

## INTRODUCCION

La acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo suficiente para lixiviar apreciables cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales del suelo. Venezuela, como país ubicado en la zona tropical, presenta una alta proporción de suelos Ultisoles, Oxisoles, Alfisoles, Inceptisoles y Vertisoles, los cuales se han originado bajo procesos variables de intemperización, pudiéndose encontrar diversas situaciones de acidez. La mayoría de los suelos ácidos son muy evolucionados, pobres en nutrimentos, especialmente calcio, magnesio y fósforo. El aluminio intercambiable es el catión predominante en los suelos minerales ácidos con pH menores de 5,5 (Coleman y Craig 1961) y (Coleman y Thomas 1967) en Kamprath, (1970). El aluminio constituye una gran proporción de los cationes totales en suelos ácidos.

La región de montaña ubicada al norte del estado Portuguesa perteneciente a los municipios José Vicente de Unda, Guanare, Sucre, Ospino y Araure es la principal productora de café del estado, según MPPPAT (2005). Esta región ocupa una superficie cultivada de 41.086 ha. que representa una producción de 258.782 quintales. Siendo este rubro el eje fundamental de desarrollo de esta región del cual dependen 10.480 familias.

De acuerdo al MPPPAT (2005). El rendimiento promedio de café es de 6.30 qq/ha el cual se considera muy bajo y no cubre las expectativas socioeconómicas del productor. El estado ha considerado este rubro como estratégico por lo cual ha implementado el Plan café con el objeto de incrementar la producción y su manejo de una forma integral

En esta área se observan generalmente los cultivos de café bajo sombra permanente de las especies de bucare (*Eritrina sp*) y guamo (*inga sp*) que aportan nitrógeno y materia orgánica al suelo. Para mejorar estos

rendimientos se requiere manejar el suelo y el cultivo en una forma sustentable por lo que se requiere investigación en las variables que influye en el desarrollo de este rubro, principalmente edafológicas.

El café bajo sombra permanente es uno de los cultivos que mejor se adapta a estos suelos y tiene mayor superficie sembrada por hectárea, gran número de personas depende económicamente de este. Los caficultores en talleres participativos han señalado la necesidad que el estado realice seguimiento a los planes de siembra, mantenimiento y cosecha del café, de forma organizada, con un adecuado manejo ecológico para la protección a las cuencas hidrográficas.

Unas de las alternativas de mejorar las condiciones de acidez y fertilidad del suelo e incrementar la producción, sin contaminar este recurso, es utilizar la materia orgánica disponible en las fincas cafetaleras (pulpa de café descompuesta) como biofertilizante. Dentro de las condiciones edafológicas y climáticas, presentes en estas zonas de montaña, el cultivo de café es el más recomendable. Con un manejo adecuado del suelo, utilizando los biofertilizantes y enmiendas naturales se puede corregir los problemas de aluminio intercambiable y acidez. Esto favorece la absorción de los nutrimentos e incrementan los rendimientos de la plantación. El hecho de encontrarse estos suelos en áreas de gran sensibilidad ambiental y ser productoras de agua de importancia local y regional hace que esta alternativa agroecológica sea la más viable a establecer en esta zona de montaña.

## CAPITULO I

### 1.1. Planteamiento del Problema

La acidificación de suelos agrícolas tiene diferentes orígenes y efectos. En Venezuela, la heterogeneidad en las propiedades de los suelos ácidos limita la generación de prácticas para incrementar la producción óptima de los cultivos. López *et al.* (1987), señalan que alrededor de 70% de los suelos del país presentan como primera o segunda limitación para uso agrícola la baja fertilidad natural y acidez. En la zona donde se desarrolló el presente estudio, la condición de acidez de los suelos está presente, por tanto se requiere conocer con precisión cuales son las causas que originan esta limitación.

De acuerdo con Salazar *et al.* (1982), en suelos de montañas de los municipios Unda y Sucre, se pudo detectar un alto contenido de aluminio intercambiable, encontrándose una menor concentración de este elemento en los horizontes superficiales e incrementándose con la profundidad hasta alcanzar en algunos casos valores superiores a 10 cmol/kg de suelo. De igual manera, señalan que el porcentaje de saturación con aluminio es más bajo en los primeros horizontes, con aumentos en otros. Con respecto al carbono orgánico en los primeros horizontes se encontró que los contenidos van de alto a medios, lo cual es importante ya que según investigaciones de Evans y kamprath (1970), suelos con mayores niveles de materia orgánica presentan menores contenidos de aluminio en la solución del suelo para un determinado pH. Esto se explica por la fijación del aluminio dentro de la molécula de la materia orgánica, lo cual dificulta que este ión pase a formar parte de la solución del suelo.

## 1.2. Justificación

En la zona de montaña de los municipios Unda y Sucre se observa el uso de fertilizantes inorgánicos para incrementar la disponibilidad de nutrientes y poco uso de abonos orgánicos y minerales naturales, cal agrícola, y fosforita, lo que podría incidir en acentuar el problema de acidez de estos suelos.

De acuerdo con López (2007), entre los nutrientes que limitan la producción de los cultivos, el fósforo requiere de un manejo adecuado y más racional, debido a las transformaciones (adsorción, precipitación, transporte, mineralización) que experimenta en el suelo una vez que es aplicado, afectando su disponibilidad para las plantas, según las características edafoclimáticas de cada localidad.

La principal fuente de fósforo utilizada por la mayoría de los productores son las altamente solubles, las cuales ocasionan altos costos de producción y por tanto, disminución en la relación beneficio/costo, así como un posible impacto ambiental al lixiviarse fácilmente en suelos de textura gruesa (López *et al.* 2006).

Igualmente López (2007) opina, que en suelos con problemas de acidez debe evaluarse el potencial de fuentes de fósforo menos costosas, tal como las rocas fosfóricas naturales y las parcialmente aciduladas y recomienda su uso en suelos con P y Ca bajos, pH menor de 5.5, alto porcentaje de arcilla y de saturación con aluminio que contribuye a su solubilidad.

Con el uso de los abonos orgánicos de disponibilidad local como la pulpa de café y enmiendas naturales fosforita y cal agrícola, se podría corregir los problemas de acidez de los suelos de montaña de los municipios cafetaleros del estado Portuguesa e incrementar los rendimientos de una forma ecológica y sustentable, razón por lo que se propuso realizar esta investigación.

### 1.3. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales naturales sobre el aluminio intercambiable, en la producción de café en suelos ácidos de la zona de montaña caserío Santa Rosa de La Fila del municipio José Vicente de Unda del estado Portuguesa durante el periodo 2008- 2009.

### 1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Caracterizar los compuestos orgánicos y minerales utilizados
  
- ✚ Determinar el efecto de los abonos orgánicos y minerales sobre algunas variables indicadoras de fertilidad de suelo (% Materia Orgánica, pH, Conductividad Eléctrica (CE), Fósforo (P), Potasio, (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), Zinc (Zn), Cobre y Aluminio intercambiable).
  
- ✚ Diferenciar el efecto de los tratamientos sobre la disponibilidad del Aluminio intercambiable en suelos ácidos cafetaleros.
  
- ✚ Evaluar el efecto de la aplicación de los tratamientos en la producción de café.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO REFERENCIAL**

#### **ANTECEDENTES**

##### **2.1. Efecto de la materia orgánica sobre la fertilidad del suelo y el aluminio en solución.**

Bear (1963) en Russell (1973) expresa que la materia orgánica actúa inhibiendo los iones de hierro y aluminio existentes en los suelos ácidos. Esta inferencia, ha sido motivo de discusión por distintos investigadores, como Ortiz *et al.* (2006) quienes observaron que los cafetales colombianos cultivados en los suelos con propiedades ándicas muestran condiciones óptimas para el desarrollo radical, sin ver afectada la producción de café en situaciones de alto contenido de Al intercambiable. Lo que sugiere que posiblemente, la materia orgánica esta actuando como un agente complejante de aluminio en la solución del suelo, evitando su toxicidad. Adicionalmente expresaron, que la materia orgánica actúa como un agente complejante del aluminio en la solución del suelo y que posiblemente está influenciada por las propiedades del suelo como pH o tipo de arcillas.

En un estudio realizado por López *et al.* (2006) sobre la dinámica del fósforo y reducción del aluminio intercambiable en un Ultisol sometido a manejo conservacionista encontraron incrementos en la disponibilidad de P, K, y Ca, por efecto combinado de la fertilización orgánica e inorgánica, con los mayores aumentos en las parcelas donde se aplicó abonos orgánicos. En relación a la acidez del suelo observó que antes del experimento el pH estaba cercano a 4 (media de 60 cm de suelo), luego de 6 meses de la aplicación de abonos orgánicos el pH osciló entre 4,8 y 5,3 para 0-10cm de profundidad encontrándose ligeros incrementos, de 0,2 a 0,6 en las profundidades evaluadas, lo que muestra una tendencia a disminuir la reacción ácida del suelo.

El porcentaje de saturación con Al estaba bajo en los primeros 10 cm. de profundidad, mientras que entre 10 y 20 cm fue mayor, lo que refleja problemas de alto contenido de este elemento en la zona de mayor desarrollo radicular. En el segundo año de evaluación se observaron mayores efectos del manejo combinado de los abonos orgánicos e inorgánicos.

Ortiz *et al.* (2006), Indican que dentro de las funciones que cumple la materia orgánica en los suelos de la zona cafetalera de Colombia resalta la capacidad complejante de metales pesados, propiedad que depende de la cantidad y el tipo de los COOH y OH fenológicos, la acidez total y el grado de disociación, entre otros. La materia orgánica soluble también proporciona a la solución del suelo una gran variedad de ácidos orgánicos de alto y bajo peso molecular y pueden actuar como base (OH<sup>-</sup>, CL<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> y quelatos) y forman complejos fuertes con el aluminio (Al) y hierro (Fe). La disponibilidad de P, Ca, S, el pH y el contenido de Al fueron afectados por la fertilización orgánica e inorgánica, encontrándose respuestas significativas con los abonos orgánicos e inorgánicos.

En un estudio realizado por Jiménez *et al.* (2004) se encontró cambios favorables en el aumento del pH, del contenido de carbono orgánico y fósforo disponible y reducción del porcentaje de saturación con aluminio. Estos cambios positivos permiten inferir un ambiente edáfico más favorable al crecimiento de la vegetación, sobre todo al mejorar la disponibilidad de fósforo y disminuir los niveles de aluminio.

Rodríguez y Viera (2002) concluyeron que la aplicación de bioabono de pulpa de café proveniente de vermicultivo en dosis de 4 kg./planta/año disminuyó el contenido de aluminio e incrementó los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio en el suelo de la zona cafetalera de El Blanco, Concordia, Olancho, en Honduras.

Berkelaar (2001) expuso que agregar material orgánico al suelo es otra manera de reducir la disponibilidad del Al. La materia orgánica tiene la capacidad de unir  $\text{Al}^{3+}$  reduciendo su disponibilidad y su capacidad de dañar las raíces de las plantas o de competir con  $\text{Ca}^{2+}$  o  $\text{Mg}^{2+}$  para la absorción.

Pavan (2000) expresó que el problema más importante de los suelos cafetaleros de América Latina, es la disminución de la capacidad productiva de los suelos, impuesta por la acidez. El uso continuo de fertilizantes acidificantes, el lavado de cationes básicos, la hidrólisis de aluminio, hierro y manganeso, la absorción diferencial de iones por las raíces y las condiciones climáticas por excesos de lluvias en relación a la evapotranspiración son las principales causas de la acidificación de los suelos cafetaleros.

