

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOST Y LOMBRICOMPUESTO  
APLICADO AL SUELO DE VIVERO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guinensis*)**

**JULIO CESAR POSSO AGUDELO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN CULTIVOS PERENNES INDUSTRIALES  
VALLEDUPAR  
2010**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOST Y LOMBRICOMPUESTO  
APLICADO AL SUELO DE VIVERO DE PALMA ACEITERA (*Elaeis guinensis*)**

**JULIO CESAR POSSO AGUDELO**

**Tesis de especialización presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Cultivos Perennes Industriales**

**Director**

**JAIME TORRES BAZURTO**

**Ingeniero agrónomo.; M.Sc. suelos**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ESCUELA DE POSGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN CULTIVOS PERENNES INDUSTRIALES  
VALLEDUPAR  
2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo fue posible gracias a la colaboración de las siguientes personas y entidades:

La UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA por su aporte y formación académica.

Profesores de la especialización por sus valiosos aportes a mi formación.

Doctor Jaime Torres, por su dedicación y compromiso.

Doctor Hernán Lacouture L., por su apoyo y confianza.

Ingenieros Oscar Villamizar y Bernabe Rochels, por su oportuna colaboración.

Y a todas las demás personas que difícilmente puedo enumerar pero que también contribuyeron a la terminación exitosa de este trabajo.

A Paola, Karen y Julián, por su apoyo, confianza y sacrificio

A mis padres, por fortalecer los cimientos de mi ser

A Rubén Darío por su amistad y apoyo incondicional

A Luis Ángel y Germán Augusto por acompañarme en la distancia

A Matilde por creer en mí.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
3. JUSTIFICACION	18
4. OBJETIVOS	19
4.1. Objetivo General	19
4.2. Objetivos específicos	19
5. MATERIALES Y MÉTODOS	20
6. RESULTADOS	29
6.1 Análisis químico	30
6.1.1 pH	30
6.1.2 Conductividad Eléctrica	31
6.1.3 Contenido de Materia Orgánica	32
6.1.4 Capacidad de intercambio Catiónico	33
6.1.5 Contenido de Fosforo	33
6.1.6 Contenido de Potasio	35
6.1.7 Contenido de Calcio	35
6.1.8 Contenido de Magnesio	36
6.1.9 Contenido de Sodio	37
6.1.10 Contenido de Boro	38
6.1.11 Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE)	38
6.1.12 Saturación de Calcio	39
6.1.13 Saturación de Magnesio	40
6.1.14 Saturación de Potasio	41
6.1.15 Saturación de Sodio	42
7. ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
7.1 pH	43
7.2 Conductividad Eléctrica	43

	Pág.
7.3 Contenido de Materia Orgánica	44
7.4 Contenido de Fosforo	44
7.5 Contenido de Bases	44
7.6 Boro	46
8. CONCLUSIONES	47
9. RECOMENDACIONES	48
10. BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	52

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Condiciones climáticas de Palmas Montecarmelo S. A.	20
<b>Tabla 2.</b> Caracterización y composición del compost	22
<b>Tabla 3.</b> Caracterización y composición de lombricompuesto	23
<b>Tabla 4.</b> Tratamientos	23
<b>Tabla 5.</b> Variables a evaluar con sus respectivos métodos de análisis	25
<b>Tabla 6.</b> Estudio agrologico de la consociación donde se obtendrá el suelo para el experimento	26
<b>Tabla 7.</b> Guía básica para la interpretación de resultados de análisis de suelos para palma de aceite. (Munévar, 2004)	27
<b>Tabla 8.</b> Características químicas y físicas del suelo de la consociación Sicarare. Codazzi, Cesar (Colombia)	29

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Resultados de laboratorio del ensayo preliminar. Diferentes dosis de compost, lombricompost y el testigo	52
Anexo 2. Resultados de laboratorio del ensayo con diferentes dosis de Compost y el testigo, con tres repeticiones cada uno	53
Anexo 3. Comparación de Capacidad de intercambio cationico entre los diferentes tratamientos	54
Anexo 4. Análisis estadístico mediante SAS. 9.0	55

# EVALUACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE COMPOST Y LOMBRICOMPUESTO APLICADO AL SUELO DE VIVERO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guinensis*)

Julio Cesar Posso<sup>1</sup> y Jaime Torres<sup>2</sup>

## RESUMEN

Debido que el cultivo de la palma aceitera, no se tienen puntos de referencia específicos de tipos y cantidades adecuadas de materia orgánica que podrían aplicarse a un determinado tipo de suelo para vivero, que permita mejorar sus características fisicoquímicas; se planteo este estudio cuyo objetivo principal fue evaluar un compost y un lombricompuesto como fuente de materia orgánica en suelos destinados a vivero en Palmas Montecarmelo S.A.

En los ensayos iniciales se realizaron en total 9 tratamientos sin repeticiones; 4 con compost, 4 con lombricompuesto y el testigo, los cuales se incubaron durante treinta días. De acuerdo a los resultados de los análisis de suelos de estos tratamientos, en general, el compost mostro un mayor aporte de nutrientes que el lombricompuesto, además en la zona de estudio por costos y facilidad de consecución es más conveniente usar el compost. Por lo cual, se pasó a determinar la dosis de compost que presentara mayor beneficio en el suelo seleccionado para vivero. La evaluación de las diferentes dosis de compost se realizo mediante un diseño experimental al azar con 5 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: Un T1 (tratamiento con 2,5% compost), T2 (tratamiento con 5% compost), T3 (tratamiento con 7,5% compost), T4 (tratamiento con 10% compost) y T5 (testigo con 0 % compost).

Al cabo de treinta días de incubación los análisis químicos mostraron que los valores de pH, CE, M.O, P, K Ca, Mg, Na, B, CICE, saturación de Ca, Mg, K y Na, dieron diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. El tratamiento que mostro mejor comportamiento para las condiciones de Palmas Montecarmelo, fue el de 5% compost.

**Palabras clave:** Biofertilizante, suelo e incubación.

- 
1. Estudiante Universidad Nacional de Colombia. Sede Valledupar (Convenio Universidad Popular del Cesar), Especialización en cultivos perennes. [juliocposso@hotmail.com](mailto:juliocposso@hotmail.com)
  2. Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá, Facultad de Agronomía. [jttoresb@unal.edu.co](mailto:jttoresb@unal.edu.co)

## **ABSTRACT**

Because in the oil palm crops, don't have specific benchmarks about types and quantity appropriate of organic matter that could be applied on the nursery's soil, that allowing will be get better in their physicochemical features; this study did propound a principal objective, evaluate a compost and humus of earthworm could be a source of organic matter in soils destined to become in nursery on Palmas Montecarmelo S.A.

The first tests would be make with nine treatments without repetitions, 4 with compost, 4 with humus and only witness, all were incubated by 30 days. Agree with the results of Analysis of soils of treatments; the compost showed as greater contribution of nutrients than humus, also, the cost and the facilities on study zone is better use the compost than the humus. For this reason the next step was to determined compost dose representing higher benefits for the selected soil in the nursery. The valuation of compost's different dose was performed through random experimental design, with 5 treatments and 3 repetitions. The valued treatments was T1 (2.5% compost), T2 (5% compost), T3 (7.5% compost) T4 (10% compost) and T5 (witness with 0% compost).

After 30 days of incubation, the chemical analysis showed values of Ph, CE, M.O, K, Ca, Mg, Na, B, CICE, saturation of Ca, Mg, K Y Na gave significant different between different treatments. The treatment that showed a better behavior for Montecarmelo conditions was T2 (5% compost).

**Key word:** Biofertilizer, soils and barreling.

## 1. INTRODUCCIÓN

“La materia orgánica del suelo (MO) se ha definido como una mezcla heterogénea de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente a partir de los productos de degradación, de los cuerpos de microorganismos vivos y muertos, pequeños animales y sus restos en descomposición” (Schnitzer, 1991 citado por Sánchez *et al.*, 2005).

En tal sentido, la degradación de los residuos de plantas y animales en el suelo, constituyen un proceso básicamente biológico, en el cual, el carbono es reciclado a la atmósfera como dióxido de carbono, el nitrógeno es transformado en una forma aprovechable por las plantas como amonio y nitrato; otros elementos asociados (fósforo, azufre y varios micro elementos) son liberados en forma disponible para las plantas superiores (Rodríguez *et al.*, 2005). En ese proceso, parte del carbono es asimilado en los tejidos microbianos (biomasa microbiana), y otra parte es convertido en sustancias húmicas estables (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas) (Stevenson, 1982 citado por Sánchez *et al.*, 2005).

En consecuencia, la MO ejerce una serie de efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, no sólo a través de la suplencia de nutrimentos, sino además por sus efectos favorables sobre las propiedades físicas (tiende a mejorar la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua), químicas (aumenta la capacidad de intercambio catiónico, mejora la capacidad amortiguadora de pH) y biológicas del suelo (por ser fuente de nutrimentos y energía para los microorganismos).

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997 citados por Julca *et al.*,

2006). Además, la MO presenta una capacidad de intercambio catiónico (CIC) seis veces mayor que la de las arcillas al estar constituida por estructuras químicas de elevada complejidad conteniendo un alto número de grupos funcionales, actuando como intercambiadores iónicos de alta eficiencia especialmente de cationes, aunque dependan altamente del pH del suelo (Drake y Motto, 1982).” Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humidificación y la mineralización” (Gros y Domínguez, 1992 citado por Julca et al., 2006). La humidificación es una fase bastante rápida, durante la cual los microorganismos del suelo actúan sobre la materia orgánica desde el momento en que es aplicada al cultivo.

Primero se forma el humus joven, de evolución rápida, que a su vez da paso al humus estable. Ambos productos forman la llamada materia orgánica total del suelo. Al humus joven también se le llama “lábil”, porque todavía no está fijado o ligado a las partículas del suelo, sino simplemente mezclado con ellas, tiene una relación C/N superior a 15, es fuente de una alta actividad microbiana y representa en promedio el 20-25% de la materia orgánica. El humus estable o “estabilizado” es la materia orgánica ligada al suelo, es decir, sólidamente fijada a los agregados de color oscuro. Su composición es muy compleja (húmina, ácidos húmicos y fúlvicos) y tiene una relación C/N constante entre 9 y 10, y representa en promedio el 75-80% de la materia orgánica. La fase de mineralización es muy lenta, y en ella el humus estable recibe la acción de otros microorganismos que lo destruyen progresivamente (1 al 2% al año), liberando así los minerales que luego absorberán las plantas. Esta fase presenta dos etapas: la amonificación (paso del N orgánico a amonio) y la nitrificación (paso del amonio a nitrato) (Jaramillo, 2002).

Rees *et al.*, (2001), señala que los ácidos húmicos y fúlvicos tienen un efecto positivo sobre muchas funciones de la planta, a nivel de células y órganos; por su parte, Jhonstom (1991) señala el efecto estimulante de los ácidos húmicos y los fúlvicos en la formación de raíces al acelerar la diferenciación del punto de crecimiento. Jhonstom (1991) encontró que los suelos fertilizados convencionalmente son

generalmente altos en P y K, mientras que los suelos fertilizados con compost tienen un mayor contenido de C, Ca, Mg, Mn, Cu y Zn.

La variación del contenido de MO en los suelos ha sido evaluada en diversas investigaciones, y su mayor o menor proporción ha sido atribuida a diferentes factores como: clima, vegetación, material parental, relieve y tiempo (Stevenson, 1982 citado por Sánchez *et al.*, 2005). Además, para Jhonstom (1991), la cantidad de materia orgánica en el suelo depende de factores, tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente en el suelo, la textura del suelo, la aireación y humedad del mismo. Las prácticas de manejo del cultivo también pueden tener un efecto sobre este parámetro, ya que, por ejemplo, el empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Esto es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y, por tanto, de los rendimientos (Gros y Domínguez, 1992 citado por Julca *et al.*, 2006).

La calidad de la materia orgánica aportada depende de los materiales de origen y del grado de estabilización; materiales con un alto contenido de materia orgánica lábil inducen mayor actividad biológica y liberación de nutrientes en el suelo, mientras que materia orgánica altamente estable o de lenta descomposición contribuye a mejorar la capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes y a controlar erosión (Brown, Chaney 2000; Cooperband 2000 citados por Mazzarino *et al.*, 2004).

