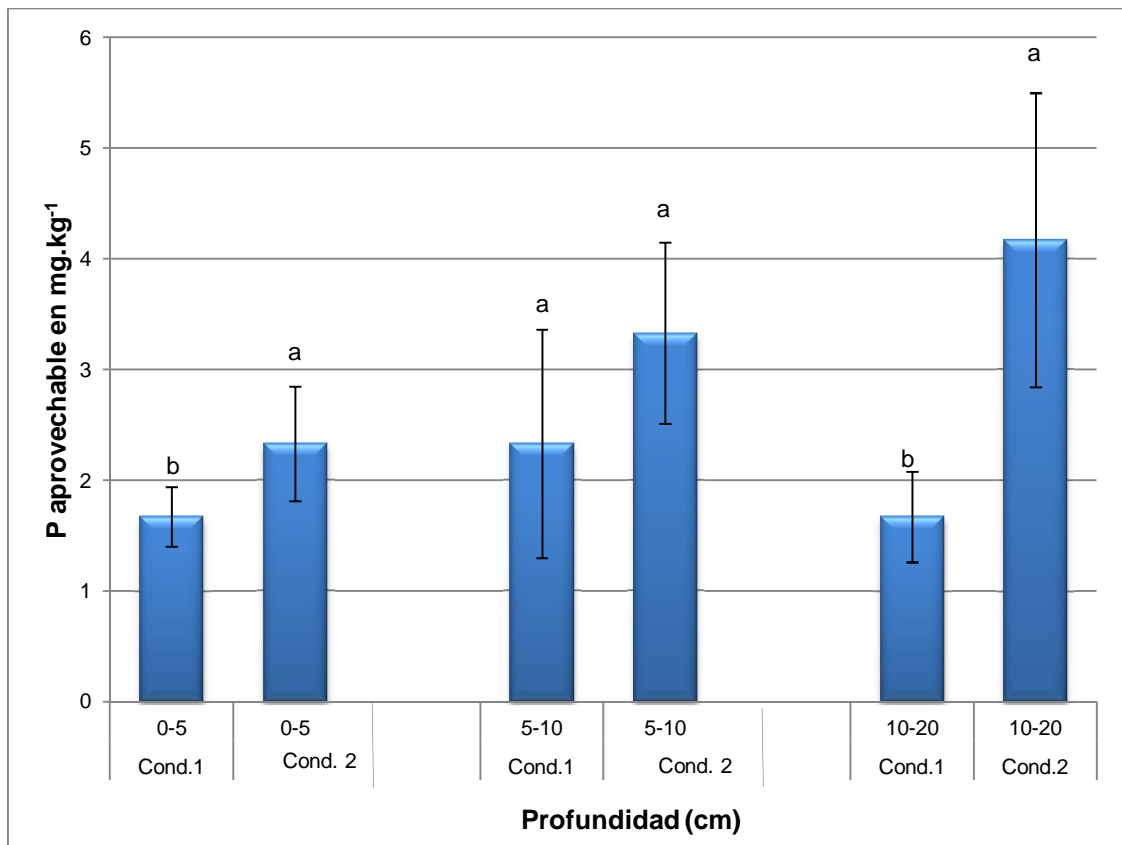


Figura 11. Contenido de Fósforo (P) aprovechable (mg.kg⁻¹) del suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Según López-Hernández (2005), en suelos con altos contenidos de MO o de materiales orgánicos poco descompuestos, la actividad de los microorganismos sobre el P es limitada dado a que en algunos casos el P logra formas mucho más solubles y puede ser rápidamente aprovechado por las plantas como es el caso de los suelos presentes en este estudio, donde los contenidos de MO se encuentran alrededor del 6% (Cuadros 9 y 10) y los niveles de P a pesar de ser bajos en el suelo en el tejido vegetal no se observan deficiencias (Cuadro 7). El autor atribuye que posiblemente se deba a la preferencia de los microorganismos por elementos como el N en los residuos frescos o poco descompuestos.

Casanova y Rivero (2006) evaluando la optimización de fertilizaciones en bananos, sugieren la aplicación de fertilizantes a base de sulfatos, en especial el Tiosulfato de amonio (TSA), debido a que éste logra funcionar como un acondicionador de suelo. El TSA libera cuatro 4 H^+ por cada mol, logrando actuar sobre el pH del suelo, acidificando el medio. Esto promueve el aumento de la disponibilidad del P que está en el suelo, así como también del que es aplicado en forma de fertilizante sólido.

Pudiera considerarse este tipo de manejos en suelos ligeramente alcalinos como los encontrados en el presente estudio.

El manejo de la fertilidad en el caso del P es esencial en el establecimiento de cultivos de bananos, Gauggel y Gauggel (2010). Sin embargo, dada la transferencia de nutrientes entre madre e hijo y la siguiente generación, una aplicación posterior es cuestionable, aun así los autores indican que suelos con texturas francas requieren alrededor de 50 kg.ha^{-1} . Para la finca bajo estudio, el productor fracciona las dosis de fertilizantes en 8 aplicaciones por ciclo, aplicando un total de $65 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ de P_2O_5 logrando obtener rendimientos promedios muy por encima del promedio nacional.

Potasio

El contenido de potasio (K) aprovechable fue mayor en el suelo de la condición 2, a los 0-5 cm, mientras que el suelo de la primera condición fue a los 10-20 cm, encontrándose diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) a esas dos profundidades entre ambas condiciones. La tendencia del elemento, en ambos suelos, es aumentar a medida que se profundiza en el perfil, dicha variación podría deberse a las variaciones en los niveles de pH (Lahav, 1995; López, 1999). Los niveles de K encontrados en ambos suelos muestran una alta disponibilidad del mismo (UCV, 1993). A pesar de ello, como el cultivo tiene altos requerimientos, se sugiere una fertilización complementaria que puede variar de modalidad dependiendo de las condiciones locales del suelo (Figura 12).

Los estudios de Casanova y Rivero (2006) en bananos recomiendan el uso de fuentes como tiosulfato de amonio y tiosulfato de potasio en forma líquida porque promueven mayor eficiencia en la disponibilidad de K que el fertilizante sólido, con el cual se requiere esperar que actúe la humedad del suelo para pasar a la solución y luego hacerse disponible. Los autores encontraron que el tiosulfato de potasio aplicado en promedio de 2 años, produjo diferencias estadísticamente significativas en 10 días de precocidad en la floración, mayor perímetro del pseudotallo, adecuadas concentraciones de N y K en hojas, mayor vigor y rendimientos, así como mayor eficiencia agronómica y económica en comparación a la obtenida con el manejo que venía haciendo el productor usando fertilizantes sólidos. Para el caso particular del manejo de esta finca, la fuente utilizada por el productor es sulfato de potasio cuya presentación es sólida, quizás sea por esto que la disponibilidad de K, dentro de ambas condiciones, a pesar de aplicar cantidades suficientes del fertilizante no logra subsanar las deficiencias de este elemento.

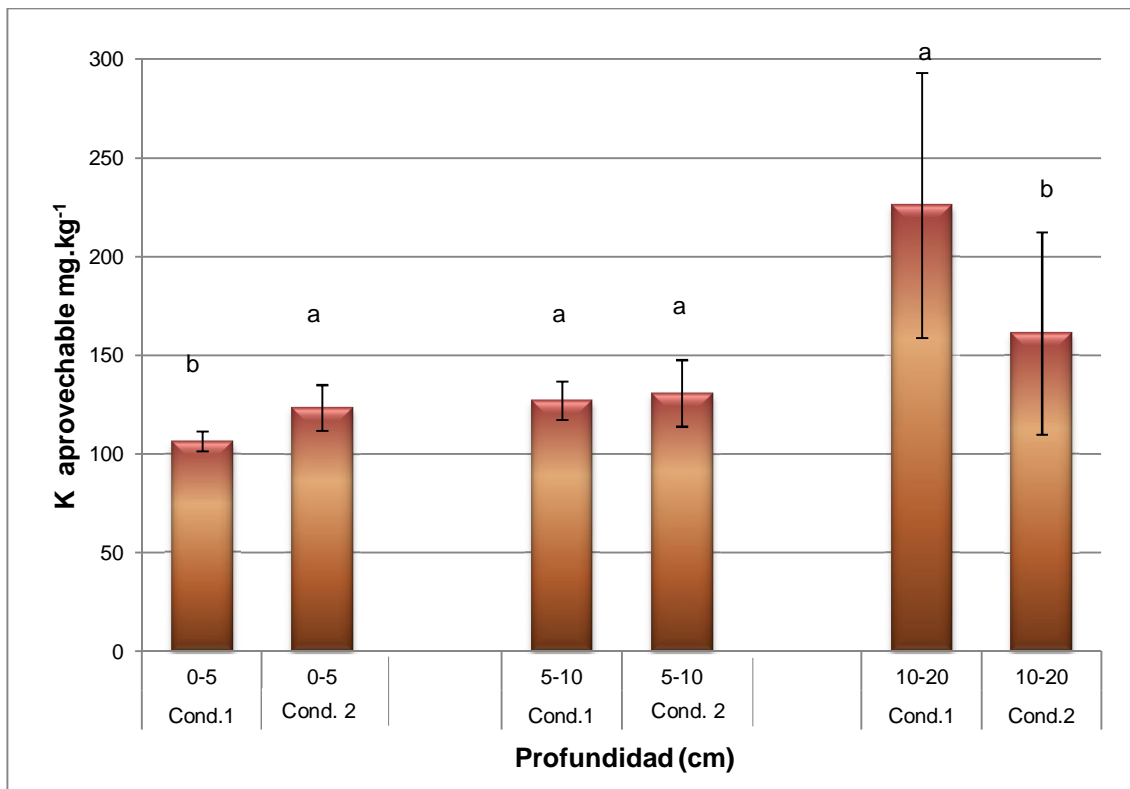


Figura 12. Contenido de Potasio (K) aprovechable (mg.kg⁻¹) del suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Por otra parte, Gauggel y Gauggel (2010), sugieren que en suelos salinos o salinos sódicos, la fertilización con K debe estar basada en sulfatos y no en cloruros. Es el caso, que en estos suelos, especialmente los de la condición 2 tienen una conductividad eléctrica entre 0,9 y 2 ds/m, lo que los cataloga como ligeramente o medianamente salinos. En ese sentido el manejo de la fertilización que se le da en la finca es adecuada, cuando se quiere evitar formaciones de calcio recalcitrantes como cloruros de calcio o de sodio.

Cruz (2011), en estudios previos en suelos lacustrinos sembrados con banano, hizo referencia a la deficiencia de N, S y K, así como de otros elementos, razón por lo cual implementó 4 planes de fertilización; usando fertilizantes a base de sulfatos de amonio, cobre y potasio combinados y en dosis fraccionadas en distintas etapas de desarrollo vegetativo del cultivo. Con este manejo se logró mejorar la productividad de la plantación con respecto al testigo (plan de fertilización del productor), en los 2 ciclos de evaluación, con relación a ciclos anteriores.

En el cuadro 11, se presentan los valores de algunos elementos menores contemplados en el análisis de fertilidad. Solo se encontraron diferencias

estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en una misma profundidad, entre los suelos para el Na, Fe, S, Mn, en todas las profundidades estudiadas, mientras el Zn mostró diferencias únicamente a los 10-20 cm y el Cu solo en los primeros 10 cm de profundidad. Las mayores diferencias, en los contenidos de todos los elementos fue principalmente en los primeros 5 cm, sugiriendo el efecto que pudiera tener la mayor presencia de necromasa que incide en la forma como se usan los fertilizantes y la actividad biológica descomponedora y mineralizadora de la MO (Cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de Magnesio (Mg), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn) (mg.kg^{-1}) presentes en el suelo de las condiciones bajo estudio.

Profundidades	Mg	Cu	Na	Fe	S	Mn	Zn	Ca
0-5 cm								
mg.kg^{-1}								
Condición 1	374,50(b) $\pm 29,23$	2,17(b) $\pm 0,41$	77,17(b) $\pm 9,39$	6,50(a) $\pm 1,38$	49,67(b) $\pm 7,94$	3,50(b) $\pm 1,24$	13,67(a) $\pm 2,07$	4434,0(b) $\pm 275,85$
Condición 2	512,17(a) $\pm 76,22$	9,67(a) $\pm 1,37$	126,67(a) $\pm 4,03$	2,67(b) $\pm 0,81$	297,0(a) $\pm 44,59$	4,33(a) $\pm 1,51$	12,17(a) $\pm 3,51$	5203,3(a) $\pm 749,08$
Media	443,33 $\pm 90,55$	5,92 $\pm 4,03$	101,92 $\pm 26,75$	4,58 $\pm 2,27$	173,33 $\pm 132,73$	3,92 $\pm 1,38$	12,92 $\pm 2,71$	4818,7 $\pm 671,61$
CV%	20,42	68,16	26,25	49,63	76,57	35,21	20,10	13,94
5-10 cm								
Condición 1	410,67(a) $\pm 112,87$	2,50(b) $\pm 0,55$	50,0(b) $\pm 9,57$	2,00(b) $\pm 0,63$	38,83(b) $\pm 17,13$	4,67(b) $\pm 1,37$	12,83(b) $\pm 1,72$	4949,3(a) $\pm 306,84$
Condición 2	346,67(a) $\pm 31,46$	7,33(a) $\pm 1,37$	131,50(a) $\pm 3,33$	3,33(a) $\pm 1,03$	439,33(a) $\pm 77,76$	8,33(a) $\pm 1,37$	15,33(a) $\pm 2,07$	4787,3(a) $\pm 405,12$
Media	378,67 $\pm 85,78$	4,92 $\pm 2,71$	90,75 $\pm 43,11$	2,67 $\pm 1,07$	239,08 $\pm 215,93$	6,5 $\pm 2,32$	14,08 $\pm 2,23$	4868,3 $\pm 352,92$
CV%	22,65	55,16	47,50	40,24	90,32	35,63	15,87	10,27
10-20 cm								
Condición 1	383,67(a) $\pm 64,21$	8,67(a) $\pm 1,21$	69,33(b) $\pm 7,42$	2,33(a) $\pm 0,52$	32,33(b) $\pm 2,74$	1,50(b) $\pm 0,55$	10,50(b) $\pm 1,98$	4685,3(a) $\pm 367,15$
Condición 2	354,67(a) $\pm 38,32$	8,50(a) $\pm 1,23$	127,17(a) $\pm 7,73$	1,50(b) $\pm 0,55$	352,17(a) $\pm 62,80$	6,33(a) $\pm 0,52$	24,0(a) $\pm 5,18$	5648,7(a) $\pm 1068,2$
Media	369,17 $\pm 52,64$	8,58 $\pm 1,17$	98,25 $\pm 31,06$	1,92 $\pm 0,67$	192,25 $\pm 176,12$	3,92 $\pm 2,58$	17,25 $\pm 7,98$	5167,0 $\pm 912,70$
CV%	14,26	13,57	31,61	34,88	91,61	65,74	46,25	17,65

Columnas con letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.05$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Sodio

El contenido de sodio (Na) es mayor en el suelo de la condición 2, para todas las profundidades evaluadas (Cuadro 11), lo cual se relaciona con la conductividad eléctrica encontrada en las tres profundidades de este suelo. Sin embargo, el

comportamiento del Na a lo largo del perfil del suelo en cada condición es distinto; en la primera condición el contenido de Na disminuye hasta los 10 cm y luego en la tercera profundidad, 10-20 cm, aumenta, llevando un patron similar al de la CE (Cuadro 9) en el perfil de suelo. Mientras que en la segunda condición su mayor valor ($131.50 \text{ mg.kg}^{-1}$) (Cuadro 11), lo presenta en la profundidad 5-10 cm, y al observar los valores de CE para el perfil dentro de esta condición el mayor valor lo registra la misma profundidad (CE 2.10 ds/m) (Cuadro 10). La concentración de este elemento y el comportamiento del mismo dentro del perfil de suelo pudieran estar influenciados por las variaciones de pH ($c=0.3665$), así como por la concentración de otros elementos como el P ($c=0.5392$) y el S ($c=0.7668$) (Anexo 5): Según Malavolta (2006) dichos elementos buscan remplazarlo al momento de la absorción por parte del sistema radical, dada la polaridad de la molécula.

Hierro

El contenido de hierro (Fe), resultó mayor en el suelo de la primera condición, específicamente en las profundidades 0-5 cm ($6,50 \text{ mg.kg}^{-1}$) y 10-20 cm ($2,3 \text{ mg.kg}^{-1}$), con una clara tendencia a disminuir a medida que se profundiza en el perfil (Cuadro 11). Las diferencias podrían atribuirse principalmente a cambios de pH entre los perfiles de suelos a una misma profundidad, debido a que en ambas condiciones los pH son superiores a 7 (Cuadro 9 y 10), siendo mucho más altos los pH encontrados en la segunda condición. Se encontró una alta correlación negativa ($c=-0.9757$) (Anexo 5) entre el Fe y el pH (superior a la neutralidad), lo cual corrobora lo expuesto por Casanova (2005) sobre que el Fe es poco disponible a pH superiores a 6.5.

Los contenidos de Fe son similares a los presentados por Sapucky (2007), para suelos con banano, encontrando este elemento con niveles de disponibilidad bajos con valores superiores a los $3,0 \text{ mg.kg}^{-1}$.

El cultivo de banano requiere extraer del suelo alrededor de 5 kg.ha^{-1} , según Lahav y Turner (1992). Como los niveles encontrados en las condiciones bajo estudio oscilan entre 0.005 y 0.008 kg.ha^{-1} , es sugerida la fertilización con el objetivo de cubrir las demandas del cultivo (Cuadro 11).

Azúfre

El azufre (S) es otro elemento importante para el desarrollo del cultivo de Bananos (*Musa AAA*). Este se presenta en cantidades distintas en las dos situaciones evaluadas, siendo el suelo de la segunda condición el que tiene mayores niveles de S

en todas las profundidades, con valores de 297,00; 439,33 y 352,17 mg.kg⁻¹, respectivamente. La distribución de este elemento en el perfil es irregular, aumentando en el segunda profundidad de suelo, a diferencia del suelo de la condición 1; donde la tendencia es a disminuir a medida que se profundiza en el perfil.

Las variaciones encontradas para el S dentro de las condiciones estudiadas, al igual que la de otros elementos, pudieran estar relacionadas principalmente con el pH ($c=0.3346$), dada la alta correlación encontrada en este estudio (Anexo 5). Casanova (2005) sugiere que el S, en un suelo con un pH ligeramente alcalino, como es este caso, favorece la disponibilidad del elemento. Por otra parte, su cantidad en el suelo viene modulada por los altos contenidos de MO presente en estos suelos (> 4%) (Cuadros 9 Y 10), correspondiendo los mayores valores de S a los suelos de la condición 2, donde se acumuló más MO.

Meléndez (2003) y Malavolta (2006) , señalan que la dinámica de los elementos N, P y S es el resultado de mecanismos y procesos donde se involucra a la BM como sumidero e importante fuente de nutrientes, mientras el proceso de descomposición es a la vez un proceso de síntesis microbiana dado a que la mineralización-inmovilización ocurren simultáneamente y es así como una fracción de la MO recicla los nutrimentos rápidamente y otra lo hace de forma lenta como la materia macroorganica, la fracción ligera y el humus, aunado a esto la influencia de otros factores climáticos, edáficos etc, que afectan la cantidad y calidad de la MO también afectan el ciclaje de nutrientes.

Los altos contenidos de este elemento pueden llegar a atribuirse al manejo de la fertilización en la finca, ya que en el plan de fertilización es contemplado el uso de fertilizantes a base de sulfatos. Gauggel y Gauggel (2010), señalan que la fertilización con S es esencial en el establecimiento del cultivo al igual que el monitoreo del elemento en la misma etapa. No obstante, los mayores contenidos de necromasa en el suelo 2, que favorecen una mayor cantidad de MO, puede estar incidiendo en las diferencias observadas, respecto a este elemento, entre ambos suelos, afectando positivamente la producción de banano.

Manganeso

Otro elemento que presentó mayores contenidos en el suelo de la condición 2 fue el Manganeso (Mn). Siendo superior en todas las profundidades (4,33; 8,33 y 6,33 mg.kg⁻¹, respectivamente). La tendencia del contenido de Mn dentro del perfil es a aumentar en la segunda profundidad para luego disminuir a mayor profundidad. El

nivel de disponibilidad del Mn es sumamente bajo, lo cual pudiera estar asociado a la poca disponibilidad del Mn en suelos con pH por encima de la neutralidad (Casanova, 2005), así como pudo verse afectado por la presencia de otros elementos más abundantes como es el caso del Ca lo cual dificulta que coexistan en el complejo de intercambio, caso contrario ocurre con elementos como el S ($c=0.5407$) (Anexo 5) y el Zn ($c=0.4197$) (Anexo 5) que podrían promover un mayor balance nutricional y formas más solubles del elemento Mn favoreciendo su posicionamiento en el complejo de intercambio, como lo señalan (López, 1999; Casanova, 2005 y Gauggel y Gauggel, 2010) (Cuadro 11).

Para que el banano tenga un óptimo desarrollo sin afectar su nivel de productividad, debe extraer aproximadamente 12 kg.ha^{-1} de Mn, según Lahav y Turner (1992). Sin embargo, los valores encontrados en estos suelos están alrededor de 0.007 kg.ha^{-1} , por lo cual se sugiere la fertilización con Mn para estos suelos.

Calcio

El contenido de calcio (Ca) resultó alto en ambas condiciones de suelo, tal y como era de esperarse debido al origen pedogenético de los mismos. Los valores fueron ligeramente superiores en el sistema productivo de la segunda condición hasta los 10 cm de profundidad ($5203,3$ y $5648,7 \text{ mg.kg}^{-1}$, respectivamente) (Cuadro 11). No obstante, solo hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en los primeros centímetros del perfil de suelo.

Es importante hacer mención a lo expuesto por Sapuky (2007), el cual al evaluar propiedades físicas en suelos lacustrinos bajo cultivo de banano pertenecientes a la finca donde fue realizada la presente investigación, éste encontró diferencias en la conductividad hidráulica saturada ($K_s \text{ cm.h}^{-1}$) dentro de lotes de producción, lo cual pudiera de algún modo influir en el comportamiento de los nutrientes dentro del perfil de suelo en cuanto a sus concentraciones algunos nutrimentos pudieran estar siendo perdidos por lixiviación, especialmente en aquella condición con valores altos de K_s . Las pérdidas de estos nutrientes podrían ser menores en situaciones donde a pesar de existir altos valores de K_s , también existen altos contenidos de MO como es el caso particular de la segunda condición.

Las mayores diferencias en los contenidos de nutrimentos entre los suelos bajo las condiciones 1 y 2 se encontraron en los primeros 5 cm de profundidad, posiblemente debido a las diferencias en los aportes de necromasa.

En la parte más baja de la depresión del lago de Valencia, los suelos calcáreos tienen una composición particular ya que se han formado sobre los sedimentos límnicos dejados por el lago en etapas de regresión, en estos suelos se observan a simple vista caparazones de moluscos (conchas de caracoles) de distintos tamaños en el perfil de suelo. Dichos moluscos están compuestos de un mineral de carbonato de calcio denominado aragonita, cuya formación no es realizada de manera espontánea por las condiciones ambientales de temperatura y presión, esta es sintetizada a partir de la participación de los organismos presentes en el suelo. Es entonces como producto del proceso de pedogénesis, que ocurre en estos suelos, como parte de la aragonita que se ha disuelto y que ha precipitado en forma de calcita que se producen estos altos niveles de Ca (Casanova, 1994). Gauggel y Gauggel (2010), indican que en suelos con suficiente Ca, se pueden llegar a presentar deficiencias de este elemento como consecuencia de un alto contenido de humedad relativa ya que el Ca no es absorbido por las plantas cuando esta situación se presenta y por tanto debe cuidarse este aspecto.