Alaluna y Zavala (2000) en un estudio realizado sobre el efecto de la roca fosfórica y materia orgánica en la producción de café encontraron que hubo repuesta positiva a la aplicación de niveles de roca fosfórica y materia orgánica. La mejor interacción se obtuvo con el nivel más alto de roca fosfórica (4ton/ha) y gallinaza (15 ton/ha).

Alan (1992) Observó que hay diferencias de comportamiento entre horizontes superficiales y subsuelos que presumiblemente es un efecto de la materia orgánica. Esta parece deprimir las relaciones a pH bajo, lo cual puede reflejar la carga dependiente del pH, de la materia orgánica. Cantidades mayores de aluminio intercambiables entre pH 5.5 y 6.0 pueden ser el resultado de la formación de complejos orgánicos sobre la superficie y en solución.

Buckman y Brady (1982) expresa que la fuente originaria de la materia orgánica del suelo es el tejido vegetal bajo condiciones naturales las partes aéreas y raíces de los árboles, arbustos, hierbas y otras plantas naturales proveen anualmente grandes cantidades de residuos orgánicos.

Según Bukman y Brady (1982) el humus cuando se satura con hidrogeno los iones actúan casi siempre como ácido ordinario y pueden reaccionar con minerales del suelo en la forma requerida para extraer sus bases. El humus ácido tiene una rara capacidad de efectuar tal transferencia, por lo que en comparación, el ácido orgánico es fuerte. Una vez realizado el cambio, las bases ahí afectadas son liberadas en condición de absorción débil y son fácilmente asimilables por las plantas superiores.

Pavón (2005) indica que la utilización de la pulpa de café en la producción de bioabono reduce el costo de la fertilización química, por lo que de hecho disminuye la contaminación que generan tanto el residuo orgánico como la propia fertilización y puede representar un ingreso extra para aquellos centros que lo desarrollen a mediana o gran escala. Igualmente, observó que aplicaciones de dosis de bioabonos orgánicos sobre la producción de café incrementa los rendimientos en cafetales sin tratamiento nutricional de diez años y que este se incrementaba de forma paulatina de acuerdo a la dosis de 1 a 3 kg/planta. Respuestas similares fueron encontradas en Costa Rica, con la aplicación de un kilogramo de abono orgánico por planta (7 000 kg/ha) que superó a la aplicación de 500 kg/ha. de abono químico. Sin embargo, las mayores producciones se obtuvieron utilizando dosis medias de ambos fertilizantes (CENICAFE 1996).

Por otro lado, Obando *et al.* (1998) también indicaron que aplicaciones superficiales (sin incorporar) entre 6 y 12 Kilos de pulpa descompuesta, producen rendimientos similares a cafetos que recibieron fertilizante químico. Los mismos autores mencionan que el poder residual

de las aplicaciones de pulpa es a corto plazo, lo que hace necesario que se aplique todos los años.

Obando *et al* (1998) en un estudio sobre la interacción entre niveles de fertilizantes químicos y orgánicos encontró que aplicaciones de 6.5 y 13 t/ha. de broza descompuesta, no difieren estadísticamente entre sí, pero superan ampliamente en producción al tratamiento sin broza. Por otra parte al analizar la interacción entre la fertilización orgánica y química, se obtuvo que la adición de broza a cualquiera de los niveles anteriores, incrementa fuertemente la producción en las parcelas que no recibieron fertilizante químico, o en aquellas en que el nivel fue de 500 kg/ha. de FC. Así mismo los tratamientos que recibieron 1000 kg/ha de fórmula completa, si bien el uso de broza incrementó la producción, de café pero en menor magnitud de la que recibieron tratamiento químico

Además de las fortalezas destacadas en cuanto a la disponibilidad de nutrientes y control del aluminio intercambiable, también el uso de abonos orgánicos ha sido reportado como un mejorador de la biomasa microbiana según lo afirmado por Pérez *et al.* (2008), quien en el análisis microbiológico de abonos orgánicos encontró que el Bocaschi mostró mayores cantidades de microorganismo, donde los grupos de los aerobios mesófilos y actinomycetes fue superior. Igualmente afirmaron que la aplicación de compost en cultivos produce variaciones significativas en la abundancia y diversidad de los microorganismos, así como la variación de las poblaciones de los grupos funcionales evaluados.

Las últimas tendencias, en la producción de abonos orgánicos se relacionan con la lombricultura tal y como lo señalan Pujol *et al.* (1998), quienes afirmaron que el compostaje con lombrices (vermicompostaje) empieza a ser una opción importante. La lombricultura es una tecnología en virtud de la cual se aplican determinadas normas y técnicas de producción; se utilizan las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*)

para reciclar residuos orgánicos biodegradables y como fruto de su ingestión, los anélidos efectúan sus deyecciones, que es el fertilizante orgánico más importante disponible sobre la tierra (Torres 2000).

De acuerdo con Dietrich (1999), el lombricomposteo de la pulpa, comienza a perfilarse como una importante actividad donde se generan dos valiosos subproductos: lombrices rojas y vermicompostaje. El producto resultante de las deyecciones de la lombriz roja es un abono orgánico con características muy propias, que lo hace prácticamente insuperable, ya que puede incrementar hasta un 300% de la producción de hortalizas y otros productos vegetales. En cálculos promediados una lombriz produce aproximadamente 0,3 g de humus diariamente, lo que demuestra que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus según lo referido por este autor.

De acuerdo con Oirsa (2001), el lombricompostaje es el mejor abono orgánico que existe: completo, equilibrado y de fácil manejo. Concentra los nutrientes: calcio, potasio, magnesio, nitratos y fosfatos entre otros, la carga microbiana es un millón de veces superior al estiércol.

Similares consideraciones fueron expuestas por Gomero y Velásquez (1999), al señalar que el humus de lombriz no es un fertilizante con fines nutricionales, sino un activador biológico del suelo de primer orden, por contener una población grande de microorganismos, sustancias como vitaminas, enzimas, ácidos y además por facilitar la disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas.

## 2.2. Dosis de abonos orgánicos por planta en café

Rodríguez y Viera (2002), evaluaron la factibilidad técnica de utilizar bioabono proveniente de pulpa de café, así como la dosis adecuada, al mismo tiempo monitorear la dinámica de nutrientes en el suelo, en la zona cafetalera de El Blanco, Concordia, Olancho, en Honduras. Concluyeron que la aplicación de bioabono de pulpa de café proveniente de vermicultivo en dosis de 2 kg/planta/año + 50% de fertilizante químico recomendada por el laboratorio de suelos, representa una factibilidad técnica de fertilización de cafetales tanto por el aspecto económico como por los aportes nutritivos al suelo. El contenido de Aluminio disminuyó en mayor proporción en la aplicación de 4 kg/planta/año) en un 40%, observándose que en los tratamientos que no se aplicó bioabono tuvo una tendencia a incremental el nivel de este elemento en el suelo.

Con la aplicación de bioabono proveniente de vermicultivo se presentó buen rendimiento aunque ello implique utilizar altas cantidades de bioabono (488 qq/ha. de biabono con una población de 5.555 plantas).

Valencia (2009) indica que con las aplicaciones medias de 2.0 Kg. de lombricompuesto/planta/año, se puede fertilizar 15.679 ha (5.000 plantas/ha), equivalentes al 1.8% del área cultivada en café.

El Instituto del Café de Costa Rica (2001) Reportó que aplicaciones de 6 kg/planta /ha/año de pulpa seca de café se logran considerables aumentos en producción de café.

### 2.3. EFECTO DE LA ACIDEZ EN SUELOS

De acuerdo a Mora (2001) la acidez afecta las características químicas y biológicas del suelo limitando las repuestas de la plantas a las labores de fertilización, reduce el crecimiento de las planta y el desarrollo de las raíces, causa daños a nivel de las raíces del café, que en algunos casos permiten la entrada de hongos o bacterias que destruyen las raíces absorbente, ocasionan disminución de la disponibilidad de nutrientes esenciales en la producción cafetalera como calcio, Magnesio, Potasio y fósforo; favorece altas concentraciones de elementos que son tóxicos para la planta como el aluminio y el manganeso.

Según Mata y Ramírez (2002), la acidez influye sobre el desarrollo de las plantas, ya que tiene efectos sobre la vida microbiana (benéfica y nociva) del suelo y sobre la solubilidad de los elementos nutritivos y tóxicos presentes en el mismo. Por lo general, la acidez tiende a incrementarse a través del tiempo debido al proceso natural de pérdida de bases (Ca, Mg y K) y al efecto de los fertilizantes (principalmente los nitrogenados sobre la vida microbiana.

Murillo (2004) menciona los criterios para determinar problemas de acidez en los suelos cafetaleros son los siguientes:

- pH menor a 5.5. En suelos con pH bajo el aluminio se vuelve soluble en el suelo, por lo que se podría encontrar en niveles altos, pudiendo ser tóxico para la planta.
- Acidez menor a 0.5 cmol(+)/kg de suelo. Por ser un elemento que la planta no necesita, más bien se considera que un valor mayor podría causar problemas de toxicidad al cultivo.
- Suma de bases (calcio, magnesio y potasio) menor a 5 cmol(+)/kg de suelo. Estos son los principales nutrientes que la planta necesita. Valores

inferiores disminuyen los rendimientos del cultivo y están relacionados con suelos de baja fertilidad.

- Saturación de acidez mayor que 10%. La tolerancia a la acidez depende de cada cultivo. De acuerdo con las características genéticas de este, se dice que el nivel máximo que soporta el cultivo de café es de 60%, sin embargo, lo ideal de un suelo para maximizar la producción es que no sea mayor a 10%.

Murillo (2004) menciona que la acidez propicia un aumento de la cantidad de Aluminio intercambiable y reduce la disponibilidad y absorción de algunos nutrientes, con lo cual lleva a un aumento del porcentaje de saturación de acidez. En la parte biológica afecta el funcionamiento normal de algunos microorganismos en el suelo e inhibe la actividad de las lombrices, lo que reduce su vitalidad. Al disminuir la vida en el suelo, las propiedades físicas se ven afectadas ya que se produce compactación, se reduce la aireación y se limita el movimiento del agua dentro del suelo.

Buckman y Brady (1982) señala que hay dos fuentes primordiales, de acidez en la solución del suelo los iones de aluminios adsorbidos y los propios hidrogeniones adsorbidos. Bajo condiciones muy ácidas, gran cantidad de aluminio resulta insoluble y está presente como  $Al^1$ , estos iones son adsorbidos por los coloides del suelo con más firmeza.

La evolución de la acidez da como resultado pérdidas de calcio y magnesio, procedentes de la meteorización de los minerales y de la liberación de la superficie de intercambio catiónico, los cationes se pierden juntos con aniones no adsorbidos.

## 2.4. Efecto del aluminio sobre las plantas

Schreffler y Sharpe (2003) afirman que el aluminio intercambiable ha estado involucrado y se reconoce ampliamente como un factor determinante de la acidez del suelo. Al respecto, Alan (1992) Indicó que los efectos producidos por el aluminio en las plantas son un acortamiento y engrosamiento de las raíces estas se tornan de un color pardo y su ramificación se reduce. El aluminio absorbido por las plantas tiende a acumularse en las raíces y no se transloca a la parte aérea y una gran proporción del aluminio parece ser retenido por las paredes celulares de la raíz.

Entre los efectos nocivos atribuidos a la concentración del Al en las raíces de las plantas, Berkelaar (2001) explica que existen dos formas principales en las que el Al biodisponible ( $\text{Al}^{3+}$ ) puede influir negativamente sobre el crecimiento de la planta: puede interferir con la absorción de la planta por los nutrientes esenciales calcio (Ca) y magnesio (Mg), y puede ser directamente tóxico a las raíces de las plantas.