Según Mustin (1987) citado por Julca *et al.*, (2006), la materia orgánica en los suelos suele ser escasa y son contadas las excepciones en las que supera el 2% (Navarro *et al.*, 1995). Esto se debe a la falta de aplicación de materia orgánica, ya que se ha fundamentado en los principios de la revolución verde, donde este componente no es necesario para obtener en los cultivos altas productividades. Por lo cual, se hace indispensable aplicarla en los suelos agrícolas para no generar una pérdida o desbalance en las características físicas, químicas y biológicas de los suelos agrícolas.

De acuerdo con los niveles propuestos el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 1988 citado por Jaramillo, 2002) sobre el contenido de materia orgánica de los suelos de Colombia, se observa que en el país sólo se tienen altos contenidos de ella en las zonas altas de las cordilleras, principalmente en aquellas que presentan climas fríos y suelos con propiedades ándicas. En la mayor parte del territorio colombiano los suelos tienen contenidos bajos de materia orgánica.

Para el caso de la región Caribe los suelos se ubican predominantemente en los órdenes Inceptisol y Entisol; también son comunes los suelos de los órdenes Alfisol, Mollisol y Vertisol. Debido a que en esta zona predominan las condiciones de clima seco (régimen de humedad ústico), los suelos se presentan con alta saturación de bases, a veces excesiva (suelos salinos, calcáreos y sódicos) y pH cercano a la neutralidad o ligeramente alcalino. Según Malagón y Santana (1997) citados por Jaramillo (2002), los suelos poseen un contenido bajo a muy bajo de materia orgánica, alto contenido de potasio y tienen su fracción arcilla dominada por arcillas esmectíticas.

Según Fedepalma (2005), la distribución de área sembrada en la zona norte está en alrededor de 79.425 has, que corresponde al 32,7% del área sembrada a nivel nacional. Por lo cual, teniendo en cuenta las características agrologicas de los suelos de esta región norte se hace necesario aplicar materia orgánica al suelo para mejor características como: físicas, químicas y biológicas.

Dentro de la región norte se encuentra el municipio de Codazzi (Cesar), el cual consta de alrededor de 8.300 has sembradas en palma de aceite, sus principales plantaciones son: Oleoflores, Palmas Sicarare, Palmeras Palmacara y Palmeras Montecarmelo. En las cuales, no tienen una metodología estandarizada para la aplicación de materia orgánica (compost o lombricompuesto), siendo esencial esta labor dentro del manejo de la fertilidad del cultivo.

En el cultivo de palma, el vivero es una etapa fundamental, dentro del proceso

productivo del cultivo. Siendo el lugar en el cual, se debe comenzar a fertilizar para obtener el máximo desarrollo de las plántulas y que no generen problemas fisiológicos y de productividad a futuro. Dentro de los cuidados y la buena nutrición de la palma en vivero se encuentran diversos factores que influyen, uno de los más importantes es el tipo y la calidad del suelo que se utilice en las bolsas, pues de allí es de donde la palma va a obtener el agua y gran parte de los nutrientes necesarios para desarrollar las actividades metabólicas que garanticen su óptimo desarrollo.

Las plantas de vivero de mayor desarrollo presentan un periodo improductivo menor, producen más durante los primeros años y los racimos son más grandes y de mejor calidad (Khoo y Chew 1976); lograr lo anterior es posible solo si se cuenta entre otros factores, con un suelo de óptima calidad.

Es muy importante que el suelo a usar en las bolsas del vivero tenga óptimas condiciones físicas y químicas que garanticen la disponibilidad de agua y los nutrientes necesarios en formas asimilables y en el balance correcto, además de una microbiota variada y abundante. Generalmente los suelos no cumplen con todas las condiciones mencionadas. Sin embargo, se ha demostrado que el uso de abonos (fertilizantes) orgánicos como el compost y el humus de lombriz ayudan a corregir la mayoría de estos requisitos. Debido a que estos mejoran las propiedades físicas del suelo, favorecen la estabilidad de la estructura de los agregados, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, aumenta su capacidad de retención de agua, mejora las propiedades químicas aumentando la CIC, el contenido de macronutrientes (N, P, K, Mg y Ca) y micronutrientes, de igual modo mejora la actividad biológica del suelo al actuar como soporte y alimento de los microorganismos que viven a expensas de la materia orgánica y contribuyen a su mineralización.

En conclusión, en la actualidad en la zona de Codazzi (Cesar) no hay estandarización de dosis de compost y lombricompost ideales que se requieren aplicar en vivero. Además, no se ha determinado el aporte de nutrientes al suelo de

estos materiales utilizados en la zona, como tampoco la disponibilidad de estos nutrientes para las plántulas de Palma en vivero. Por esto se hace necesario evaluar diferentes dosis de estos materiales orgánicos para determinar cuál es la dosis ideal para esta zona del país.

Utilizar el compost, da como beneficio el de poder transformar en abono orgánico los desechos de las plantas extractoras (racimos vacíos y lodos), que son altamente contaminantes y que en muchos casos no se reutilizan. En este caso específico, gran porcentaje de la materia prima utilizada para la producción del compost fueron racimos vacíos a los cuales se les agregaron los lodos, hecho que también ayuda en alguna forma a disminuir la contaminación ambiental.

Se debe también tener presente que en el futuro el manejo del cultivo de la palma y el proceso de extracción del aceite deberán ser limpios. En el cultivo se debe incrementar el manejo ecológico, empezando desde el vivero, tratando de que haya un mejor manejo químico, físico y biológico del sustrato, mediante la aplicación de materiales orgánicos.; se ha demostrado el incremento de la aireación no solamente produce plántulas más vigorosas, sino que también requieren menos fertilizantes para llegar en condiciones adecuadas para el trasplante.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A pesar del mejoramiento de las técnicas del cultivo de la palma en todas sus etapas, incluyendo el vivero; no se tienen puntos de referencia específicos de cuáles son los tipos y cantidades adecuadas de materia orgánica que podrían aplicarse a un determinado tipo de suelo de acuerdo a sus características fisicoquímicas.

El no saber cuál puede ser la mejor fuente y cantidad de materia orgánica nos lleva a evaluar cual es el efecto de la aplicación de diferentes cantidades de abonos orgánicos (compost y lombricompuesto) en suelo (consociación Sicarare) para vivero en Palmas Montecarmelo S.A., ubicada en el municipio de Codazzi departamento del Cesar.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Los materiales de siembra (semillas) de palma de aceite tienen un alto potencial genético de producción de aceite, el cual solo podrá ser expresado si crecen y desarrollan en todas sus etapas en suelos en donde no existen impedimentos físicos, químicos o biológicos para un buen desarrollo y cuenten con un adecuado manejo agronómico.

Uno de las etapas más importantes en este cultivo es el de vivero, pues es allí, donde se selecciona el material vegetal que se llevara campo, motivo por el cual se debe garantizar la producción de plantas de excelente calidad. De aquí la importancia de investigar cual es el efecto de diferentes fuentes y dosis de materia orgánica mediante el método de la incubación de suelos, ya que este permite de una forma relativamente practica, sencilla y con anticipación a la siembra saber cuál de los tipos de materia orgánica y sus respectivas dosis son las más adecuadas para ser utilizadas en el vivero de Palmas Montecarmelo S. A.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar compost y lombricompost como fuente de materia orgánica en suelos destinados a vivero en Palmas Montecarmelo S.A.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Seleccionar cual es la mejor fuente de materia orgánica para el suelo seleccionado.
- Analizar el efecto de las diferentes dosis del material seleccionado en las propiedades químicas del suelo.
- Identificar cual es el mejor tratamiento para implementarlo en el suelo de vivero de Palmas Montecarmelo S. A.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevo a cabo en la plantación Palmas Montecarmelo, a 89 m.s.n.m., ubicada al margen derecho del río Casacará en el corregimiento de Llerasca a 18 Km. de la cabecera municipal, por la vía que conduce desde el municipio Agustín Codazzi hacia Bucaramanga, Las coordenadas geográficas son 9°53'32" Latitud norte y 73°18'08" Latitud este, las características climáticas generales son las siguientes (Tabla 1):

**Tabla 1.** Condiciones climáticas de Palmas Montecarmelo S. A.

PARAMETRO	VALOR
Precipitación media anual	1200 mm
Temperatura media anual	28°C
Temperatura máxima	41°C
Temperatura mínima	19°C
Humedad relativa	70%
Horas de brillo solar año	2500
Evaporación promedio día	7 mm

Debido a las características predominantes del compost sobre el lombricompost, se escogió el primero para determinar la dosis que presentaba mayor aporte de nutrientes y por lo tanto un mayor beneficio para las plantas de palma de aceite en vivero.

Otro beneficio que da utilizar el compost, es el de poder transformar en abono orgánico los desechos de las plantas extractoras, que son altamente contaminantes y que en muchos casos no se reutilizan. En este caso específico, gran porcentaje de la materia prima utilizada para la producción del compost fueron racimos vacíos a los cuales se les agregaron los lodos, hecho que también ayuda en alguna forma a disminuir la contaminación ambiental.

Además, analizando la composición química entre el lombricompost y el compost, este último presenta más ventajas para los suelos que predominan en la plantación, en cuanto a cantidad aportada por nutrientes especialmente el potasio (Tabla 7), que por su bajo contenido es uno de los mayores limitantes del suelo evaluado.

Los 2 tipos de materia orgánica para el experimento fueron seleccionados por cercanía a la plantación Montecarmelo y por costos de los mismos, comparados con otros tipos de materia orgánica. Al compost y lombricompost se les hizo caracterización para determinar sus principales propiedades físicas y químicas (Tabla 2 y 3).

**Tabla 2.** Caracterización y composición del compost.

<b>PARAMETRO</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>METODO ANALITICO</b>
Humedad	56,3	%	Gravimétrico (NTC 5167)
Cenizas	22,6	%	Gravimetrico (NTC 5167)
Perdidas por volatilización	21,1	%	Gravimetrico (NTC 5167)
Carbono orgánico oxidable	10,2	%	Walkley-Black (NTC 5167)
pH (pasta de saturación)	7,85		Potenciometro
Densidad (Base seca - 20°C)	0,35	g/c. c.	Gravimetrico (NTC 5167)
Conductividad eléctrica	5,8	dS/m	Conductimetro
Retención de humedad	85,3	%	Gravimetrico (NTC 5167)
Cap. Intercambio cationico	27	(me/100 g)	Volumetrico (NTC 5167)
C/N	24		
Nitrogeno orgánico	0,47	%	Micro Kjeldhal (NTC 5167)
Fosforo total	0,37	%	Colorimetro (NTC 5167)
Potasio total	0,81	%	Abs. Atomica (NTC 5167)
Calcio total	1,24	%	Abs. Atomica (NTC 5167)
Magnesio total	0,54	%	Abs. Atomica (NTC 5167)
Azufre total	0,08	%	Turbidimetro (NTC 5167)
Hierro total	0,54	%	Abs. Atomica (NTC 5167)
Manganeso total	143	p.p.m	Abs. Atomica (NTC 5167)
Cobre total	18	p.p.m	Abs. Atomica (NTC 5167)
Zinc total	41	p.p.m	Abs. Atomica (NTC 5167)
Boro total	19	p.p.m	Colorimetro (NTC 5167)
Sodio	0,03	%	Emision de llama (NTC 5167)
Residuo insoluble en acido	19,2	%	Gravimetrico (NTC 5167)

**Tabla 3.** Caracterización de lombricomposto.

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO ANALITICO
Nitrogeno total	3252,2	mg/Kg	Micro Kjeldhal
Calorias	19,19	Cal/(100 g)	Calculo Matematico (NTC 5122)
Fosforo	2152,39	Cal/(100 g)	Colorimetrico del Acido ascórbico
Grasa total	0,43	%	Extraccion soxhlet (NTC 668)
Proteina	3,83	%	Kjedhal
Fibra	16,17	%	Digestion gravimetrica (NTC 668)
Cenizas	28,38	%	Incineracion a 550°C
Calcio	8742,07	mg/Kg	Absorcion atómica

El ensayo Inicio el 14 de mayo del 2009 con la recolección del suelo para posteriormente mezclarlo con las diferentes dosis de compost y lombricomposto. El suelo utilizado fue seleccionado de acuerdo a sus características físico-químicas de la consociación Sicarare (SI) presente en la plantación de Palmas Montecarmelo, se tamizó para eliminar piedras muy grandes y otros desechos. Se mezclo y homogenizo el suelo con las diferentes fuentes y dosis de materia orgánica determinando los diferentes tratamientos (Tabla 4):

**Tabla 4.** Tratamientos.

Compost				Lombricomposto				Testigo
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T0
10%	7,50%	5%	2,50%	10%	7,50%	5%	2,50%	0%

Se procedió a llenar los recipientes de plástico con sus respectivas etiquetas, pesando en una balanza electrónica 1500 gramos de la mezcla para cada recipiente.