Reyes (1999) evaluó las relaciones del estado nutricional y propiedades del suelo con el rendimiento del banano 'Pineo Gigante' (*Musa AAA*) en suelos de la Serie Maracay, indicando que altas concentraciones de Ca en el suelo limitan la absorción de otros cationes, como por ejemplo Mn y Fe; de igual modo, el Na contribuye a incrementar los desequilibrios nutricionales en el suelo y la planta.

Durante algún tiempo el uso de análisis simultáneos que permiten un plan de fertilización integral que conlleve a descartar cualquier tipo de deficiencias sirven de marco referencial para establecer planes de fertilización a corto y mediano plazo, tal y como es el caso de los análisis de suelos y foliar, los cuales reflejan de manera global el estado nutricional de las plantaciones de banano; siendo particularmente el análisis de suelo, el que permite organizar la estrategia a mediano plazo de corrección y ajuste nutricional de nutrientes, mientras que el análisis foliar funciona como indicador, a corto plazo de ajustes necesarios en la estrategia de fertilización (Vélez, 1998).

El análisis foliar ayuda a discernir entre las deficiencias de nutrimentos; por ejemplo las deficiencias provocadas por N y Cu o más importante aún, cuando existen múltiples deficiencias. Es por ello que el análisis de tejidos se proyecta como alternativa precisa de la mano del análisis de suelo capaz de definir el estado nutricional de las plantas, aunado al hecho de la existencia de una alta y consistente correlación entre la concentración de los nutrimentos esenciales en los tejidos de las plantas y los rendimientos alcanzados (Solórzano, 2001).

En líneas generales el área contemplada por los lotes, presenta suelos Molisoles y Entisoles, lo cual por las características propias de estos órdenes de suelo, pudiera promover buenas aptitudes tanto en las propiedades físicas, químicas como biológicas; lo que aunado al uso de prácticas agronómicas apropiadas ayudarían en el buen desarrollo del cultivo de Banano (*Musa AAA*). Sin embargo, un análisis detallado de los nutrientes del suelo muestra algunas carencias diferenciales entre ambas condiciones de suelo que pueden estar incidiendo en la condición nutricional de los bananos y en sus rendimientos.

Los resultados indican que ambas condiciones cuentan con un nivel de fertilidad natural aceptable para el desarrollo del cultivo de Banano (*Musa AAA*), con ciertas limitaciones para algunos elementos a causa del pH ligeramente alcalino y a la alta presencia de carbonatos los cuales por estar en gran proporción compiten por así decirlo, por un puesto con otros elementos en el complejo de intercambio, lo cual pudiera interferir en la fijación de algunos elementos en el volumen de suelo, así como en la absorción por parte de las plantas de otros elementos esenciales para su nutrición.

La importancia que tiene para el cultivo la implementación de planes de fertilización adecuados puede verse reflejada en algunas experiencias como las realizadas por Brasil *et al.*, (2000), quienes evaluaron en el cultivar Pionera (*Musa spp*), diferentes planes de fertilización con N y K de forma individual y su combinación, logrando obtener mejoras significativas en el vigor de la plantación, específicamente en la altura de la planta.

Así mismo Casanova y Rivero (2006), al evaluar fuentes alternativas de fertilizantes con el método de fertirrigación en suelos lacustrinos, reportan diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) para las variables perímetro del pseudotallo (75 cm), número de manos por racimo entre 7,7 y 10,3, y rendimientos entre 67,0 y 85 Mg.ha⁻¹ para los tratamientos aplicados con Sulfato de amonio granulado y fertilizantes líquidos Tiosulfato de amonio y Tiosulfato de potasio.

Colque *et al.*, (2006) con el objetivo de validar los beneficios productivos y económicos de la fertilización nitrogenada y potásica en la producción de bananos, recomendada por el Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria IBTA/Chapare, compararon fincas en las cuales se utilizaron dosis de fertilizantes (200 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ y 400 kg K₂O ha⁻¹ año⁻¹, fraccionados en 12 aplicaciones por año) más labores culturales, contra fincas testigos (adyacentes) que no fertilizaron. Los resultados de las variables

peso de racimo y número de manos por racimo, mostraron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$), al comparar las fincas de validación con las testigos y entre localidades. Para el número de dedos en la segunda mano, sólo encontraron diferencias estadísticas entre localidades. Mientras el análisis para la variable conversión (rendimiento/fertilizante) fue significativo entre tratamientos y en la interacción por localidad, el incremento promedio de la conversión fue del 17% comparado con las fincas testigos. Los ingresos netos de las fincas manejadas con tecnología propuesta por IBTA/Chapare y fincas testigo fueron de 1098 y 706 \$US respectivamente.

Cruz (2011), al evaluar el manejo de la fertilización con 4 dosis fraccionadas de N, P, K, Cu, Fe, Mn, en el cultivo de banano de suelos lacustrinos, encontró valores para el perímetro del pseudotallo de hasta 72 cm, y una altura de plantas de 280 cm, con un número de manos por racimo de 9,48, siendo el peso del racimo de 35,33 kg, para tener rendimientos promedios de 63,59 Mg.ha⁻¹.

Con lo señalado en estos estudios y en la presente investigación se desprende la importancia de hacer un análisis de fertilidad integral de suelo y plantas para un manejo eficiente de la fertilización del cultivo de banano, que puede estar basada en la combinación de fertilizantes inorgánicos en presentaciones y dosis adecuadas con abonos orgánicos que fomentan la MO, la cual a su vez modula la liberación, uso y conservación de los nutrientes en el suelo, tanto los que provienen de la MO como los que son añadidos por fertilización.

5.- Fracciones de la MO y la actividad biológica del suelo

Biomasa Microbiana

La biomasa microbiana es una de las fracciones más lábiles de la MO y a su vez define, con su actividad metabólica, la condición de fuente/sumidero de nutrimentos que ocurre en el suelo. Se pudo observar que en todas las profundidades evaluadas, el suelo de la condición 2, se encontraron los mayores valores de C de la biomasa microbiana (CBM) y N de la biomasa microbiana (NBM). El comportamiento en el perfil de suelo de ambas condiciones, tanto para el CBM como para NBM, fue similar, tendiendo a disminuir a medida que se profundiza en el perfil (Figura 13). Se encontraron que las diferencias estadísticas eran altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los dos suelos, tanto para el contenido de CBM como para el NBM, en todas las profundidades evaluadas (Figura 13), lo cual podría estar asociado a que en la primera condición existe menor acumulación de CO (Figura 19), y mayor relación de CAH/CAF

(Cuadro 15) en el suelo, evidenciando una mayor proporción de compuestos orgánicos de más difícil descomposición (Figura 19). La alta correlación negativa encontrada entre esta relación y el CBM ($c=-0.7002$) (Anexo 6) apoyan este argumento. Los valores de CBM y NBM encontrados en la presente investigación, si bien están en el rango que se reporta en la literatura, fueron un poco más altos que los encontrados para suelos aluviales con producción bananera por Pedraza *et al.*, (2011), donde los valores de CBM oscilaron entre 40-80 mg.kg^{-1} y el NBM entre 4-10 mg.kg^{-1} . Sin embargo, al ser una fracción muy activa y sensible a diversos factores ambientales, pueden presentarse diferencias por este motivo. Valores similares a los de esta investigación reportaron García y Rivero (2008) en suelos de la Cuenca del Lago de Valencia, a los que se les aplicó lodo papelerero en dos dosis (10 y 15 Mg.ha^{-1}), en comparación a un suelo que no se le aplicó lodo. Los autores destacaron el incremento del contenido de CBM y de la respiración basal para el suelo donde se aplicaron 10 Mg.ha^{-1} de lodo papelerero.

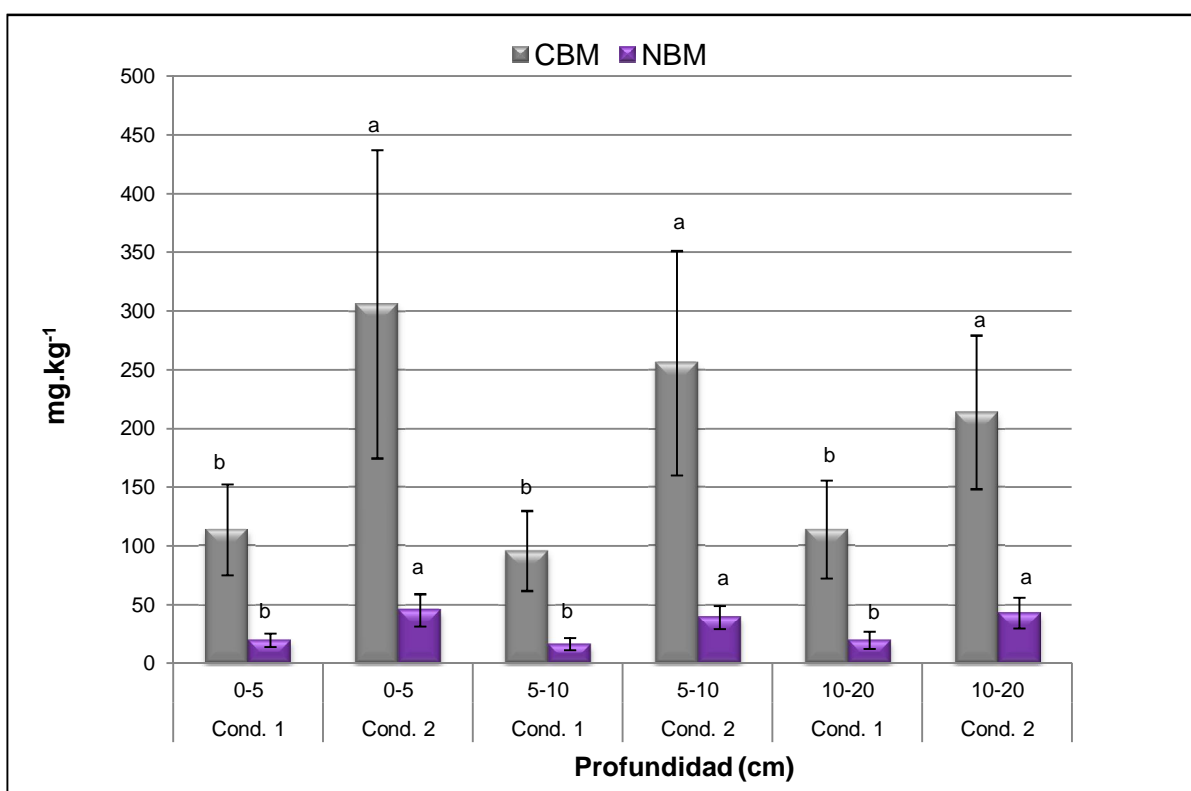


Figura 13. Contenido de carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana (mg.kg^{-1}) del suelo presentes en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

En el Cuadro 12, se presenta las relaciones C/N de la biomasa microbiana (CBM/NBM), cuyos valores son considerados bajos (Ladd *et al.*, 1981), En tal sentido se puede inferir a pesar que la presente investigación no contemplo el estudio detallado de la comunidad microbiana a través de metodologías más específicas como

la de fosfolípidos, y tomando como referencia los valores propuestos por Six *et al.*, (2006), Strickland y Rousk (2010) y Holtkamp *et al.*, (2011) la existencia del predominio de la masa bacteriana en las comunidades. Los rangos encontrados en estas relaciones están dentro del reportado en la literatura (Jenkinson y Powlson, 1981; Acuña *et al.*, 2006). Al encontrarse diferencias entre los dos suelos, indica que aparentemente la estructura de la comunidad microbiana es similar, pero posiblemente sus funciones metabólicas pueden ser no necesariamente iguales.

Cuadro 12. Relación carbono de la biomasa microbiana/ nitrógeno de la biomasa microbiana (CBM/NBM) presentes en las condiciones bajo estudio.

Condiciones	Profundidad (cm)	Relación CBM/NBM
Cond. 1	0-5	5.66
	5-10	5.73
	10-20	5.72
Cond. 2	0-5	6.73
	5-10	6.48
	10-20	4.95

CBM: Carbono de la biomasa microbiana; NBM: nitrógeno de la biomasa microbiana

A través de la biomasa microbiana (BM) se transforma todos los residuos orgánicos que entran al suelo, por ello su importancia como fuente sumidero de nutrimentos. La BM tiene la particularidad de encontrarse en constante procesos de transformación y juega un papel fundamental en el ciclaje de nutrimentos actuando como fuente durante la mineralización de los elementos o sumidero durante la inmovilización de los elementos en el suelo, En este caso donde las relaciones C/N de la necromasa son altas (>30) tenderá a ocurrir primero inmovilización microbiana del N, mientras se metabolizan los compuestos orgánicos para obtener energía (uso de C). Sin embargo, como se está añadiendo también fuentes inorgánicas de N, este proceso puede verse equilibrado con mineralización de N y C hacia la solución del suelo que puede ser aprovechado por el cultivo. El hecho que haya mayor biomasa microbiana en el suelo 2, puede activar aún más el proceso de inmovilización-mineralización neta de N en el suelo. Otros elementos presentes en los compuestos orgánicos y en los fertilizantes inorgánicos también se ven afectados por la actividad biológica de la biomasa microbiana, entre ellos el P y el S. No obstante, los microorganismos tienen mayor preferencia por el N>P>S, además que de estos elementos, es el N el que tiene en su ciclo biogeoquímico una relación mucho más directa con el del C. Aún así, conculda que en el suelo de la condición 2, donde se encuentra más biomasa microbiana, también hubo más CO₂, N, P y S, lo cual incide en la mayor producción del banano encontrada.

Por otra parte la BM contribuye con la agregación del suelo, lo cual también se refleja en una mayor estabilidad estructural dentro de la condición 2 (Cuadros 9 y 10), comportándose como un indicador ideal de la calidad de suelo por ser sensible a los rápidos cambios que ocurren en la MO bajo diferentes prácticas de manejo (Meléndez, 2003; Zagal y Córdova, 2005).

Acuña *et al.*, (2006) estudiaron la salud de los suelos bananeros a través de parámetros microbiológicos usando las determinaciones de la biomasa microbiana, su actividad metabólica y el conteo de las poblaciones microbianas más importantes de la microflora del suelo, así como los índices de mineralización y cociente metabólico, en seis fincas comerciales de banano de la zona atlántica de Costa Rica. Dicho estudio relacionó estas variables con parámetros de vigor de plantaciones bananeras, observando en primera instancia un comportamiento normal, en donde los suelos con plantaciones de mayor vigor o productividad fueron los que presentaron mayores poblaciones de microorganismos y una actividad metabólica más eficiente con respecto a los demás suelos de las fincas estudiadas. Además, tras las correlaciones existentes, llegaron a determinar que en los suelos de mayor contenido en MO, la mineralización era menor, posiblemente debido a la acumulación del sustrato orgánico y el carácter recalcitrante del mismo que favorece la inmovilización de elementos esenciales, como resultado del uso y manejo convencional de la unidad productiva, por lo cual corroboraron que los parámetros biológicos son buenos indicadores de la calidad del suelo en estos agroecosistemas.

El análisis de la validez de los bioindicadores para distinguir entre sistemas de producción de banano, también fue realizado por Gulino y Pattison (2006), quienes demostraron que en distintas zonas de producción en Australia, los niveles de actinomicetos y bacterias, junto con su diversidad eran bioindicadores que discriminaban entre la intensidad de los sistemas de producción en banano en Australia. Los investigadores señalan que cada indicador no funciona en distintas zonas de la misma manera, es decir para el caso puntual de ese estudio los hongos no reflejaron bien los cambios, por lo cual no son bioindicadores adecuados, es por ello que indican que el bioindicador debe ser escogido apropiadamente para reflejar la naturaleza de los cambios puntuales en el sistema de producción de banano.

Respiración Basal

La respiración basal es un indicativo de la actividad biológica aeróbica del suelo, dada por los microorganismos en condiciones basales. La producción de CO₂ mostrada en

la Figura 14, refleja una mayor respiración microbiana en el suelo de la condición 2, con valores significativamente superiores ($p \leq 0.05$) de 241.08; 188.32; 198.66 $\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$, para las tres profundidades estudiadas, 0-5, 5-10 y 10-20 cm, respectivamente. La respiración basal en ambos suelos tienden a disminuir ligeramente a medida que se profundiza en su perfil, siendo significativamente mayor en los primeros 10 cm, para ambas condiciones. Por otra parte, hubo una alta correlación entre esta variable y el CBM ($c=6853$) y el NBM ($c=0.8112$) (Anexo 6), lo que pudiera indicar, que no solo existe una mayor masa de microorganismos dentro de la segunda condición (Figura 13) más activa fisiológicamente en el uso del C como fuente de energía, sino que en ese proceso es además más eficiente en la transformación del N. La respiración basal se comportó de forma similar en el perfil de suelo a como lo hicieron el CBM y el NBM.

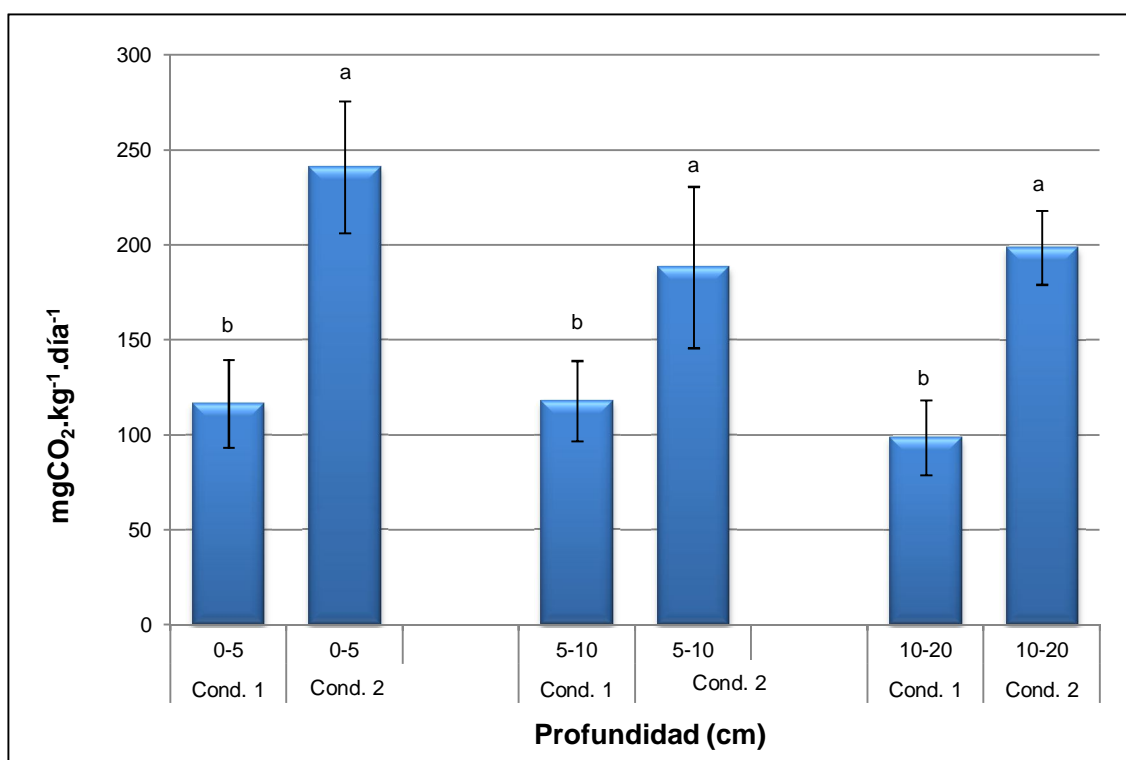


Figura 14. Respiración Basal ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$) del suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Autores como Sánchez *et al.*, (2005) en sus investigaciones señalan el efecto que tienen variables como la altitud, la temperatura, la humedad, la precipitación y las características físicas y químicas de los suelos sobre los cambios en la biomasa microbiana y en la respiración basal, señalando que las mismas se ven afectadas significativamente por la altitud. En tal sentido encontraron que a mayor altitud

mayores fueron la BM y la RB, debido a los cambios que se producen tanto en la temperatura, como en la humedad, entre otros.

La incorporación al suelo de residuos u abonos orgánicos logra un incremento de la biomasa microbiana y de la respiración basal, tal y como lo muestran investigaciones realizadas por García y Rivero (2008). En las mismas los autores midieron el efecto sobre la actividad microbiana al incorporar lodo papelerero en un suelo Fluventic Haplustolls tratado con dosis equivalentes a 10 y 15 Mg. ha⁻¹ de lodo incubado por un período de 100 días. Encontrando que la incorporación de lodo papelerero indujo modificaciones significativas en la biomasa microbiana y su actividad mineralizadora como consecuencia de su descomposición. Siendo este efecto observado en los primeros 20 días a partir de la incubación, con una mayor respuesta de estas variables cuando se usó la dosis de 10 Mg. ha⁻¹. En la presente investigación el plan de fertilización contempla el uso de fuentes orgánicas como estiércol con dosis fraccionadas durante todo el ciclo. Si bien la cantidad aplicada a ambas condiciones fue la misma, la respuesta por parte de la comunidad de microorganismos no lo fue, puesto que se produjo más CO₂ en el suelo de la condición 2. En ese sentido, otros factores como mayor contenido de CO, mayor cantidad de necromasa con aporte de C y nutrientes en forma orgánica, aparte de posibles diferencias en temperatura y humedad en el suelo, por la presencia de una mayor necromasa cubriendo la superficie, podrían ser determinantes en el comportamiento de los microorganismos dentro de cada condición.

Dos relaciones que expresan la eficiencia metabólica de los microorganismos del suelo son la relación CBM/CO y el coeficiente metabólico qCO₂ (CO₂/CBM). La primera señala el porcentaje de CO que está como biomasa microbiana y es un índice de eficiencia de uso de CO por los microorganismos. Es evidente la diferencia significativa entre los suelos de distintas condiciones. El suelo 2 tiene mayor eficiencia microbiana en el uso del CO (0,85%), especialmente en los primeros 10 cm de profundidad (Cuadro 13). Los resultados mostrados para esta relación, se corresponden con los evaluados en este trabajo a través del contenido de CO, del resto de las fracciones químicas y de los índices de calidad de suelos como lo son CBM, NBM, COT, RB.

El otro índice metabólico (qCO₂), que relaciona la cantidad de CO₂ producido por unidad de biomasa microbiana generada, fue mayor para la primera condición, por lo cual se puede inferir que hay estrés por parte de la comunidad microbiana, es decir que en el proceso de descomposición y mineralización microbiana se produce más

CO₂ que biomasa microbiana, lo cual pudiera atribuirse a la presencia de un sustrato orgánico de más difícil descomposición, cabe destacar que esta condición existe una mayor relación CAF/CAH (Cuadro 14) o por un estrés ambiental que afecta la acción microbiana del suelo 1. Ambos índices CBM/COT y qCO₂, conducen a señalar que las comunidades microbianas del suelo 1 son menos eficientes en el uso del CO para su síntesis microbiana (Cuadro 13).