Tanto el Ca como el Mg son necesarios para el crecimiento de las plantas, y las raíces de las plantas acumulan las formas iónicas de estos nutrientes ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ) a través de "puertas" o transportadores de iones en las células de la raíz.  $\text{Al}^{3+}$  puede competir con estos iones para la absorción, provocando deficiencias de Ca y/o Mg en las plantas. Estas deficiencias no ocurrirían si las concentraciones de  $\text{Al}^{3+}$  fueran menores.  $\text{Al}^{3+}$  también puede causar deficiencias de Ca y/o Mg al aumentar la cantidad de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  lixiviados de los suelos. Normalmente una proporción del  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  presentes en el suelo se encuentra débilmente unida a partículas de suelo, lo que ayuda a evitar que estos iones se lixivien cuando llueve. Algunas de las partículas a las cuales están unidas el  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  están hechas de Al. Cuando el Al se disuelve en un pH bajo, el suelo tiene una capacidad menor de retener  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  (p. ej. el

suelo tiene una capacidad menor de intercambio catiónico o CIC), de manera que los iones de estos nutrientes tienen una mayor tendencia a lixiviarse del suelo. Cuando las concentraciones de  $\text{Al}^{3+}$  en el agua del suelo aumentan como resultado de condiciones de pH bajo, el  $\text{Al}^{3+}$  competirá con el  $\text{Ca}^{2+}$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  por sitios de unión, resultando en una mayor lixiviación de estos iones del suelo.

La magnitud del problema del Al en los suelos a menudo se expresa como la proporción de  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Al}^{3+}$  en la solución del suelo, debido a que estas proporciones parecen predecir mejor el riesgo de deficiencia de Ca o Mg inducida por Al que sólo la concentración de  $\text{Al}^{3+}$ . Independientemente de la concentración de  $\text{Al}^{3+}$ , la capacidad de una planta para acumular iones esenciales tales como  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  es menor cuando el pH del suelo es menor de 5, que cuando existe un pH más neutral (6-7).

La forma biodisponible de Al también puede ser tóxica para las raíces de las plantas. El mecanismo a través del cual esto ocurre todavía no se comprende bien, pero parece que el mayor daño ocurre en las puntas de las raíces. El  $\text{Al}^{3+}$  reduce tanto la división celular de la raíz como su crecimiento, lo que resulta en raíces cortas y gruesas. Esto a su vez reduce la capacidad de las raíces para suministrar agua y los nutrientes necesarios a la planta. Las deficiencias de fósforo pueden ser más pronunciadas cuando el sistema radicular de la planta es inhibido. Esto es debido a que el fósforo no es muy móvil en el suelo y así las plantas se benefician de un sistema radicular en expansión que puede "minar" fósforo de un gran volumen de suelo. El  $\text{Al}^{3+}$  también reaccionaría con el fósforo en la solución de suelo, haciéndolo menos disponible para las raíces de la planta.

El efecto de la toxicidad del aluminio es causado principalmente por deficiencias de nutrientes (tal como falta de Ca y Mg) o una inhibición del alargamiento de la raíz. Tanto Ca como Mg son macronutrientes

esenciales para todas las plantas. El contenido de Ca de las plantas por lo general varía desde 0.1% hasta >5.0% de peso seco. Las necesidades de Ca tienden a ser menores en monocotiledóneas (pastos) que en dicotiledóneas (especies de hoja ancha). Los síntomas de deficiencia de Ca incluyen la muerte de hojas jóvenes y de los ápices de crecimiento de las hojas. El contenido de Mg varía de 0.15% a 0.35% del peso seco del tejido de la planta. Los síntomas de deficiencia incluyen clorosis (amarillamiento) de hojas más viejas entre las venas o clorosis que aparece en forma de manchas. Si la deficiencia continúa, estas áreas de tejido a la larga morirán. Tal como se mencionara, el  $Al^{3+}$  inhibe el alargamiento de la raíz, lo que resulta en sistemas radiculares cortos y gruesos. Con el tiempo los ápices de la raíz pueden volverse de color café.

## **2.5. Acidificación**

La pérdida de bases por la lixiviación y la extracción de los cultivos producen un aumento de la acidez. Bertch (1987) indica que si el pH desciende a valores menores que 5,5 ocurre una alta probabilidad de que aparezcan problemas de toxicidad de aluminio que pueden dañar las raíces. Aunque Sánchez (1976) señala, que el café es uno de los cultivos tropicales que más tolera altas concentraciones de aluminio en la solución del suelo advierte que el aluminio en solución disocia y aumenta aún más su solubilización y la de hierro y manganeso. Además una alta concentración de aluminio desplaza los cationes de Ca, K, Mg del complejo de cambio, reduciendo su disponibilidad y promoviendo su lavado.

Comerma (1970) define el nivel de pH 5,5 como límite general por debajo del cual se presentan contenidos de aluminio intercambiable y saturación del complejo de intercambio con este elemento, los cuales

serian tóxicos para cultivos sensibles, asociado esto a bajos contenidos de calcio y saturación con bases.

De acuerdo con Russell (1973) en Alan (1992) el encalado de un suelo ácido puede tener varias consecuencias inmediatas. Eleva automáticamente el pH y el potencial de cal y la concentración del ión calcio en la solución edáfica. Esto dará como resultado que los iones calcio desplacen los iones aluminio de la arcilla, y que aumente el pH de la solución del suelo ocasionando así la precipitación como hidróxido aluminio de parte de los iones de aluminio que contienen.

Arnon *et al* (s/f.) en Ruseell (1973) demostraron que muchas especies cultivadas crecían satisfactoriamente en una solución cuyo pH oscilase entre 4 y 8, supuesto que se tomasen las necesarias precauciones para eliminar los efectos perjudiciales secundarios, pero que las raíces eran dañadas de manera definitiva en soluciones con un pH 3, y que eran incapaces de absorber fosfato a pH 9. Los efectos secundarios de la acidez elevada o bajo pH en un suelo son: escasez de calcio y algunas veces de fosfato y molibdeno asimilable por un lado, y exceso de aluminio y manganeso solubles y quizás de otros iones metálicos, por otra. La importancia relativa de los factores depende de la composición del suelo, en el grado que ella afecta a la proporción de calcio, fosfato, aluminio y manganeso asimilables que aquel contiene, y de la susceptibilidad del cultivo a una deficiencia de calcio o a un exceso de aluminio o manganeso. El manganeso en exceso se acumula en todos los tejidos e interfiere con su metabolismo propio. El aluminio en exceso se acumula en las raíces y puede reducir de modo muy considerable su poder para transportar fosfatos desde el suelo al sistema vascular, siendo responsable, por consiguiente, de que la planta sufra deficiencia de fosfato; deficiencia que no puede corregirse añadiéndolo al suelo. Las especies cultivadas difieren en su susceptibilidad a estas consecuencias de la acidez, y por ello es imposible elaborar una tabla mostrando el pH

crítico al cual una determinada especie o variedad cultivada empieza a sufrir gravemente sus consecuencias; esto aún cuando pueda darse algún significado definitivo a la cifra de pH. No existe necesariamente una estrecha conexión entre el pH de un suelo y su adecuación para una determinada cosecha dentro del rango de una acidez moderada. La importancia relativa de las tres consecuencias principales de la acidez del suelo escasez de calcio y abundancia de aluminio y manganeso, varía para las diferentes plantas cultivadas.

## **2.6. Efecto de los suelos ácidos sobre la disponibilidad de nutrientes**

Berkelaar, (2001) también expresó que las plantas que crecen en suelo ácidos altos en Al también podrían sufrir de una deficiencia en fósforo (P), porque P no es muy móvil en el suelo, y porque  $Al^{3+}$  reacciona con P, reduciendo su biodisponibilidad. El  $Al^{3+}$  también inhibe el alargamiento de la raíz y la capacidad de los sistemas radiculares de “minar” grandes volúmenes del suelo por P. Cuando las plantas tienen una relación saludable con micorrizas, la acumulación de P puede mejorarse. Las micorrizas son hongos que se asocian con las raíces de las plantas posibilitando una mayor acumulación de nutrientes para la planta, especialmente P. Se ha mostrado que hasta un 80% del P encontrado en brotes de plantas ha sido eliminado del suelo por micorrizas asociadas con raíces de plantas. Las asociaciones planta-micorriza son menores cuando los suelos son particularmente salinos, están anegados, o afectados (por el cultivo), o cuando el suelo tiene una fertilidad extremadamente alta o baja. Las asociaciones surgen de una red pre-existente de hongos en el suelo.

Mehlich (1976) ha demostrado no obstante, que en algunos suelos que tienen gran concentración de iones aluminio en solución, suele precipitar también el manganeso a un pH inferior que cuando existe

solamente un poco de aluminio, presumiblemente porque este precipita sobre el hidróxido de aluminio recientemente formado. Esta pudiera ser la explicación del hecho observado de que el encalado de algunos suelos muy ácidos hasta pH 6,5 puede inducir una deficiencia grave de manganeso.

En correspondencia con lo anterior, Valencia (2009) afirmó que el aluminio intercambiable e hidróxidos de hierro influyen negativamente en la disponibilidad de nutrientes para el cafeto, lo cual fue demostrado por Mora (2001) quien afirmó que el aluminio intercambiable a pH menores de 6 aumenta su concentración a nivel del área de raíces (se hace más soluble) y causa daños a nivel de las raíces del café, que en algunos casos permiten la entrada de hongos o bacterias que destruyen las raíces absorbentes. En el mismo orden de ideas, Murillo (2004) expresa que el aluminio intercambiable reduce la disponibilidad y absorción de algunos nutrientes, lo cual está asociado al aumento en el porcentaje de saturación de acidez, igualmente, afecta el funcionamiento normal de algunos microorganismos en el suelo, inhibe la actividad de las lombrices lo que reduce su actividad. Las propiedades físicas se ven afectadas ya que se produce compactación, se reduce la aireación y se limita el movimiento del agua dentro del suelo

Mata y Ramírez (2002), estudiaron los suelos más representativos del cantón de san José de Costa Rica. Los autores encontraron problemas generalizados de baja fertilidad y alta acidez. Lo común en estos suelos es bajo nivel de calcio, magnesio y potasio, mientras el contenido de materia orgánica es medio, lo cual es favorable para el cultivo de café. Si el porcentaje de saturación de acidez es mayor que 60%, el aluminio constituye problemas de toxicidad para el cultivo de café, lo que obliga a disminuir el % de saturación hasta el nivel tolerable por el cultivo (Bertsch, 1987).

## **2.7. BASES TEÓRICA**

### **Requisitos del suelo para la producción de café**

De acuerdo a Monge (1999), los suelos para el cultivo de café deben ser de fertilidad media a alta, dicha fertilidad esta definida por los niveles críticos de los elementos que se encuentren en el, pero fundamentalmente de los equilibrios  $(Ca + Mg)/K$ ;  $Mg/K$ ;  $Ca/Mg$  y  $Ca/K$ . También es importante el porcentaje de arcilla y los tipos de minerales que constituyen esa arcilla, debido a que en los suelos donde predominan caolinita/haloysita se muestra mayor capacidad de fijación de fósforo. La clase de mineral de la arcilla tiene que ver también con la fijación y aprovechamiento del potasio.

#### **pH**

El cultivo de café se desarrolla mejor en los suelos ligeramente ácidos, es decir un pH 5.0 - 6.0. Aún así se pueden obtener buenos rendimientos en suelos más ácidos, siempre que las propiedades físicas del suelo sean buenas.

En los suelos cafetaleros es común encontrar pH inferiores a 5.0, por lo que la adición de calcio como corrector de acidez es una práctica común en el manejo de una plantación de café.

#### **Contenido de materia orgánica**

El contenido de materia orgánica en los suelos disminuye a medida que aumenta la temperatura media anual y disminuye la precipitación media anual.