Después de preparar todos los recipientes se procedió a llevarse a la cámara de incubación convencional, la cual, constaba de varias bombillas que aumentarían la temperatura en promedio entre 34°C y 37°C, para acelerar el proceso de mineralización de la materia orgánica en cada tratamiento y así el aporte de nutrientes al suelo.

Cabe recalcar que se tomó la temperatura 3 veces al día, ya que temperaturas superiores a 50 °C, podrían generar muerte de microorganismos benéficos. Por lo cual, se debía tener cuidado con esta medida. Además, cada 2 días se llevó cada unidad experimental a capacidad de campo con agua que procedía de una de las vertientes que hay en la empresa para simular condiciones de vivero y que permitiera el desarrollo de la actividad microbiológica y de los procesos químicos. Las muestras que presentaron problemas de infiltración se procedieron a descompactarlas, teniendo la precaución de utilizar guantes y cuchillos limpios. El tiempo que duró en incubación de las muestras fue de 30 días para el ensayo preliminar de compost, lombricompost y el testigo. Luego del periodo de incubación, se llevaron a los laboratorios de suelos de Providencia S. A. para los respectivos análisis (químicos y físicos).

Con los resultados de laboratorio del ensayo preliminar (anexo 1), se determinó que la materia orgánica más conveniente para el suelo seleccionado, era, el compost debido a que presentó mayores valores que el lombricompost para los siguientes parámetros: CICE, BORO, Ca, K y mayores saturaciones de K. Este último determinante, ya que para los suelos de Palmas Montecarmelo es uno de los mayores limitantes.

El siguiente paso fue el de evaluar solo las dosis de compost y el testigo, con tres repeticiones cada uno, repitiendo el procedimiento antes mencionado.

Luego del periodo de incubación, se llevaron las respectivas muestras a los laboratorios de suelos de Providencia S. A. para los respectivos análisis químicos y físicos (Anexo 2).

Las variables a medir fueron las siguientes (tabla 5):

**Tabla 5.** Variables a evaluar con sus respectivos métodos de análisis.

<b>PARAMETRO</b>	<b>METODO DE DETERMINACION</b>
Conductividad eléctrica	(USDA) en el manual 60 de 1954
pH	V. V.
CIC	Volumétrico
Materia orgánica	Walkler Black
P	Bray II
B	Hunter (Colorimetría)
Cu, Fe, Mn y Zn	DTPA-TEA
Ca, Mg, K y Na	NH <sub>4</sub> OAc -1N-pH 7

Los suelos de la plantación fueron cartografiados en consociaciones. Los suelos con la misma taxonomía (según el sistema taxonómico), de igual paisaje y posición geomorfológica y clima, formaron una consociación.

La consociación de donde se saco el suelo para el vivero fue la Sicarare, sus características geomorfológicas y pedológicas se nombran a continuación:

**Tabla 6.** Estudio agrológico de la consociación donde se obtendrá el suelo para el experimento.

PAISAJE	TIPO DE RELIEVE	FORMA DE TERRENO	MATERIAL PARENTAL	PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	UNIDADES TAXONÓMICAS		
					Subgrupo	Familia	Nombre suelo
Planicie aluvial	Terraza	Plano de terraza	Aluviones finos	Suelos profundos, bien drenados, ligeramente ácidos a moderadamente alcalinos, muy baja materia orgánica, gravillosos por sectores, alta retención de humedad y mediana fertilidad	Typic Eutrudepts	Francoso fina	Sicarare

Fuente: Fino, (2007).

La consociación Sicarare presenta una textura de capa arable franco limosa, estructura blocosa, fina y media, moderadamente desarrollada; consistencia friable, ligeramente plástica; profundos; bien drenados y de baja retención de humedad. Químicamente son muy bajos en materia orgánica, de baja a mediana capacidad de intercambio catiónico, con deficiencias en Mg y K (Fino, 2007).

En los ensayos preliminares se realizaron en total 9 tratamientos (tabla 4) sin repeticiones, los cuales se compararon entre sí, para determinar cuál era el material orgánico y la dosis que más ventaja presentaba para la palma de aceite en vivero. Debido a que los resultados de los análisis de laboratorio mostraron un mejor comportamiento del compost, se pasó a probar las diferentes dosis de este para

compararlas entre si. Se realizaron en total 5 tratamientos. El diseño utilizado fue completamente aleatorizado, con 3 repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales.

Para el análisis de varianza de las variables a evaluar se utilizó el paquete estadístico SAS® 9.0. Cuando se encontraron diferencias significativas se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 95%.

Por último, para evaluar los rangos de cada variable en los diferentes tratamientos se tomo como referencia la siguiente tabla.

**Tabla 7.** Guía básica para la interpretación de resultados de análisis de suelos para palma de aceite. (Munévar, 2004)

Parámetro	Calificación		
	Bajo	Medio	Alto
pH	< 4,5	4,5 - 5,0	> 5,0
Mat. orgánica, %	< 2,0	2,0 - 4,0	> 4,0
Cond. eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> )*	< 1,0	1 - 2	> 3,0
P (Bray II); (ppm)	< 10	10 - 15	> 15
K (cmol.kg <sup>-1</sup> )**	< 0,2	0,2 - 0,4	> 4,0
K (% saturación)	< 3	3 - 6	> 6
Mg (cmol.kg <sup>-1</sup> )	<0,20	0,20 - 0,30	>0,30
Mg (% saturación)	< 10	10 - 20	> 20
Ca (% saturación)	< 20	20 - 40	> 40
Fe (ppm)	< 15	15 - 30	> 30
Cu (ppm)	< 0,5	0,5 - 1,5	> 1,5
Mn (ppm)	< 5,0	5 - 10	> 10
Zn (ppm)	< 1,0	1,0 - 2,0	> 2,0
B (ppm)	<0,25	0,25 - 0,50	>0,50
Al (% saturación)	< 25	25 - 50	> 50
S (ppm)	< 10	10 - 15	> 15
Ca/Mg			> 3,0
Mg/K			> 3,3
(Ca+Mg)/K			> 70

\* 1dS m<sup>-1</sup> = 1mmho/cm

\*\* 1 cmol. kg<sup>-1</sup> = 1meq / 100g

## 6. RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis de suelos de la consociación Sicarare (Tabla 8), se comparo con la guía básica para la interpretación de resultados de análisis de suelos para palma de aceite, propuesta por Munévar, 2004 (Tabla 7). Además, se escogieron las variables más importantes que la materia orgánica genera.

**Tabla 8.** Características químicas y físicas del suelo de la consociación Sicarare. Codazzi, Cesar (Colombia).

<b>Parámetro</b>	<b>Valor Real</b>	<b>*Calificación: Alto</b>
pH	6,7	>5.0
CE (dS/m)	0,21	>3,0
MO (%)	0,92	>4,0
P (ppm)	12,61	>15
Ca (meq/100 g)	5,58	>0.6
Mg (meq/100 g)	1,36	>0.3
K (meq/100 g)	0,13	>0.4
Na (meq/100 g)	0,16	
CIC	12,58	>20
Saturación Ca	77,14	>40
Saturación Mg	18,86	>20
Saturación K	1,8	>6.0
Saturación Na	2,21	
B (ppm)	0,23	>0,5
Cu (ppm)	0,57	>1,5
Fe (ppm)	43,98	>30
<b>Parámetro</b>	<b>Valor Real</b>	<b>*Calificación: Alto</b>
Mn (ppm)	4,72	>10
Zn (ppm)	0,65	>2,0

\*Fuente: Munévar, 2004.

Se compararon los resultados de los análisis de laboratorio del suelo de la consociación Sicarare con los diferentes tratamientos, encontrando los siguientes parámetros con diferencias significativas entre si: pH, CE, MO, P, Ca, Mg, K, Na y B, CICE y saturación de Ca, Mg, K y Na.

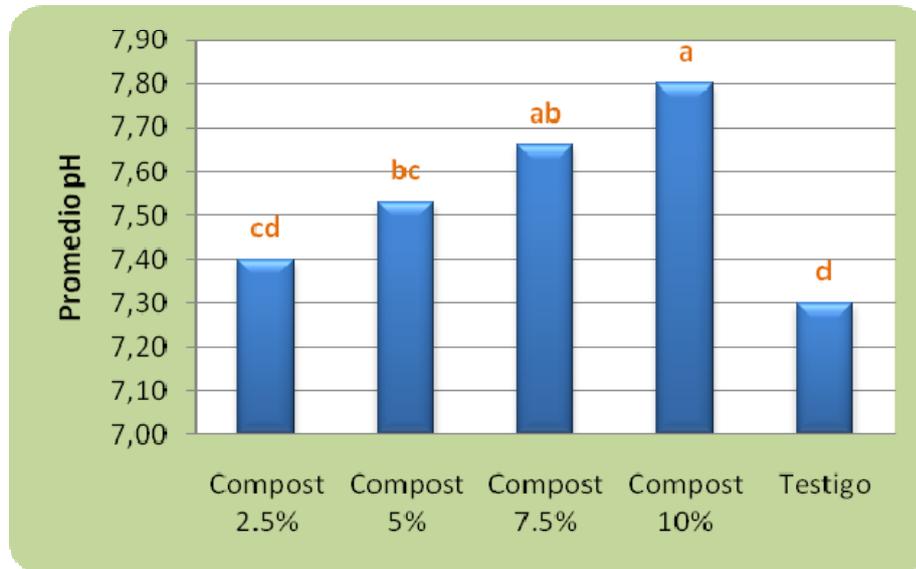
Como resultaron diferencias significativas entre tratamientos se procedió a realizar una prueba de comparación múltiple (Tukey) con un nivel de significancia de 0,05 para determinar cuáles eran las variables que aportaban mayor cantidad de nutrientes al suelo.

**6.1.1 pH.** La reacción del suelo es aquella propiedad que establece el grado de acidez o de alcalinidad que el pH presenta y tiene una gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón, es una de sus propiedades más importantes (Jaramillo, 2002).

Este parámetro está directamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes. Es decir, a pH ácidos ( $\text{pH} < 6.5$ ) disminuyen la disponibilidad especialmente de Fosforo, Azufre, Nitrógeno, Molibdeno y cationes (Calcio, Potasio y Sodio) (Jaramillo, 2002). Mientras que a pH básicos ( $\text{pH} > 7.3$ ) disminuyen la disponibilidad de Fosforo y Micronutrientes (Boro, Aluminio, Manganeso, Hierro, Cobre y Zinc).

Para nuestro caso al aumentar la dosis de compost presento una relación directamente proporcional con el pH. Mientras que para el lombricompost no hubo diferencias significativas. Por lo cual, se resalta que debido a la falta de materia orgánica en el suelo no presenta una buena capacidad buffer. La capacidad buffer del suelo depende fundamentalmente del contenido y de la naturaleza de los coloides y contenido de materia orgánica que éste posea, así como de los cationes básicos intercambiables que tenga.

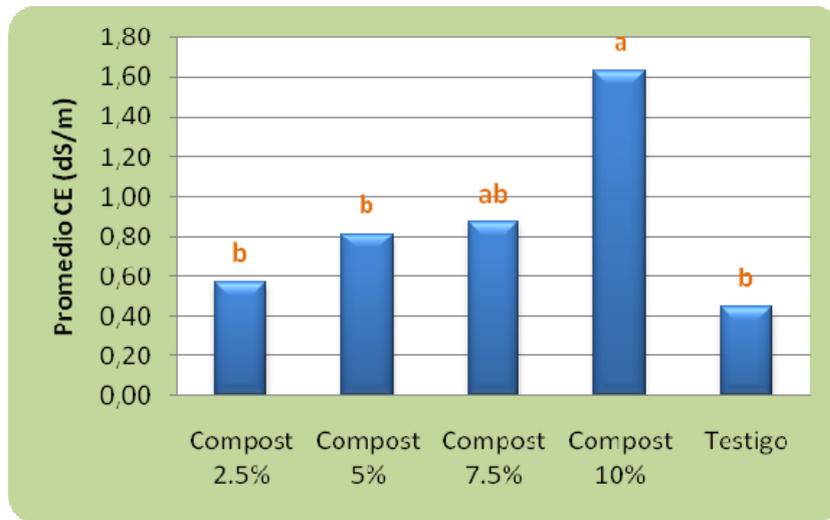
La dosis de 10% de compost presento un pH promedio de 7.8 siendo el más alto. Sin embargo, no hubo diferencias significativas con respecto a las dosis de 7.5% del compost (Grafica 1). Mientras que el testigo y la dosis de compost al 2.5% presentaron los pH mas bajos.