Cuadro 13. Relación carbono de la biomasa microbiana CBM/COT y coeficiente metabólico (qCO₂) en las condiciones bajo estudio.

Condiciones	Prof. (cm)	(CBM/COT)*100	qCO ₂
Condición 1	0-5	0.44	1.09
	5-10	0.34	1.23
	10-20	0.38	0.86
Media		0.39	1.06
Condición 2	0-5	0.92	0.79
	5-10	0.90	0.74
	10-20	0.72	0.93
Media		0.85	0.82

CBM: carbono de la biomasa microbiana, COT: carbono orgánico y qCO₂: coeficiente metabólico.

Respiración Edáfica

La respiración edáfica es una variable ecosistémica que da un estimado indirecto de la productividad del agroecosistema, puesto que encierra la producción de CO₂ del suelo que proviene de la masa de microorganismos, de la fauna del suelo, las raíces, y en este caso de suelos con carbonato de calcio, de la transformación química del C inorgánico. En la Figura 15, se muestra la comparación de la respiración edáfica entre los suelos de cada condición de producción. Se encontró que el nivel de respiración resultó significativamente mayor ($p \leq 0.05$) para la condición 2 (619.77 mgCO₂.m².h⁻¹). Al parecer la intensidad con que trabajan los microorganismos es mayor en la segunda condición, lo cual se deduce de la mayor RB (Figura 14), los mayores contenidos de CO (Figura 19) y CBM (Figura 13). No obstante como la respiración edáfica implica la respiración de las raíces, es posible que refleje una mayor masa de raíces en este agroecosistema, lo cual pudiera esperarse si se considera que bajo esta condición hay una mayor producción del cultivo. Tampoco debe descartarse una mayor presencia de carbonato de calcio en estos suelos que coadyuvaría en la mineralización del C. Por otra parte, este resultado puede estar asociado a una mayor cantidad de necromasa presente en la condición 2 (2.07 Mg.ha⁻¹.año⁻¹), así como a otras variables

mencionadas por varios autores en otros sistemas de cultivo, como humedad del suelo, vientos, radiación solar, las cuales aunque no fueron medidas en este estudio, son señaladas como influyentes en la respuesta de la respiración edáfica (Hernández *et al.*, 1995; Murcia y Ochoa, 2008).

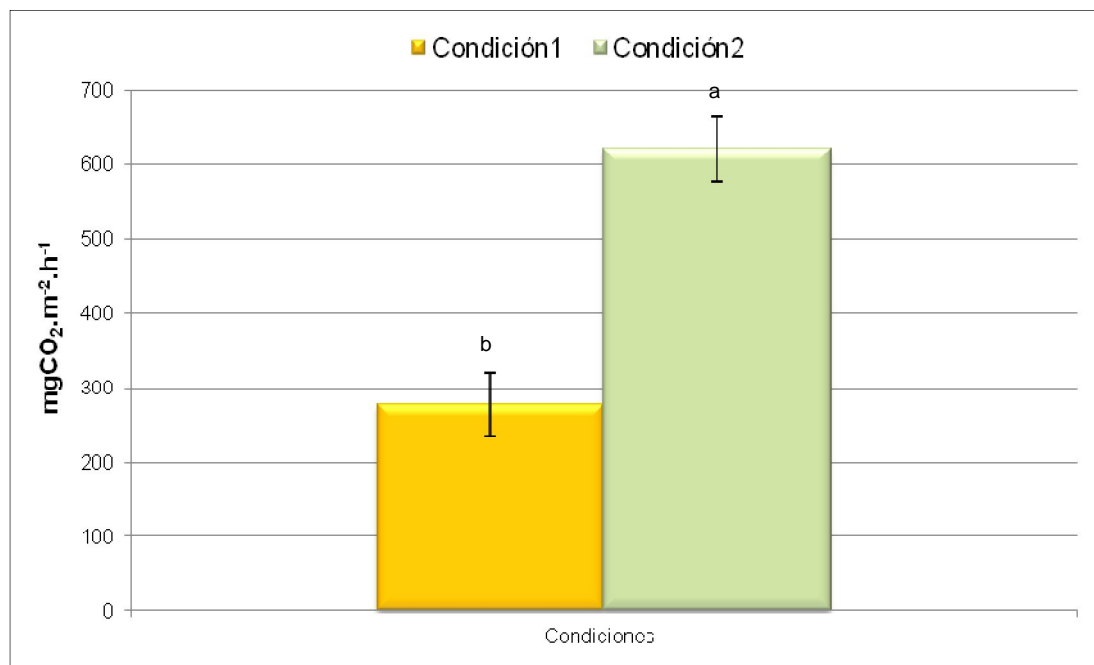


Figura 15. Respiración edáfica (mgCO₂.m².h⁻¹) registrada en la superficie de suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

En relación a los últimos factores señalados, las variables climáticas como la radiación solar y la velocidad del viento son mencionadas por Murcia y Ochoa (2008), como causantes de cambios en la biomasa microbiana, en especial de su actividad a través de la respiración basal. Ellos señalan que las tasas de respiración disminuyeron al ser afectadas en horas diurnas por el aumento de la evaporación, producto de la alta radiación solar y de la velocidad del viento, en suelos con pastizales en Colombia. La manera en como estas variables climáticas pudieran haber incidido sobre los resultados de la respiración encontrados en la presente investigación, pudiera explicarse a través de las diferencias en las densidades de siembra presentes en las condiciones bajo estudio, debido a los cambios que acarrea en la incidencia de los rayos solares sobre el suelo y de la velocidad con que el viento circula sobre la superficie de éste. En un dosel de la plantación que sea más cerrado debería de esperarse menor incidencia de los rayos solares y menor velocidad del viento y por ende una menor evaporación, tal y como pudiera estar sucediendo sobre la segunda condición donde existe una mayor expresión del vigor de la plantación así como una

densidad de siembra resulto en 200 plantas. ha⁻¹, al momento del muestreo superior a la densidad de siembra presente en la primera condición.

Fracciones de la materia macroorgánica

El fraccionamiento físico de la materia macroorgánica (MMO), por tamaño y densidad, usando LUDOX, permitió obtener tres fracciones que variaron en densidad; la fracción ligera (FL), la intermedia (FIM) y la pesada (FP). La proporción de estas fracciones era distinta en las profundidades de los suelos para ambas condiciones. Todas las fracciones macroorgánicas resultaron superiores en la segunda condición. Para las profundidades de suelo 0-5 y 5-10 cm, la FL mostró valores de 0,44 y 0,49 %p/p, la FIM de 1,5 y 0,79 %p/p y FP de 2,93 y 1,98 %p/p, respectivamente (Figura 16). Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para la FL, FIM y FP en todas las profundidades estudiadas entre ambas condiciones de suelo (Figura 16).

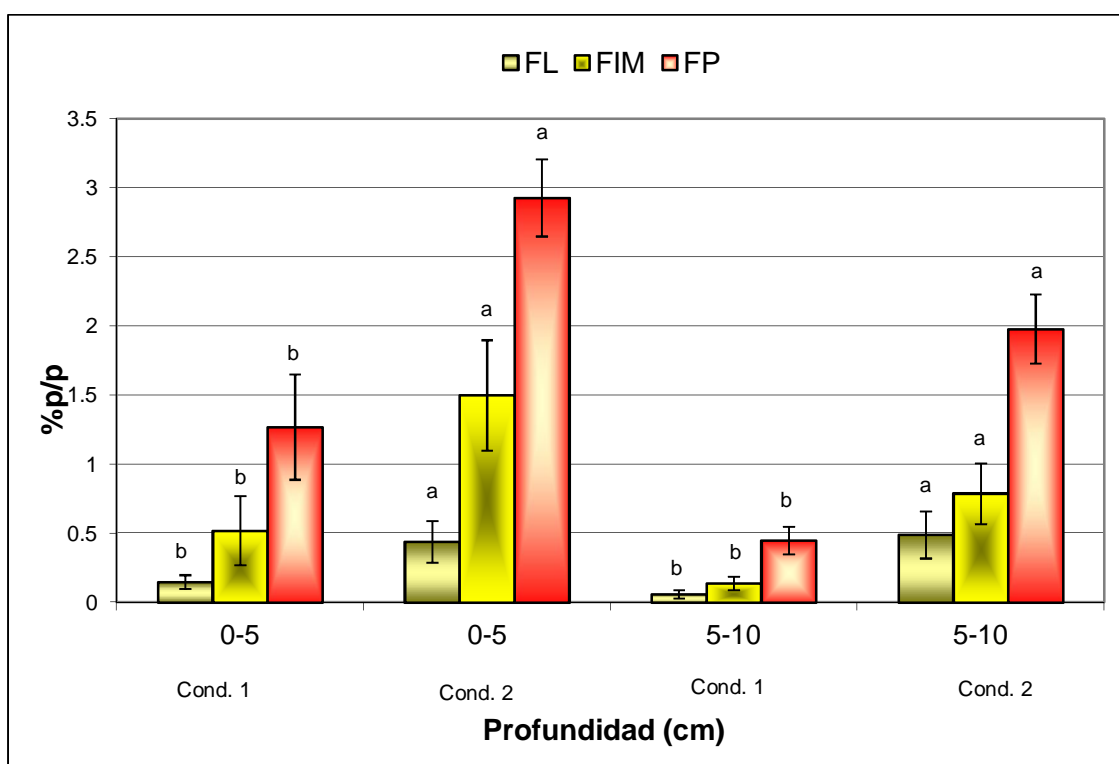


Figura 16. Fracciones físicas (Fracción ligera (FL); Fracción intermedia (FIM) y Fracción pesada (FP) (%p/p) de la materia orgánica presentes en el suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Además es necesario destacar que independientemente de la condición del suelo, siempre la FP, fue superior sobre la FIM y ésta a su vez mayor que la FL. Este patrón de distribución significa que en las plantaciones de banano, la MMO generada tiende a

ser más pesada, o más transformada, de manera que los residuos orgánicos rápidamente se van transformando en formas más humificadas, esto especialmente sucede en la condición 2, lo cual se demuestra al observar, para esta condición, una mayor producción de biomasa de la necromasa (Figura 9), así como también una mayor masa de microorganismos evidenciada por los altos contenidos de CBM y NBM (Figura 13), así como una mayor actividad por parte de los microorganismos del suelo (Cuadro 13).

Por otra parte, los resultados encontrados en las fracciones físicas se corresponden con los obtenidos en algunas variables medidas anteriormente; como la cantidad de necromasa y el contenido de CO de la necromasa, los cuales resultaron ser superiores en la segunda condición (Figura 10 y Cuadro 8), contribuyendo de forma directa en el aporte de mayor cantidad de material a ser descompuesto y por ende una mayor proporción de MMO a ser transformada. Es así como la acción de una mayor y eficiente masa de microorganismos, por su acelerada actividad, puede llegar a transformar rápidamente la MMO a fracciones físicas de la misma mucho más estables como FIM Y FP, que aunque se encuentran en forma libre son más recalcitrantes que la FL.

Algunos autores como Christensen (1992), señalan como valor referencial de MMO en suelos cultivados, usando como medio de separación por densidad el NaI, que la FL no llega a superar los 4 %p/p, similar a lo encontrado en este trabajo con densidades para FL un poco menores ($<1.13 \text{ g. cm}^{-3}$). No obstante, hay rangos reportados por Zagal *et al.* (2002) los cuales oscilan entre 3 y 82 %p/p de FL en suelos cultivados con bananos. Ambos estudios, utilizaron un medio de separación distinto al utilizado en la presente investigación, sin embargo, los valores encontrados por estos investigadores sirven como referencia a la FL encontrada para suelo bajo cultivo de banano.

Según Caballero (2011), la cantidad de cada una de las fracciones físicas de la MMO así como la dinámica del CO presente en las mismas, se ve determinada por el uso de la tierra en especial en los suelos bajo cultivo, dado los cambios que se presentan en los aportes de biomasa superficial o necromasa y al grado de recalcitrancia de los compuestos presentes en la misma. Un ejemplo de ello lo constituye la investigación de esta autora sobre el cambio de uso del suelo de una sabana natural a un cultivo como el Maíz (*Zea mays*), asociado con dos tipos de cobertura *Brachiaria dyctioneura* (*Bd*) y *Centrosema macrocarpum* (*Cm*), bajo cuatro tratamientos de fertilización y un testigo de vegetación natural (VN). En el trabajo se encontró que luego de cuatro 4 años del establecimiento de las coberturas se produjo un aumento significativo de la

MMO, reflejando que las coberturas y el tipo de compuestos presentes en ellas, influyeron en el aumento del volumen de determinadas fracciones de la MMO. De esta manera la Bd logró un aumento de la FL en comparación con Cm y VN, donde se vieron favorecidas las fracciones FIM Y FP, debido al grado de recalcitrancia del material particulado aportado por la necromasa bajo estas condiciones. Es importante hacer mención, que la separación de estas fracciones fue realizada utilizando como medio de separación el LUDOX.

Es importante destacar que en la presente investigación, el método utilizado para la separación de las fracciones físicas del suelo, muestra ser hasta ahora el más sensible en cuanto a la separación de las distintas fracciones de la MMO, debido a que no solo separa la fracción por tamaño de partícula, sino que también lo hace por densidad a tres densidades muy específicas. Sin embargo, para el caso particular de estos suelos se considera que la metodología no logra estimar eficientemente la fracción macroorgánica debido a la alta presencia de caracolillo, lo cual afecta directamente el peso de las fracciones una vez separadas, ya que si bien el caracolillo forma parte de la matriz del suelo no se considera MMO y su presencia puede hacer que se sobreestimen las fracciones físicas.

En la Figura 17, se aprecia la distribución del contenido de CO en las fracciones de MMO según la profundidad, en los suelos 1 y 2. El contenido de CO de la FL a la profundidad de 0-5 cm, mostró ser superior para la segunda condición; con valor de $24,2 \text{ g.kg}^{-1}$. Mientras para la profundidad 5-10 cm, el contenido de CO en la FL resultó mayor para la condición 1; con valor de $27,3 \text{ g.kg}^{-1}$. La FIM, presentó contenidos de CO de $18,5 \text{ g.kg}^{-1}$ para la profundidad de 0-5 cm, resultando mayor en la primera condición y similar al contenido de CO de la FIM con valor de $17,9 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 17). Por otra parte, el CO para la FP, osciló entre $12,5$ y $9,3 \text{ g.kg}^{-1}$, para la profundidad de 0-5 cm, en las condiciones 1 y 2, respectivamente, siendo mayor el valor de CO encontrado en la condición 1. El CO a los 5-10 cm de la FP resultó muy superior en la condición 1 con $12,4 \text{ g.kg}^{-1}$ (Figura 17). Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) y significativas ($p \leq 0.05$) entre los contenidos de CO en las diferentes fracciones MMO FL, FIM y FP para todas las profundidades estudiadas, a excepción del CO de la FIM para la profundidad de 0-5 cm. Cabe destacar que contrario a la distribución de las fracciones MMO, el contenido de CO en las mismas sigue el siguiente orden decreciente $FL > FIM > FP$.

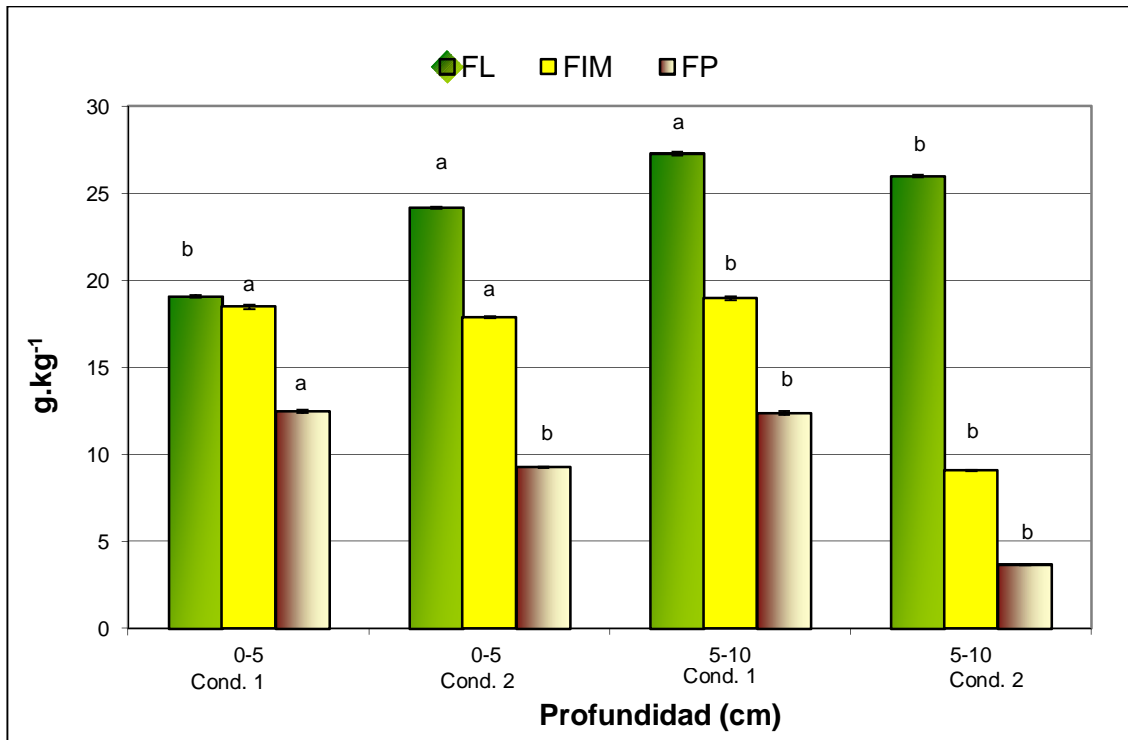


Figura 17. Contenido de carbono orgánico (CO) (g.kg⁻¹) presentes en las fracciones físicas del suelo en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

En general el contenido de CO se encontró asociado principalmente a las fracciones ligera e intermedia, en comparación con la FP, en ambas condiciones para las dos profundidades estudiadas (0-5 y 5-10 cm). De esta manera se puede señalar que el CO más abundante en la fracción MMO es más bien poco estable y de más fácil degradación. Sin embargo, si estos contenidos de CO se ponderan con la cantidad de cada fracción MMO existente en los suelos, el comportamiento es distinto ya que se aporta más CO en forma más estable de la MMO, especialmente por el aporte que hace la FIM y la FP.

En otro orden de ideas, se encontró una alta correlación entre la biomasa microbiana, en especial entre el CBM con las diferentes fracciones de MMO; FL ($C=0.7530$), FIM ($c=0.6270$) y FP ($c=0.7409$) y entre el NBM con las mismas fracciones ($c=0.7510$), ($c=0.6667$) y ($c=0.8111$), respectivamente (Anexo 6). Estos resultados corroboran que todos los residuos orgánicos que entran al suelo son transformados por la biomasa microbiana, actuando en la dinámica del CO en las diferentes fracciones, en especial sobre las fracciones más lábiles como la FL y la FIM (Figura 17).

Materia orgánica de los macro y microagregados

Como se pudo observar en los cuadros 9 y 10, se encontró una predominancia en ambos suelos de macroagregados (>250mm), siendo significativamente mayores los

valores en la segunda condición; 89,25 y 84,23 %p/p para las profundidades 0-5 y 5-10cm, respectivamente. Los microagregados (<250 mm) si bien están en menor proporción, su porcentaje es superior en los suelos de la condición 1 y oscilan entre 21,43 y 23,49 %p/p para las profundidades evaluadas. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) y significativas ($p \leq 0.05$) para el porcentaje de agregados >250 y <250mm en las profundidades 0-50 y 5-10 cm de las condiciones bajo estudio.

Los resultados indican que el suelo presente en la condición 2 muestra una mayor estabilidad estructural comparada a la del suelo de la condición 1, esto puede estar asociado al mayor contenido de MO y a su acción como agente segmentante entre los agregados que ha sido reiteradamente señalada en la literatura (Ruiz, 1997; Cabria *et al.*, 2002). Igualmente incide que el CBM es mayor en el suelo de la condición 2, siendo estos organismos más eficientes en las transformaciones del C, razón por la cual es de esperarse que al ocurrir una mayor transformación de la materia macroorgánica, esta a su vez pase a formas más estable y por acción de los microorganismos a formas más recalcitrantes como la materia orgánica asociada a los complejos organo- mineral o agregados <250mm.

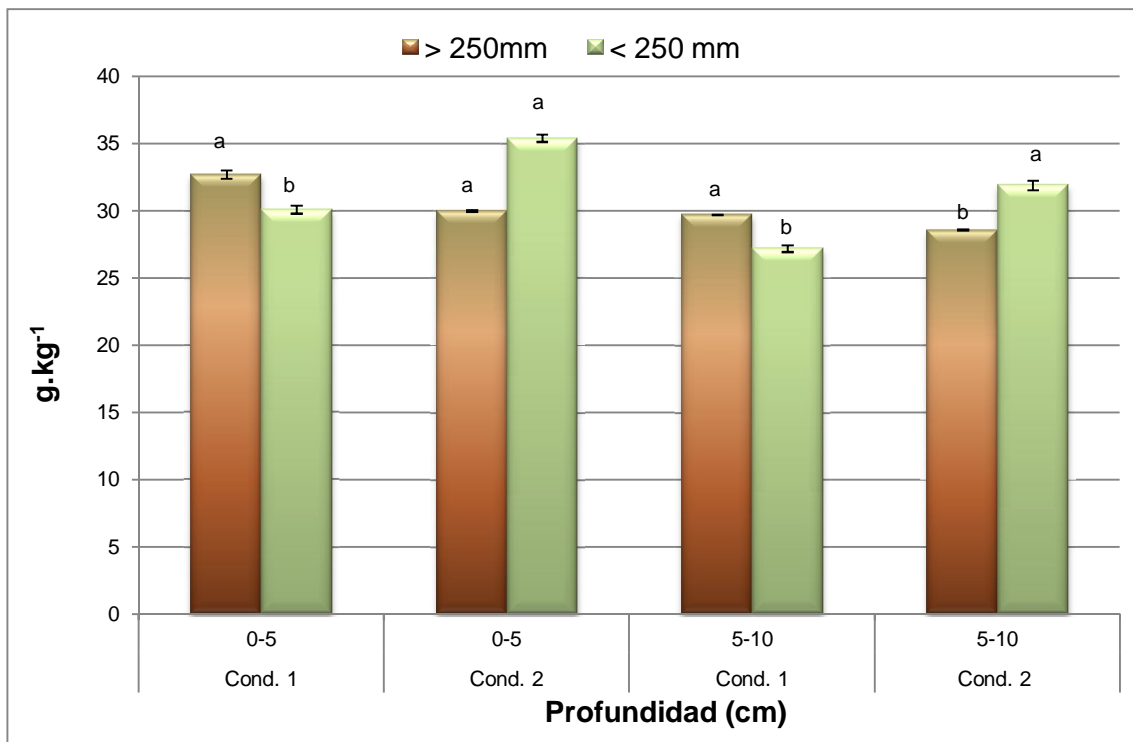


Figura 18. Contenido de carbono orgánico (CO) (g.kg^{-1}) presente en los agregados estables al agua del suelo en las condiciones bajo estudio. Columnas con letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

Tal como se muestra en la figura 18, el contenido de CO presente en los macroagregados de suelo estables al agua es mayor para las profundidades 0-5 y 5-10 cm en la condición 1, con valores de 32,70 y 29,70 g.kg⁻¹, respectivamente. Caso contrario ocurre en la condición 2, donde los microagregados, poseen un mayor contenido de CO a igual profundidad con valores de 30,0 y 28,6 g.kg⁻¹, respectivamente. Las diferencias fueron altamente significativas ($p \leq 0.01$) para el CO en los agregados >250 mm, a una profundidad de 5-10 cm, así como también para el contenido de CO de los agregados <250mm, en las profundidades 0-5 y 5-10 cm.