La productividad primaria neta de un ecosistema es el producto de la estabilidad dinámica y se fundamenta en el suministro continuo de hojarasca. Los cafetales cultivados bajo sombra no presentan mucha diferencia respecto al bosque caducifolio.

El contenido de materia orgánica en el suelo favorece el reciclaje de nutrientes, favorece el crecimiento desarrollo de raíces adventicias área de absorción radicular y disminuye la incidencia de problemas con nemátodos.

Es una práctica común en el manejo agroecológico de café la adición de materia orgánica como broza de café, gallinaza, compost, abono bocashi y otros, con el fin de elevar el contenido de materia orgánica del suelo.

### **Requisitos Nutricionales del cultivo de café.**

Según Monge (1999), el cafeto requiere los siguientes elementos y micro elementos:

#### **Concentración de elementos**

P: 10-30ppm

K: 0.2 (cmol<sub>+</sub>/kg)

Ca: 4-20 (cmol<sub>+</sub>/kg)

Mg: 1-10 (cmol<sub>+</sub>/kg)

Fe: 10-50 ppm

Cu: 1-20 ppm

Zn: 3-15 ppm

Mn: 5-50 ppm

#### **Relación de cationes intercambiables**

Ca+Mg+K = 5.0 - 10.0 (cmol<sub>+</sub>/kg)

Mg/K = 2.5 - 15.0

Ca/Mg = 2.0 - 5.0

Ca+ Mg/K = 10.0-40.0

Ca/K = 5.0 - 25.0

Reacción del suelo: pH=5.5-6.5

### 2.8.1. Abonos orgánicos

#### Compost

De acuerdo con la definición de la Red de Acción de Alternativas al Uso de Agroquímicos (1999), el compost es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que han sido descompuestos bajo condiciones controladas. Este abono también se le conoce como "tierra vegetal" o "mantillo". Su calidad depende de los insumos que se han utilizado (tipo de estiércol y residuos vegetales), pero en promedio tiene 1,04% de N, 0,8% P y 1,5% K.

#### El proceso de compostaje

Los materiales que podemos usar para la preparación del compost son:

- Restos de cosecha
- Desperdicios de cocina
- Estiércol de todos los animales
- Ceniza o cal

Estos materiales se acumulan en capas en forma intercalada; la primera capa estará constituida por restos de cosecha más los desperdicios de cocina, la siguiente capa será de estiércol, luego otra capa de restos de cosecha y otra capa de estiércol y así sucesivamente formando una ruma o pila de 1,5 metros de alto. Sobre cada capa de estiércol se puede colocar un puñado de ceniza o cal.

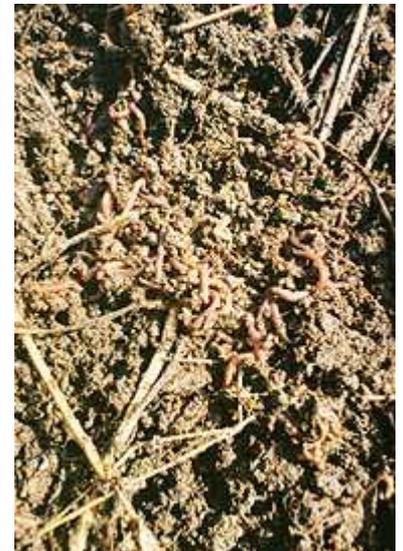


Figura 1 Lombrices Rojas Californianas

Fuente: Red de Acción de Alternativas al Uso de Agroquímicos (1999)

Para lograr que los microorganismos trabajen eficientemente en el proceso de descomposición se requiere suministrar aire para lo cual se debe hacer lo siguiente:

- Remover la pila del compost semanalmente.
- Evitar que la pila o ruma sea demasiado grande, lo recomendable es 2m de ancho y 1,5m de alto.
- Regar para mantener una humedad óptima (60-70% de humedad).
- Ubicar las pilas de preferencia en la sombra.

### **2.8.2. Humus de lombriz**

Rodríguez (2006) define al lombricompost como un fertilizante orgánico biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a la fermentación o putrefacción, su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana que proporciona una rápida asimilación por las raíces de la planta. Otras acepciones mas simples, como los de la Red de Acción de Alternativas al uso de Agroquímicos(1999) denominan al humus de lombriz como los excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión.

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se ha adaptado muy bien a nuestras condiciones y está muy difundida en las diferentes regiones del país.

### **2.8.3. Estiércol**

Material orgánico de composición y calidad nutritiva variable. Se origina de la materia orgánica en descomposición, principalmente excrementos animales, que se destina al abono de las tierras.

### **2.8.4. Bocashi**

Es una palabra japonesa que significa abono orgánico fermentado, cuya elaboración se basa en procesos de descomposición aeróbico de los residuos y temperaturas controladas, a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición.

### **2.8.5. Pulpa de café descompuesta**

De acuerdo con el Fundación para el Desarrollo Tecnológico agropecuario y Forestal de Nicaragua (2009), el uso de la pulpa de café como abono orgánico se realiza con la finalidad de acondicionar el suelo para mejorar su contenido de humus y estructura, estimulando la vida micro y meso biológica del suelo. El procesamiento del café deriva en una gran cantidad de desechos orgánicos, es así como del café uva solo el 18.5% es café oro, el resto del fruto es agua (20%), pulpa (41%), cascarilla (4.5%), mucílago (16%). El desperdicio de la pulpa de café genera 60% de la contaminación del agua en las zonas cafetaleras. La pulpa contiene materias orgánicas y nutrientes. Las concentraciones de P, Ca y K están en mayor cantidad en la pulpa que en el propio grano de café, además de contener Mg, S, Fe y B. Procesado como abono orgánico, estos nutrientes se liberan paulatinamente. En laderas es esencial combinar la aplicación del abono para mejorar la fertilidad del suelo con otras prácticas de control de erosión. El abono de pulpa de café, en la actualidad, se utiliza preferiblemente para establecer nuevas plantaciones de café y para

viveros. Sin embargo se puede utilizar en plantaciones de producción. En las Tablas 1 y 2 se indica la composición de los abonos orgánicos más comunes.

Tabla 1.

Composición química de diferentes enmiendas orgánicas

Enm.Org	N- total %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	%K <sub>2</sub> O %	% m.o %	CE ds/m	pH 1:1
<b>Estiércol</b>	1,64	0,96	4,92	49,09	19,65	7,60
<b>Compost</b>	1,39	0,67	0,69	45,10	8,60	6,40
<b>Humus de Lombriz</b>	1,54	0,21	0,46	49,44	3,80	4,60

Fuente: Coronado M. 1997

Tabla 2.

Composición Química de Humus de Lombriz

	Concent.	Rango
PH	%	6.8-7.2
CaCO <sub>3</sub>	%	8-14
Cenizas	%	27.9-67.7
Carbono orgánico	%	18.7-38.8
Nitrógeno Total	%	1.5-3.3
NH <sub>4</sub> /N total	%	20.4-6.1
NH <sub>3</sub> /N total	ppm	79.6-97
N-NH <sub>4</sub>	ppm	52-70

N-NH <sub>3</sub>	ppm	210-1698
CIC	meq/100 gr	75-81
Acid H/acid F	ppm	1.4-2
P-total	ppm	700-2500
K-total	ppm	4400-7700
Ca-total	%	2.8-8.7
Mg-total	%	0.2-0.5
Mn-total	ppm	260-576
Cu-total	ppm	85-490
Zn-total	Ppm	87-404
Capacidad de retención de humedad		1300 cc/Kg. seco
Actividad fitohormonal		1 mg/L de C.H.S= 0.01 mg/l de A.1
Superficie específica		700-800 m <sup>2</sup> /g

Fuente: Asociación Nacional de Lombricultura Lima Peru, 1999.

## 2.8.6. ABONOS NATURALES

### 2.8.6.1. Roca Fosfática

De acuerdo con Salazar (2008), los fosfatos son minerales con alto contenido de fósforo, un elemento fundamental para los organismos vivientes. Los fosfatos se encuentran en la naturaleza concentrados en las "rocas fosfáticas", de las cuales pueden extraerse para su utilización industrial. Rocas fosfáticas es el nombre comercial para rocas que contienen uno o más minerales fosfáticos, generalmente del grupo del apatito, cuya base es el fosfato de calcio.

Estas rocas pueden utilizarse en forma directa como fertilizantes, o como fuente de fosfatos y de fósforo, para lo cual son sometidas a tratamientos de concentración y depuración, expendiéndose finalmente como productos comerciales.



Figura 2. Roca Fosfórica

Fuente Salazar 2008

Conglomerado fosfático con presencia de restos fósiles fosfatizados y trazas fósiles en concreciones fosfáticas de 0,5 a 1 cm. de diámetro y de 3 a 8 cm. de largo, donde la mayor concentración de fosfato se localiza alrededor de la traza. El trabajo mecánico de las partículas permitió la concentración de los elementos fosfáticos.

#### **2.8.6.1.2. Uso e importancia en la actividad agrícola**

El fósforo, el potasio y el nitrógeno son los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. De ellos el fósforo es el más crítico en términos de su disponibilidad en la naturaleza. El nitrógeno está presente en la atmósfera como  $N_2$ , de la cual es extraído naturalmente por algunas plantas. El potasio es obtenido en gran escala de las evaporitas (rocas formadas por el residuo sólido de la evaporación de grandes cuerpos de agua), y también, si es necesario, puede recuperarse del agua de mar. El fósforo solamente se obtiene vía la explotación de depósitos de rocas fosfáticas.

### 2.8.61.3. Mineralogía

El fósforo está presente en la mayoría de las rocas en cantidades minoritarias, pero en un tipo especial de rocas fosfáticas, denominadas fosforitas (fosfatos sedimentarios marinos) el contenido de  $P_2O_5$  generalmente excede el 18% y puede, en ocasiones, llegar al 40%. Esto último ocurre cuando la composición química se aproxima a la del Carbonato-fluorapatita  $[Ca_5((PO_4,CO_3))_3F]$ .

Esta variedad permitió dar cabida a la asociación íntima de *carbonato* con *apatita* en materiales micro o criptocristalinos, de aspecto macizo, terrosos pulverulentos u opalinos, que se presentan en costras, esferulitas y nódulos en horizontes sedimentarios, constituyendo masas de rocas fosfáticas.

Los minerales del grupo de la apatita de origen sedimentario son microcristalinos y difieren considerablemente de las especies minerales "puras" que componen al grupo. Esto obedece a las elevadas sustituciones de  $CO_3^{2-}$  por  $PO_4^{3-}$  y de otros metales por el  $Ca^{2+}$ . Los minerales en los cuales han tenido lugar estas sustituciones, poseen contenidos de F > 1% y apreciables cantidades de  $CO_2$  y son designados como *francolitas*. Los diagramas de rayos X son típicamente apatíticos con ligeros desplazamientos posicionales de los picos que indican cambios en los parámetros de la celda unidad. Éste es el grupo de minerales que esencialmente aparece en fosforitas no alteradas por metamorfismo o meteorización. La francolita es estructural y químicamente compleja.

## CAPITULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Localización y características del área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el caserío Santa Rosa de La Fila en la parcela del productor cafetalero Cosme Pérez, localizada a 30 kilometro al noreste de Chabasquén, municipio José Vicente de Unda, estado Portuguesa, Venezuela; entre las coordenadas UTM uso 19 Norte 1.050.787 y Este 405.737 a una altura de 1018 msnm. En esta parcela se tiene un lote de café de 0,5 hectáreas de la variedad catauí de 10 años de edad, con una distancia de siembra de 2 m entre hileras y 1 m entre plantas, con sombras permanentes de plantas de bucare y musáceas.