**Figura 1.** Comparación del pH entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.2 Conductividad Eléctrica.** Es la capacidad de una solución de transmitir la electricidad, la cual está en relación directa con su contenido de sales (Jaramillo, 2002). Se consideran suelos salinos los que presentan en el extracto de saturación de 4 o más dS/m, un PSI > 15% y generalmente su pH esta alrededor de 8.5. Sin embargo, el tratamiento que presento la mayor CE (1.61 dS/m), fue el tratamiento con 10% de compost (figura 2), el cual no cumplió con las características para clasificarlo como suelo salino.

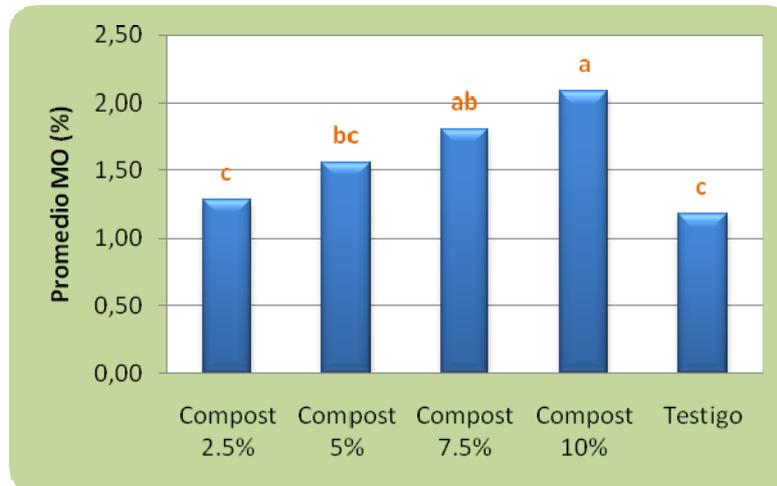
El tratamiento con 10% de compost mostro diferencia estadística con los tratamientos 5% de compost, 2,5% de compost, y 0% de compost) (Figura, 2).



**Figura 2.** Comparación de la Conductividad Eléctrica (dS/m) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.3 Contenido de Materia Orgánica.** Este parámetro es uno de los más importantes ya que proporciona ventajas: físicas, químicas y biológicas en el suelo. Los contenidos de materia orgánica que se presentan en clima cálido, son bajos (<3%). De ahí radica la importancia de aplicar enmiendas de tipo orgánico en estos tipos de suelos.

Todos los tratamientos, excepto el de 2,5 de compost, presentaron diferencias significativas con respecto al testigo. El tratamiento con 10% de compost presentó el valor más alto de contenido de materia orgánica (2,01%), (Figura 3).



**Figura 3.** Comparación del contenido de materia orgánica (%) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.4 Capacidad de intercambio Catiónico.** Es la medida de la capacidad que posee un suelo de adsorber cationes y es equivalente a la carga negativa del suelo. Esta propiedad es la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo.

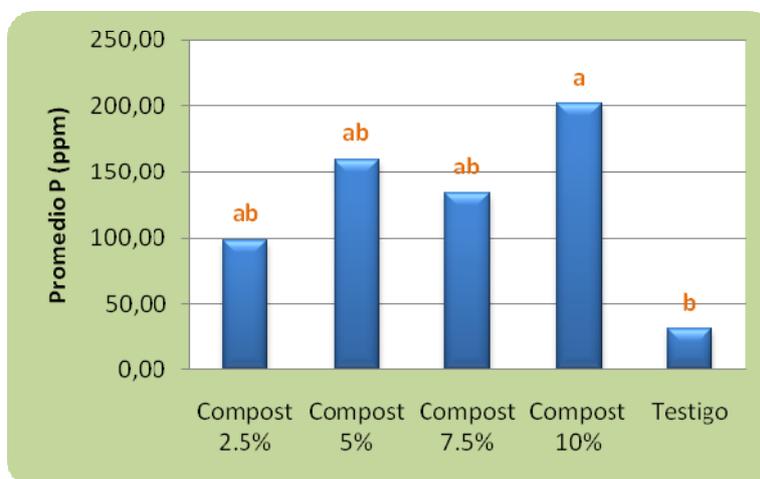
Los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, evitando así que se pierdan nutrientes para las plantas (Jaramillo, 2002). El presente ensayo no mostro diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos y el testigo (Anexo 3).

**6.1.5 Contenido de Fósforo.** Por lo general el fósforo siempre se presenta en la solución del suelo en concentraciones muy bajas y se conoce que tiene muy poca movilidad, pero es muy dado a unirse a otros iones para formar compuestos insolubles o de poca solubilidad, así por ejemplo: Fosfato de Aluminio o Fosfato de Calcio. Además, el fósforo puede ser atrapado por las arcillas y allí se fija, por tanto es un elemento de mucho cuidado (Amberger, 2006; Canchano, 2002).

En los suelos del 98% de Colombia se presenta deficiencia de P para las plantas. En las regiones Guajira, Caribe y Valle del río Cauca se encuentran amplias áreas con suelos afectados por sales y/o por sodio, características que imponen limitaciones fuertes para su uso agropecuario intensivo. Pulido (2000), citado por Jaramillo (2002), estudió la distribución de diferentes formas de salinidad en los suelos de las regiones Caribe y Guajira y encontró que el 28.3% del área de ellas (3.506.033 ha) estaban afectadas por algún tipo de salinidad.

En el caso del suelo utilizado para el vivero no es la excepción, ya que su contenido de P es bajo (12,61 ppm). Por lo cual, se hace la necesidad de aplicar P y a su vez darle las características ideales como: contenido de materia orgánica y un pH (6.0-6.5), para que esté disponible para la planta (Jaramillo, 2002).

El tratamiento que presento mayor contenido de fosforo fue de 10% de compost (201 ppm), siendo estadísticamente diferentes del tratamiento testigo (Figura 5).



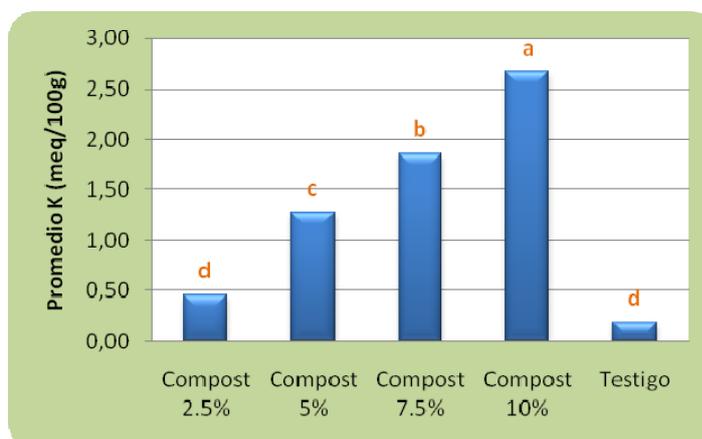
**Figura 5.** Comparación del contenido de Fosforo (ppm) entre los diferentes tratamientos.

Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.6 Contenido de Potasio.** El elemento potasio (K) se ha considerado como el nutriente de mayor importancia en el cultivo de la palma de aceite. En términos generales la deficiencia de potasio es común en aquellos suelos livianos o afectados por sodio (Canchano, 2002).

Para el caso del suelo utilizado en el experimento, se presenta deficiencia de K (contenido en el suelo 0.13 meq/100g). Por lo cual, la necesidad de aplicar una fuente que contenga alto contenido de K.

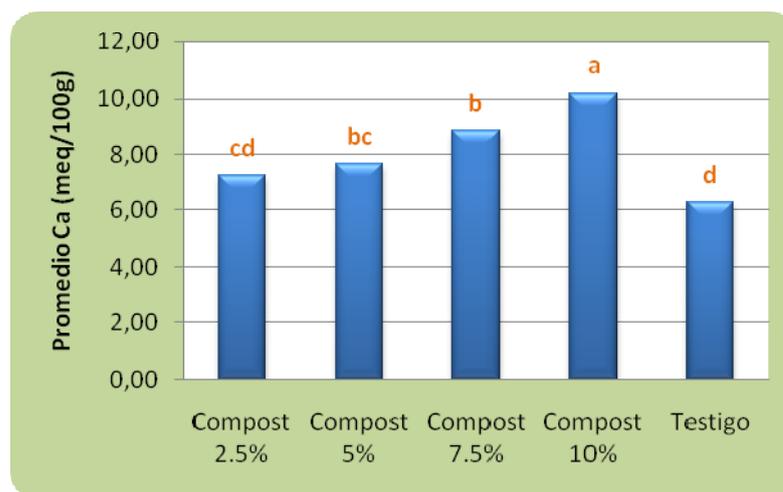
El tratamiento que presentó el mayor contenido de K fue 10% de compost, seguido en orden de los tratamientos de 7,5% de compost y 5% de compost siendo estos estadísticamente diferentes de los tratamientos 2,5% de compost y el testigo (Figura 6). Esto se debe a que una de las materias primas del compost es el raquis, el cual aporta altas cantidades de K.



**Figura 6.** Comparación del contenido de Potasio (meq/100g) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.7 Contenido de Calcio.** El Ca es un elemento poco usado como fertilizante en cultivos de palma de aceite, en la costa norte colombiana, ya que los suelos de esta región poseen cantidades de este elemento que logran abastecer los requerimientos del cultivo en su crecimiento (Canchano, 2002).

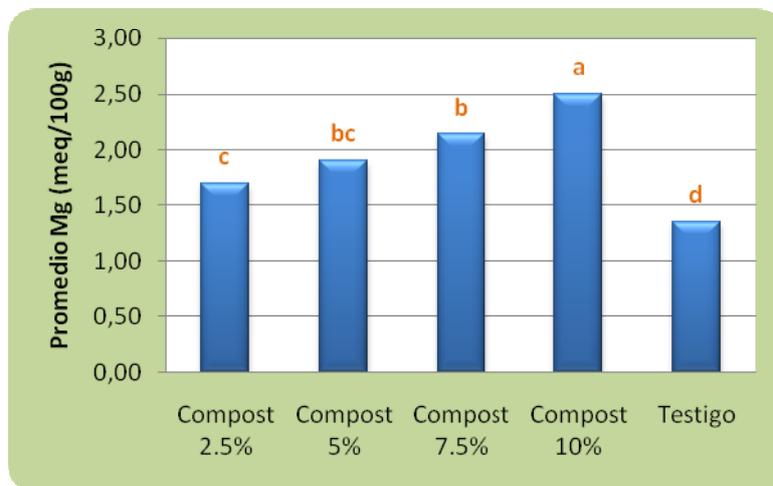
Se debe tener en cuenta la relación Calcio/Magnesio, para no generar desbalance en la disponibilidad de cualquiera de los 2 nutrientes. Si la relación es mayor de 6 puede presentar deficiencias de Mg y si es menor de 3 puede presentar deficiencias de Ca. Los tratamientos de 10%, 7.5% y 5% de compost presentaron diferencias significativas con el testigo (Figura 7).



**Figura 7.** Comparación del contenido de Calcio (meq/100g) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

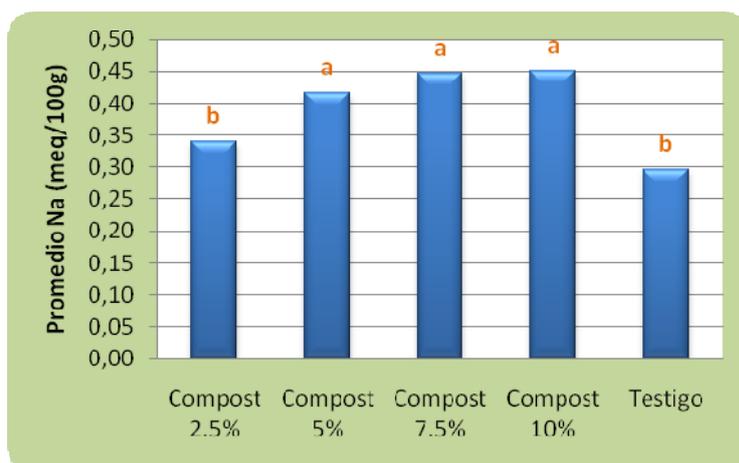
**6.1.8 Contenido de Magnesio.** Al igual que otros elementos metálicos, el magnesio está presente en el suelo en tres fracciones: Mg intercambiable ubicado en el complejo de cambio del suelo; magnesio no intercambiable que hace parte de la estructura de los minerales primarios; y magnesio en la solución del suelo (Kirkby y Mengel, 1976 citado por García y Espinosa, 2008). A diferencia del Ca, el Mg puede ser adsorbido por las arcillas, pero al igual que el K y el Ca puede ser lavado del perfil del suelo (Hoeft, *et al.*, 2000 citado por García y Espinosa, 2008).