En la condición 1, el CO se encuentra principalmente asociado a los macroagregados, mientras en la condición 2, el contenido de CO esta principalmente asociado a los microagregados, por lo cual la MO en la condición 1, pudiera ser más susceptible a cualquier alteración físico – química, al ser los macroagregados más influenciados por el manejo agrícola y por los agentes bióticos y abióticos (Duxbury *et al.*, 1989). Algunas de las alteraciones físicas que podría mencionarse son el impacto de las gotas o la incorporación de fertilizantes y alteraciones químicas como la presencia de elementos tales como S o P en abundancia, que cambien la preferencia por ciertos elementos dentro de la comunidad de microorganismos. No obstante es necesario señalar, que si bien pareciera que el CO asociado a los microagregados es más importante en el suelo 2, sugiriendo mayor estabilidad de la MO. Cuando este contenido de CO es ponderado por la cantidad de macro y microagregados estables en cada suelo, es el CO de los macroagregados el que tiene mayor presencia en el suelo bajo banano, pero inclusive pudiera ser éste más importante en el suelo de la condición 2, por haber mayor cantidad de macroagregados estables al agua en dicho suelo.

La macroagregación es principalmente afectada por el manejo de suelo, pues la ruptura de los agregados de gran tamaño expone rápidamente a la MO relativamente lábil y previamente protegida a la descomposición, resultando en variadas combinaciones de elementos orgánicos con diferentes tasas de ingreso y reciclado que afectan las fuentes productoras de agentes enlazantes y sustancias adhesivas orgánicas (raíces, hifas de hongos). Contrariamente, los microagregados (<250 mm) no son alterados por el humedecimiento ni tampoco por disturbios mecánicos (Tisdall y Oades, 1982). La estabilidad de estos agregados depende de la fuerza con que las arcillas y otros componentes inorgánicos del suelo son sorbidos a la materia orgánica particulada (MOP), residuos microbianos y otros coloides orgánicos y compuestos de origen microbiano (Jastrow y Miller, 1998). La adsorción en una variedad de

asociaciones órgano-minerales ocurre mediante puentes de cationes polivalentes, uniones puente hidrógeno y fuerzas de van der Waals (Beckwith y Reeve 1964; Edwards y Bremner, 1967; Oades, 1984), lo cual logra confirmar que la estabilidad estructural se relaciona más estrechamente con el contenido y la dinámica de las fracciones lábiles de MO que con la cantidad total de CO (Studdert *et al.* 1997). Aún así, Puget *et al.*,(1995), señalan que las relaciones entre los contenidos de MO y la estabilidad de los agregados es sumamente compleja, lo cual ha provocado que los procesos de agregación en el suelo producto de la MO no hayan sido satisfactoriamente descritos.

Bouajila y Gallali (2008), en investigaciones realizadas para evaluar la estabilidad de los agregados al agua en 22 suelos de Tunes, de los cuales, 12 eran suelos con presencia de carbonatos, afirman que la estabilidad presente en estos suelos no es debida tan solo a la presencia de altos contenidos de CO y de macroagregados, sino a la forma en como el CO está repartido dentro de las fracciones químicas y físicas del suelo. Los autores señalan el hecho de que la formación y la estabilidad de los agregados en los suelos con presencia de carbonatos se debe principalmente al contenido de CaCO_3 y a las formas en como éste determina los procesos de mineralización de la MO.

Para el caso particular de los suelos presentes en este estudio se comparte la idea expuesta por Bouajila y Gallali (2008), debido a que la presencia del caracolillo afecta las determinaciones en la estabilidad de los agregados estables al agua, por el hecho de no ser posible la eliminación previa al análisis del caracolillo que comparte el mismo tamaño del agregado sin dañar el agregado de suelo, es por ello que las fracciones en muchos casos pudieran ser sobreestimadas en el peso; eso desde el punto de vista físico y desde el punto de vista químico, el uso de reactivos para la destrucción de los carbonatos posterior a la determinación de la estabilidad pudiera llegar a afectar la determinación posterior del CO, si alguno de los reactivos utilizados para destruir el carbonato llegara a interferir en el análisis del CO de los agregados.

Fracciones húmicas y no húmicas de la materia orgánica

El contenido de COT y su fraccionamiento químico se presenta en la figura 19, para las profundidades 0-5, 5-10 y 10 -20 cm, respectivamente.

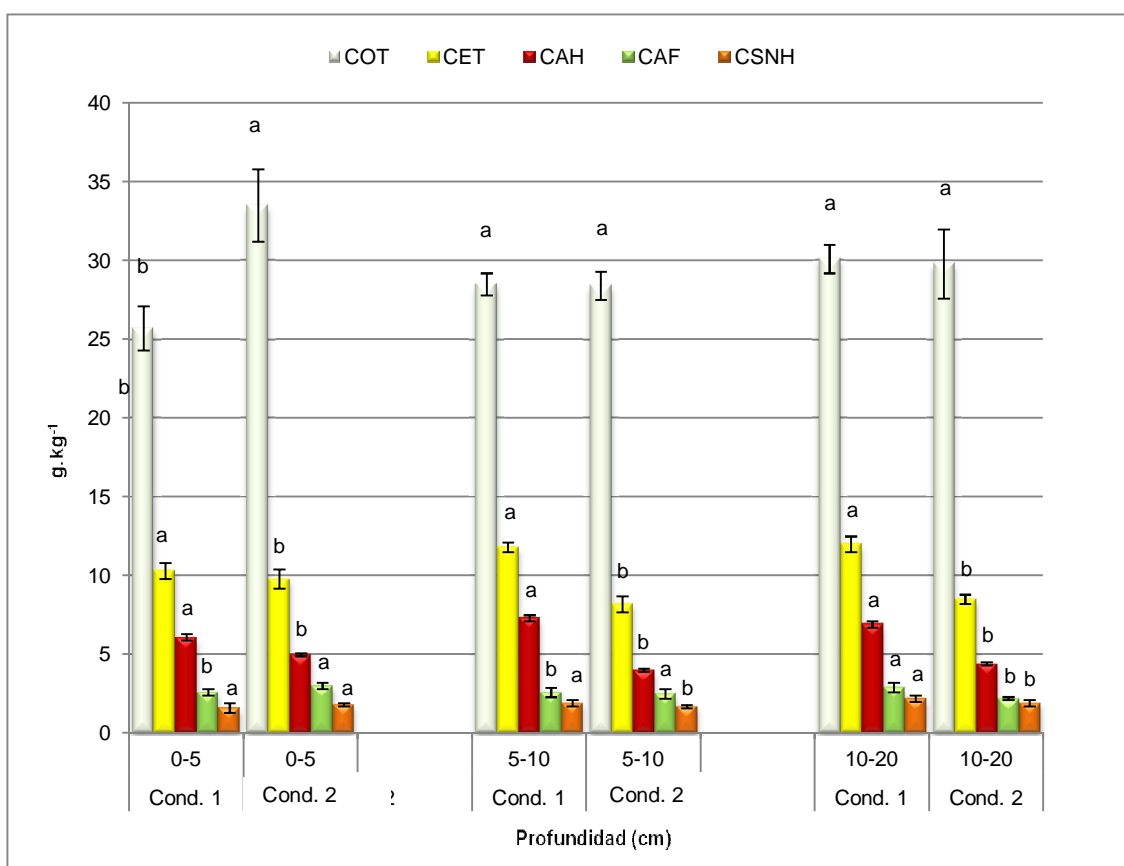


Figura 19. Contenido de carbono orgánico total (COT), carbono extraíble total (CET), carbono de los ácidos húmicos (CAH) y carbono de las sustancias no húmicas (CSNH) (g.kg^{-1}), presentes en el suelo a las profundidades estudiadas en las condiciones bajo estudio. Letras distintas indican diferencias significativas a un nivel de significancia ($p \leq 0.01$) entre las condiciones a la misma profundidad.

En la profundidad de 0-5 cm, el contenido de COT fue superior en la segunda condición con valor de $33,5 \text{ g.kg}^{-1}$. Sin embargo, la mayor extracción del carbono (CET), se obtuvo para el suelo de la condición 1 con $10,3 \text{ g.kg}^{-1}$; e inclusive en el fraccionamiento, el carbono de los ácidos húmicos (CAH) y el carbono de las sustancias no húmicas (CSNH) ($1,6 \text{ g.kg}^{-1}$) presentaron mayores valores en este suelo. Por último, el carbono de los ácidos fúlvicos (CAF) fue ligeramente superior en el suelo de la segunda condición. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) para todas las variables, con excepción del CSNH.

En relación a la profundidad de 5-10 cm, el COT no presentó diferencias significativas entre las condiciones de producción, oscilando sus valores entre $28,5$ y $28,4 \text{ g.kg}^{-1}$, para los suelos 1 y 2, respectivamente. Mientras que la mayor extracción (CET), se encontró para la condición 1; con $11,80 \text{ g.kg}^{-1}$, al igual que el contenido de las fracciones CAH ($7,30 \text{ g.kg}^{-1}$) y CSNH ($1,9 \text{ g.kg}^{-1}$). Nuevamente el CAF fue ligeramente

mayor para el suelo de la segunda condición con un valor de $2,6 \text{ g.kg}^{-1}$. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$) para las variables CET, CAH, CAF y CSNH a esta profundidad (Figura 19).

A mayor profundidad (10-20 cm), el CO fue superior en la condición 1 (30.10 g.kg^{-1}), así como el CET (12 g.kg^{-1}). Las fracciones químicas de CAH (6.90 g.kg^{-1}), CAF (2.90 g.kg^{-1}) y CSNH (2.20 g.kg^{-1}) también fueron superiores en la primera condición. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para todas las variables excepto para el CO.

Del contenido de CO asociado a las distintas fracciones, se lograron extraer, en general, para las tres profundidades; entre el 33 al 35% de CET, siendo la fracción húmica (CAH y CAF), específicamente el CAH el que constituye la mayor proporción de sustancias húmicas en el suelo. En ambas situaciones, el orden de distribución de estas fracciones químicas fue $\text{CAH} > \text{CAF} > \text{CSNH}$. Los contenidos de las diferentes fracciones químicas no se vieron afectados por la profundidad en ambas condiciones. Los resultados encontrados coinciden con los reportados por Rivero y Paolini (1994) y McCallister y Chien (2000), quienes indicaron que el contenido de AH por lo general supera el contenido de AF debido a que es una fracción química mucho más recalcitrante que requiere mucho más tiempo para su formación.

Por otra parte, Bouajila y Gallali (2008) encontraron en suelos de Túnez con presencia de carbonatos, valores de AH, AF Y SNH disímiles a los reportados en esta investigación, especialmente los relacionados con la fracción de los AH, cuyos contenidos se encontraron alrededor de $0,08$ y $0,58 \text{ g.kg}^{-1}$, los cuales están muy por debajo de los presentes en esta investigación (4 a 7 g.kg^{-1}).

Con la determinación de estas sustancias húmicas y no húmicas se pueden calcular una serie de índices que dan información acerca del grado de humificación de los suelos. En el cuadro 14 se presentan las relaciones C/N, CET/COT, CAH/CAF, esta última propuesta por McCallister y Chien (2000), así como los índices de humificación de la MO en las condiciones bajo estudio, propuestos por Sequi *et al.* (1986).

Cuadro 14. Relaciones C/N e índices asociados a la humificación de la materia orgánica en las condiciones de los suelos bajo estudio.

Condiciones	Prof. (cm)	RH (%)	CAH/CAF	IH	GH (%)	C/N	CET/COT
Condición 1	0-5	33.85	2.35	0.18	84.47	9.48	0.40
	5-10	34.74	2.81	0.19	83.90	12.72	0.41
	10-20	32.55	2.38	0.23	81.67	11.40	0.40
Media		33.71	2.51	0.20	83.35	11.20	0.40
Condición 2	0-5	23.88	1.67	0.23	81.63	9.33	0.30
	5-10	22.89	1.60	0.26	79.27	10.64	0.29
	10-20	22.15	2.0	0.29	77.65	12.52	0.29
Media		22.97	1.76	0.26	79.52	10.83	0.29

RH: relación de humificación; CAH: contenido de carbono de los ácidos húmicos; CAF: contenido de carbono de los ácidos fúlvicos; GH: grado de humificación; CET: carbono extraíble; COT: carbono orgánico.

La relación de humificación (RH) señala el porcentaje de compuestos humificados con respecto al CO total presente en el suelo Ciavatta *et al.* (1990). En los suelos bajo estudio no se observan diferencias a lo largo del perfil del suelo en ninguna de las dos condiciones estudiadas. Sin embargo, es de destacar que el suelo de la condición 1 tiene mayores valores en la RH que los suelos de la condición 2, lo que expresa que el porcentaje de humificación del CO es mayor para el suelo presente en la condición 1, esto quiere decir, que la materia orgánica es más recalcitrante y posee una mayor transformación química y física. Los resultados encontrados son similares a los presentados por Ciavatta y Govi, (1993), para los órdenes de suelos presentes en este trabajo; como suelos de tipos Molisol y Entisol, con valores entre 12,6% hasta 36,5% para esta relación.

Para conocer cuán humificado se encuentra el COT, también se utiliza la relación CAH/CAF. Como era de esperarse la primera condición presentó los mayores valores para esta relación. En promedio el suelo de la condición 1 tienen compuestos de CO más humificados que el suelo de la condición 2. Esta variación según el tipo de suelo es señalada por McCallister y Chien (2000) y Rivero *et al.* (2004), debido a que este índice da información de como es la calidad de la MO, puesto que entre más alto sea este índice mayor es la cantidad de compuestos recalcitrantes y de difícil descomposición por parte de los microorganismos.

La relación presente entre el contenido de CSNH y los compuestos humificados (CAH y CAF) viene dado por el índice de humificación (IH). Los valores encontrados para este índice en ambos suelos son bajos (<1) (Cuadro 14), lo que podría indicar que en general ambas condiciones presentan suelos con una MO de difícil descomposición. Ciavatta *et al.* (1990) señalan como criterio de referencia para evaluar la calidad de la MO el índice de humificación <1 , reportando para un suelo Molisol valores de 0,18, que son similares a los encontrados en esta investigación.

El grado de humificación (GH) es otro índice que expresa el porcentaje de compuestos que son humificados pero en relación al CET (Ciavatta *et al.*, 1990). El GH para la condición 1 mostró valores de 84.47%; 83.90% y 81.67% para las profundidades 0-5, 5-10 y 10-20 cm, respectivamente. Mientras el suelo de la condición 2 presentó valores de 81.63%; 79.27% y 77.65%. Siendo estos valores menores a los presentes en la primera condición. Cabe destacar que los valores para este índice fueron afectados por el bajo porcentaje de recuperación de las fracciones (CET/COT). Lo que quiere indicar esta relación es que en la primera condición el mayor porcentaje del CET lo representan AH y AF que son sustancias recalcitrantes o más humificadas, mientras que el mayor porcentaje del CET en la condición 2, está representado por compuestos menos recalcitrantes como las SNH. Los resultados encontrados son similares a los presentados por Ciavatta *et al.*, (1990), reportando valores para un Molisol de hasta 99,0% (Cuadro 14).

La relación CET/COT indica el porcentaje de sustancia húmicas que puede ser extraídas del CO total usando sustancias alcalinas. En la condición 1 se encontraron valores de 0,40; 0,41 y 0,40 para las profundidades 0-5, 5-10 y 10-20 cm respectivamente mostrando que la mayor extracción de los compuestos AH se logró hasta los 10 cm. Mientras en la condición 2, los valores 0,30; 0,29 y 0,29 para las mismas profundidades, indican que se pudo extraer un menor porcentaje de sustancias húmicas y no húmicas. Dicho comportamiento pudiera deberse a que la mayor cantidad de CO en esta condición de suelo, se encuentra asociada a los microagregados los cuales dadas sus características propias hacen más difícil la extracción del C (Cuadro 14).

Las relaciones C/N de estos suelos son bajas, especialmente en la primera profundidad. En el caso del suelo 2 esta relación aumenta con la profundidad. Por tener estos valores bajos, podría señalarse que la mineralización pudiera estar favorecida en ambas condiciones, y esto puede atribuirse a la poca evolución de los suelos bajo estudio, así como el importante aporte de biomasa de la necromasa y la

actividad de los microorganismos. No obstante, una necromasa con altos valores de C/N y una tendencia a tener MO más recalcitrante pudiera influir en que haya una tendencia también a haber inmovilización microbiana de nutrientes. En relación a este punto, en suelos cultivados, el contenido de CO puede variar por la menor o mayor cantidad de aportes de residuos vegetales y por aportes adicionales de MO principalmente como abonos, provocando diferentes dinámicas biológicas en las comunidades de los microorganismos. Así, dentro de una plantación pueden darse tasas de retorno menores en comparación a las de un bosque (Anderson y Flanagan, 1989; Brady y Weil, 2002).

6.- Componentes Biométricos del cultivo de Banano (*Musa AAA*)

El rendimiento promedio de cada condición fue determinado a partir de la población de número de plantas por hectárea, en relación con el número de manos por racimo. Las condiciones presentaron una población de 1.800 y 2.039 plantas ha⁻¹ respectivamente (Sapucky, 2007 y Cruz, 2011).

Los resultados encontrados para los componentes biométricos del cultivo se presentan en el cuadro 14, donde las variables perímetro del pseudotallo (cm), altura de plantas (cm), número de manos por racimo, peso del racimo (kg) y rendimiento (kg), fueron mayores en la condición 2. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) en todas las variables de los componentes biométricos evaluados.

Cuadro 15. Componentes biométricos del cultivo de banano en las condiciones bajo estudio.

Condición	Perímetro del pseudotallo (cm)	Altura de la planta (m)	N° de manos por racimo	Peso del racimo (kg)	Rendimiento Mg.ha ⁻¹ .año ⁻¹
1	75,3 (b)	2,82 (b)	9,55 (b)	33,61(b)	60.48(b)
2	90,6 (a)	3,26 (a)	11,40 (a)	36,59(a)	74.61(a)

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren significativamente según la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Las variables perímetro del pseudotallo, altura de plantas, número de manos por racimo y peso del racimo muestran como es el vigor de la plantación de Banano (*Musa AAA*) dentro de cada condición. Puesto que las condiciones de fertilidad del suelo, contenido de nutrientes en tejido y específicamente el comportamiento de las fracciones activas, lentas y pasivas de la MO, mostraron ser mejores en líneas generales para la condición 2, esto pudo permitir una mejor expresión del vigor del cultivo dentro de esta condición, lo cual se traduce en mayores rendimientos.

La variable número de manos por racimo muestra poca diferencia (1,85 manos) entre las condiciones 1 y 2, encontrando mayor número de manos por racimo para la condición 2. Esta diferencia, aunque es pequeña resulta ser importante económicamente para el productor. De acuerdo con información suministrada por el personal de la unidad de producción, cada caja de banano de aproximadamente 20 kg, es llenada con 8 manos, Por lo cual se obtienen una productividad aproximada de 3024 cajas para la condición 1 y 3730 cajas para la condición 2, siendo esta última muy superior (alrededor de 700 cajas) en el número de cajas de banano producidas.

Al relacionar todas las variables de los componentes biométricos medidos con el CO, en el suelo todas resultaron estar altamente correlacionadas (Anexos 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15), algunas de forma positiva y otras de forma negativa con el contenido del mismo y sus diferentes fracciones químicas y físicas, el valor de la correlación encontrado entre las variables componentes de cultivo y el CO en el suelo y sus diferentes fracciones se muestra a continuación en el Cuadro 16 (Anexo 8).

Cuadro 16. Correlación de los componentes biométricos con el carbono orgánico total (COT) en el suelo y sus diferentes fracciones, con los elementos del tejido y los elementos de la necromasa.

Componentes biométricos	Rangos de correlación ($p \leq 0.05$)			
	-1.0 a -0.5	-0.6 a 0	0.1 a 0.5	0.6 a 1.0
Perímetro del pseudotallo (cm)		CFP	K*, Mn*, Zn*	COT, CFL, CSNH
Altura de la planta (m)		CFIM, CFP, K*, Mn*, Zn*		COT, CFL, Ca, Mg*
Nº de manos por racimo		CFP, Mn, Zn		COT, CFL,
Peso del racimo (kg)		CFIM, CFP		COT, CFL
Rendimiento $Mg \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$	Cu**	CFP, Fe**, K**	Mg**	COT, CFL, CBM y NBM, Mn**

Nota: los elementos que presenta un solo (*) significan que la correlación son con los nutrientes del tejido vegetal, mientras los que presentan dos (**) la correlación es con los nutrientes de la necromasa.

Al observar los resultados presentes en el cuadro 16, se puede inferir que la respuesta de los componentes biométricos y finalmente del rendimiento no solo se ve afectada por el nivel de los elementos nutritivos por si solos, sino más bien por el balance nutricional que estos presentan y la forma como se encuentran repartidos tanto en el suelo, en el tejido, como en la necromasa. Sin embargo, al parecer los factores más importantes en estos agroecosistemas son la MO y como está distribuido el CO en sus

fracciones dinámicas. En este estudio se pudo observar que a pesar que la condición 2 no obtuvo, en líneas generales, una mayor proporción de elementos en niveles óptimos en el tejido, principalmente los microelementos, esto no se tradujo en menores rendimientos. En los agroecosistemas de banano bajo la condición 2, los elementos encontrados en el suelo y en la necromasa mostraron un balance favorable, así como también una mayor cantidad de CO repartida principalmente en formas lábiles como la biomasa microbiana y las fracciones libres macroorgánicas menos transformadas y humificadas; como FIM y FP. A su vez estos suelos tuvieron menores índices de humificación, con mayor proporción de sustancias no húmicas y de ácidos fúlvicos. Considerando esto y que también hay una mayor proporción de CO protegido en los microagregados de estos suelos, se podría decir que la dinámica de la mineralización e inmovilización de nutrientes en el suelo de la condición 2 esta principalmente determinada por la mayor cantidad de fracciones lábiles o con una dinámica que permite mayor disponibilidad de nutrientes a corto, mediano y largo plazo, considerando las fracciones físicamente protegidas y los mayores aportes de la necromasa en forma de FP de MMO. Efectivamente las fracciones lábiles de MO estuvieron altamente y positivamente correlacionadas con todos los parámetros biométricos del banano. Lo contrario sucedió con las fracciones más estables, las cuales estuvieron altamente y negativamente correlacionadas (cuadro 16), Fue en el suelo de la condición 2 donde se encontraron los mayores contenidos de las fracciones lábiles, entre ellas la biomasa microbiana con una alta eficiencia en el uso del CO, lo cual determinó que la condición 2 se presentaran los mayores niveles de producción.