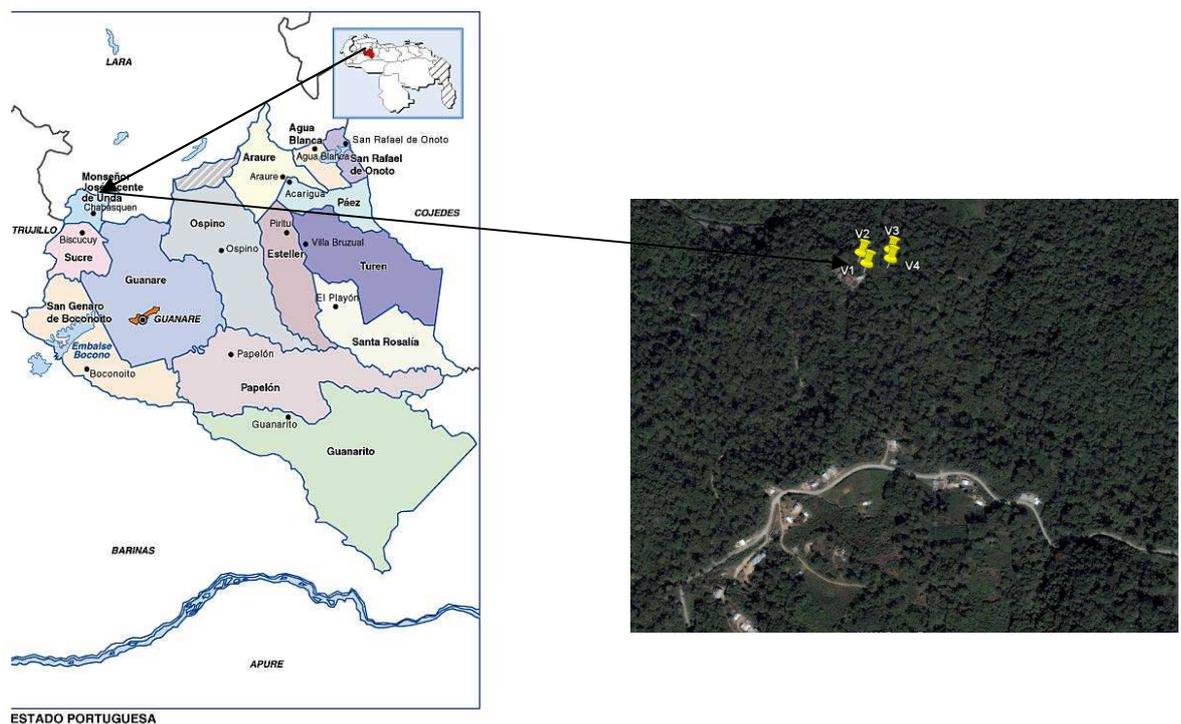


Figura 3. Ubicación Geográfica, Nacional y Estatal del área de estudio

Fuente elaboración propia

### **3.1.2 Descripción del área**

#### **Geología**

Según Larreal *et al* (2003) el área esta dentro de la formación volcancito, la cual pertenece al cretáceo inferior y esta conformada básicamente por calizas, areniscas y lutitas pizarrosas.

#### **Estratigrafía.**

Predomina una litología del Paleozoico y Cretáceo inferior, representada por la formación Volcancito.

#### **Formación Volcancito.**

Designa una secuencia de rocas ligeramente metamorfizadas que afloran en la serranía de Portuguesa, al sur de la falla del Boconó, en la cual pueden distinguirse claramente dos franjas litológicas: La que esta directamente al sur de la falla de Boconó, fundamentalmente compuesta de rocas calcáreas, de media a baja resistencia a la compresión y la que forma las partes mas elevadas de la serranía inmediata al sur de la falla, la que se caracteriza por el predominio de cuarcita.

#### **Geomorfología y Fisiografía**

El área se encuentra en la Serranía de Portuguesa, la cual corresponde a las últimas estribaciones montañosas de la cordillera de los Andes, se caracteriza por un relieve irregular con moderadas densidad de crestas y vertientes cóncavas y abruptas, las pendientes superan 25%, con desniveles entre 700 y 1000 msnm. La fisiografía es de montaña de relieve inclinado con pendientes que oscilan entre 15 y 35%.

## **Hidrografía**

El área de estudio se ubica 1km de la sub cuenca río Chabasquencito cuenca del río Guanare.

## **Suelo**

De acuerdo a Larreal *et al* (2003) los suelos de la cuenca río Chabasquencito, (anexo A) la cual esta aproximadamente a 500 m. del área de estudio presenta las siguientes características:

Suelo: Hapludults

Profundidad y fragmentos gruesos: La profundidad de los suelos oscila entre 90 y 160 cm; con 5% de fragmentos gruesos en el horizonte superficial y 40% en los subsiguientes.

Textura: Las texturas dominantes son franco arenoso, franco arcilloso arenoso y franco arcilloso.

Color (húmedo): Marrón oscuro en el horizonte A y marron amarillento en el B.

Estructura: Blocosa subángular moderada y media.

Consistencia: Friable, adhesiva y plástica.

Permeabilidad: Moderada.

Contenido de materia orgánica: Baja

pH: De fuertemente ácido a excesivamente ácido.

Capacidad de intercambio catiónico: Baja a media

Porcentaje de saturación de bases Muy bajo.

Contenido de aluminio intercambiable: varia entre 2,0 y 4,0 me/100 g de suelo

## **Vegetación y Uso actual**

Bosques primarios y secundarios intervenidos, cafetales asociados con plantaciones permanentes de musáceas cítricos, bucare y guamo y cultivos migratorios (maíz y caraota).

## Clima

La temperatura presenta un régimen isotérmico durante todo el año. El régimen pluviométrico a una escala macro, depende de los efectos del cinturón intertropical (CIT) vientos alisios y los nuevos fenómenos atmosféricos del niño y la niña que alteran el clima en todo el mundo. De acuerdo con estas características, el área de estudio se corresponde con el piso climático tropical de tipo húmedo el cual se define como Bosque Húmedo premontano (Bh-P), según la clasificación propuesta por Holdridge. De acuerdo con Kaopen se clasifica climáticamente la zona como clima tropical húmedo (Af),

Tabla 3

Ubicación de la Estación Pluviográfica Chabasquen

Chabasquén	2261	9° 25' 20''	69° 57' 07''	644
------------	------	-------------	--------------	-----

Fuente: MPPPA. 2006

Tabla 4

Promedios mensuales y anuales de precipitación (mm) Chabasquen (1981-2003).

Estación	Precipitación mensual en (mm)											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Chabasquen	43.2	47	71.1	176.4	245.8	282	247.1	194.8	188.3	172.8	143.8	84.1

Fuente: MPPPA. 2006

De acuerdo con la Tabla 4 y Figura 4 en Chabasquén el periodo de lluvia se inicia en abril y se extiende hasta noviembre, siendo junio el mes con mayor precipitación. El periodo seco se inicia en enero y se extiende hasta abril, lo que indica que la fertilización puede aplicarse en los meses de inicio de lluvia abril o a salida de lluvia en diciembre después de la cosecha.

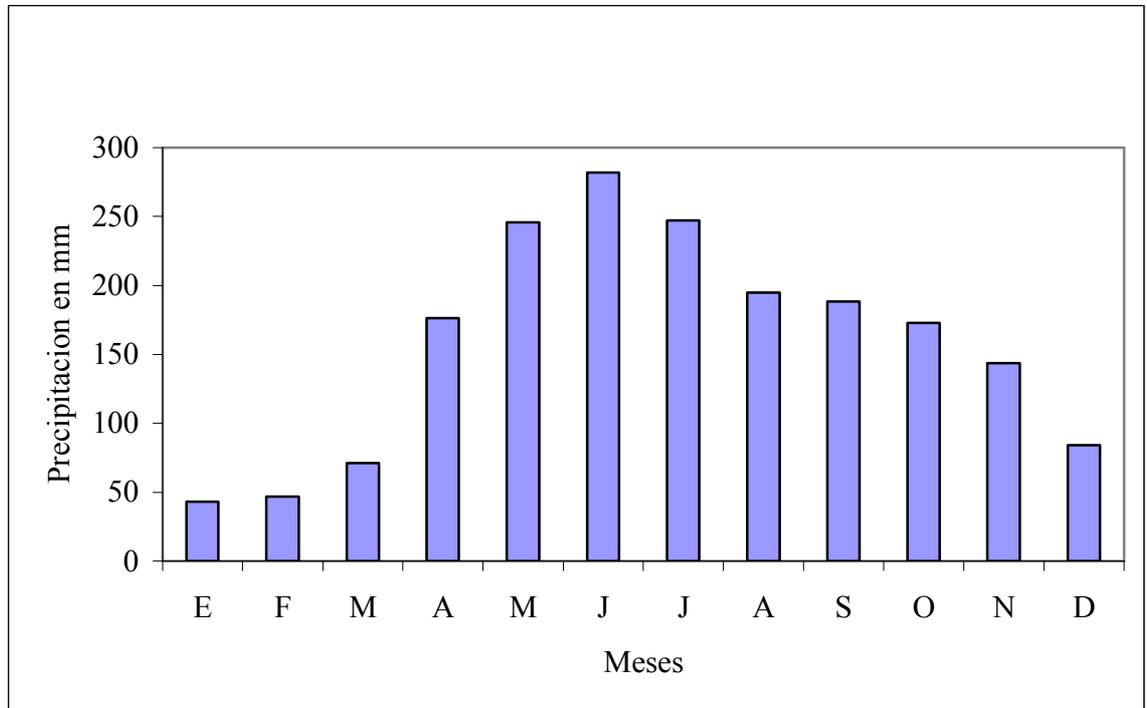


Figura 4. Precipitación mensual estación pluviométrica Chabasquén (1981-2003).

Fuente MPPPA

## **3.2. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. Diseño Experimental:**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y tres repeticiones, para un total de 18 parcelas, conformadas por 16 plantas en un arreglo de cuatro hileras en una superficie de 32 m<sup>2</sup>/parcela, de las cuales se evaluaron las cuatro plantas centrales para reducir el efecto de bordura. El ensayo contó con un total de 288 plantas y una superficie de 576 m<sup>2</sup>. La variedad del cultivo a utilizar es Catuai amarillo el cual fue establecido en el año 1997.

Antes de la aplicación de los tratamientos en el área de estudio se tomó una muestra de suelo compuesta para análisis físico químico de rutina (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio, aluminio intercambiable, textura, micro elementos como hierro, manganeso, cobre y zinc) en el laboratorio de suelo de la UNELLEZ Guanare, que evidenció problemas de acidez en el suelo por el pH bajo, alto contenido de aluminio, así como concentraciones de fósforo, calcio y potasio, magnesio y micro elementos bajas.

Posterior a la aplicación de los tratamientos se efectuaron dos análisis de rutina, microelementos y aluminio intercambiable, uno a los seis meses y el otro a los doce meses (fin del ensayo), para ello se tomaron muestras compuestas de suelo en cada tratamiento para un subtotal de 18, y un total de 36 muestras, a las cuales se les determinó: pH, MO, P, K, textura, CE, aluminio intercambiable, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu

En el área seleccionada se evidenciaron lotes de suelos homogéneos en cuanto al sentido de la pendiente, sombra, manejo agronómico, edad de la planta y sin fertilización química en cinco años.

Los productos evaluados fueron orgánicos: lombricompost, bocaschi y pulpa de café descompuesta y los minerales naturales roca fosfórica y cal agrícola y testigo.