El tratamiento con mayor contenido de Mg fue el de 10% de compost, figura 8, siendo estadísticamente diferente de los demás tratamientos. Todos los tratamientos con compost mostraron diferencia estadística con el tratamiento testigo, el cual presentó el menor contenido de Mg. Por lo cual, se deduce que a mayor dosis de compost, mayor será el contenido de Mg.



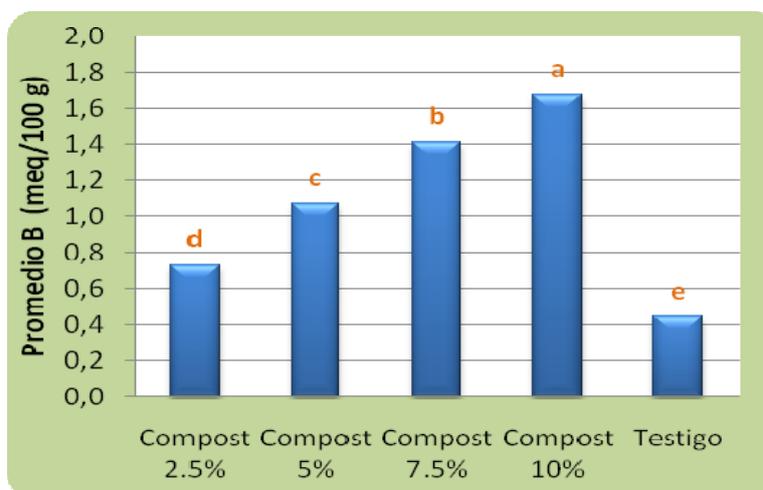
**Figura 8.** Comparación del contenido de Magnesio (meq/100g) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.9 Contenido de Sodio.** El contenido de sodio (Na) presentó diferencias significativas en las dosis más altas de compost 5%, 7.5% y 10%. Este es un parámetro importante con el que se debe tener cuidado para no generar un problema de desbalances en los contenidos de micronutrientes y de algunas bases especialmente K y Mg (Figura, 9).



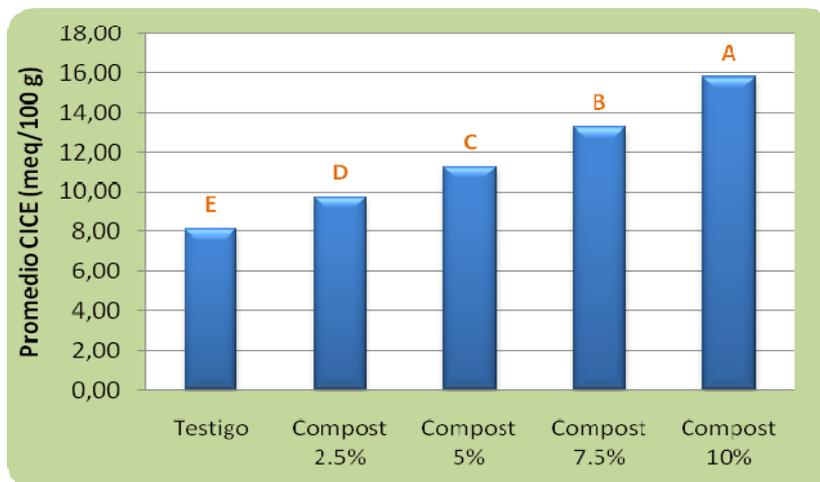
**Figura 9.** Comparación del contenido de sodio (meq/100g) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.10 Contenido de Boro.** El tratamiento con mayor contenido de Boro (B) fue el de 10% de compost, siendo estadísticamente diferente de los demás tratamientos. Todos los tratamientos con compost mostraron diferencia estadística con el tratamiento testigo, el cual presentó el menor contenido de B. La gráfica muestra que a mayor dosis de compost, mayor será el contenido de este nutriente en el suelo (Figura, 10).



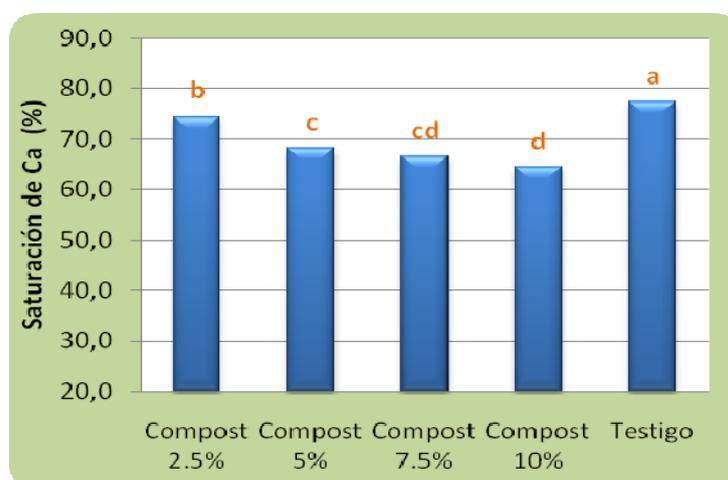
**Figura 10.** Comparación del contenido de Boro (ppm) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.11 Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE).** La gráfica 11, muestra diferencia estadística de todos los tratamientos entre sí. Todos los tratamientos con compost mostraron diferencia estadística con el tratamiento testigo, el cual presentó el menor contenido de CICE. La gráfica muestra que a mayor dosis de compost, mayor será el valor de la CICE (Figura 11).



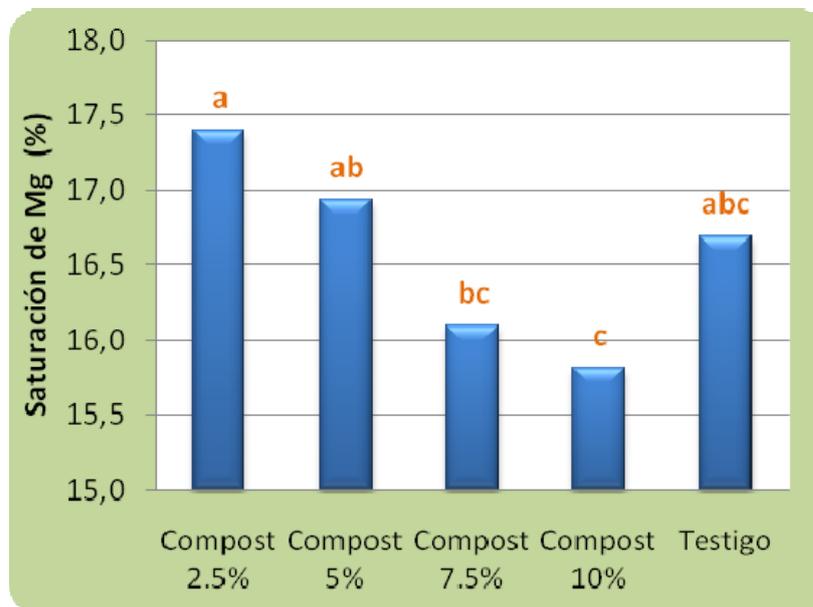
**Figura 11.** Comparación de la CICE (meq/100g) entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.12 Saturación de Calcio.** El tratamiento con mayor porcentaje de saturación de calcio fue el testigo seguido del tratamiento de 2.5% de compost, siendo estadísticamente diferente de los demás tratamientos. Todos los tratamientos con compost mostraron diferencia estadística con el tratamiento testigo, La figura 12 muestra que a mayor dosis de compost, menor será el porcentaje de saturación de Ca. Teniendo en cuenta la calificación propuesta por Munevar, 2004 (Tabla 7), el valor adecuado para la saturación de Ca en el suelo es 40%, por lo cual para este parámetro las dosis mas altas de compost 5, 7.5 y 10% compost estarían más cerca de lo apropiado.



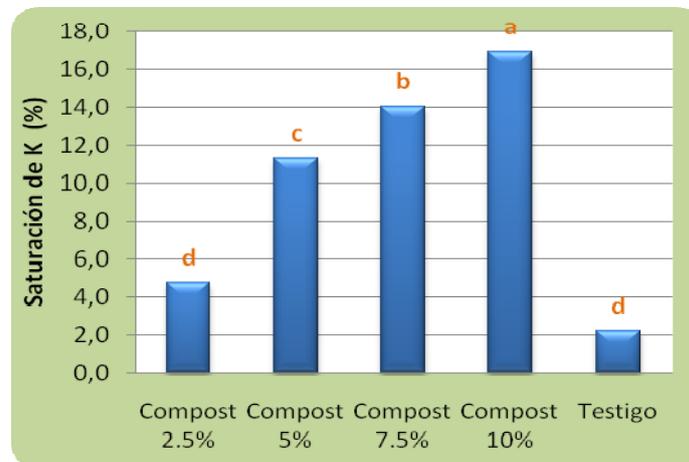
**Figura 12.** Comparación de la saturación de calcio (%), entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.13 Saturación de Magnesio.** Los tratamientos con mayor porcentaje de saturación de Mg fueron el de 2.5 % compost, 5% compost; los cuales mostraron diferencia estadística con los demás tratamientos. La figura 13 muestra que a mayor dosis de compost, menor será el porcentaje de saturación de Mg, tal como paso con el calcio. Teniendo en cuenta los parámetros de la tabla 7 (Munevar, 2004), el valor adecuado para la saturación de Mg en el suelo está en valores por encima del 20% por lo cual para este parámetro las dosis más bajas de compost 2.5 y 5% compost serian las más adecuadas.



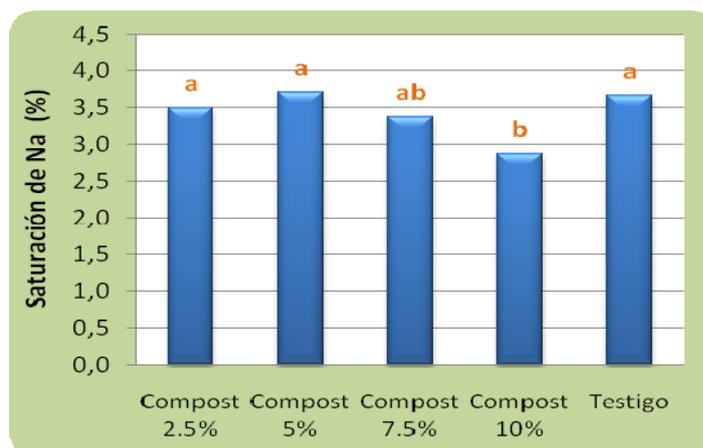
**Figura 13.** Comparación de la saturación de Magnesio (%), entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.14 Saturación de Potasio.** Con respecto al K, los tratamientos que mostraron mayor saturación fueron los de más altos contenidos de compost (10% compost, 7.5% compost y 5%), los cuales mostraron diferencia estadística entre sí, y además, con los tratamientos 2.5% compost y el testigo. La figura 14 muestra que a mayor dosis de compost, mayor será el porcentaje de saturación de K, teniendo en cuenta los parámetros propuestos por Munevar, 2004 (Tabla 7), el valor adecuado para la saturación de potasio en el suelo está en valores por encima del 6% por lo cual para este parámetro la dosis 5% compost serian la más adecuada.



**Figura 14.** Comparación de la saturación de Potasio (%), entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

**6.1.15 Saturación de Sodio.** Para el Na, los tratamientos que mostraron mayor saturación fueron lo de más bajo contenido de compost (2.5% compost, 5% compost), y el testigo, los cuales mostraron diferencia estadística solo con el tratamiento 10% compost (figura 15), el cual mostro el porcentaje de saturación de Na más bajo.