Trabajos como el de Rodríguez *et al.* (2006) demuestran la importancia de la MO para mejores rendimientos en los cultivos de banano. Para ello se plantearon un estudio para el manejo de residuos de cosecha con el objetivo de aumentar los contenidos de MO y mejorar la rizosfera del suelo. Se estudiaron 4 niveles de combinación de fertilizantes inorgánicos con uso de residuos de cosecha y sin estos residuos. El estudio que se condujo durante 22 meses; evaluó las variables altura de plantas, diámetro y peso del pseudotallo, número de hojas al momento de floración y de cosecha, número de manos, grado y longitud del dedo central y rendimiento, cuantificadas tanto para las plantas madres como para las hijas. En todos los casos se estimó el contenido de MO al inicio y al final del estudio. Los autores encontraron que las plantas madres no mostraron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables evaluadas; mientras en las plantas hijas, con excepción del número de hojas al momento de la cosecha, todas las variables mostraron diferencias

estadísticas. La mejor altura, diámetro del pseudotallo, hojas al momento de floración, número de manos y rendimiento se detectó en el tratamiento con medianos niveles de fertilizantes líquidos inorgánicos en presencia de residuos orgánicos. Concluyendo que las plantas hijas tuvieron una mejor respuesta debido al manejo de los fertilizantes líquidos y las fuentes de MO dado al impacto positivo en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Después de obtener los resultados de todas las variables evaluadas para la caracterización de la MO en un sistema de producción de bananos, las unidades de la data fueron transformadas posteriormente a su análisis estadístico con la finalidad de mostrar de forma global los aportes de CO y de sus diferentes fracciones en términos de superficie y volumen dentro de los sistemas en cada condición (Cuadro 17).

Cuadro 17. Comparación de los aportes de CO, de las diferentes fracciones de MO, del nitrógeno de la necromasa en el suelo y del rendimiento de banano, entre las dos condiciones de suelo. Valores expresados en $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $\text{MgCO}_2\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$

Variables	Condición 1	Condición 2
COT* $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	6.04	6.30
CAH* $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	1.51	0.93
CAF* $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	0.60	0.54
CSNH* $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	0.40	0.37
CFL ** $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	2.60	2.59
CFIM ** $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	2.09	1.39
CFP ** $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	1.39	0.67
CBM $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	0.241	0.532
NBM $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	0.042	0.088
R. Basal $\text{MgCO}_2\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$	0.246	0.431
CO. Necromasa*** $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	12.15	16.81
N Necromasa*** $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	0.25	3.21
Rendimiento $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$	60.48	74.61

*Cálculos realizados a partir del promedio de las tres profundidades 0-5; 5-10 y 10-20 cm y las densidades correspondientes para cada condición.

**Cálculos realizados solo para dos profundidades 0-5 y 5-10 cm y las densidades correspondientes a cada condición.

*** Cálculos realizados a partir de los $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de necromasa generados en cada condición.

En líneas generales en el cuadro 17, se logra resumir lo que ocurre en los sistemas de cultivos en términos de superficie y volumen, encontrando que las fracciones de la MO que influyen de forma determinante sobre los rendimientos en la segunda condición son las fracciones activas como BM y el C y N asociado a está, así como las formas libres de MO como lo son FIM y FP. Siendo esta última significativamente más baja. La actividad de los microorganismos mostró ser mayor, siendo estos más eficientes metabólicamente. Lo anterior puede deberse a que a pesar que ambas condiciones cuentan con igual manejo de la fertilidad, la poca diferencia en la densidad de siembra y por ende su influencia importante en el aporte de un mayor volumen de biomasa de la necromasa y los elementos presentes en ella afecta de manera directa los aportes de CO₂, así como la dinámica de la actividad microbiana en la acción de mineralizar los nutrientes. El suelo del agroecosistema de banano bajo la condición 2 es más activo biológicamente y funciona, aparentemente de una forma más eficiente. Mientras el suelo del agroecosistema de la primera condición, a pesar de contar con mayores contenidos de los elementos en el tejido del banano, en especial los micros, esto no logra traducirse en mayores rendimientos, por el hecho que en esta condición existe una diferencia importante entre los aportes de la necromasa en términos de volumen; y tiende a haber mayores aportes de una MO más recalcitrante donde la actividad biológica es más lenta y menos eficiente. Incide también el hecho de que existe el déficit de algunos elementos en el suelo que son importantes para la producción del cultivo.

VII. CONCLUSIONES

- Las diferencias entre las condiciones evaluadas en cuanto a la concentración de los elementos y su comportamiento dentro del perfil de suelo se basan principalmente en los contenidos de CO especialmente para aquellos nutrimentos cuyo ciclo biogeoquímico está asociado al mismo, al pH a la CE y a la presencia en abundancia de elementos menores como Zn, Mn, Mg y el Cu, al aporte realizado por la materia macroorgánica particulada de baja, intermedia y alta densidad (más humificada), parámetros que mostraron sus mayores valores en la segunda condición .
- Las diferencias en los contenidos de nutrimentos en el tejido vegetal de bananos evaluados bajo las dos condiciones de producción, pudieran estar asociadas a la diferencia de las fracciones dinámicas de la materia orgánica presentes en dichos suelos, más que a diferencias en el contenido de la materia orgánica total. El agroecosistema de banano donde hay mayor producción, tiene un suelo biológicamente más activo, donde se genera mayor cantidad de C más fácilmente metabolizable, en cambio la materia orgánica de la condición 1, es más humificada y recalcitrante. Estos procesos biológicos pueden estar estimulados por una mayor producción de necromasa en la condición 2.
- En la necromasa se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para los contenidos de CO, P, K, Fe y Mn. La necromasa fue superior para la segunda condición en contenido $2.07 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ así como en la relación C/N. Al haber mayor aporte de necromasa en el suelo del agroecosistema de banano bajo la condición 2, se produjo una estratificación de los contenidos de nutrimentos y de las fracciones de materia orgánica en el perfil de suelo, que incidieron en una mayor producción de banano con mejores atributos de la planta.
- Las fracciones físicas de la materia macroorgánica fueron diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$) en las dos profundidades evaluadas, el predominio fue $\text{FP} > \text{FIM} > \text{FL}$, aunque el CO asociado con estas fracciones se comportó $\text{CFL} > \text{CFIM} > \text{CFP}$.
- La condición 2, mostró tener mayor estabilidad estructural al poseer mayor porcentaje de agregados estables al agua $>250 \text{ mm}$, mientras que el CO en esta condición esta principalmente asociado con los agregados $<250 \text{ mm}$, contribuyendo a una mayor estabilidad de la MO.

- Los métodos de fraccionamiento físico y químico utilizados para evaluar la dinámica de la materia orgánica, fueron adecuados para los estudios bajo estas condiciones, sin embargo el fraccionamiento físico con Ludox y la separación de agregados pudieron estar afectados por la alta presencia de caracolillo en los suelos. Cabe destacar que en todas las fracciones de MMO así como en los macro y micro agregados se evidenció la presencia del caracolillo.
- Solo se logró una eficiencia de extracción entre el 33- 35%, lo cual pudo haber afectado el porcentaje de recuperación de las fracciones químicas. La relación presente en ambas condiciones es el predominio de CAH>CAF>CSNH. Todas las fracciones resultaron estadísticamente significativas ($p<0.05$). Los procesos de humificación dados los valores de RH, CAH/CAF resultaron más intensos en la condición 1. Sin embargo el IH <1 demuestra que ambas condiciones presentan una MO recalcitrante.
- La materia orgánica en la condición 2 afectó positivamente al suelo, al conferirle mayor estabilidad de agregados, mayor contenido de elementos ligados a su descomposición como el N, el P y el S, mayor actividad metabólica microbiana, lo cual permitió una mayor expresión del vigor en la plantación logrando un sistema más eficiente, productivo y rentable. Las altas y positivas correlaciones de todos los componentes biométricos con las fracciones dinámicas de la MO, así lo demostraron.

RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio detallado de la estructura de la comunidad microbiana presente en los suelos bajo cultivo de Banano (*Musa AAA*) en la Finca Agropecuaria Punta Larga, con el fin de obtener mayor información de la fracción activa especialmente la biomasa microbiana, debido a que mostró ser la fracción de la materia orgánica que aporta mayores contenidos de carbono especialmente en condiciones de mayores rendimientos.
- A los productores de Banano en suelos lacustrinos con presencia de caracolillo, se recomienda la implementación de planes de fertilización combinados inorgánico – orgánico de manera simultánea, ya que si bien no existe una fórmula ideal de compost para suelos con estas características, es ampliamente conocido los beneficios otorgados por este tipo de planes de fertilización lo que hace al agroecosistema banano sustentable y con mayor rentabilidad económica a los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- Accoe, F.; P. Boeckx; J. Busschaert; G. Hofman y O. Van. 2004.** Gross N transformation rates and net N mineralisation rates related to the C and N contents of soil organic matter fractions in grassland soils of different age. *Soil Biol & Biochem*, 36: 2075-2087.
- Acuña, O., W. Peña; E. Serrano; L. Pocasangre; F. Rosales; E. Delgado; J. Trejos y A. Segura. 2006.** La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de los suelos. *En: Memorias del XVII Reunão Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópica*. Joinville-Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- Alef, K. y P. Nannipieri. 1995.** Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Substrate incorporation. Fertilidad del terreno e Biomasa Microbica. Acta del VII Congreso Nazionale S.I.C.A. Nork. Shop XV Commissione Potenza.
- Anderson, J. y P. Flanagan. 1989.** Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. *En: Coleman, D; J. Oades y G. Uehara (eds.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystem*. Nifal Project. Department of Agronomy and Soil Science. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. P. 97 – 122.
- Anderson, J. y J. Ingram. 1993.** Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods (2nd ed) Wallingford UK.CAB International.
- Argers, D; A. Pesant y J Vigneux. 1992.** Early cropping – induced changes in soil aggregation, organic matter, and microbial biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 115–119.
- BananaExport. 2013.** Estadísticas en línea. En línea (www.bananaexport.com/analisis/index.html). Consulta [16 de Enero del 2013].
- Barbosa, R., E. Damatto; R. Villas y J. Thoaldo. 2006.** Evaluation of biometric and productive parameters in the third production cycle of banana plant 'Prata-ana' according to the residual effect of organic fertilization in the first cycle. *En: Memorias del XVII Reunão Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópica*. Joinville-Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- Barrios, E., R. Buresh y J. Sprent. 1996.** Organic matter in soil particle size and density fractions from maize and legume cropping systems. *Soil Biol & Biochem*, 28 (2):185-193.

- Beckwith, R. y R. Reeve. 1964.** Studies on soluble silica in soils II. The release of monosilicic acid from soil. Aust. J. Soil Res. 2: 233-245.
- Bouajila, A. y T. Gallali. 2008.** Soil organic carbon fractions and aggregation stability in carbonated and no carbonated soils in Tunisia. Journal of Agronomy. 7(2):127-137.
- Brady, N. y R. Weil. 2002.** The nature and properties of soils. 13^o ed. Prentice – Hall, Inc., New Jersey. 960 pp.
- Brasil, E., A. Oeiras, A. Menezes y C. Velosa. 2000.** Desenvolvimento e produção de frutos de bananeira em reposta á adobção nitrogenada e potássica. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 35 (12): 2407-2414.
- Buyanovsky, G., M. Aslam y G. Warner. 1994.** Carbon turnover in soil physical fractions. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1167 – 1173.
- Caballero, A. 2011.** Uso de hongos endofíticos de *Tricoderma spp.*, para el biocontrol del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*) raza tropical 1 en vitro plantas del cultivar Gros Michel (AAA). Tesis para optar al grado de Magister Scientiarum en agricultura ecológica. Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba-Costa Rica. 104 p.
- Caballero, R. 2011.** Fracciones ligera y pesada de la materia orgánica como fuentes de N y P en suelos de sabanas con diferentes tipos de fertilización. Tesis para optar al título de Magister Scientiarum. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay – Venezuela. 146 p.
- Cabria, F., M. Calandroni y G. Monterubbianesi. 2002.** Tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas. Ciencia del Suelo. 20 (2): 69 -79
- Cáceres, P. 2001.** Aprovechamiento de los excedentes del banano de exportación: obtención de un producto tipo aderezo. Tesis para optar al título de Ingeniero Mecánico. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador 80 p.
- Calderon, F. 1996.** La estabilidad estructural del suelo. Labnews. Serie divulgativa N°02.
- Carter, M. 1986.** Microbial biomass as an index for tillage – induced changes in soil biological properties. Agricultural Canada, Research Station, Charlottetown, Prince Edward Island. Canadá. p. 30 - 40.
- Carter, M. 2001.** Organic matter and sustainability. In; Sustainable management of soil organic matter. R.M. Rees; B.C. Ball; C.D. Cambel; C.A.Watson (Eds.), Canada. pp. 9-22.

- Carvalho, H., A. Andrade; G. Alves; J. Goncalves y C. Dos Santos. 2006.** Evaluation of banana cultivars in organic production system. *En: Memorias del XVII Reunãu International da Associação para a Cooperacão nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópical.* Joinville-Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre. pp 553-556
- Casanova, E. 1994.** Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Agronomía. UCV. CDCH. Litopar C.A. 379 p.
- Casanova, E. 2005.** Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Agronomía. UCV. CDCH. L + N XXI Diseños, C.A. 481 p.
- Casanova, E. y C. Rivero. 2006.** Efecto de fuentes alternativas de fertilizantes con el método de la fertirrigación sobre la nutrición mineral y rendimientos de bananos en una finca del estado Aragua, Venezuela. *Agronomía Tropical.* 56(3): 325-344.
- Champion, J. 1975.** El plátano. Madrid, Editorial Blumé, 247 p.
- Ciavatta, C., M. Govi; L. Vittori y P. Sequi. 1990.** Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on soild polyvynilpyrrolidone. *J. Chrom.* 509:141-146.
- Ciavatta, C. y M. Govi. 1993.** Use of insoluble polyvinylpyrrolidone and isoelectric focusing in the study of humic substances in soils and organic wastes. *J. Chrom.* 643:261-270.
- Colque, O., E. Iquize y A. Ferrufino. 2006.** Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica en la producción del Banano (*Musa AAA*) en la región del trópico de Cochabamba, Bolivia. *En: Memorias del XVII Reunãu International da Associação para a Cooperacão nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópical.* Joinville- Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- Cruz, J. 2011.** Diagnóstico y evaluación del manejo de la fertilización en el cultivo de Banano (*Musa AAA*) en una unidad de producción comercial en el estado Aragua. Tesis para optar al título de Magister Scientiarum. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay – Venezuela. 73 p.
- Denef, K., J. Six; R. Merck y K. Paustian. 2004.** Carbon sequestration in microaggregates of no tillage soils with different clay mineralogy. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1935 – 1944.
- Dossa, E., M. Kouma; I. Diedhiou; M. Sene; F. Kizito; A. Badiare; S. Samba y R. Dick. 2009.** Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization potencial of semiarid Sahelian soil amended with native shrub residues. *Geoderma,* 148:251-260.

- Duxbury, J., M. Smith y J. Doran. 1989.** Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. Coleman, D.C., Oades, J.M., Uehara, G. (Eds.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Capítulo 2. ISBN 0-8248-1251-4. Honolulu, Hawaii. 33-67.
- Edwards, A. y J. Bremner. 1967.** Microaggregates in soils. J. Soil Sci. 18: 64-73.
- Elliot, 1986.** Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J, 50: 627 – 633.
- Espinosa, J. 2004.** Calidad de la materia orgánica bajo diferentes practicas de manejo en un suelo ácido tropical. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 21: 126 – 140.
- Espinosa, J. y F. Mite. 2002.** Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano. *En:* Memorias del XV Encuentro Cartagena de Indias. Colombia. 27 de Octubre al 02 de Noviembre. Asociación de Bananeros (AUGURA). Medellín. Colombia. 397- 407.
- FAO, 2013.** Estadísticas en línea. En línea. (<http://www.faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es>). Consulta [16 de Enero del 2013].
- FEDEAGRO, 2012.** Estadísticas Agrícolas .En línea (<http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>). Consulta [10 de Marzo del 2012].
- Florentino, A. 2007.** Método para evaluar la estabilidad de los agregados de suelo por tamizado en húmedo (Equipo Eijkelkamp)- Modificado. Laboratorio de Física de Suelo. Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 4p.
- FONTAGRO. 2004.** Proyecto “Innovaciones Tecnológicas para el manejo y mejoramiento de la calidad y salud de los suelos bananeros de América Latina y el Caribe”, presentado en convocatoria 2004. Documento en línea: <http://www.fontagro.org/proyectos/04100suelos/prop04110.pdf>. Consultado Junio 2012. Consulta [10 de Enero del 2013].
- Fortun, A., J. Benayas y C. Fortun. 1990.** The effects of fulvic and humic acids on soil aggregation: a micromorphological study. Journal of Soil Science, 41: 563 – 572.
- Franzluebbbers, A. 2002.** Soil Organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. Soil Till. Res, 66: 95-106.

- García, A. y C. Rivero. 2008.** Evaluación del carbono microbiano y la respiración basal en respuesta a la aplicación de lodo papelerero en dos suelos de la Cuenca del Lago de Valencia, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)*. 34: 215-229.
- Gauggel, C. y G. Gauggel, 2010.** Fertilización en banano. *En: Memorias del Simposio Internacional Importancia del manejo del suelo y el potasio para el desarrollo agrícola sustentable de Centroamérica*. San Salvador. El Salvador. 10-13 de Marzo.
- Gómez, M. y O. Ortiz. 2006.** Optimización de la producción y calidad en banano mediante el balance nutricional con micronutrientes (B- Zn). *En: Memorias del XVII Reunãu International da Associação para a Cooperacão nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópical*. Joinville- Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- González-Pedraza, A., J. Rey; G. Martínez; D. Lobo; G. Rodríguez y E. Delgado.2011.** Relación entre el vigor de plantas de banano y la actividad microbiana en suelos de un sector de la Ceiba, estado Trujillo. *En: Memorias XIX Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Calabozo. Venezuela. 21-25 de Noviembre de 2011.
- Gregorich, E., M. Carter; D. Argers; C. Monreal y B. Ellert. 1994.** Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. Soil Sci.* 74: 367 – 385.
- Gregorich, E. y H, Janzen, 1996.** Storage of soil carbon in the light fraction and macroorganic matter. In: Carter, M. y B. Etewart (eds). *Structure and organic matter storage in agricultural soil*. *Advances in Soil Science*. 167-192.
- Gulino, L. y A. Pattison. 2006.** Assement of microbial levels and diversity at paired banana sites. *En: Memorias del XVII Reunãu International da Associação para a Cooperacão nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópical*. Joinville- Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- Haddad, O. y O. Borges. 1974.** Los Bananos en Venezuela. Caracas, CONICIT. 106p.
- Heanes, D. 1984.** Determination of total organic- C in soil by an improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure. *Com. Soil Sci. Plant. Anal.* 15:1191-1213.

- Hernández, R., López, D. 2002.** El tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: un modelo para suelos de sabanas de los llanos centrales venezolanos. *Interciencia*. 27 (10): 1-9.
- Hernández-Hernández, R. 2010.** Dinámica y manejo de la materia orgánica en suelos de sabanas bien drenadas. *Acta Biológica de Venezuela*. 28:69-84.
- Holtkamp, R.; A. Wal; P. Kardol; W. Putten; W. van der; P. de Ruiter; S. Dekker. 2011.** Modeling C and N mineralization in soil food webs during secondary succession on ex-arable land. *Soil Biology and Biochemistry*, 43:251-260.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). 2005.** Instructivo para la recomendación de fertilización en suelos y cultivos en Venezuela. Version digital (CD).
- Jastrow J. y R. Miller. 1998.** Soil aggregate stabilization and carbon sequestration: feedbacks through organo - mineral associations. En: *Soil processes and the carbon cycle*. Ed. by Lai R, Kimble J, Follett R, Stewart B. II. Series: *Advances in Soil Science*. Boca Raton, Fl. 33431. 207-223.
- Jones, D. 1999.** Introduction to Bananan, Abacá and Enset. *En: Diseases of Banana, Abacá and Enset*. Ed. D. Jones. CABI Publishing, UK. p. 425-434.
- Ladd, J.; J. Oades y M. Amato. 1981.** Microbial biomass formed from ¹⁴C- and ¹⁵N-labelled plant material decomposing in soil in the field. *Soil Biol. Biochem.* 13: 119-126.
- Lahav, E. 1995.** Banana nutrition. En: *Banana and Plantains*. Gowen, S. (ed). Chapman and Hall. London. United Kindom. pp 258- 316
- Lahav, E. y D. Turner. 1992.** Fertilización del banano para rendimientos altos. Segunda edición. Boletín N° 7. INPOFOS. Quito, Ecuador. p 71.
- Lal, R. 1986.** Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained productivity. *Adv. Soil Sci*, 5: 1-109.
- León, J. 1987.** Botánica de los cultivos tropicales. IICA, San José, Costa Rica. 445 p.
- López, M. y J. Espinosa. 1995.** Manual de la nutrición y fertilización del banano. Una visión práctica del manejo de la fertilización. Corporación Bananera Nacional (CORBANA), Costa Rica. Instituto de la Potasa y el Fósforo, Ecuador. 82 p.

- López, A. 1999.** Interpretación de los análisis químicos de suelos y foliares en el cultivo de banano (*Musa* AAA, CV. Valery) en Costa Rica. Análisis de un caso y factores involucrados. Conferencia 74b. En: XI Congreso Nacional Agronómico /III Congreso Nacional de Suelos 1999. 4 p.
- López- Hernández, D. y R. Hernández- Hernández. 2005.** Historia del uso reciente de tierras de las sabanas de América del Sur. Estudios de casos en Sabanas del Orinoco. *Interciencia*, 30: 623-630.
- Loveland, P. y J. Webb. 2003.** Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: a review. *Soil Till. Res*, 70: 1 – 18.
- Lozano, Z., C. Rivero, C. Bravo y R. Hernández. 2011.** Fracciones de La materia orgánica de suelo bajo sistemas de siembra directa y cultivo de cobertura. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 28: 35-56
- Machado, B. 1978.** Método químico de medição da respiração edáfica: algunos aspectos técnicos. *Ciência e Cultura*, 30(1): 82-88.
- Malavolta, E. 2006.** Manual de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 631 p.
- Marcano, L., E. Graciano y C. Carrillo. 2011.** Balance de nitrógeno en un Fluventic Haplustept venezolano. *En: XIX Congreso Venezolano de La Ciencia del suelo*. Calabozo. Venezuela. 21-25 de Noviembre de 2011.
- Martínez, E., A. Sánchez, C. Colmenares. y E. Casanova. 1997.** Respuesta Del banano cv. Giant Cavendish (*Musa* SP (L.) AAA) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en un suelo Typic Ustropet del suroeste Del Lago de Maracaibo. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 14: 183-192.
- Martínez, G., Pargas, R. y Manzanilla, E. 1999.** Los mil y un usos de las Musáceas y plantas afines. *FONAIAP Divulga*. 62: 1-9.
- McCallister, D. y W. Chien. 2000.** Organic carbon quantity and forms as influenced by tillage and cropping sequence. *Com. Soil Sci. Plant Anal*, 31: 465-479.
- Medina, V., J. González, A. Galvis, M. Santiago y J. Cortes. 2006.** Cambios en las propiedades físicas del suelo a través del tiempo en los sistemas de maíz bajo temporal y mango bajo riego en Luvisoles del estado de Campeche. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. 22 (2): 175-189.
- Meijboom, F. J. Hassink, M. van Noordwijk. 1995.** Density fractionation of soil macroorganic matter using silica suspensions. *Soil Biology & Biochemistry*, 8 (27): 1109-1111.
- Meléndez, G. 2003.** Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. En: *Taller de Abonos Orgánicos*. Meléndez y Soto (Eds). CATIE/GTZ, Costa Rica. 25 p.