### DISEÑO EXPERIMENTAL.

T1 = Testigo (manejo tradicional del productor)

T2= Pulpa de Café descompuesta

T3= Lombricompost

T4= Boscahi

T5 Fosforita

T6 = Cal Agricola

#### R1

***** ***** ***** ***** T5	***** ***** ***** ***** T2	***** ***** ***** ***** T1	***** ***** ***** ***** T3	***** ***** ***** ***** T6	***** ***** ***** ***** T4
--	--	--	--	--	--

#### R2

***** ***** ***** ***** T3	***** ***** ***** ***** T1	***** ***** ***** ***** T2	***** ***** ***** ***** T5	***** ***** ***** ***** T6	***** ***** ***** ***** T4
--	--	--	--	--	--

#### R3

***** ***** ***** ***** T1	***** ***** ***** ***** T5	***** ***** ***** ***** T2	***** ***** ***** ***** T3	***** ***** ***** ***** T4	***** ***** ***** ***** T6
--	--	--	--	--	--

Figura 5. Diseño Experimental Bloques Completo al azar.

### **Mantenimiento de la unidad experimental.**

Se realizaron tres mantenimientos durante el periodo de estudio que consistió en limpiezas manuales alrededor de la planta en las calles y bordes de la parcela.

## **3.3. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.3.1. Caracterización de los compuestos orgánicos y minerales utilizados.**

A los compuestos orgánicos (Lombricompost, Boscachi y pulpa de café descompuesta) se les realizó una caracterización físico química y biológica. Para lo cual se tomaron muestras compuestas homogéneas de 1 kg de los abonos orgánicos utilizados.

Para el análisis físico químico, las muestras se colocaron en bolsas de polietileno de 2 kg identificadas con una etiqueta, luego se llevaron al Laboratorio de suelo de la UNELLEZ.

Para el análisis microbiológico se colocaron en recipientes refrigerados totalmente asépticos a 4° C.

### **3.3.2. Descripción de los materiales orgánicos y minerales utilizados Pulpa de Café.**

La broza del café es el principal residuo del beneficiado (40% del peso fresco de los frutos). Sin un adecuado manejo esta broza es una de las principales fuentes de contaminación de las zonas cafetaleras ICAFE (2001). Pero esta alta carga de materia orgánica también ofrece un gran potencial para recuperar o mantener la fertilidad de los suelos que debe ser aprovechado. Este abono orgánico se obtuvo de una finca ubicada en la localidad de Vega de Palmarito Chabasquén del municipio José Vicente de Unda que beneficia café con un año de descomposición.

**Lombricompost.**

El lombricultivo es la siembra de lombriz californiana, especie adaptada a vivir en altas densidades y a consumir todo tipo de desechos orgánicos (estiércoles, desechos de cosecha, desechos de cocina, etc.), los cuales transforma en un abono orgánico de alta calidad y a un bajo costo. El abono producido por la lombriz es llamado lombricompost, la especie mas utilizada en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), ya que está adaptada a nuestras condiciones y a vivir en cautiverio. La lombriz consume diariamente el equivalente a su peso (1 g aprox.), coloca un huevo cada 27 días, de los que salen de 2 a 15 larvas, las cuales en 90 días aproximadamente están maduras sexualmente. El lombricompost utilizado proviene de estiércol de bovino.

**Bocaschi.**

Significa abono fermentado. Da una idea de la importancia de los microorganismos nativos del suelo, en la transformación de las materias primas para producir abonos orgánicos. Su importancia radica en que reproduce gran cantidad de microorganismos benéficos, estimula el crecimiento de la planta. El proceso de obtención del bioabono es rápido, entre 6 a 7 días. En su preparación se utilizaron los siguientes productos para obtener 250 kg. de abono.

Dos sacos de tierra.

Un saco de carbón molido.

Un saco de estiércol seco.

Un saco de pulpa de café.

Dos litros de melaza.

Un plástico negro.

**Preparación**

Se colocó una tercera parte de los materiales en capas uno sobre otro formando montículo.

Se agregó agua para obtener 50% de humedad en los materiales en la medida en la medida en que las capas de los materiales fueron colocadas. Se mezcló dos veces.

Se midió la humedad en la segunda mezcla para verificar que el contenido de agua fuera suficiente, se formó un montículo y se cubrió con un plástico. A los siete días el material estuvo listo para usarse como bioabono.

### **Fosforita**

La fosforita proviene de la empresa CARBOSUROESTE ubicada en el estado Táchira donde es producida y comercializada en sacos de presentación de 45 kg. Este mineral se aplicó en una sola dosis de 120 g alrededor de la plantas.

### **Cal Agrícola**

Se aplicó cal agrícola dolomita en proporción de 120 g/planta en una sola dosis.

### **3.3.3. Aplicación de los Tratamientos**

#### **Compuestos orgánicos:**

A cada planta por tratamiento se le aplicó 3 kg de compuestos orgánicos (lombricompost, bocaschi, y pulpa de café descompuesta) alrededor de la planta en forma fraccionada para dos aplicaciones de 1.5kg, una al inicio del ensayo en mayo de 2008 y la otra en agosto del mismo año. Para la aplicación de los tratamientos se trasladaron los abonos en sacos de 50 kg, ubicándolos en la unidad experimental por tratamiento, se pesaron manualmente los biofertilizantes en dosis de 1,5 kg y luego se colocaron en un envase de 1.5 kg para facilitar su incorporación a la plantas.

## **Compuestos Minerales**

La cal agrícola y fosforita se utilizaron en dosis de 120 g/ planta y por tratamiento en una sola aplicación, y fueron esparcidas alrededor de la planta en el mes de mayo 2008.

### **3.3.4. Recolección de la muestras para la caracterización físico química y biológica de los compuestos orgánicos.**

#### **Análisis de laboratorio**

El análisis físico químico se realizó según la metodología utilizada por el laboratorio de suelo de la UNELLEZ Guanare. pH en agua en una relación 1:2 por potenciometría; conductividad eléctrica (CE) en una relación 1:2 por conductimetría. La materia orgánica se determinó por el método de Walkey y Black por oxidación con dicromato de potasio; el nitrógeno total (NT) por destilación por el método Kjeldahl; y el fósforo por extracción por el método de Bray; potasio por Acetato de Amonio-fotometría de llama; Calcio y Magnesio Acetato de amonio pH7-Absorción Atómica; Aluminio intercambiable por cloruro de potasio 1 N; textura mediante Bouyoucos. Además se determinó la humedad de los biofertilizantes. Para ello, las muestras fueron secadas en hornos de aire forzado a 105 °C por 24 horas. Se determinaron también los contenidos de los micronutrientes (hierro, cobre, manganeso y zinc) por extracción con DTA-CaC12-TEA, lectura absorción atómica.

Los análisis microbiológicos se realizaron de acuerdo a la metodología de dilución en cápsula petri por recuento directo (American Society of Agronomy 1982). Se determinó la presencia de hongos y levaduras usando como medio de cultivo papa, dextrosa, agar estándar (PDA) más ácido tartárico ajustado a pH = 5.6

**3.3.5. Determinación del efecto de los abonos orgánicos y minerales naturales sobre algunas variables indicadoras de fertilidad de suelo:** Las variables a considerar una vez aplicados los tratamientos fueron: pH, Conductividad eléctrica (dS/m), Materia Orgánica (%), Fósforo (ppm), potasio (ppm), Calcio (ppm), Magnesio (ppm), Aluminio intercambiable (cmol<sub>+</sub>/kg), Hierro (ppm), Manganeso (ppm), y Cobre (ppm).

### **TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS DE SUELO**

Antes de iniciar la aplicación de los tratamientos se realizó un muestreo de suelo representativo de la unidad experimental con la finalidad de evaluar sus características físicas y químicas de acuerdo a la metodología propuesta por Osorio (2008) para plantaciones agrícolas, que consiste en tomar 10 a 20 submuestras. Una vez recorrido el terreno en forma de zig zag previa limpieza del suelo de plantas y hojarasca frescas en un área de 40 cm x 40 cm, se introdujo el barreno a una profundidad de 20 cm en proyección de la sombra de la planta, se extrajo el suelo removiendo piedras, lombrices, insectos y raíces. Las submuestras se mezclaron en un recipiente hasta completar el número total de submuestras deseadas. Posteriormente, se transfirió 1 kg de suelo a una bolsa plástica limpia y se llevaron al laboratorio de suelo de la UNELLEZ. Este procedimiento se repitió a los seis y a los doce meses. La interpretación de resultados se realizó con base a los niveles de referencia señalados por González (2001) en la Tabla 5.

### **3.3.6. Diferenciación del efecto del tratamiento sobre la disponibilidad del aluminio intercambiable en suelos ácidos cafetaleros.**

El aluminio intercambiable, se determinó mediante extracción con KCL (1N) y titulación con NaOH (0,1N).

### **3.3.7. Evaluación del efecto de la aplicación de los tratamientos en la producción de café.**

En cada unidad experimental se marcaron cuatro plantas homogéneas en tamaño y número de ramas con una etiqueta y un código que indicaba número de tratamiento, planta y repetición (TPR). A los dieciocho meses de aplicado los tratamientos (octubre de 2009) se realizó la cosecha en las cuatro plantas que fueron seleccionadas por tratamiento y bloques, recolectando los frutos de café en un recipiente plástico y pesado en una balanza de capacidad de 25 kg.

### **3.3.8. ANALISIS ESTADISTICOS**

Los resultados de laboratorio de suelo fueron analizados con el Software Statistix versión 8 mediante el análisis de la varianza para una distribución completamente al azar.

Modelo lineal aditivo

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + e_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

$\mu$  media general

$\tau_i$  efecto del i-ésimo tratamiento

$\beta_j$  efecto del j-ésimo bloque

$e_{ij}$  error experimental en la unidad j del tratamiento i

## Hipótesis

### Tratamiento

Ho: No existe diferencias entre los tratamientos aplicados.

Ho: No existe diferencia entre bloques.

Tabla 5

Interpretación para los resultados de los análisis de suelo

### Materia Orgánica

Textura	A	Fa	F	FA	A
Bajo	< 1.5	<1.75	2	<2,0	>3,0
Medio	1.5- 3.0	1.75-3.25	2.1- 4	2.5- 4,0	3,0-5,0
Alto	> 3	> 3,25	>4	>5	>5

### Fósforo

Fosforo	Olsen (pH>=6)	Bray pH< 6)
Bajo	< 10 ppm	< 7ppm
Medio	10-20 ppm	7-20 ppm
Alto	> 20ppm	> 20 ppm

Potasio Olsen	Calcio.Acetato de sodio ph 4.2	de Calcio acetato de amonio pH 7	
Bajo	0-80 ppm	<150 ppm	< 1000 ppm
Medio	81-90 ppm	150-400 ppm	1000- 4000 ppm
Alto	> 190	400 ppm	> 4000 ppm
Muy Alto		>1500 ppm	

Determinación de niveles de nutrientes Acetato de amonio absorción Atómica Calcio (ppm)

Textura	Bajo	Medio	Alto
aF, Fa	0-500	500-2000	2000
FA, A	0-1000	1000-3000	3000

Magnesio (ppm)

Textura	Bajo	Medio	Alto
aF, Fa	0-100	100-400	400
FA, A	0-150	150-600	600

Niveles para Micronutrientes pH < 7

(ppm)	MB	B	M	A	MA
Zn	0,5	0,5-1,5	1,5- 2,5	2,5-3,5	3,5
Cu	0,4	0,4- 0,8	0,8-1,2	1,2-2,0	2,0
Fe	3,0	3- 7	7,0- 11	11-15	15
Manganeso	0,5	0,5- 1,5	1,5- 2,5	2,5- 3,5	3,5

Fuente: González Lanza (2001). Interpretación de Análisis de suelos Subproyecto Edafología II Unellez- Guanare.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Caracterización de los compuestos orgánicos y minerales utilizados

EL análisis químico de los compuestos orgánicos aplicados Bocaschi, y Lombricompost muestra contenidos altos de los valores de pH, Materia Orgánica, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio (Tabla 6). El Bocaschi presenta mayor contenido de Nitrógeno total y Magnesio; el Lombricompost tiene mayor contenido de materia orgánica, y de los macroelementos fósforo, calcio y potasio. Resultados que se asemejan a la caracterización química reportada por la Asociación Nacional de Lombricultura (1999).