**Figura 15.** Comparación de la saturación de Sodio (%), entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).

## 7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 7.1 pH

Los tratamientos mostraron diferencias estadísticas entre ellos, como lo muestra la figura 1, los que mejor se comportaron para esta variable fueron el testigo y el tratamiento 2,5% de compost, debido a que por tener los valores más bajos, están más cerca del rango de pH (5,5-6,5) recomendado para la siembra de palma de aceite. Se debe tener en cuenta que, pH altos dificultarían la absorción de Fe, Mn, B, Zn, Cu y fosfatos debido a que en la solución del suelo estarían insolubles (Owen, 1995); por lo que, las dosis de 7,5 y 10% de compost que, presentaron pH promedios superiores a 7.6 (Figura 1), no serían muy recomendables. Según se puede observar, los valores de pH de los tratamientos, se han elevado a medida que se aumentaron las dosis de compost, con respecto al suelo testigo. Lo anterior coincide con lo dicho por autores como Valarini *et al*, 2009, que, noto incrementos de pH en el suelo, tras la aplicación de compost y Millaleo M. *et al.*, 2006, que observó un incremento de 0,44; 0,58 y 0,74 unidades de pH en suelos después de la aplicación de compost.

### 7.2 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Los tratamientos que presentaron menor conductividad eléctrica fueron: testigo, 2,5% y 5% de compost, (con valores estadísticamente diferentes al tratamiento 10% compost), con valores por debajo de  $0,8 \text{ dS/m}^{-1}$ , los cuales son aceptables aun, teniendo en cuenta que, este es un parámetro fundamental, debido a que la palma de aceite es susceptible a suelos salinos, dando un rango de CE menor a  $1 \text{ mmhoz/cm}$  (Baskettanda, 1987 citado por Owen, 1995). Mientras, que en el año 2004 Munevar, determino como CE alta valores superiores a  $3 \text{ dS/m}^{-1}$ . Para el tratamiento 10% compost el valor promedio de la conductividad eléctrica fue de 1,63;

el cual es bastante elevado si se tiene en cuenta que este valor podría aumentar con la mala aplicación de fertilizantes.

Observando la figura 2, podemos concluir que la aplicación de compost aumenta la CE. Estos datos además, concuerdan con los resultados reportados por: Bulluck *et al.*, 2002 y Madejón *et al.*, 2003, citados por Roca *et al.* 2009.

### **7.3 CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA**

Los diferentes tratamientos mostraron diferencias estadísticas entre ellos, Siendo el de mejor comportamiento el de 10% compost debido a que apporto mayor contenido de MO (2,01%), tal como se observa en la figura 3. Según lo reportado en la literatura, se recomienda para la siembra de palma, suelos con contenidos de MO cercanos al 4% (Munévar, 2004). La figura 3 muestra que, a medida que se aumentaron las dosis de compost, aumentaron los contenidos de materia orgánica en los tratamientos, con respecto al suelo testigo; conclusiones similares a las de Arrieche y mora 2005 y Domínguez, 2003.

### **7.4 CONTENIDO DE FOSFORO**

El tratamiento que presento mayor contenido de P fue de 10% de compost (201 ppm), siendo el único estadísticamente diferentes del tratamiento testigo (Figura 5), lo cual está acorde con los resultados de Madejón *et al.*, 2003 y Perez, *et al.*, 2009, que concluyeron que la adición de MO aumenta la disponibilidad de P. Según Ataca (1978), citado por Owen (1995), se considera como contenido bajo en el suelo menos de 10 ppm de P, medio entre 10-20 ppm y alto mas de 20 ppm. Por lo cual, en ninguno de los tratamientos se presenta deficiencia de este elemento.

### **7.5 CONTENIDO DE BASES**

Para las bases calcio, potasio, magnesio y sodio, los tratamientos 5% 7.5% y 10%

compost mostraron valores estadísticamente superiores al testigo. Lo anterior nos indica que a medida que aumentan las cantidades de compost, hay mejoras significativas en el suelo, en cuanto al incremento del contenido en nutrientes incluyendo las bases, coincidiendo con lo dicho por Domínguez, 2003.

Teniendo en cuenta los contenidos de calcio, y magnesio de los análisis de suelos, podemos observar que, todos los tratamientos presentaron valores altos, de acuerdo a los parámetros propuestos por Munevar, 2004 (Tabla 7). Para potasio ocurre algo similar, excepto para el testigo, que muestra valores considerados como bajos de acuerdo a estas mismas medidas. No obstante lo anterior, se debe tener muy en cuenta los valores mostrados en los porcentajes de saturación, ya que, de estos depende el equilibrio en la disponibilidad de las bases para la planta, debido a que un exceso de saturación de una de las bases produce deficiencia de las demás.

Siguiendo con las calificaciones que se muestran en la tabla 7, se pueden observar los siguientes aspectos para la saturación de bases: para todos los tratamientos, los porcentajes de calcio son altos, y su valor baja a niveles más adecuados a medida que aumenta los porcentajes de compost; para magnesio los porcentajes se encuentran en un rango medio y su valor sube a niveles más apropiados en los tratamientos con menor porcentaje de compost (2,5% y 5%); con respecto al potasio el porcentaje del testigo es considerado como bajo, el del tratamiento 2.5% es considerado como medio y el de los tratamientos 5%, 7.5%, y 10% compost están en niveles considerados como altos. Para potasio, los niveles suben a medida que aumenta los porcentajes de compost. Podemos concluir que el nutriente más alterado por el compost es el Potasio, resultando similar con lo citado por Roca, *et al.*, 2009 y Domínguez, 2003.

Con respecto al sodio, el valor adecuado para la saturación en el suelo, está en valores de hasta el 7% (Owen, 1995), por lo cual para este parámetro ninguna de las dosis propuestas tiene un efecto relevante.

## **7.6 BORO**

El boro fue el único microelemento que mostro diferencias estadísticas entre tratamientos, incrementando sus niveles a medida que aumenta los porcentajes de compost, concordando con lo que reporta Jaramillo (2002), donde dice que la aplicación de materia orgánica, especialmente de biofertilizantes aumenta la disponibilidad de micronutrientes, dentro de los cuales se destaca el boro. Los resultados de los análisis de suelos mostraron valores considerados como altos (Munevar, 2004), para todos los tratamientos con compost mientras que el testigo, se encuentra en un rango medio.

## 8. CONCLUSIONES

A pesar de que los tratamientos 7,5% y 10% compost muestran los mayores valores con significancia para la CIC, M.O, P, todas las bases, B Y CICE, y saturación de K, no son las mas recomendables, por los altos valores que mostraron para pH y CE, lo que podría dificultar la absorción de algunos nutrientes por las plantas, especialmente el fosforo, el magnesio y algunos elementos menores.

Comparando los parámetros de las diferentes dosis de compost, podemos concluir que para este tipo de suelo utilizado en el vivero de Palmas Montecarmelo, la dosis máxima recomendable seria de 5% compost, Porque además de presentar mayores contenidos con diferencias significativas con el testigo, en parámetros relevantes como K, Ca, Mg, B, CICE y saturación de K, no presentan problemas de alto contenido de sodio, alta Conductividad eléctrica, además de que su saturación de Calcio está más cerca de lo adecuado y es menor significativamente que la del testigo.

## **9. RECOMENDACIONES**

Ampliar el estudio hacia otros tipos de suelos, a fin de evaluar con mayor profundidad las ventajas o desventajas de la aplicación de compost sobre suelos destinados a vivero.

Para dar certeza de la dosis de compost más conveniente en los viveros de palma africana, se deben evaluar en campo los diferentes tratamientos, mediante estimación de medidas vegetativas como por ejemplo: altura planta, materia seca total, número de hojas, diámetro del bulbo, área foliar.

Debido a las actuales exigencias, de que el manejo del cultivo de la palma y el proceso de extracción del aceite deberán ser limpios, son motivos suficientes para continuar estudiando los efectos de materiales orgánicos especialmente, los desechos de las plantas extractoras.

## BIBLIOGRAFÍA

Amberger, A. 2006. Soil Fertility and Plant Nutrition in the Tropics and Subtropics. International Fertilizer Industry Association - International Potash Institute. Paris, Francia. 55 p.

Arrieché, Isabel y Mora, Orlando. 2005. Efecto de la aplicación de residuos orgánicos sobre el cultivo del maíz en suelos degradados del estado Yaracuy, Venezuela. *Bioagro* 17(3): 155-159.

Canchano, E. 2002. Nutrición y fertilización en Palma de Aceite. Fondo Editorial de la Universidad del Magdalena. Santa Marta, Colombia. 205 p.

Drake, E. y Motto, H. An analysis of the effect of clay and organic matter content on the soil cation exchange capacity of New Jersey soils. 1982. *Soils Science*, 281-288.

Domínguez, M. 2003. Evolución dos níveis de matéria orgânica em solos de cultivo intensivo. Análise dos efeitos da adição de compost sobre as propriedades edáficas e o rendimento dos cultivos. Tesis doctoral. Universidad de Santiago. 180p.

Fedepalma. 2005. Anuario estadístico. La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo. Fondo de Fomento Palmero. 122 p.

Fino, W. 2007. Estudio detallado de suelos y aptitud para palma de aceite de la Hacienda Montecarmelo. Agustín Codazzi. 65 p.

García, J. y Espinosa, J. 2008. Efecto de la adición de azufre, magnesio y zinc en la productividad del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en ocho regiones colombianas. XIV Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. 794 p.

Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 619 p.

Jhonston, A. 1991. Soil fertility and soil organic matter. In: *Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. Ed. The Royal

Society of Chemistry. Cambridge, UK. 299-314.

Julca, A., Meneses, L., Blas, R. y Bello, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. IDESIA (Chile), 24(1), 13 p.

Khoo, K. y Chew, P. 1976. Effect of age of oil palm seedlings at planting out on growth and yield. In International Development on Oil Palm. Ed. by D. A. Earp and N. Newall. Kuala Lumpur, Malaysia. The Incorporated Society of Planters. 107-115 p.

Mazzarino, M., Satti, P., Moyano, S. y Laos, F. 2004. Compost de biosólidos: efecto del tamizado sobre la inmovilización de nitrógeno del suelo. Sociedad de la Ciencia del Suelo 22 (1), 19-26.

Millaleo M., Montecinos U., Rubio H., Contreras N. y Borie B. 2006. Efecto de la adición de compost sobre propagulos micorrizicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal 6(3), 26-39.

Munévar M., F. 2004. Criterios agroecológicos útiles en la selección de tierras para nuevas siembras de palma de aceite en Colombia. Palmas, Colombia, 25 (número especial Tomo II), 148-159.

Navarro P., Moral, H., Gómez L. y Mataix, B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones Alicante. España, 108 p.

Owen, E. 1995. Características físico-químicas del suelo y su incidencia en la adsorción de nutrimentos, con énfasis en el cultivo de la palma de aceite. Revista Palmas 16(1), 31-39.

Roca Pérez, L; Martínez, C; Marcilla, P; Boluda, R. 2009. Composting rice straw with sewage sludge and compost effects on the soil-plant system. Chemosphere, 75(6), 781-787

Rees, R., Ball, B. y Watson, C. 2001. Sustainable Management of Soil Organic Matter. CABI Publishing. 44 p.

Rodríguez, J., Marcano, A. y Montaña, A. 2005. Rendimiento del pimentón en respuesta al compost nutri-bora combinado con un fertilizante mineral y a diferentes distancias de siembra. Agronomía Tropical 55(3), 411-427.

Sánchez, B., R. Ruiz y Magdalena, M. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agronomía Tropical* 55(4), 507-534.

Valarini, P., Curaqueo, G., Seguel, A, Manzano, K., Rubio, R., Cornejo, P., y Borie, F. 2009. Efecto de la Aplicación de Compost sobre Algunas Propiedades de un Suelo Volcánico de La Región Centro-Sur de Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69 (3) 416-425.

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados de laboratorio del ensayo preliminar. Diferentes dosis de compost, lombricompost y el testigo.



**PROVIDENCIA S.A. E.S.P.**

Resultado Análisis de suelos  
Fecha: Agosto 14 de 2009

METODOLOGIA DE ANALISIS	
pH:	V.V.
Cu, Fe, Mn, Zn:	DTPA - TEA
CE:	(USDA) en el Manual 60 (1964)
M.O:	Walkler Black
P:	Bray II B: Hunter (Colorimetria)
Ca, Mg, K y Na:	(NH <sub>4</sub> OAc - 1N - pH 7)
Textur:	Bouyoucos

HACIENDA:

DESTINATARIO: PALMAS MONTECARMELO S.A.