- Mikha, M. y C. Rice. 2004.** Tillage and Manure effects on soil and aggregate – associated Carbon y Nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 68: 809 – 815.
- Murcia, M. y M. Ochoa. 2008.** Respiración edáfica en una comunidad sucesional de pastizal del bosque altoandino en la cuenca del río Pamplonita, Colombia. *Caldasia* 30(2): 323-339.
- Murcia, M. y M. Ochoa. 2012.** Respiración del suelo y caída de hojarasca en el matorral del bosque altoandino (Cuenca del río Pamplonita, Colombia). *Caldasia*. 34 (1):165-185.
- Myers R., C. Palm; E. Cuevas; I. Gunatilleke y M. Brossard. 1994.** The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. *En: The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. J. Wiley. EEUU. pp. 81-116.
- Nava, C. 1990.** Producción Comercial de Plátanos. Edit. América. Caracas. 111 p.
- Oades, J. 1984.** Soil organic matter and structural stability, mechanisms and implications for management. *Plant and Soil* 76: 319-337.
- Ordosgoitti, F. 1999.** Enfermedades del Banano y el Plátano en Venezuela: Medidas de control. Maracay, Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie B, N° 37. 71 p.
- Paolini, J. 1980.** Caracterización de las sustancias húmicas extraídas de suelos típicos del bosque húmedo tropical de San Carlos de Río Negro, T.F. Amazonas. *Acta Cient. Venezolana* 31:415-420.
- Pérez, L. 2004.** Marchitamiento por *Fusarium* (mal de panamá) en bananos: una revisión actualizada del conocimiento presente sobre su agente causal. *En: Fitosanidad*. 8 (4): 27 – 38.
- Pla, I. 1983.** Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista de la Facultad de Agronomía, Alcance* N° 32. 91p.
- Pla, I. 1994.** La materia orgánica y la degradación y erosión de los suelos en el trópico. *En: Memorias del VII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo*. Bucaramanga. Colombia. pp. 38-47.
- Puget, P., C. Chenu y J. Balesdent. 2000.** Dynamics of soil organic matter associated with particle size fractions of water – stable aggregates. *European Journal of Soil Science*, 51: 595 – 605.

- Ramírez, H. 2012.** Evaluación Técnica-Económica de la fertilización orgánica en el cultivo de Banano 'Gran Nain' (*Musa AAA*) en un suelo lacustrino de la cuenca del Lago de Valencia, localizado en Palo Negro (Municipio Libertador, Estado Aragua). Trabajo de grado para optar al Título de Magister Scientiarum. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay- Venezuela. 90 p.
- Red internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano (INIBAP). 2004.** Innovaciones Tecnológicas para el Manejo Mejoramiento de la Calidad de los Suelos Bananeros en América Latina y el Caribe. Proyecto presentado al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO). San José. Costa Rica. 36p.
- Reyes, E. 1999.** Relaciones del estado nutricional y propiedades del suelo con el rendimiento de banano 'Pineo Gigante' (*Musa AAA cv. Pineo Gigante*) en suelos de la serie Maracay. Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 86 p.
- Rice, C. y F. Garcia. 1994.** Biologically active pool of carbon and nitrogen in tallgrass prairie. In: J. Doran et al. (Eds) Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA spec. Publ. 35. SSSA y ASA, Madison, WI. pp. 201 – 207.
- Rivero, C. y J. Paolini. 1994.** Caracterización de la materia orgánica de tres suelos venezolanos. Revista de la Facultad de Agronomía. 20: 167-176.
- Rivero, C. 1999.** Materia orgánica del suelo. Alcance Nº 57. Revista Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. (Maracay). 221 p.
- Rivero, C. 2001.** La materia orgánica del suelo y su caracterización. Venesuelos. 9 (1 y 2): 5-15
- Rivero, C., T. Chirenje., L. Ma y G. Martínez. 2004a.** Influence of compost on soil organic matter quality under conditions. Geoderma. 123: 355-361.
- Rivero, C., N. Senesi. y V. D`Orazio. 2004b.** Los ácidos húmicos de Leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la Cuenca del Lago de Valencia. En: Agronomía Tropical, 54 (2): 133 – 144.
- Rodríguez, V., L. Lerma., O. López. y J. Garza. 2006.** Manejo de la nutrición y fuente de materia orgánica en el cultivo de plátano (*Mussa AAA*), municipio de Huehuetan, Chiapas. En: Memorias del XVII Reunãu International da Associação para a Cooperacão nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópical. Joinville- Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- Ruiz, C. y J. Paolini. 2004.** El cultivo y el agua de riego sobre el carbono de la biomasa microbiana. Agronomía tropical. 54 (2):161-178.

- Sánchez, B., M. Ruiz. Y M. Rios. 2005.** Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud en la Cuenca del Rio Maracay Estado Aragua. *Agronomía Tropical*. 55 (4): 507 – 534.
- Sapucky, M. 2007.** Relaciones entre la productividad del banano (*Musa AAA*) y propiedades físicas y químicas de suelos lacustrinos de la Depresión del Lago de Valencia. Trabajo de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay – Venezuela. 118 p.
- Schinitzer, M. y P. Schuppli. 1989.** Methods for sequential extraction of organic matter from soils and soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53:1418-1424.
- Sequi, J., N. De Nobili; L. Leita y G. Cercigni. 1986.** A new index of humification. *Agrochimica* 30:175.
- Simmonds, N. 1966.** Bananas. London, Longmans, Green and Co. Ltd. 512 p.
- Six, J., E. Elliott; K. Paustian y W. Doran. 1998.** Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1367 – 1377.
- Six, J.; S. Frey; R. Thiet y K. Batten. 2006.** Bacterial and fungal contribution to carbon sequestration and agroecosystems. *Soil Society American Journal*. 68: 1249-1255.
- Solórzano, P. 2001.** Manual para la fertilización de cultivos en Venezuela. AGROISLEÑA C.A. Venezuela. 215 p.
- Sônejo, M., L. Martins; L. Lichtemberg; D. Moot y C. Nunes. 2006.** Bunch weight of 21 banana genotypes in organic system in the state of Santa Catarina, Barzil. *En: Memorias del XVII Reunãu International da Associação para a Cooperacão nas Pesquisas sobre Banano Caribe e na América Trópical*. Joinville- Santa Catarina. Brasil. 15-20 de Octubre.
- Sparling, G. y A. West. 1998.** Modifications to the fumigation – extraction technique to permit simultaneous extraction and estimation of soil microbial C and N. *Communications in soil science and plant analysis*. 19: 327-344.
- Strickland, M. y J. Rousk. 2010.** Considering fungal: bacterial dominance in soils- Methods, controls and ecosystem implications. *Soil Biology and Biochemistry*. 42 (9): 1385-1395
- Studdert, G., E. Echeverría. y M. Casanova. 1997.** Crop- Pasture Rotation for Sustaining the Quality and Productivity of a Typic Argiudoll. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1466-1472.

- Tisdall, J. y J. Oades. 1982.** Organic matter and waterstable aggregates in soils. J. Soil Sci. 33: 141- 163.
- Theng, B., K. Tate y P. Sollings. 1989.** Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. En: Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Coleman, D.C., Oades, J.M. y Uehara, G. (Eds.). Honolulu, Hawaii. 5-31.
- Universidad Central de Venezuela (UCV), 1993.** Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el Laboratorio General de Suelos del Instituto de Edafología. Cuadernos de Agronomía. Facultad de Agronomía. –UCV. Año 1, N°6. Maracay, Venezuela. 89 p.
- Vélez, P. 1998.** Fertilización Bananera. *Quinta Semana de la Agricultura. En: Memorias.* UNIBAN. Urabá. Colombia. pp. 59-64.
- Viloria, J. 1984.** Origen de los suelos en la Depresión del Lago de Valencia. Universidad Central de Venezuela. Mimeografía. Maracay, Venezuela. 20 p.
- Viloria, J., C. Estrada y J. Rey. 1998.** SISDELAV. Sistema de información de suelos de la Depresión del Lago de Valencia. *Venesuelos* 6:2-9.
- Viloria, J., C. Pineda.; D. López y O. Gabaldón. 2003.** Aptitud de la tierra para caña de Azúcar y bananos en el sistema de riego Taguaiguay. (ARAGUA-VENEZUELA). *En: Agronomía Tropical* 53(2): 189-207. 2003.
- Zagal, E., N. Rodríguez; I. Vidal y A. Flores. 2002.** La fracción liviana de la materia orgánica de un suelo volcánico bajo distinto manejo agronómico como índice de cambios de la materia orgánica lábil. *Agric. Téc. (Chile)* 62: 284-296.
- Zagal, E. y C. Córdova. 2005.** Indicadores de la calidad de la materia orgánica del suelo en un Andisol cultivado. *Agric. Téc. (Chile)* 65: 186-197.
- Zalba, P. y R. Quiroga. 1994.** Fluvic acid carbon as a diagnostic feature for agricultural soil evaluation. J. Soil Sci. 164: 57- 61.

ANEXOS

Anexo 1. Valores de correlación en el tejido vegetal (pecíolo) de la hoja de Banano

	Ca	CO	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P
CO	-0.2491							
PValue	0.4301							
CU	0.0989	0.3458						
	0.7495	0.266						
Fe	0.2797	-0.3439	0.1732					
	0.3664	0.2762	0.573					
K	0.1678	0.6281	-0.1449	-0.1958				
	0.5883	0.0301	0.6511	0.5429				
Mg	-0.4685	0.1684	-0.0883	0.014	0.1399			
	0.1275	0.5883	0.7832	0.9562	0.6511			
Mn	0.2347	-0.6221	0.1522	0.6165	-0.5254	-0.2907		
	0.4571	0.0348	0.6194	0.0348	0.0839	0.3543		
N	0.3825	-0.1602	0.4255	0.6702	-0.2316	-0.2351	0.3515	
	0.2184	0.6194	0.1614	0.0188	0.4709	0.4571	0.256	
P	0.1684	-0.1268	-0.1489	-0.2561	0.1614	0.0632	-0.0246	
	0.5883	0.6997	0.6351	0.4169	0.6037	0.8344	0.9387	
Zn	0.5779	-0.6766	0.1611	0.627	-0.3608	-0.4413	0.7667	0.2056
	0.0521	0.0188	0.6037	0.0324	0.2463	0.1542	0.0053	0.5135

Anexo 2. Valores de correlación en el tejido vegetal (semilimbo) de la hoja de Banano

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N
Fe	0.3916							
PValue	0.201							
Cu	0.3316	0.829						
	0.2867	0.0014						
K	0.4974	0.2697	0.371					
	0.0988	0.3912	0.2274					
Mn	0.3846	0.3776	0.2998	0.7426				
	0.2096	0.2184	0.3309	0.0074				
Mg	-0.3077	-0.5315	-0.4304	-0.3958	-0.7273			
	0.3309	0.0793	0.1614	0.201	0.01			
P	-0.1193	-0.4772	-0.0726	0.0035	-0.3684	0.5123		
	0.7162	0.1213	0.8173	0.9912	0.2367	0.0887		
N	0.3923	0.2627	0.3569	0.7351	0.4308	-0.5044	0.1195	
	0.201	0.404	0.2463	0.0082	0.1614	0.0988	0.6997	
Zn	0.3818	0.4378	0.4117	0.6912	0.7671	-0.7741	-0.4745	0.5614
	0.2184	0.1542	0.1766	0.0145	0.0053	0.0047	0.1213	0.0590

Anexo 3. Valores de correlación en el tejido vegetal (nervadura) de la hoja de Banano

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N
Fe	-0.2355							
PValue	0.4571							
Cu	-0.156	-0.023						
	0.6194	0.9387						
K	-0.2152	-0.2447	-0.0817					
	0.4991	0.4435	0.8002					
Mn	0.1579	-0.2137	-0.1626	0.2601				
	0.6194	0.4991	0.6194	0.404				
Mg	0.1813	-0.2109	-0.0408	-0.4991	0.0105			
	0.5578	0.5135	0.9037	0.0988	0.9737			
P	-0.213	0.1424	0.1667	-0.0494	0.2561	0.1725		
	0.4991	0.6511	0.5883	0.8863	0.4169	0.5883		
N	0.3245	-0.1628	0.1589	0.1936	0.1378	0.0957	-0.3262	
	0.2974	0.6037	0.6194	0.5429	0.6672	0.7663	0.2974	
Zn	-0.0827	0.6221	-0.0638	-0.5714	-0.214	0.213	0.1637	0.1312
	0.8002	0.0324	0.8517	0.0555	0.4991	0.4991	0.6037	0.6672

Anexo 4. Valores de correlación en la necromasa

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N
Fe	0.028							
PValue	0.9212							
Cu	-0.193	0.4737						
	0.5429	0.1213						
K	-0.1329	0.8601	0.5614					
	0.6834	0.0004	0.059					
Mn	0.2168	0.5874	0.5579	0.7063				
	0.4849	0.0458	0.059	0.0121				
Mg	-0.0629	0.1538	-0.1263	0.2937	0.2867			
	0.8517	0.6194	0.6997	0.3425	0.3543			
P	0.0841	-0.2697	-0.1547	-0.5149	-0.2907	-0.5954		
	0.7832	0.3912	0.6351	0.0887	0.3543	0.0458		
N	-0.3328	-0.1296	0.2091	-0.1471	-0.1156	-0.1051	-0.1123	
	0.2867	0.6834	0.4991	0.6511	0.7162	0.7495	0.7328	
Zn	0.1193	0.193	0.6743	0.2667	0.1123	-0.1193	-0.1687	0.0105
	0.6997	0.5429	0.0188	0.3912	0.7162	0.7162	0.6037	0.9737

Anexo 5. Valores de correlación de fertilidad de suelo

	Ca	CE	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	N	P	pH	S	Zn
CE	-0.0606												
PValue	0.7241												
Cu	-0.0905	0.0697											
	0.598	0.684											
Fe	-0.2495	0.1829	-0.2631										
	0.1421	0.2842	0.121										
K	-0.0538	0.3331	0.1771	0.1013									
	0.7547	0.0475	0.2995	0.5548									
Mg	0.0914	0.2107	0.1838	0.0607	-0.1431								
	0.5938	0.2163	0.2814	0.723	0.4036								
Mn	-0.0514	0.3157	0.0981	-0.2303	-0.0328	0.0648							
	0.765	0.061	0.567	0.1759	0.8485	0.705							
Na	-0.1057	0.8592	0.1668	0.0541	0.2259	0.2312	0.3167						
	0.5378	0	0.3288	0.7524	0.1844	0.174	0.0602						
N	-0.1416	0.1977	0.3363	0.0461	0.0764	0.0647	-0.142	0.1444					
	0.4087	0.2462	0.0454	0.7879	0.6566	0.7062	0.407	0.3985					
P	-0.0625	0.5806	-0.212	0.0548	0.0432	0.0237	0.3107	0.5392	-0.1832				
	0.7162	0.0003	0.2135	0.749	0.8007	0.8898	0.0653	0.0008	0.2835				
pH	0.0639	0.1904	0.2302	-0.2957	-0.0518	-0.1237	0.2457	0.3665	0.1485	0.0799			
	0.7095	0.2647	0.1759	0.0802	0.7638	0.4704	0.1481	0.0285	0.385	0.6415			
S	0.0327	0.7413	0.0841	0.1327	0.1339	0.1207	0.5407	0.7668	0.0423	0.5603	0.3346		
	0.8485	0	0.6233	0.4385	0.434	0.4807	0.0008	0	0.8053	0.0005	0.0465		
Zn	0.1678	0.1674	-0.0193	-0.1768	-0.1992	0.3547	0.4197	0.2436	-0.1103	0.2745	-0.138	0.3189	
	0.3258	0.3273	0.9111	0.301	0.2431	0.0343	0.0114	0.1516	0.52	0.1051	0.4208	0.0582	
CO	0.1795	0.1236	0.5626	-0.149	0.3581	-0.0316	-0.087	0.126	0.1865	-0.0042	0.3056	0.1136	0.2957
	0.2932	0.4704	0.0004	0.3842	0.0325	0.8544	0.6137	0.4621	0.2747	0.9815	0.0701	0.5074	0.0802

Anexo 6. Valores de correlación de las fracciones químicas de la MO en relación a las fracciones físicas, tamaño de los agregados, Respiración basal y Biomasa Microbiana

	CAF	CAH	CBM	CET	CO	CSNH	FIM	FL	FP	MNDC	MO	MYDC	NBM
CAH	-0.1151												
PValue	0.5891												
CBM	0.2933	-0.7002											
	0.163	0.0002											
CET	0.0152	0.915	0.6847										
	0.9433	0	0.0003										
CO	0.691	-0.286	0.2143	0.2449									
	0.0003	0.1749	0.312	0.247									
CSNH	0.0031	0.5456	-0.354	0.6445	-0.54								
	0.9886	0.0065	0.0903	0.0009	0.0072								
FIM	0.3029	-0.6958	0.627	0.7108	0.3525	-0.282							
	0.1492	0.0002	0.0013	0.0001	0.0912	0.1804							
FL	0.1397	-0.816	0.753	0.8501	0.2823	-0.481	0.8087						
	0.5125	0	0	0	0.1804	0.0185	0						
FP	0.4265	-0.769	0.7409	0.7225	0.4263	-0.3536	0.8696	0.8478					
	0.0386	0	0.0001	0.0001	0.0386	0.0903	0	0					
MNDC	0.0999	-0.5327	0.6504	0.5902	-0.0168	-0.2147	0.3885	0.6339	0.566				
	0.638	0.0081	0.0008	0.0029	0.9368	0.312	0.0608	0.0011	0.0045				
MO	0.691	-0.286	0.2143	0.2449	1	-0.54	0.3525	0.2823	0.4263	-0.0168			
	0.0003	0.1749	0.312	0.247	0	0.0072	0.0912	0.1804	0.0386	0.9368			
MYDC	0.1356	-0.7148	0.747	0.7291	0.1743	-0.2186	0.6104	0.7688	0.7653	0.717	0.1743		
	0.5231	0.0001	0	0.0001	0.4123	0.3021	0.0019	0	0	0.0001	0.4123		
NBM	0.3247	-0.7417	0.8141	0.7066	0.3575	-0.475	0.6667	0.751	0.811	0.6871	0.3575	0.7341	
	0.1212	0.0001	0	0.0002	0.0863	0.0199	0.0005	0	0	0.0003	0.0863	0.0001	
RB	0.3193	-0.6794	0.6381	0.6789	0.3269	-0.2367	0.796	0.7716	0.8256	0.6237	0.3269	0.7739	0.7353
	0.1275	0.0004	0.001	0.0004	0.1181	0.2646	0	0	0	0.0014	0.1181	0	0.0001

CAF: CARBONO DE LOS ÁCIDOS FULVICOS

CAH: CARBONO DE LOS ÁCIDOS HUMICOS

CSNH: CARBONO DE LAS SUSTANCIAS NO HUMICAS

CBM: CARBONO DE LA BIOMASA MICROBIANA

CET: CARBONO EXTRAIBLE TOTAL

COT: CARBONO ORGANICO TOTAL

FIM: FRACCION INTERMEDIA

FL: FRACCIÓN LIGERA

FP: FRACCIÓN PESADA

MNDC: CARBONO DE LOS AGREGADOS MENORES A 250

MYDC: CARBONO DE LOS AGREGADOS MAYORES A 250

NBM: NITROGENO DE LA BIOMASA MICROBIANA

MO: MATERIA ORGANICA

Anexo 7. Correlaciones de los componentes biométricos

	AP	CO	MNRAC	PER	PRAC
CO	0.7943				
PValue	0.0032				
MNRAC	0.7686	0.7571			
	0.0047	0.0059			
PER	0.8451	0.6078	0.7007		
	0.0008	0.0373	0.0133		
PRAC	0.8873	0.6679	0.875	0.8228	
	0	0.0204	0.0002	0.0017	
REND	0.8519	0.7735	0.7831	0.7733	0.7258
	0.0006	0.0047	0.0036	0.0047	0.0091

AP ALTURA DE PLANTAS

COT CARBONO ORGANICO TOTAL

MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO

PARC PESO DEL RACIMO

PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO

REND RENDIMIENTO

Anexo 8. Correlaciones de los componentes biométricos y contenido de nutrientes en el tejido (pecíolo)

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N	Zn	AP	CO	MNRAC	PER	PRAC
Fe	0.2797													
PValue	0.3664													
Cu	0.0989	0.1732												
	0.7495	0.573												
K	0.1678	-0.1958	-0.145											
	0.5883	0.5429	0.6511											
Mn	0.2347	0.6165	0.1522	-0.5254										
	0.4571	0.0348	0.6194	0.0839										
Mg	-0.4685	0.014	-0.088	0.1399	-0.291									
	0.1275	0.9562	0.7832	0.6511	0.354									
P	0.1684	-0.2561	-0.149	0.1614	-0.025	0.0632								
	0.5883	0.4169	0.6351	0.6037	0.939	0.8344								
N	0.3825	0.6702	0.4255	-0.2316	0.352	-0.2351	-0.338							
	0.2184	0.0188	0.1614	0.4709	0.256	0.4571	0.2762							
Zn	0.5779	0.627	0.1611	-0.3608	0.767	-0.4413	0.2056	0.406						
	0.0521	0.0324	0.6037	0.2463	0.005	0.1542	0.5135	0.1845						
									-					
AP	-0.3796	-0.5343	-0.069	0.4077	-0.708	0.1511	-0.0935	0.5538	-0.671					
	0.2184	0.0749	0.8344	0.1845	0.013	0.6351	0.7663	0.0666	0.0204					
										-				
CO	-0.6067	-0.3739	-0.273	0.3563	-0.507	0.4092	-0.2124	0.5912	-0.792	0.7943				
	0.04	0.2274	0.3912	0.2463	0.094	0.1845	0.4991	0.0458	0.0036	0.0032				
											-			
MNRAC	-0.3691	-0.4394	0.0995	0.5202	-0.625	0.2109	-0.4727	0.3086	-0.776	0.7686	0.7571			
	0.2367	0.1542	0.7495	0.0839	0.032	0.4991	0.1213	0.3309	0.0047	0.0047	0.0059			
												-		
PER	-0.1436	-0.3573	0.108	0.5499	-0.688	0.2067	-0.0721	0.2039	-0.646	0.8451	0.6078	0.7007		
	0.6511	0.256	0.7328	0.0666	0.016	0.5135	0.8173	0.5281	0.0259	0.0008	0.0373	0.0133		
													-	
PRAC	-0.1891	-0.606	-0.089	0.5044	-0.775	0.0946	-0.283	0.4165	-0.73	0.8873	0.6679	0.875	0.8228	
	0.5578	0.04	0.7832	0.0936	0.005	0.7663	0.3664	0.1766	0.0091	0	0.0204	0.0002	0.0017	
REND	-0.6982	-0.3965	0.1454	0.2456	-0.596	0.3474	-0.2553	-0.331	-0.752	0.8519	0.7735	0.7831	0.7733	0.7258
	0.0145	0.201	0.6351	0.4301	0.046	0.266	0.4169	0.2867	0.0066	0.0006	0.0047	0.0036	0.0047	0.0091