La concentración de nutrientes encontrada en el lombricompost reafirma lo expresado por Dietrich (1999) y Oirsa (2001) en referencia a la calidad de este abono.

Tabla 6.  
Caracterización físico química de los fertilizantes orgánicos utilizados.

Variables Químicas	Bocaschi	Lombricompost	*Pulpa de Café
pH	6,8	7,4	
CE ds/m	2,97	7,0	
MO %	13,8	18,9	
N %	3,01	1,67	2,43
P (ppm)	225	424	
K (ppm)	2500	5000	
Ca (ppm)	3110	3690	
Mg (ppm)	865	225	
Fe (ppm)	2	27	
Mn (ppm)	29	19	
Cu (ppm)	0	5	
Zn (ppm)	5	2	
Bo (ppm)	0,45	0,62	
Variables Físicas			
Da( g/cm <sup>3</sup> )	0,95	0,58	0,36
Humedad (%)	15,22	74	88

Fuente: Laboratorio de suelo UNELLEZ Guanare 2009.

\* La pulpa de café no se caracterizó debido a la carencia de un laboratorio especializado en la zona Centro Occidental que realice estos análisis por ser 100% material vegetal.

Tabla 7

Caracterización Biológica de los abonos orgánicos Lombricompost, Pulpa de café y Bocaschi.

Tipo de material	Microorganismos Hongos y Levaduras en Unidades Formadoras de Colonias (Ufc)
Pulpa de Café	1x10 <sup>4</sup> Aspergillus flaves
Lomricompost	1x10 <sup>4</sup> Penicillium 1x10 <sup>3</sup> Aspegillus terreus 1x10 <sup>6</sup> Cladosporium 1x10 <sup>5</sup> Fusarium spp 1x10 <sup>4</sup> Rhizopus spp 1x10 <sup>4</sup> Phytophthora
Bocaschi	1x10 <sup>1</sup> Aspegillus terreus 1x10 <sup>6</sup> Rhizoctonia 1x10 <sup>5</sup> Lasiodiplodia 1x10 <sup>4</sup> Phytophthora 1x10 <sup>3</sup> Aspegilius terreus 1x10 <sup>3</sup> Aspegilius flaves 1x10 <sup>3</sup> Levaduras 1x10 <sup>3</sup> Rhizopus spp 1x10 <sup>3</sup> Aspergillius niger

Fuente: Laboratorio de Fitopatología UNELLEZ Guanare 2009.

### Análisis microbiológico de los abonos orgánicos

El Bocaschi mostró mayores cantidades de microorganismos como hongos y levaduras, (Tabla 7), esto podría ser atribuido a la calidad de los materiales empleados, a las diferentes temperaturas y a la cantidad de agua empleada y al uso de melaza para acelerar la acción de los microorganismos, lo que coincide con Pérez *et al* (2008).

### Caracterización química de los abonos naturales

#### Fosforita

Fósforo ( $P_2 O_5$ ) = 24%, Calcio = 42%, hierro ( $F_2 O_3$ ) = 0,70 % Mg = 0,15-0,25% , Carbono (C) = 1,98%.

#### Cal Dolomita

CaO = 30,48%, MgO = 21,77%,  $Al_2 O_3$  = 0,02%,  $Fe_2 O_3$  = 0,04%, y  $Si O_2$  = 0,30%

### 4.2. Determinación de los efectos de los abonos orgánicos y minerales sobre variables indicadoras de fertilidad de suelo:

#### Caracterización física y química del suelo antes de la aplicación de los tratamientos

En la Tabla 8 se aprecia que antes de la aplicación de los tratamientos, el área seleccionada para el estudio presentaba problemas de fertilidad del suelo por tener un pH bajo, que indica problemas de acidez, aluminio intercambiable alto, fósforo, potasio calcio y manganeso bajo, contenidos nutricionales estos, que pueden incidir en la productividad del suelo.

Tabla 8.

Características del suelo previo a la aplicación de los tratamientos.

pH	Al	Ce	MO	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zin	Cu	Tex
Agua 1:2	Cmol(+) kg <sup>-1</sup>	dSm <sub>1</sub> <sup>-1</sup>	%	ppm								
4,2	3,25	0,07	4,10	5	75	260	175	11	14	6	1	Aa

Fuente: Laboratorio de suelo UNELLEZ – Guanare 2009.

#### 4.2.1. Comportamiento de las variables a los seis meses de aplicados los tratamientos.

Tabla 9.

Valores promedios del Al (Cmol(+) kg<sup>-1</sup>), pH y CE(dSm<sup>-1</sup>) encontrados a los seis meses de aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	VARIABLES		
	Al <sup>1</sup> (Cmol(+) kg <sup>-1</sup> ),	pH	CE ( dSm <sup>-1</sup> )
T1	1,45 A	3,9 B	0,28 B
T2	0,21 B	4,7 AB	0,12 C
T3	0,13 B	4,13 B	0,44 A
T4	0,35 B	4,2 B	0,12 C
T5	0,06 B	4,1 B	0,26 B
T6	0,0 B	5,6 A	0,47 A

<sup>1</sup>Datos transformados

Fuente: cálculos propios.

En la Tabla 9 se aprecian las variables del suelo relacionadas con la acidez y salinidad. Los valores de pH variaron de 0,2 a 0,7 unidades de pH en los tratamientos orgánicos T2 (pulpa de café), T3 (lombricompost) y T4 (bocaschi), los cuales pasaron de una reacción extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (Tabla 3), lo que concuerda con lo encontrado por López (2006), en relación a la acidez del suelo, quien observó que antes del experimento el pH fue cercano a 4 (media de 60cm de suelo), luego de 6 meses de la aplicación de abonos orgánicos el pH osciló entre 4,8 y 5,3 para 0-10 cm de profundidad, encontrándose ligeros incrementos de 0,2 a 0,6 en las profundidades evaluadas, lo que muestra una tendencia a disminuir la reacción ácida del suelo.

El análisis de la varianza practicado a los datos se muestran en el Anexo D, donde se observan variaciones altamente significativas para el pH y en el contenido de, MO, P, CE, Zn y significativos para Al intercambiable, Mg, Mn, y Cu con excepción de los elementos K y Ca.

Estos resultados, coinciden con lo expuesto por Rodríguez y Viera. (2002), quienes indicaron que la aplicación de bioabono de pulpa de café proveniente de vermicultivo disminuyó el contenido de aluminio e incrementó en el suelo los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio en la zona cafetalera de El Blanco, Concordia, Olancho, Honduras. Igualmente, Vargas y Briceño (2003) señalaron que la aplicación de materiales orgánicos produce cambios significativos sobre las propiedades químicas del suelo.

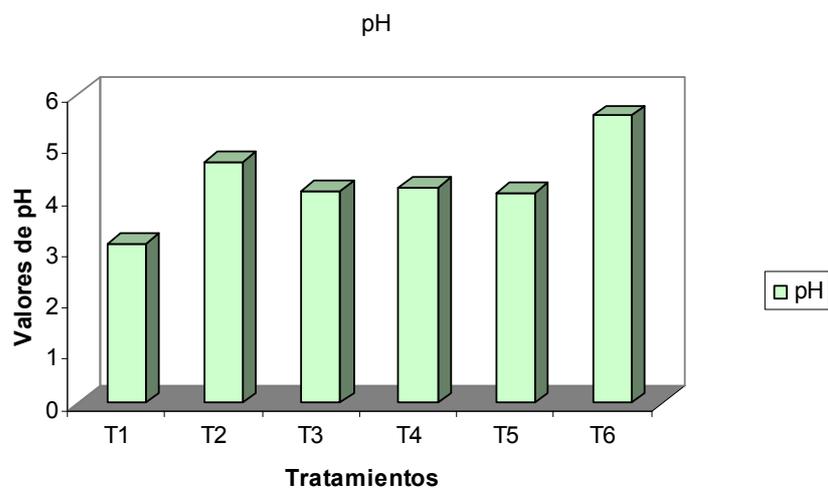


Figura 6. Valores de pH por tratamiento a los seis meses de aplicación

Fuente elaboración propia

La repuesta en el incremento del pH a la aplicación de los abonos orgánicos se explica en función de los aportes de las bases cambiables y el efecto regulador que ejerce la materia orgánica sobre los iones  $H^+$  del suelo (Matheus 2007).

El T6 (cal agrícola) fue el que mayor incremento de pH presentó. Inicialmente el suelo testigo era extremadamente ácido y luego con la aplicación de la enmienda natural se ubicó en el nivel de moderadamente ácido, lo que indica que la aplicación de este producto natural corrige la deficiencia de calcio y magnesio y la acidez en el suelo (Figura 6).

En el análisis de la varianza (Anexo D) para la variable pH se detectaron variaciones altamente significativas ( $P < 0,01$ ) con un coeficiente de variación de 7,5 entre tratamientos, con un mayor incremento en el tratamiento T6 (cal agrícola), que se visualiza a través de la Figura 6.

La repuesta en el incremento de pH como consecuencia de la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales naturales se explica en función del aporte de bases cambiables y el efecto regular que ejerce la materia orgánica sobre los iones de  $H^+$  del suelo Matheus (2000). Igualmente los resultados encontrados coinciden con Alan (1992) que observó que hay diferencias de comportamiento entre horizontes superficiales y subsuelos que presumiblemente es un efecto de la materia orgánica. Esta parece deprimir las relaciones a pH bajo, lo cual puede reflejar la carga dependiente del pH, de la materia orgánica. Cantidades mayores de aluminio intercambiables entre pH 5.5 y 6.0 pueden ser el resultado de la formación de complejos orgánicos sobre la superficie y en solución.

#### Aluminio Intercambiable

El aluminio intercambiable presentó variaciones en los tratamientos orgánicos (Figura 7) hasta llegar a niveles de trazas a los seis meses de aplicados los tratamientos al suelo, esto se explica por el efecto que ejerce la materia orgánica que actúa como un agente complejante del aluminio en la solución del suelo reduciendo su disponibilidad de acuerdo con lo referido por Ortiz *et al* (2007), Berkelaar (2001), Alan (1992) y Bear (1963).

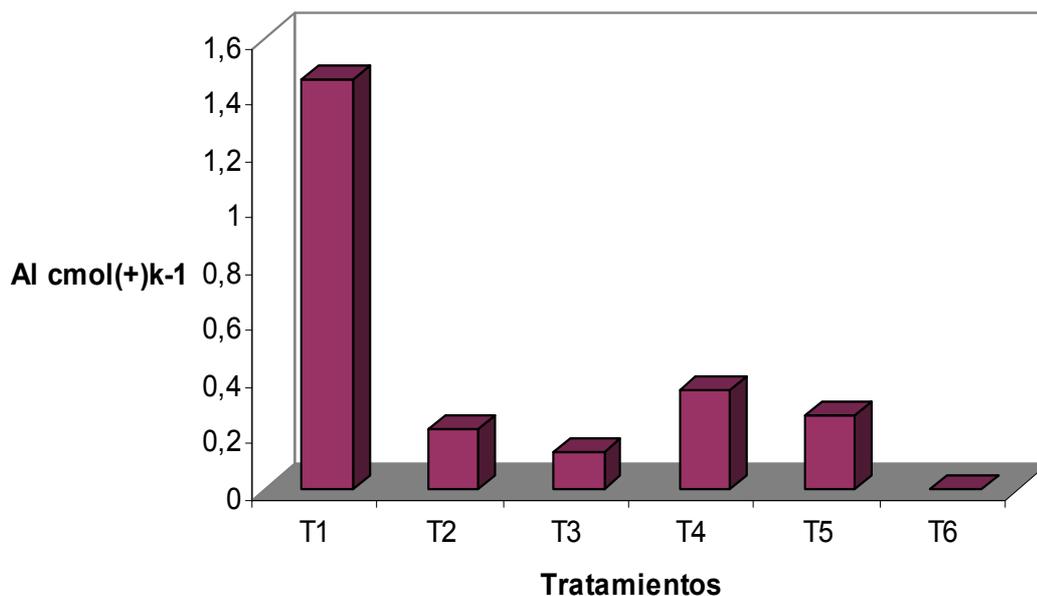


Figura 7. Contenido de aluminio intercambiable por tratamiento a los seis meses de aplicación.