SUERTE	Lab. N°	pH V:V	CEa dS/m	MO W.B %	P Bray II ppm	S Trazas ppm	Cationes intercambiables meq/100 g					Saturación de bases (%)				Micronutrientos ppm					Textura Bouyoucos (%)				Clasif.	cice			
							Ca	Mg	K	Na	CIC	Ca/Mg	PSI	PMgl	Ca	Mg	K	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Arena			Limos	Arcillas	Tex.
1C 2-5	4321	7,0	0,42	1,33	24,66	Trazas	4,59	1,04	0,29	0,13	14,18	4,41	0,92	7,33	75,87	17,19	4,79	2,15	0,57	0,68	40,03	3,62	0,85	45,12	36,00	18,88	F	6,05	
2C5	4322	7,2	0,48	1,49	44,01	Trazas	10,25	1,88	0,38	0,12	11,88	5,45	1,01	15,82	81,16	14,89	3,01	0,95	0,47	0,77	31,78	4,59	0,91	45,12	34,00	20,88	F	12,63	
3C7-5	4323	7,5	0,52	1,79	80,62	5,99	12,35	2,26	0,81	0,16	13,44	5,46	1,19	16,82	79,27	14,51	5,20	1,03	0,70	0,88	36,91	4,10	1,05	43,12	38,00	18,88	F	15,58	
4C-10	4324	7,7	0,63	2,00	88,96	5,99	13,95	2,70	1,38	0,14	13,04	5,17	1,07	20,71	76,77	14,86	7,59	0,77	0,66	1,06	45,26	3,81	1,41	45,12	36,00	18,88	F	18,17	
5L2-5	4325	7,1	0,37	1,43	34,93	Trazas	7,28	1,63	0,17	0,12	12,50	4,47	0,96	13,04	79,13	17,72	1,85	1,30	0,44	0,66	38,38	5,48	1,03	45,12	36,00	18,88	F	9,20	
6L-5	4326	7,0	0,48	1,79	54,87	Trazas	8,41	1,79	0,20	0,16	11,86	4,70	1,35	15,09	79,64	16,95	1,89	1,52	0,39	0,72	35,44	3,61	1,42	45,12	36,00	18,88	F	10,56	
7L7-5	4327	7,3	0,41	1,49	79,58	Trazas	9,61	2,13	0,25	0,18	12,28	4,51	1,47	17,35	78,96	17,50	2,05	1,48	0,62	0,67	27,07	2,86	2,78	45,12	36,00	18,88	F	12,17	
8L-10	4328	7,3	0,41	1,79	89,55	Trazas	9,51	2,20	0,27	0,18	10,76	4,32	1,67	20,45	78,21	18,09	2,22	1,48	0,44	0,77	29,28	2,97	3,63	47,12	34,00	18,88	F	12,16	
9 Testigo	4329	6,7	0,21	0,92	12,61	Trazas	5,58	1,36	0,13	0,16	12,58	4,09	1,27	10,84	77,14	18,86	1,80	2,21	0,23	0,57	43,98	4,72	0,65	47,12	34,00	18,88	F	7,23	

**Nota:** Los resultados de los análisis, corresponden a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.

Cordialmente,

COPIA: ARCHIVO

JAVIER JARAMILLO B.  
Jefe Laboratorio Químico de Campo

**Anexo 2.** Resultados de laboratorio del ensayo con diferentes dosis de compost y el testigo, con tres repeticiones cada uno.



**PROVIDENCIA S.A. E.S.P.**

Resultado Análisis de suelos  
Fecha: Diciembre 18 de 2009

HACIENDA: Mtras especiales  
DESTINATARIO: JULIO CESAR POSSO

METODOLOGIA DE ANALISIS	
pH:	V.V.
Cu, Fe, Mn, Zn:	DTPA - TEA
CE:	(USDA) en el Manual 60 (1964)
M.O:	Walkler Black
P:	Bray I B: Hunter (Colorimetria)
Ca, Mg, K y Na:	(NH4OAc - 1N - pH 7)
Textur Bouyoucos	

SUERTE (Tablón)	%	Lab. Nº	pH V:V 1:1	CEa dS/m	MO W.B %	P Bray II ppm	Cationes intercambiables meq/100 g						Saturación de bases				Micronutrientos					Textura Bouyoucos				Clasif. CICE		
							Ca	Mg	K	Na	CIC	Ca/Mg	PSI	PMgl	%				ppm					%				
															B	Cu	Fe	Mn	Zn	Arena	Limos	Arcillas	Tex.					
T4R4	Testigo	5992	7,4	0,41	1,36	31,51	6,13	1,27	0,18	0,28	14,68	4,83	1,91	8,65	77,99	16,16	2,29	3,56	0,42	0,56	21,37	1,47	0,63	43,12	36,00	20,88	F	7,86
T4R4	Testigo	5993	7,3	0,49	1,05	31,51	6,52	1,40	0,18	0,32	12,90	4,66	2,48	10,85	77,43	16,63	2,14	3,80	0,49	0,62	20,98	1,30	0,58	45,12	34,00	20,88	F	8,42
T4R4	Testigo	5994	7,2	0,44	1,11	30,17	6,18	1,39	0,18	0,29	15,74	4,45	1,84	8,83	76,87	17,29	2,24	3,61	0,42	0,44	19,74	1,27	0,52	45,12	36,00	18,88	F	8,04
T1R1	2,5	5983	7,5	0,55	1,26	77,79	7,09	1,71	0,44	0,34	14,86	4,15	2,29	11,51	74,01	17,85	4,59	3,55	0,71	0,59	21,99	1,73	0,98	43,12	36,00	20,88	F	9,58
T1R1	2,5	5984	7,3	0,59	1,36	75,71	7,39	1,70	0,47	0,32	12,96	4,35	2,47	13,12	74,80	17,21	4,76	3,24	0,69	0,42	10,46	0,79	0,56	43,12	34,00	22,88	F	9,88
T1R1	2,5	5985	7,4	0,58	1,21	141,94	7,24	1,67	0,47	0,36	11,86	4,34	3,04	14,08	74,33	17,15	4,83	3,70	0,79	0,25	4,87	0,56	0,42	43,12	36,00	20,88	F	9,74
T2R2	5,0	5986	7,6	0,72	1,72	140,90	7,78	1,89	1,11	0,42	15,68	4,12	2,68	12,05	69,46	16,88	9,91	3,75	1,02	0,74	18,75	1,71	0,96	43,12	36,00	20,88	F	11,20
T2R2	5,0	5987	7,5	0,83	1,47	135,54	7,83	1,95	1,32	0,41	13,22	4,02	3,10	14,75	68,00	16,94	11,50	3,56	1,14	0,59	15,14	1,40	0,86	43,12	34,00	22,88	F	11,51
T2R2	5,0	5988	7,5	0,88	1,47	201,02	7,40	1,88	1,37	0,42	14,08	3,94	2,98	13,35	66,85	16,98	12,38	3,79	1,05	0,47	9,33	0,81	0,62	45,12	32,00	22,88	F	11,07
T3R3	7,5	5989	7,6	0,89	1,98	192,54	8,69	2,16	1,98	0,46	12,70	4,02	3,62	17,01	65,39	16,25	14,90	3,46	1,34	0,70	16,32	1,55	1,03	43,12	34,00	22,88	F	13,29
T3R3	7,5	5990	7,7	0,86	1,87	174,44	9,51	2,30	1,90	0,47	15,68	4,13	3,00	14,67	67,07	16,22	13,40	3,31	1,51	0,60	8,81	0,99	0,62	45,12	32,00	22,88	F	14,18
T3R3	7,5	5991	7,7	0,86	1,57	35,08	8,29	1,95	1,69	0,41	13,60	4,25	3,01	14,34	67,18	15,80	13,70	3,32	1,39	0,67	17,86	1,78	1,23	43,12	36,00	20,88	F	12,34
T5R5	10,0	5995	7,8	0,88	1,98	137,04	10,92	2,58	2,64	0,41	14,46	4,23	2,84	17,84	65,98	15,59	15,95	2,48	1,63	0,54	8,62	1,18	0,76	43,12	36,00	20,88	F	16,55
T5R5	10,0	5996	7,8	2,03	1,88	240,02	9,42	2,36	2,81	0,47	17,66	3,99	2,66	13,36	62,55	15,67	18,66	3,12	1,77	0,59	9,76	1,00	0,80	45,12	32,00	22,88	F	15,06
T5R5	10,0	5997	7,8	1,98	2,39	228,41	10,15	2,54	2,54	0,47	14,89	4,00	3,16	17,06	64,65	16,18	16,18	2,99	1,62	0,56	7,99	0,76	0,65	45,12	34,00	20,88	F	15,70

**Nota:** Los resultados de los análisis, corresponden a las muestras recibidas en el Laboratorio y no a otros materiales de la misma procedencia.

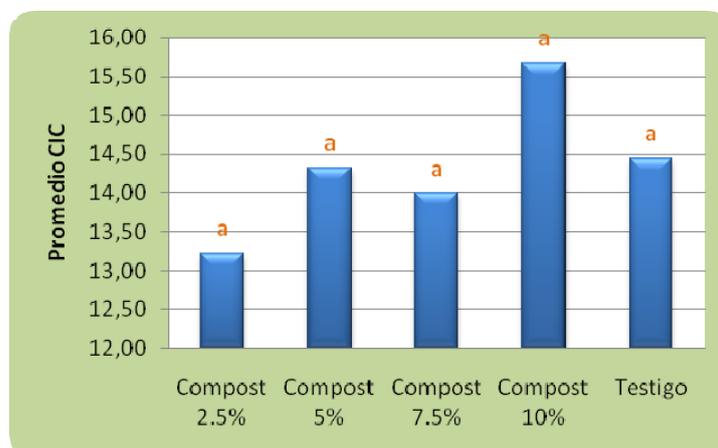
Cordialmente,

COPIA: ARCHIVO

JAVIER JARAMILLO B.

Jefe Laboratorio Químico de Campo

**Anexo3.** Comparación de Capacidad de intercambio cationico entre los diferentes tratamientos. Valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% (Prueba de Tukey).



**Anexo 4.** Análisis estadístico mediante SAS. 9.0.

11:23 Sunday, January 10, 2010 1

The ANOVA Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TRATAMIENTO	5	1 2 3 4 5

Number of observations 26

NOTE: All dependent variables are consistent with respect to the presence or absence of missing

values. However only 15 observations can be used in this analysis.

11:23 Sunday, January 10, 2010 2

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: pH pH

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.48266667	0.12066667	22.62	<.0001
Error	10	0.05333333	0.00533333		
Corrected Total	14	0.53600000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	pH Mean
0.900498	0.968563	0.073030	7.540000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	0.48266667	0.12066667	22.62	<.0001

11:23 Sunday, January 10, 2010 3

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: CE\_\_dS\_m\_ CE (dS/m)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	2.54502667	0.63625667	7.37	0.0049
Error	10	0.86313333	0.08631333		
Corrected Total	14	3.40816000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CE__dS_m_ Mean
0.746745	33.92509	0.293791	0.866000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

TRATAMIENTO 4 2.54502667 0.63625667 7.37 0.0049

11:23 Sunday, January 10, 2010 4

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: MO\_\_\_\_\_ MO ()

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	1.68981040	0.42245260	12.28	0.0007
Error	10	0.34391933	0.03439193		
Corrected Total	14	2.03372973			

R-Square Coeff Var Root MSE MO\_\_\_\_\_ Mean  
 0.830892 11.74581 0.185451 1.578867

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	1.68981040	0.42245260	12.28	0.0007

11:23 Sunday, January 10, 2010 5

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: P\_\_ppm\_ P (ppm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	50031.00164	12507.75041	4.69	0.0217
Error	10	26690.31600	2669.03160		
Corrected Total	14	76721.31764			

R-Square    Coeff Var    Root MSE    P\_\_ppm\_ Mean  
0.652113    41.36058    51.66267    124.9080

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	50031.00164	12507.75041	4.69	0.0217

11:23 Sunday, January 10, 2010 6

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Ca\_\_meq\_100\_g\_ Ca (meq/100 g)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	27.05642667	6.76410667	31.54	<.0001
Error	10	2.14453333	0.21445333		

Corrected Total            14    29.20096000

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Ca__meq_100_g_ Mean
0.926559	5.762706	0.463091	8.036000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	27.05642667	6.76410667	31.54	<.0001