AP ALTURA DE PLANTAS
COT CARBONO ORGANICO TOTAL
MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO
PARC PESO DEL RACIMO
PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO
REND RENDIMIENTO

Anexo 9. Correlaciones de los componentes biométricos y contenido de nutrientes en el tejido (semilimbo)

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N	Zn	AP	CO	MNRAC	PER	PRAC
Fe	0.3916													
P-Value	0.201													
Cu	0.3316	0.829												
	0.2867	0.0014												
K	0.4974	0.2697	0.371											
	0.0988	0.3912	0.2274											
Mn	0.3846	0.3776	0.2998	0.7426										
	0.2096	0.2184	0.3309	0.0074										
Mg	-0.3077	-0.5315	-0.43	-0.3958	-0.727									
	0.3309	0.0793	0.1614	0.201	0.01									
P	-0.1193	-0.4772	-0.073	0.0035	-0.368	0.5123								
	0.7162	0.1213	0.8173	0.9912	0.237	0.0887								
N	0.3923	0.2627	0.3569	0.7351	0.431	-0.5044	0.1195							
	0.201	0.404	0.2463	0.0082	0.161	0.0988	0.6997							
Zn	0.3818	0.4378	0.4117	0.6912	0.767	-0.7741	-0.4745	0.5614						
	0.2184	0.1542	0.1766	0.0145	0.005	0.0047	0.1213	0.059						
AP	-0.6362	-0.3656	-0.339	-0.7923	-0.773	0.71	0.3122	0.6497	-0.877					
	0.0301	0.2367	0.2762	0.0032	0.005	0.0121	0.3195	0.0259	0.0002					
CO	-0.5997	-0.3316	-0.278	-0.7191	-0.67	0.5856	0.3398	0.4541	-0.735	0.7943				
	0.0428	0.2867	0.3787	0.011	0.02	0.0488	0.2762	0.1404	0.0091	0.0032				
MNRAC	-0.6222	-0.5026	-0.268	-0.6972	-0.886	0.6925	0.4903	0.4894	-0.736	0.7686	0.7571			
	0.0348	0.0988	0.3912	0.0145	1E-04	0.0145	0.1041	0.1096	0.0091	0.0047	0.0059			
PER	-0.2942	-0.4623	-0.399	-0.7895	-0.792	0.7391	0.3638	0.7193	-0.8	0.8451	0.6078	0.7007		
	0.3543	0.1338	0.201	0.0036	0.004	0.0082	0.2367	0.011	0.0027	0.0008	0.0373	0.0133		
PRAC	-0.634	-0.3888	-0.166	-0.6912	-0.767	0.7075	0.4464	0.6667	-0.74	0.8873	0.6679	0.875	0.8228	
	0.0301	0.2096	0.6037	0.0159	0.005	0.0121	0.1404	0.0204	0.0082	0	0.0204	0.0002	0.0017	
REND	-0.5263	-0.5333	-0.513	-0.7206	-0.839	0.7719	0.1972	0.5413	-0.777	0.8519	0.7735	0.7831	0.7733	0.7258
	0.0793	0.0749	0.0887	0.011	0.001	0.0047	0.5281	0.0707	0.0047	0.0006	0.0047	0.0036	0.0047	0.0091

AP ALTURA DE PLANTAS
COT CARBONO ORGANICO TOTAL
MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO
PARC PESO DEL RACIMO
PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO
REND RENDIMIENTO

Anexo 10. Correlaciones de los componentes biométricos y contenido de nutrientes en el tejido

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N	Zn	AP	CO	MNRAC	PER	PRAC
Fe	-0.2355													
P-Value	0.4571													
CU	-0.156	-0.023												
	0.6194	0.9387												
K	-0.2152	-0.2447	-0.082											
	0.4991	0.4435	0.8002											
Mn	0.1579	-0.2137	-0.163	0.2601										
	0.6194	0.4991	0.6194	0.404										
Mg	0.1813	-0.2109	-0.041	-0.4991	0.011									
	0.5578	0.5135	0.9037	0.0988	0.974									
P	-0.213	0.1424	0.1667	-0.0494	0.256	0.1725								
	0.4991	0.6511	0.5883	0.8863	0.417	0.5883								
N	0.3245	-0.1628	0.1589	0.1936	0.138	0.0957	-0.3262							
	0.2974	0.6037	0.6194	0.5429	0.667	0.7663	0.2974							
Zn	-0.0827	0.6221	-0.064	-0.5714	-0.214	0.213	0.1637	0.1312						
	0.8002	0.0324	0.8517	0.0555	0.499	0.4991	0.6037	0.6672						
									-					
AP	-0.1287	0.2799	0.2185	-0.7951	-0.39	0.3668	-0.0282	0.1758	0.5802					
	0.6834	0.3664	0.4849	0.0032	0.21	0.2367	0.9387	0.5883	0.0488					
CO	-0.2584	0.0035	-0.073	-0.5762	0.018	0.5009	-0.0478	-0.164	0.4407	0.7943				
	0.4169	0.9912	0.8173	0.0521	0.956	0.0988	0.8863	0.6037	0.1472	0.0032				
MNRAC	-0.2769	0.1479	0.1599	-0.6961	-0.299	0.5503	0.0547	0.0817	0.6138	0.7686	0.7571			
	0.3787	0.6351	0.6037	0.0145	0.343	0.0666	0.8517	0.8002	0.0348	0.0047	0.0059			
PER	0.0949	0.2561	0.1752	-0.9049	-0.301	0.3392	-0.1634	0.0142	0.6327	0.8451	0.6078	0.7007		
	0.7663	0.4169	0.573	0	0.343	0.2762	0.6037	0.9562	0.0301	0.0008	0.0373	0.0133		
PRAC	-0.123	0.2632	0.1221	-0.8592	-0.473	0.3796	0.1125	0.1752	0.6485	0.8873	0.6679	0.875	0.8228	
	0.6997	0.404	0.6997	0.0006	0.121	0.2184	0.7162	0.5883	0.0259	0	0.0204	0.0002	0.0017	
REND	-0.0616	0.0685	0.3245	-0.6261	-0.144	0.3151	-0.2359	0.2358	0.4472	0.8519	0.7735	0.7831	0.7733	0.7258
	0.8517	0.8173	0.2974	0.0324	0.651	0.3083	0.4571	0.4571	0.1404	0.0006	0.0047	0.0036	0.0047	0.0091

AP ALTURA DE PLANTAS
COT CARBONO ORGANICO TOTAL
MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO
PARC PESO DEL RACIMO
PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO
REND RENDIMIENTO

Anexo 11. Correlaciones de los componentes biométricos y contenido de nutrientes en la necromasa

	Ca	Fe	Cu	K	Mn	Mg	P	N	Zn	AP	CO	MNRAC	PER	PRAC
Fe	0.028													
P-Value	0.9212													
Cu	-0.193	0.4737												
	0.5429	0.1213												
K	-0.1329	0.8601	0.5614											
	0.6834	0.0004	0.059											
Mn	0.2168	0.5874	0.5579	0.7063										
	0.4849	0.0458	0.059	0.0121										
MG	-0.0629	0.1538	-0.126	0.2937	0.287									
	0.8517	0.6194	0.6997	0.3425	0.354									
P	0.0841	-0.2697	-0.155	-0.5149	-0.291	-0.5954								
	0.7832	0.3912	0.6351	0.0887	0.354	0.0458								
N	-0.3328	-0.1296	0.2091	-0.1471	-0.116	-0.1051	-0.1123							
	0.2867	0.6834	0.4991	0.6511	0.716	0.7495	0.7328							
Zn	0.1193	0.193	0.6743	0.2667	0.112	-0.1193	-0.1687	0.0105						
	0.6997	0.5429	0.0188	0.3912	0.716	0.7162	0.6037	0.9737						
AP	-0.1547	-0.6116	-0.252	-0.6573	-0.738	-0.5905	0.3468	0.4401	0.067					
	0.6351	0.0373	0.4301	0.024	0.008	0.0458	0.266	0.1472	0.8344					
CO	0.1129	-0.6667	-0.382	-0.7055	-0.825	-0.5432	0.2756	0	0.1274	0.7943				
	0.7162	0.0204	0.2184	0.0133	0.002	0.0707	0.3787	0.9912	0.6834	0.0032				
MNRAC	-0.0105	-0.6608	-0.286	-0.7346	-0.749	-0.4148	0.5335	0.1796	0.224	0.7686	0.7571			
	0.9737	0.0222	0.3664	0.0091	0.007	0.1766	0.0749	0.573	0.4709	0.0047	0.0059			
PER	-0.2277	-0.69	-0.076	-0.6935	-0.532	-0.5849	0.3579	0.5825	0.0246	0.8451	0.6078	0.7007		
	0.4709	0.0159	0.8173	0.0159	0.079	0.0488	0.2463	0.0488	0.9387	0.0008	0.0373	0.0133		
PRAC	-0.0806	-0.5464	-0.049	-0.6095	-0.592	-0.4694	0.3596	0.4877	0.3304	0.8873	0.6679	0.875	0.8228	
	0.8002	0.0707	0.8863	0.04	0.046	0.1275	0.2463	0.1096	0.2867	0	0.0204	0.0002	0.0017	
REND	0.0105	-0.7719	-0.583	-0.8807	-0.839	-0.3719	0.3849	0.3409	-0.192	0.8519	0.7735	0.7831	0.7733	0.7258
	0.9737	0.0047	0.0488	0.0002	0.001	0.2367	0.2096	0.266	0.5429	0.0006	0.0047	0.0036	0.0047	0.0091

AP ALTURA DE PLANTAS
COT CARBONO ORGANICO TOTAL
MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO
PARC PESO DEL RACIMO
PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO
REND RENDIMIENTO

Anexo 12. Correlaciones de los componentes biométricos y fracciones físicas de la materia macroorganica

	AP	CO	MNRAC	PER	PRAC	REND	CFL	CFIM
CO	0.7943							
PValue	0.0032							
MNRAC	0.7686	0.7571						
	0.0047	0.0059						
PER	0.8451	0.6078	0.701					
	0.0008	0.0373	0.013					
PRAC	0.8873	0.6679	0.875	0.8228				
	0	0.0204	2E-04	0.0017				
REND	0.8519	0.7735	0.783	0.7733	0.726			
	0.0006	0.0047	0.004	0.0047	0.009			
CFL	0.8483	0.6513	0.677	0.8699	0.868	0.6919		
	0.0008	0.024	0.017	0.0003	3E-04	0.0145		
CFIM	-0.616	-0.166	-0.45	-0.472	-0.67	-0.443	-0.562	
	0.0373	0.6037	0.14	0.1213	0.019	0.1472	0.059	
CFP	-0.705	-0.482	-0.74	-0.831	-0.82	-0.677	-0.85	0.653
	0.0133	0.1154	0.008	0.0014	0.002	0.0188	8E-04	0.0240

AP ALTURA DE PLANTAS

COT CARBONO ORGANICO TOTAL

MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO

PARC PESO DEL RACIMO

PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO

REND RENDIMIENTO

CFL CARBONO DE LA FRACCIÓN LIGERA

CFIM CARBONO DE LA FRACCIÓN INTERMEDIA

CFP CARBONO DE LA FRACCIÓN PESADA

Anexo 13. Correlaciones de los componentes biométricos del cultivo y fracciones químicas de la materia orgánica

	AP	CO	NRAC	PER	PRAC	REND	CAF	CAH	CSNH
CO	0.7943								
P-Value	0.0032								
MNRAC	0.7686	0.7571							
	0.0047	0.0059							
PER	0.8451	0.6078	0.701						
	0.0008	0.0373	0.013						
PRAC	0.8873	0.6679	0.875	0.8228					
	0	0.0204	2E-04	0.0017					
REND	0.8519	0.7735	0.783	0.7733	0.726				
	0.0006	0.0047	0.004	0.0047	0.009				
CAF	-0.007	-0.221	0.107	-0.057	0.078	-0.071			
	0.9912	0.4849	0.733	0.869	0.8	0.8344			
CAH	-0.81	-0.679	-0.67	-0.699	-0.67	-0.865	0.043		
	0.0024	0.0188	0.02	0.0145	0.02	0.0004	0.886		
CSNH	0.8451	0.6078	0.701	1	0.823	0.7733	-0.057	-0.699	
	0.0008	0.0373	0.013	0	0.002	0.0047	0.869	0.015	
MO	0.7686	0.7571	1	0.7007	0.875	0.7831	0.107	-0.671	0.701
	0.0047	0.0059	0	0.0133	2E-04	0.0036	0.733	0.02	0.013

CAF CARBONO DE LOS ÁCIDOS FULVICOS

FL FRACCIÓN LIGERA

CAH CARBONO DE LOS ÁCIDOS HUMICOS

FP FRACCIÓN PESADA

CSNH CARBONO DE LAS SUSTANCIAS NO HUMICAS

MO MATERIA ORGANICA

CET CARBONO EXTRAIBLE TOTAL

COT CARBONO ORGANICO TOTAL

AP ALTURA DE PLANTAS

MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO

PARC PESO DEL RACIMO

PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO

REND RENDIMIENTO

Anexo 14. Correlaciones de los componentes biométricos del cultivo, Carbono de la biomasa microbiana y Nitrógeno de la biomasa microbiana.

	AP	MNRAC	PER	PRAC	REND	CBM	NBM
MNRAC	0.7686						
PValue	0.0047						
PER	0.8451	0.7007					
	0.0008	0.0133					
PRAC	0.8873	0.875	0.823				
	0	0.0002	0.002				
REND	0.8519	0.7831	0.773	0.7258			
	0.0006	0.0036	0.005	0.0091			
CBM	0.7206	0.7311	0.757	0.6585	0.73		
	0.01	0.0091	0.006	0.0222	0.009		
NBM	0.6749	0.6573	0.666	0.5499	0.761	0.8322	
	0.0188	0.0222	0.02	0.0666	0.005	0.0012	
RESPE	0.2601	0.2847	0.228	0.1506	0.547	0.1259	0.224
	0.404	0.3664	0.471	0.6351	0.067	0.6834	0.471
RESPB	0.8225	0.7346	0.774	0.7601	0.758	0.6853	0.811
	0.0017	0.0082	0.005	0.0059	0.006	0.0159	0.002

RESPE RESPIRACIÓN EDÁFICA
RESPB RESPIRACIÓN BASAL
CBM CARBONO DE LA BIOMASA MICROBIANA
NBM NITROGENO DE LA BIOMASA MICROBIANA
AP ALTURA DE PLANTAS
MNRAC NUMERO DE MANOS POR RACIMO
PARC PESO DEL RACIMO
PER PERIMETRO DEL PSEUDOTALLO
REND RENDIMIENTO

Anexo 15. Correlación de los componentes tejido vegetal (pecíolo) y la fertilidad de suelo

	Ns	Ntp	Ps	Ptp	Ks	Ktp	Cas	Catp	Nas	Mgs	Mgtp	Cus	Cutp	Fes	Fetp	Mns	Mntp	Zns	Zntp	Ss
Ntp	-0.1908																			
PValue	0.5429																			
Ps	0.0602	-0.5062																		
	0.8517	0.0936																		
Ptp	0.311	-0.338	-0.0071																	
	0.3195	0.2762	0.9912																	
Ks	-0.0352	0.4211	-0.4745	0.193																
	0.9212	0.1689	0.1213	0.5429																
Ktp	0.4225	-0.2316	0.4464	0.1614	0.1189															
	0.1689	0.4709	0.1404	0.6037	0.6997															
Cas	0.3873	-0.4105	0.5097	0.0105	-0.1818	0.3147														
	0.2096	0.1845	0.0887	0.9737	0.573	0.3083														
Catp	-0.2887	0.3825	-0.2531	0.1684	0.6224	0.1678	-0.3776													
	0.3543	0.2184	0.4301	0.5883	0.0324	0.5883	0.2274													
Nas	0.2509	-0.2236	0.7778	-0.206	-0.3193	0.3228	0.4807	-0.4561												
	0.4169	0.4849	0.0041	0.5135	0.3083	0.2974	0.1154	0.1404												
Mgs	0.0353	-0.1072	0.0423	0.2091	0.1856	0.1856	0.1051	-0.2347	0.188											
	0.9037	0.7328	0.8863	0.4991	0.5578	0.5578	0.7328	0.4571	0.5429											
Mgtp	-0.0352	-0.2351	0.2601	0.0632	-0.028	0.1399	0.5245	-0.4685	0.4175	0.3117										
	0.9212	0.4571	0.404	0.8344	0.9387	0.6511	0.0793	0.1275	0.1766	0.3195										
Cus	0.3993	-0.1884	0.7108	-0.1162	-0.3474	0.5649	0.3158	-0.3544	0.9014	0.2355	0.2386									
	0.1926	0.5578	0.0121	0.7162	0.266	0.0555	0.3083	0.256	0	0.4571	0.4435									
Cutp	0.1708	0.4255	-0.1599	-0.1489	0.0777	-0.1449	-0.2156	0.0989	0.3227	-0.1381	-0.0883	0.3635								
	0.5883	0.1614	0.6194	0.6351	0.8002	0.6511	0.4991	0.7495	0.2974	0.6672	0.7832	0.2367								
Fes	-0.4982	0.456	-0.7266	-0.0845	0.4491	-0.7474	-0.3579	0.1684	-0.5863	-0.1054	0.0561	-0.8028	-0.0035							
	0.1041	0.1338	0.01	0.8002	0.1404	0.0074	0.256	0.5883	0.0488	0.7495	0.8517	0.0027	0.9912							
Fetp	-0.1761	0.6702	-0.6397	-0.2561	0.6643	-0.1958	-0.4196	0.2797	-0.3509	-0.2102	0.014	-0.4035	0.1732	0.6737						
	0.5883	0.0188	0.028	0.4169	0.0204	0.5429	0.1766	0.3664	0.266	0.5135	0.9562	0.1926	0.573	0.0188						
Mns	0.1135	-0.3569	0.8531	-0.1343	-0.662	0.324	0.5704	-0.4648	0.7633	0.1975	0.3662	0.7315	-0.0463	-0.6891	-0.7254					
	0.7162	0.256	0.0006	0.6834	0.0222	0.2974	0.0555	0.1275	0.0053	0.5281	0.2367	0.0091	0.8863	0.0159	0.01					
Mntp	-0.0459	0.3515	-0.8926	-0.0246	0.5814	-0.5254	-0.3713	0.2347	-0.6432	-0.0316	-0.2907	-0.703	0.1522	0.754	0.6165	-0.8854				
	0.8863	0.256	0	0.9387	0.0488	0.0839	0.2367	0.4571	0.028	0.9212	0.3543	0.0133	0.6194	0.0059	0.0348	0.0001				

Zns	0.3422	-0.355	0.6532	-0.2285	-0.2312	0.4063	0.9247	-0.3538	0.6924	0.0281	0.4869	0.5378	-0.0496	-0.4938	-0.3923	0.6878	-0.5018			
	0.266	0.256	0.024	0.4709	0.4709	0.1845	0	0.256	0.0145	0.9212	0.1096	0.0707	0.8863	0.1041	0.2096	0.0159	0.0988			
Zntp	-0.1129	0.406	-0.7958	0.2056	0.5919	-0.3608	-0.6725	0.5779	-0.7417	-0.3053	-0.4413	-0.6977	0.1611	0.6415	0.627	-0.8995	0.7667	0.7351		
	0.7328	0.1845	0.0032	0.5135	0.0458	0.2463	0.0204	0.0521	0.0082	0.3309	0.1542	0.0145	0.6037	0.028	0.0324	0	0.0053	0.0091		
Ss	0.338	-0.4702	0.7803	-0.0421	-0.5664	0.5804	0.3916	-0.5594	0.7298	0.0876	0.3846	0.8105	-0.1201	-0.779	-0.4406	0.7465	-0.8301	0.5289	-0.7706	
	0.2762	0.1275	0.0041	0.9037	0.059	0.0488	0.201	0.0627	0.0091	0.7832	0.2096	0.002	0.7162	0.0041	0.1542	0.0074	0.0014	0.0793	0.0053	
Cotp	0.2309	-0.5912	0.734	-0.2124	-0.3492	0.3563	0.6455	-0.6067	0.7274	0.1944	0.4092	0.5965	-0.2727	-0.5292	-0.3739	0.6039	-0.5071	0.7332	-0.7915	0.7478
	0.4571	0.0458	0.0082	0.4991	0.266	0.2463	0.0259	0.04	0.0091	0.5281	0.1845	0.0428	0.3912	0.0793	0.2274	0.04	0.0936	0.0082	0.0036	0.0066

Ns: NITRÒGENO DEL SUELO

Ntp: NITRÒGENO TEJIDO VEGETAL PECÍOLO

Ps: FOSFORO DEL SUELO

Ptp: FOSFORO TEJIDO PECÍOLO

Ks: POTASIO DEL SUELO

Ktp: POTASIO TEJIDO PECÍOLO

Cas: CALCIO DEL SUELO

Catp: CALCIO TEJIDO PECÍOLO

Nas: SODIO DEL SUELO

Natp: SODIO TEJIDO PECÍOLO

Mgs: MAGNESIO DEL SUELO

Mgtp: MAGNESIO DEL TEJIDO PECÍOLO

Cus: COBRE DEL SUELO

Cutp: COBRE DEL TEJIDO PECÍOLO

Fes: HIERRO DEL SUELO

Fetp: HIERRO DEL TEJIDO PECÍOLO

Mns: MANGANESO DEL SUELO

Mntp: MANGANESO DEL TEJIDO PECÍOLO

Zns: ZINC DEL SUELO

Zntp: ZINC TEJIDO PECÍOLO

Ss: AZÚFRE DEL SUELO

Stp: AZÚFRE TEJIDO PECÍOLO

Anexo 16. Correlación de los componentes de tejido vegetal (semilimbo) y la fertilidad del suelo

	Ns	Ps	Ks	Cas	Nas	Mgs	Cus	Fes	Mns	Zns	Ss	Cats	Cots	Cuts	Fets	Kts	Mgts	Mnts	Nts	Znts
Ps	0.0602																			
PValue	0.8517																			
Ks	-0.0352	-0.4745																		
	0.9212	0.1213																		
Cas	0.3873	0.5097	0.1818																	
	0.2096	0.0887	0.573																	
Nas	0.2509	0.7778	0.3193	0.4807																
	0.4169	0.0041	0.3083	0.1154																
Mgs	0.0353	0.0423	0.1856	0.1051	0.188															
	0.9037	0.8863	0.5578	0.7328	0.5429															
Cus	0.3993	0.7108	0.3474	0.3158	0.9014	0.2355														
	0.1926	0.0121	0.266	0.3083	0	0.4571														
Fes	-0.4982	-0.7266	0.4491	-0.3579	-0.5863	-0.1054	-0.8028													
	0.1041	0.01	0.1404	0.256	0.0488	0.7495	0.0027													
Mns	0.1135	0.8531	-0.662	0.5704	0.7633	0.1975	0.7315	-0.6891												
	0.7162	0.0006	0.0222	0.0555	0.0053	0.5281	0.0091	0.0159												
Zns	0.3422	0.6532	0.2312	0.9247	0.6924	0.0281	0.5378	-0.4938	0.6878											
	0.266	0.024	0.4709	0	0.0145	0.9212	0.0707	0.1041	0.0159											
Ss	0.338	0.7803	0.5664	0.3916	0.7298	0.0876	0.8105	-0.779	0.7465	0.5289										
	0.2762	0.0041	0.059	0.201	0.0091	0.7832	0.002	0.0041	0.0074	0.0793										
Cats	-0.2817	-0.4218	0.5455	-0.4196	-0.3193	0.0666	-0.2842	0.5088	-0.4155	-0.5079	-0.3776									
	0.3664	0.1689	0.0666	0.1766	0.3083	0.8344	0.3664	0.0887	0.1766	0.0936	0.2274									
Cots	0.2309	0.734	0.3492	0.6455	0.7274	0.1944	0.5965	-0.5292	0.6039	0.7332	0.7478	-0.5997								
	0.4571	0.0082	0.266	0.0259	0.0091	0.5281	0.0428	0.0793	0.04	0.0082	0.0066	0.0428								
Cuts	-0.5968	-0.1099	0.1728	-0.381	-0.4212	0.0141	-0.377	0.2602	-0.1599	-0.3551	-0.0917	0.3316	-0.2776							
	0.0428	0.7328	0.5883	0.2184	0.1766	0.9562	0.2274	0.404	0.6194	0.256	0.7832	0.2867	0.3787							
Fets	-0.5704	-0.2004	0.1469	-0.4895	-0.4561	-0.1786	-0.4421	0.3895	-0.3521	-0.5149	-0.1119	0.3916	-0.3316	0.829						
	0.0555	0.5281	0.6351	0.1096	0.1404	0.573	0.1542	0.2096	0.256	0.0887	0.7328	0.201	0.2867	0.0014						

Anexo 17. Correlación de los componentes del tejido vegetal (nervadura) y la fertilidad de suelo.

	Ns	Ps	Ks	Cas	Nas	Mgs	Cus	Fes	Mns	Zns	Ss	Catn	Cotn	Cutn	Fetn	Ktn	Mgtn	Mntn	Ntn	Ptn
Ps	0.0602																			
PValue	0.8517																			
Ks	-0.0352	-0.4745																		
	0.9212	0.1213																		
Cas	0.3873	0.5097	-0.1818																	
	0.2096	0.0887	0.573																	
Nas	0.2509	0.7778	-0.3193	0.4807																
	0.4169	0.0041	0.3083	0.1154																
Mgs	0.0353	0.0423	0.1856	0.1051	0.188															
	0.9037	0.8863	0.5578	0.7328	0.5429															
Cus	0.3993	0.7108	-0.3474	0.3158	0.9014	0.2355														
	0.1926	0.0121	0.266	0.3083	0	0.4571														
Fes	-0.4982	-0.7266	0.4491	-0.3579	-0.5863	-0.1054	-0.8028													
	0.1041	0.01	0.1404	0.256	0.0488	0.7495	0.0027													
Mns	0.1135	0.8531	-0.662	0.5704	0.7633	0.1975	0.7315	-0.6891												
	0.7162	0.0006	0.0222	0.0555	0.0053	0.5281	0.0091	0.0159												
Zns	0.3422	0.6532	-0.2312	0.9247	0.6924	0.0281	0.5378	-0.4938	0.6878											
	0.266	0.024	0.4709	0	0.0145	0.9212	0.0707	0.1041	0.0159											
Ss	0.338	0.7803	-0.5664	0.3916	0.7298	0.0876	0.8105	-0.779	0.7465	0.5289										
	0.2762	0.0041	0.059	0.201	0.0091	0.7832	0.002	0.0041	0.0074	0.0793										
Catn	0.1166	-0.3016	0.3684	0.3158	-0.2254	-0.4007	-0.4331	0.4842	-0.2474	0.2302	-0.3825									
	0.7162	0.3425	0.2367	0.3083	0.4849	0.1926	0.1614	0.1096	0.4301	0.4571	0.2184									
Cotn	0.2309	0.734	-0.3492	0.6455	0.7274	0.1944	0.5965	-0.5292	0.6039	0.7332	0.7478	-0.2584								
	0.4571	0.0082	0.266	0.0259	0.0091	0.5281	0.0428	0.0793	0.04	0.0082	0.0066	0.4169								
Cutn	0.4555	0.0337	-0.2898	0.0283	0.3032	-0.1044	0.3404	-0.266	0.153	0.0814	-0.0141	-0.156	-0.0731							
	0.1338	0.9037	0.3543	0.9212	0.3309	0.7495	0.2762	0.404	0.6194	0.8002	0.9737	0.6194	0.8173							
Fetn	-0.4374	0.4225	-0.0736	-0.3993	0.3322	-0.3754	0.3023	-0.1301	0.1623	-0.1404	0.1997	-0.2355	0.0035	-0.023						
	0.1542	0.1689	0.8173	0.201	0.2867	0.2274	0.3309	0.6834	0.6037	0.6672	0.5281	0.4571	0.9912	0.9387						
Ktn	-0.2159	-0.7809	0.1476	-0.7381	-0.6737	0.1989	-0.552	0.5661	-0.6549	-0.875	-0.5062	-0.2152	-0.5762	-0.0817	-0.2447					
	0.4991	0.0041	0.6351	0.0082	0.0188	0.5281	0.0666	0.0555	0.024	0.0003	0.0936	0.4991	0.0521	0.8002	0.4435					

Anexo 18. Correlación de los componentes de tejido vegetal (pecíolo) y necromasa

	Can	Catp	Cotp	Cun	Cutp	Fen	Fetp	Kn	Ktp	Mgn	Mgtp	Mnn	Mntp	Nn	Ntp	Pn	Ptp	Znn
Catp	-0.4196																	
PValue	0.1766																	
Cotp	0.1129	-0.607																
	0.7162	0.04																
Cun	-0.193	0.7965	-0.3823															
	0.5429	0.0027	0.2184															
Cutp	-0.4771	0.0989	-0.2727	-0.3422														
	0.1213	0.7495	0.3912	0.2762														
Fen	0.028	0.4755	-0.6667	0.4737	-0.3145													
	0.9212	0.1154	0.0204	0.1213	0.3195													
Fetp	-0.3147	0.2797	-0.3739	0.2632	0.1732	0.4056												
	0.3195	0.3664	0.2274	0.404	0.573	0.1845												
Kn	-0.1329	0.6853	-0.7055	0.5614	-0.1555	0.8601	0.4825											
	0.6834	0.0159	0.0133	0.059	0.6351	0.0004	0.1096											
Ktp	0.0559	0.1678	0.3563	0.2702	-0.1449	-0.1469	-0.1958	-0.3287										
	0.8517	0.5883	0.2463	0.3912	0.6511	0.6511	0.5429	0.2974										
Mgn	-0.0629	0.021	-0.5432	-0.1263	0.2968	0.1538	0.1748	0.2937	-0.8531									
	0.8517	0.9387	0.0707	0.6997	0.3425	0.6194	0.573	0.3425	0.0008									
Mgtp	0.4056	-0.469	0.4092	-0.207	-0.0883	-0.3217	0.014	-0.3986	0.1399	-0.2448								
	0.1845	0.1275	0.1845	0.5135	0.7832	0.3083	0.9562	0.201	0.6511	0.4435								
Mnn	0.2168	0.6713	-0.8254	0.5579	-0.0742	0.5874	0.1748	0.7063	-0.1538	0.2867	-0.2517							
	0.4849	0.0188	0.0017	0.059	0.8173	0.0458	0.573	0.0121	0.6351	0.3543	0.4301							
Mntp	-0.0455	0.2347	-0.5071	-0.0984	0.1522	0.5044	0.6165	0.655	-0.5254	0.4623	-0.2907	0.3923						
	0.8863	0.4571	0.0936	0.7663	0.6194	0.0936	0.0348	0.024	0.0839	0.1275	0.3543	0.201						
Nn	-0.3328	0.1191	0	0.2091	0.1469	-0.1296	-0.1156	-0.1471	0.0595	-0.1051	0.2312	-0.1156	-0.4772					
	0.2867	0.6997	0.9912	0.4991	0.6351	0.6834	0.7162	0.6511	0.8517	0.7495	0.4571	0.7162	0.1213					
Ntp	-0.2526	0.3825	-0.5912	0.3169	0.4255	0.1263	0.6702	0.2597	-0.2316	0.4842	-0.2351	0.3754	0.3515	0.0123				
	0.4301	0.2184	0.0458	0.3083	0.1614	0.6834	0.0188	0.404	0.4709	0.1096	0.4571	0.2274	0.256	0.9562				
Pn	0.0841	-0.161	0.2756	-0.1547	0.223	-0.2697	-0.2907	-0.5149	0.7671	-0.5954	0.1156	-0.2907	-0.5228	-0.1123	-0.2004			
	0.7832	0.6194	0.3787	0.6351	0.4709	0.3912	0.3543	0.0887	0.0053	0.0458	0.7162	0.3543	0.0839	0.7328	0.5281			
Ptp	0.2737	0.1684	-0.2124	0.0933	-0.1489	0.1614	-0.2561	0.1754	0.1614	-0.3544	0.0632	0.5088	-0.0246	-0.065	-0.338	0.1441		

	0.3787	0.5883	0.4991	0.7663	0.6351	0.6037	0.4169	0.573	0.6037	0.256	0.8344	0.0887	0.9387	0.8344	0.2762	0.6511		
Znn	0.1193	0.3509	0.1274	0.6743	-0.5621	0.193	0.0211	0.2667	0.2351	-0.1193	-0.1439	0.1123	-0.188	0.0105	0.0863	-0.1687	-0.3539	
	0.6997	0.256	0.6834	0.0188	0.059	0.5429	0.9387	0.3912	0.4571	0.7162	0.6511	0.7162	0.5578	0.9737	0.7832	0.6037	0.256	
Zntp	-0.2662	0.5779	-0.7915	0.3146	0.1611	0.7951	0.627	0.8897	-0.3608	0.3047	-0.4413	0.62	0.7667	-0.1404	0.406	-0.3754	0.2056	-0.1002
	0.404	0.0521	0.0036	0.3083	0.6037	0.0032	0.0324	0	0.2463	0.3309	0.1542	0.0348	0.0053	0.6672	0.1845	0.2274	0.5135	0.7495

Nn: NITRÒGENO DEL NECROMASA
 Ntp: NITRÒGENO TEJIDO VEGETAL PECÍOLO
 Pn: FOSFORO DEL NECROMASA
 Ptn: FOSFORO TEJIDO PECÍOLO
 Kn: POTASIO DEL NECROMASA
 Ktp: POTASIO TEJIDO PECÍOLO
 Can: CALCIO DEL NECROMASA
 Catp: CALCIO TEJIDO PECÍOLO
 Nan: SODIO DEL NECROMASA
 Natp: SODIO TEJIDO PECÍOLO
 Mgn: MAGNESIO DEL NECROMASA
 Mgtp: MAGNESIO DEL TEJIDO PECÍOLO

Cun: COBRE DEL NECROMASA
 Cutp: COBRE DEL TEJIDO PECÍOLO
 Fen: HIERRO DEL NECROMASA
 Fetp: HIERRO DEL TEJIDO PECÍOLO
 Mnn: MANGANESO DEL NECROMASA
 Mntp: MANGANESO DEL TEJIDO PECÍOLO
 Znn: ZINC DEL NECROMASA
 Zntp: ZINC TEJIDO PECÍOLO

Anexo 19. Correlación de los componentes de tejido vegetal (semilimbo) y necromasa

	Can	Cun	Fen	Kn	Mgn	Mnn	Nn	Pn	Znn	Cats	Cots	Cuts	Fets	Kts	Mgts	Mnts	Nts	Pts
Cun	-0.193																	
PValue	0.5429																	
Fen	0.028	0.4737																
	0.9212	0.1213																
Kn	-0.1329	0.5614	0.8601															
	0.6834	0.059	0.0004															
Mgn	-0.0629	-0.126	0.1538	0.2937														
	0.8517	0.6997	0.6194	0.3425														
Mnn	0.2168	0.5579	0.5874	0.7063	0.2867													
	0.4849	0.059	0.0458	0.0121	0.3543													
Nn	-0.3328	0.2091	-0.1296	-0.1471	-0.1051	-0.1156												
	0.2867	0.4991	0.6834	0.6511	0.7495	0.7162												
Pn	0.0841	-0.155	-0.2697	-0.5149	-0.5954	-0.2907	-0.1123											
	0.7832	0.6351	0.3912	0.0887	0.0458	0.3543	0.7328											
Znn	0.1193	0.6743	0.193	0.2667	-0.1193	0.1123	0.0105	-0.1687										
	0.6997	0.0188	0.5429	0.3912	0.7162	0.7162	0.9737	0.6037										
Cats	-0.0909	0.5018	0.2378	0.3566	0.2168	0.6084	-0.007	-0.1471	-0.0456									
	0.7832	0.0936	0.4435	0.2463	0.4849	0.0373	0.9912	0.6511	0.8863									
Cots	0.1129	-0.382	-0.6667	-0.7055	-0.5432	-0.8254	0	0.2756	0.1274	-0.5997								
	0.7162	0.2184	0.0204	0.0133	0.0707	0.0017	0.9912	0.3787	0.6834	0.0428								
Cuts	0.1411	0.7239	0.6526	0.508	-0.0176	0.3492	0.0636	-0.0919	0.6	0.3316	-0.2776							
	0.6511	0.01	0.024	0.0936	0.9562	0.256	0.8344	0.7832	0.04	0.2867	0.3787							
Fets	-0.0909	0.5263	0.6643	0.5385	0	0.3007	0.1121	-0.1436	0.1368	0.3916	-0.3316	0.829						
	0.7832	0.0793	0.0204	0.0707	0.9912	0.3309	0.7162	0.6511	0.6672	0.201	0.2867	0.0014						
Kts	0.3012	0.2777	0.5499	0.5394	0.5744	0.718	-0.4667	-0.2614	0.0967	0.4974	-0.7191	0.371	0.2697					
	0.3309	0.3787	0.0666	0.0707	0.0521	0.011	0.1275	0.404	0.7495	0.0988	0.011	0.2274	0.3912					
Mgts	0.0699	-0.305	-0.8182	-0.8951	-0.3287	-0.5105	0.2102	0.5499	-0.0947	-0.3077	0.5856	-0.4304	-0.5315	-0.3958				
	0.8173	0.3309	0.002	0	0.2974	0.0936	0.4991	0.0666	0.7663	0.3309	0.0488	0.1614	0.0793	0.201				
Mnts	0.2657	0.2772	0.6643	0.7902	0.4825	0.8042	-0.3187	-0.6375	0.0246	0.3846	-0.6702	0.2998	0.3776	0.7426	-0.7273			
	0.3912	0.3787	0.0204	0.0032	0.1096	0.0024	0.3083	0.0301	0.9387	0.2096	0.0204	0.3309	0.2184	0.0074	0.01			
Nts	0.0666	0.174	0.5779	0.4974	0.3047	0.3082	-0.6421	-0.0842	0.1388	0.3923	-0.4541	0.3569	0.2627	0.7351	-0.5044	0.4308		

	0.8344	0.573	0.0521	0.0988	0.3309	0.3195	0.028	0.8002	0.6511	0.201	0.1404	0.2463	0.404	0.0082	0.0988	0.1614		
Pts	0.1123	0.2324	-0.3333	-0.2947	-0.3825	-0.1053	-0.3023	0.4218	0.5387	-0.1193	0.3398	-0.0726	-0.4772	0.0035	0.5123	-0.3684	0.1195	
	0.7162	0.4571	0.2867	0.3543	0.2184	0.7495	0.3425	0.1689	0.0707	0.7162	0.2762	0.8173	0.1213	0.9912	0.0887	0.2367	0.6997	
Znts	0.0981	0.2267	0.7426	0.6795	0.6445	0.5954	-0.2316	-0.5474	0	0.3818	-0.735	0.4117	0.4378	0.6912	-0.7741	0.7671	0.5614	-0.4745
	0.7495	0.4709	0.0074	0.0173	0.0259	0.0428	0.4709	0.0666	0.9912	0.2184	0.0091	0.1766	0.1542	0.0145	0.0047	0.0053	0.059	0.1213

Nn: NITRÒGENO DEL NECROMASA
 Nts: NITRÒGENO TEJIDO VEGETAL SEMILIMBO
 Pn: FOSFORO DEL NECROMASA
 Pts: FOSFORO TEJIDO SEMILIMBO
 Kn: POTASIO DEL NECROMASA
 Kts: POTASIO TEJIDO SEMILIMBO
 Can: CALCIO DEL NECROMASA
 Cats: CALCIO TEJIDO SEMILIMBO
 Nan: SODIO DEL NECROMASA
 Nats: SODIO TEJIDO SEMILIMBO
 Mgn: MAGNESIO DEL NECROMASA
 Mgts: MAGNESIO DEL TEJIDO SEMILIMBO

Cun: COBRE DEL NECROMASA
 Cuts: COBRE DEL TEJIDO SEMILIMBO
 Fen: HIERRO DEL NECROMASA
 Fets: HIERRO DEL TEJIDO SEMILIMBO
 Mnn: MANGANESO DEL NECROMASA
 Mnts: MANGANESO DEL TEJIDO SEMILIMBO
 Znn: ZINC DEL NECROMASA
 Znts: ZINC TEJIDO SEMILIMBO

Anexo 20. Correlación de los componentes de tejido vegetal (nervadura) y necromasa

	Can	Cun	Fen	Kn	Mgn	Mnn	Nn	Pn	Znn	Catn	Cotn	Cutn	Fetn	Ktn	Mgtn	Mntn	Ntn	Ptn
Cun	-0.193																	
PValue	0.5429																	
Fen	0.028	0.4737																
	0.9212	0.1213																
Kn	-0.1329	0.5614	0.8601															
	0.6834	0.059	0.0004															
Mgn	-0.0629	-0.126	0.1538	0.2937														
	0.8517	0.6997	0.6194	0.3425														
Mnn	0.2168	0.5579	0.5874	0.7063	0.2867													
	0.4849	0.059	0.0458	0.0121	0.3543													
Nn	-0.3328	0.2091	-0.1296	-0.1471	-0.1051	-0.1156												
	0.2867	0.4991	0.6834	0.6511	0.7495	0.7162												
Pn	0.0841	-0.155	-0.2697	-0.5149	-0.5954	-0.2907	-0.1123											
	0.7832	0.6351	0.3912	0.0887	0.0458	0.3543	0.7328											
Znn	0.1193	0.6743	0.193	0.2667	-0.1193	0.1123	0.0105	-0.1687										
	0.6997	0.0188	0.5429	0.3912	0.7162	0.7162	0.9737	0.6037										
Catn	0.0561	0.1673	0.2421	0.2982	0.0561	0.2561	0.5255	-0.5114	0.0528									
	0.8517	0.5883	0.4435	0.3425	0.8517	0.4169	0.0793	0.0936	0.869									
Cotn	0.1129	-0.382	-0.6667	-0.7055	-0.5432	-0.8254	0	0.2756	0.1274	-0.2584								
	0.7162	0.2184	0.0204	0.0133	0.0707	0.0017	0.9912	0.3787	0.6834	0.4169								
Cutn	-0.2014	-0.633	-0.371	-0.2721	0.1979	-0.1414	0.0779	0.1894	-0.6454	-0.156	-0.0731							
	0.5281	0.0301	0.2367	0.3912	0.5281	0.6672	0.8002	0.5429	0.0259	0.6194	0.8173							
Fetn	-0.7285	0.4165	-0.1506	0.0245	0.007	-0.1751	0.3982	0.0596	0.2197	-0.2355	0.0035	-0.023						
	0.01	0.1766	0.6351	0.9387	0.9737	0.5883	0.1926	0.8517	0.4849	0.4571	0.9912	0.9387						
Ktn	0.1582	-0.069	0.5659	0.4921	0.5378	0.4148	-0.6602	-0.1954	-0.2293	-0.2152	-0.5762	-0.0817	-0.2447					
	0.6194	0.8344	0.0555	0.1041	0.0707	0.1766	0.0222	0.5429	0.4709	0.4991	0.0521	0.8002	0.4435					
Mgtn	-0.0035	-0.162	-0.1228	-0.1474	-0.5544	-0.4316	0.0422	0.283	0.1162	0.1813	0.5009	-0.0408	-0.2109	-0.4991				
	0.9912	0.6194	0.6997	0.6511	0.0627	0.1614	0.8863	0.3664	0.7162	0.5578	0.0988	0.9037	0.5135	0.0988				
Mntn	-0.035	-0.27	-0.0979	0.007	0.4406	-0.0769	-0.1471	-0.4974	-0.3333	0.1579	0.0176	-0.1626	-0.2137	0.2601	0.0105			
	0.9212	0.3912	0.7663	0.9737	0.1472	0.8173	0.6511	0.1041	0.2867	0.6194	0.9562	0.6194	0.4991	0.404	0.9737			
Ntn	-0.1131	-0.351	-0.0389	-0.1873	0.2297	-0.2297	0.0124	0.1097	-0.2961	0.3245	-0.164	0.1589	-0.1628	0.1936	0.0957	0.1378		
	0.7328	0.266	0.9037	0.5578	0.4571	0.4709	0.9562	0.7328	0.3425	0.2974	0.6037	0.6194	0.6037	0.5429	0.7663	0.6672		

Ptn	-0.4246	0.0123	0.1544	0.2456	0.3193	-0.0842	0.058	-0.2988	0.0493	-0.213	-0.0478	0.1667	0.1424	-0.0494	0.1725	0.2561	-0.3262	
	0.1689	0.9562	0.6194	0.4301	0.3083	0.8002	0.8517	0.3425	0.869	0.4991	0.8863	0.5883	0.6511	0.8863	0.5883	0.4169	0.2974	
Zntn	-0.6175	0.1866	-0.4211	-0.3158	-0.1895	-0.5614	0.3304	0.0633	0.4173	-0.0827	0.4407	-0.0638	0.6221	-0.5714	0.213	-0.214	0.1312	0.1637
	0.0348	0.5578	0.1766	0.3195	0.5578	0.059	0.2867	0.8344	0.1766	0.8002	0.1472	0.8517	0.0324	0.0555	0.4991	0.4991	0.6672	0.6037

Nn: NITRÒGENO DEL NECROMASA
 Ntn: NITRÒGENO TEJIDO VEGETAL NERVADURA
 Pn: FOSFORO DEL NECROMASA
 Ptn: FOSFORO TEJIDO NERVADURA
 Kn: POTASIO DEL NECROMASA
 Ktn: POTASIO TEJIDO NERVADURA
 Can: CALCIO DEL NECROMASA
 Catn: CALCIO TEJIDO NERVADURA
 Nan: SODIO DEL NECROMASA
 Natn: SODIO TEJIDO SEMILIMBO
 Mgn: MAGNESIO DEL NECROMASA
 Mgtn: MAGNESIO DEL TEJIDO NERVADURA

Cun: COBRE DEL NECROMASA
 Cutn: COBRE DEL TEJIDO NERVADURA
 Fen: HIERRO DEL NECROMASA
 Fetn: HIERRO DEL TEJIDO NERVADURA
 Mnn: MANGANESO DEL NECROMASA
 Mnntn: MANGANESO DEL TEJIDO NERVADURA
 Znn: ZINC DEL NECROMASA
 Zntn: ZINC TEJIDO NERVADURA