11:23 Sunday, January 10, 2010 7

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Mg\_\_meq\_100\_g\_ Mg (meq/100 g)

Source	DF	Sum of		F Value	Pr > F
		Squares	Mean Square		
Model	4	2.24480000	0.56120000	54.10	<.0001
Error	10	0.10373333	0.01037333		
Corrected Total	14	2.34853333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Mg__meq_100_g_ Mean
0.955831	5.313890	0.101850	1.916667

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	2.24480000	0.56120000	54.10	<.0001

11:23 Sunday, January 10, 2010 8

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: K\_\_meq\_100\_g\_ K (meq/100 g)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	12.38562827	3.09640707	255.40	<.0001
Error	10	0.12123733	0.01212373		
Corrected Total	14	12.50686560			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	K__meq_100_g_ Mean
0.990306	8.564703	0.110108	1.285600

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	12.38562827	3.09640707	255.40	<.0001

11:23 Sunday, January 10, 2010 9

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Na\_\_meq\_100\_g\_ Na (meq/100 g)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.05620000	0.01405000	22.66	<.0001
Error	10	0.00620000	0.00062000		
Corrected Total	14	0.06240000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Na__meq_100_g_ Mean
0.900641	6.384564	0.024900	0.390000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	0.05620000	0.01405000	22.66	<.0001

11:23 Sunday, January 10, 2010 10

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: CIC CIC

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	4	9.41517333	2.35379333	1.04	0.4320
Error	10	22.54780000	2.25478000		
Corrected Total	14	31.96297333			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	CIC Mean
0.294565	10.47769	1.501592	14.33133

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	9.41517333	2.35379333	1.04	0.4320

11:23 Sunday, January 10, 2010 11

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: B\_\_ppm\_ B (ppm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	2.97409840	0.74352460	162.60	<.0001
Error	10	0.04572600	0.00457260		
Corrected Total	14	3.01982440			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	B__ppm_ Mean
0.984858	6.344624	0.067621	1.065800

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	2.97409840	0.74352460	162.60	<.0001

11:23 Sunday, January 10, 2010 12

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Cu\_\_ppm\_ Cu (ppm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.09257227	0.02314307	1.97	0.1755
Error	10	0.11753067	0.01175307		
Corrected Total	14	0.21010293			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	Cu__ppm_ Mean
0.440604	19.50784	0.108412	0.555733

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------	-------------	---------	--------

TRATAMIENTO 4 0.09257227 0.02314307 1.97 0.1755

11:23 Sunday, January 10, 2010 13

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Fe\_\_ppm\_ Fe (ppm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	223.8295429	55.9573857	2.26	0.1347
Error	10	247.5085840	24.7508584		
Corrected Total	14	471.3381269			

R-Square 0.474881  
 Coeff Var 35.20163  
 Root MSE 4.975023  
 Fe\_\_ppm\_ Mean 14.13293

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	223.8295429	55.9573857	2.26	0.1347

11:23 Sunday, January 10, 2010 14

The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Mn\_\_ppm\_ Mn (ppm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.50080000	0.12520000	0.77	0.5695
Error	10	1.62880000	0.16288000		
Corrected Total	14	2.12960000			

R-Square    Coeff Var    Root MSE    Mn\_\_ppm\_ Mean  
0.235162    33.08065    0.403584    1.220000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	0.50080000	0.12520000	0.77	0.5695

11:23 Sunday, January 10, 2010 15

### The ANOVA Procedure

Dependent Variable: Zn\_\_ppm\_ Zn (ppm)

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	4	0.26297333	0.06574333	1.49	0.2780
Error	10	0.44246667	0.04424667		

Corrected Total            14    0.70544000

R-Square    Coeff Var    Root MSE    Zn\_\_ppm\_ Mean  
0.372779    28.12151    0.210349    0.748000

Source	DF	Anova SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRATAMIENTO	4	0.26297333	0.06574333	1.49	0.2780

11:23 Sunday, January 10, 2010 16

#### The ANOVA Procedure

#### Tukey's Studentized Range (HSD) Test for pH

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.005333
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.1962

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	7.80000	3	4
A			
B A	7.66667	3	3
B			
B C	7.53333	3	2
C			
D C	7.40000	3	1
D			
D	7.30000	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 17

### The ANOVA Procedure

#### Tukey's Studentized Range (HSD) Test for CE\_\_dS\_m\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.086313
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.7895

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	1.6300	3	4
A			
B A	0.8700	3	3
B			
B	0.8100	3	2
B			
B	0.5733	3	1
B			
B	0.4467	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 18

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for MO\_\_\_\_\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.034392
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.4983

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	2.0833	3	4
A			
B A	1.8077	3	3
B			
B C	1.5533	3	2
C			
C	1.2767	3	1
C			
C	1.1733	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 19

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for P\_\_ppm\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	2669.032
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	138.83

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	201.82	3	4
A			
B A	159.15	3	2
B A			
B A	134.02	3	3
B A			
B A	98.48	3	1
B			
B	31.06	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 20

### The ANOVA Procedure

#### Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Ca\_\_meq\_100\_g\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.214453
Critical Value of Studentized Range	4.65429

Minimum Significant Difference 1.2444

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	10.1633	3	4
B	8.8300	3	3
B			
C B	7.6700	3	2
C			
C D	7.2400	3	1
D			
D	6.2767	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 21

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Mg\_\_meq\_100\_g\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.010373

Critical Value of Studentized Range 4.65429

Minimum Significant Difference 0.2737

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	2.49333	3	4
B	2.13667	3	3
B			
C B	1.90667	3	2
C			
C	1.69333	3	1
D	1.35333	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 22

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for K\_\_meq\_100\_g\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha 0.05

Error Degrees of Freedom 10

Error Mean Square                    0.012124  
 Critical Value of Studentized Range 4.65429  
 Minimum Significant Difference      0.2959

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	2.66333	3	4
B	1.85667	3	3
C	1.26800	3	2
D	0.46000	3	1
D	0.18000	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 23

### The ANOVA Procedure

#### Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Na\_\_meq\_100\_g\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha                                    0.05

Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.00062
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.0669

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	0.45000	3	4
A			
A	0.44667	3	3
A			
A	0.41667	3	2
B	0.34000	3	1
B			
B	0.29667	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 24

### The ANOVA Procedure

#### Tukey's Studentized Range (HSD) Test for CIC

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	2.25478
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	4.035

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	15.670	3	4
A			
A	14.440	3	5
A			
A	14.327	3	2
A			
A	13.993	3	3
A			
A	13.227	3	1

11:23 Sunday, January 10, 2010 25

### The ANOVA Procedure

#### Tukey's Studentized Range (HSD) Test for B\_\_ppm\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.004573
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.1817

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	1.67333	3	5
B	1.41333	3	4
C	1.07000	3	3
D	0.73000	3	2
E	0.44233	3	1

11:23 Sunday, January 10, 2010 26

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Cu\_\_ppm\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.011753
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.2913

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	0.65667	3	4
A			
A	0.60000	3	3
A			
A	0.56200	3	5
A			
A	0.54000	3	1
A			
A	0.42000	3	2

11:23 Sunday, January 10, 2010 27

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Fe\_\_ppm\_\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	24.75086
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	13.369

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	20.697	3	1
A			
A	14.407	3	3
A			
A	14.331	3	4
A			
A	12.440	3	2
A			
A	8.790	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 28

### The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Mn\_\_ppm\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a

higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.16288
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	1.0845

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	1.4400	3	4
A			
A	1.3467	3	1
A			
A	1.3067	3	3
A			
A	1.0267	3	2
A			
A	0.9800	3	5

11:23 Sunday, January 10, 2010 29

The ANOVA Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for Zn\_\_ppm\_\_

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II

error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.044247
Critical Value of Studentized Range	4.65429
Minimum Significant Difference	0.5652

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	TRATAMIENTO
A	0.9600	3	4
A			
A	0.8133	3	3
A			
A	0.7367	3	5
A			
A	0.6533	3	2
A			
A	0.5767	3	1

Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	5	T1 T2 T3 T4 T5

Número de observaciones leídas 15  
 Número de observaciones usadas 15

11:08 Friday, March 5, 2010 2

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: CICE CICE

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	107.9289669	26.9822417	86.38	<.0001
Error	10	3.1235440	0.3123544		
Total corregido	14	111.0525109			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	CICE Media
0.971873	4.806277	0.558887	11.62827

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	----------------------	----------	---------	--------

TRATAMIENTO	4	107.9289669	26.9822417	86.38	<.0001
-------------	---	-------------	------------	-------	--------

11:08 Friday, March 5, 2010 3

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Ca\_\_\_\_\_ Ca (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	363.6002365	90.9000591	73.37	<.0001
Error	10	12.3885781	1.2388578		
Total corregido	14	375.9888146			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Ca_____ Media
0.967051	1.586190	1.113040	70.17064

Fuente	DF	Cuadrado de Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	4	363.6002365	90.9000591	73.37	<.0001

11:08 Friday, March 5, 2010 4

Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Mg\_\_\_\_\_ Mg (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	4.90864156	1.22716039	9.54	0.0019
Error	10	1.28570014	0.12857001		
Total corregido	14	6.19434170			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Mg_____ Media
0.792440	2.161930	0.358567	16.58549

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	4	4.90864156	1.22716039	9.54	0.0019

11:08 Friday, March 5, 2010 5

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: K\_\_\_\_\_ K (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	461.2829517	115.3207379	129.07	<.0001

Error 10 8.9348067 0.8934807

Total corregido 14 470.2177583

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE K\_\_\_\_\_ Media

0.980999 9.618540 0.945241 9.827282

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAMIENTO	4	461.2829517	115.3207379	129.07	<.0001

11:08 Friday, March 5, 2010 6

### Procedimiento ANOVA

Variable dependiente: Na\_\_\_\_\_ Na (%)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	1.35876915	0.33969229	8.13	0.0035
Error	10	0.41759686	0.04175969		
Total corregido	14	1.77636602			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Na_____	Media
0.764915	5.981164	0.204352		3.416590

Fuente	DF	Cuadrado de		F-Valor	Pr > F
		Anova SS	la media		
TRATAMIENTO	4	1.35876915	0.33969229	8.13	0.0035

11:08 Friday, March 5, 2010 7

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para CICE

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error de cuadrado medio	0.312354
Valor crítico del rango estudentizado	4.65429
Diferencia significativa mínima	1.5018

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRATAMIENTO
--------------------	-------	---	-------------

A	15.7700	3	T4
---	---------	---	----

B	13.2700	3	T3
---	---------	---	----

C	11.2613	3	T2
---	---------	---	----

D	9.7333	3	T1
---	--------	---	----

E	8.1067	3	T5
---	--------	---	----

11:08 Friday, March 5, 2010 8

### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Ca\_\_\_\_\_

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error de cuadrado medio	1.238858
Valor crítico del rango estudentizado	4.65429
Diferencia significativa mínima	2.9909

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRATAMIENTO
--------------------	-------	---	-------------

A	77.4301	3	T5
---	---------	---	----

B	74.3795	3	T1
---	---------	---	----

C	68.1053	3	T2
---	---------	---	----

C			
---	--	--	--

D C	66.5446	3	T3
-----	---------	---	----

D			
---	--	--	--

D	64.3938	3	T4
---	---------	---	----

11:08 Friday, March 5, 2010 9

### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Mg\_\_\_\_\_

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error de cuadrado medio	0.12857
Valor crítico del rango estudentizado	4.65429
Diferencia significativa mínima	0.9635

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRATAMIENTO
A	17.4007	3	T1
A			
B A	16.9312	3	T2
B A			
B A C	16.6911	3	T5
B C			
B C	16.0917	3	T3
C			
C	15.8127	3	T4

11:08 Friday, March 5, 2010 10

### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para K\_\_\_\_\_

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error de cuadrado medio	0.893481
Valor crítico del rango estudentizado	4.65429
Diferencia significativa mínima	2.54

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRATAMIENTO
A	16.9296	3	T4
B	13.9976	3	T3
C	11.2618	3	T2
D	4.7251	3	T1
D			
D	2.2222	3	T5

11:08 Friday, March 5, 2010 11

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para Na\_\_\_\_\_

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un

índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error de cuadrado medio	0.04176
Valor crítico del rango estudentizado	4.65429
Diferencia significativa mínima	0.5491

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	TRATAMIENTO
A	3.7016	3	T2
A			
A	3.6566	3	T5
A			
A	3.4947	3	T1
A			
B A	3.3661	3	T3
B			
B	2.8639	3	T4