La aplicación de cal agrícola Dolomita y la Fosforita afectaron el pH y el aluminio intercambiable, este elemento disminuyó a concentraciones cercanas a cero, que indica la influencia de estos productos en la disminución de la acidez del suelo. Estos resultados concuerdan con los encontrados con Matehus (2000) quien observó que con la aplicación de biofertilizantes se produce aumentos en el pH y disminución del aluminio intercambiable como consecuencia del aporte de Ca y el efecto amortiguador de la materia orgánica.

## Conductividad eléctrica

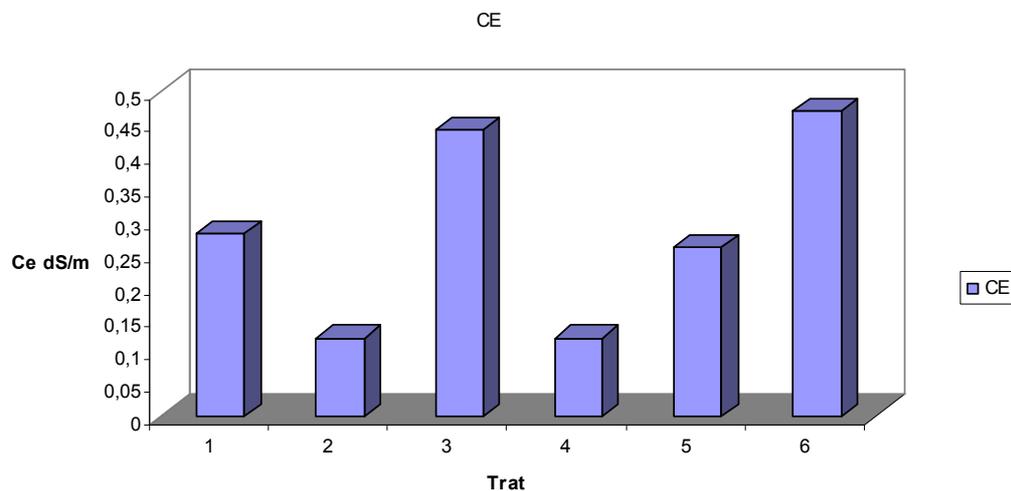


Figura 8. Conductividad eléctrica por tratamiento a los seis meses de aplicación.

En la Figura 8, se observa que los tratamientos T3 y T6 mostraron mayor amplitud en referencia al testigo, esto podría atribuirse a la composición química de estos materiales que mostraron valores altos de macroelementos en la caracterización química.

El (Anexo D) muestra el análisis de varianza para esta variable en la cual se observa que los resultados mostraron diferencias significativas ( $p < 0,01$ ) como respuesta a la aplicación de los tratamientos orgánicos y minerales.

Estos resultados podrían ser consecuencia de la incorporación y acumulación de sales al aplicar compuestos orgánicos al suelo tal como lo refirió Matheus (2000).

Tabla 10.

Promedios de MO(%), P(ppm) y K(ppm) encontrados por tratamiento a los seis meses de aplicación.

TRATAMIENTOS	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)
T1	4,21 B	26,0 B	205 A
T2	5,78 A	46,0 A	104,4 A
T3	4,34 B	31,67 B	162,67 A
T4	4,29 B	31,0 B	131,6 A
T5	4,21 B	45,67 B	193,33 A
T6	4,5 B	31,67 B	133,33 A

**Fuente Elaboración propia**

### **Materia Orgánica**

Los contenidos de materia orgánica se observan en la Tabla 10 y Figura 9, los cuales fueron superiores en las parcelas donde se aplicaron los abonos orgánicos en el suelo lo que concuerda con Vargas y Briceño (2003) quienes encontraron incremento de materia orgánica en suelos que fueron tratados con biofertilizantes y con los señalados por Monget (1999) sobre la aplicación de abonos orgánicos tipo pulpa de café, gallinaza, bocashi y compost que elevaron el contenido de materia orgánica en el suelo.

El autor observó mayor desarrollo y crecimiento de raíces adventicias y microorganismo en los tratamientos donde se aplicó abonos orgánicos lo que favorece la absorción de nutrientes por la planta

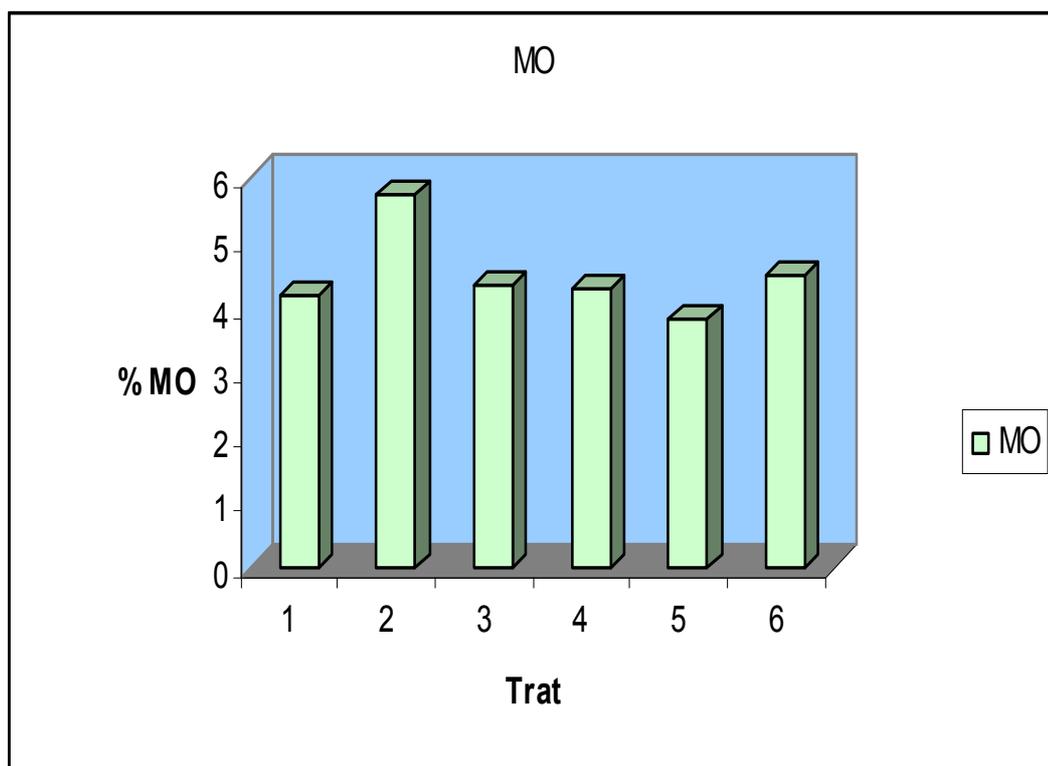


Figura 9. Contenido de materia orgánica (%) a los seis meses de tratamiento.

Elaboración Propia

En el Análisis de la varianza (Anexo D) se aprecian cambios importantes ( $p \leq 0,01$ ) que evidencian el efecto de los abonos orgánicos aplicados al suelo en el incremento de los contenidos de la materia orgánica, tal como puede apreciarse en la Figura 9. Estos resultados explican el efecto de la materia orgánica en el suelo lo cual contribuye al aumento de la capacidad de intercambio de cationes, suministro de nutrientes al cultivo e incremento de la actividad de microorganismo que ayudan a la mineralización de los residuos orgánicos, lo cual coincide con Zamora (2008) quien indicó que la incorporación de abonos orgánicos, incrementa los niveles de MO y favorece los rendimientos en suelos de reacción ácida en comparación con suelos alcalinos igualmente señala que el uso de estiércoles esta asociado a un incremento de los contenidos de nitrógeno en el suelo, lo que estimula la micro-biota de suelo, lo cual favorece la mineralización de la MO, aumentando la liberación del nitrógeno orgánico, además de promover la actividad radical favoreciendo

la absorción de nutrientes, repercutiendo en una mejor fertilidad del suelo.

### Fósforo

Este elemento varió con la aplicación de los abonos orgánicos en los T2 y T5 (Figura 10) que indica un incremento en el nivel de fósforo disponible como respuesta a los tratamientos.

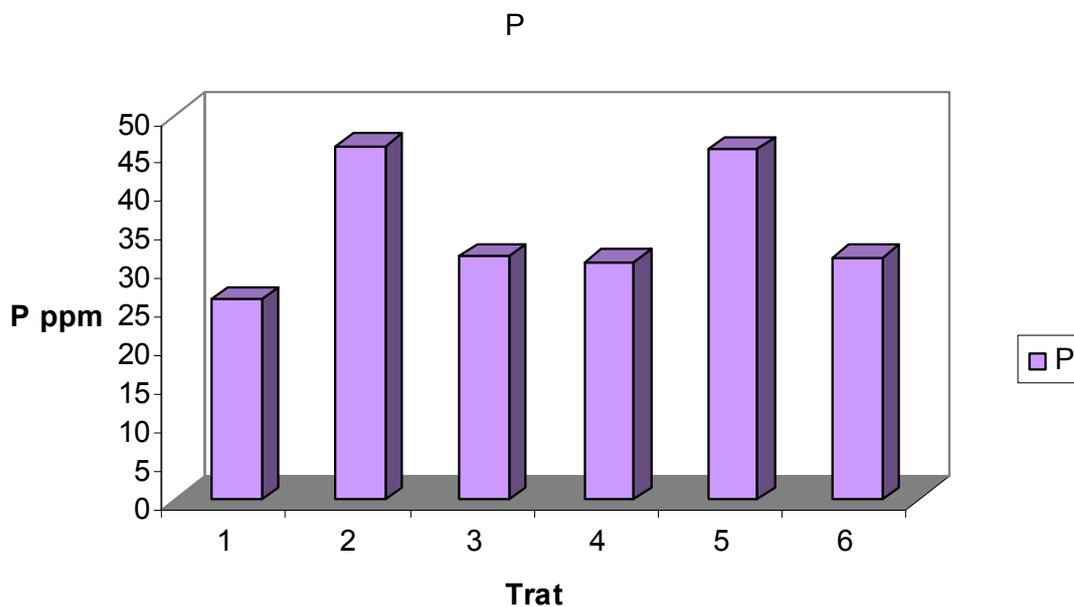


Figura 10. Contenido de fósforo por tratamiento a los seis meses de aplicación

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo D se puede observar los resultados del análisis de la varianza para fósforo que muestra variaciones altamente significativas ( $p < 0,01$ ) entre tratamientos, estas diferencias se notan en la Figura 10 donde el mayor valor correspondió a la aplicación de fosforita en una dosis de 120 g/planta, y en segundo lugar la pulpa de café en una cantidad de 3 kg/planta. Lo que coincide con Rodríguez y Viera (2002) y Jiménez *et al.* (2004) quienes encontraron incrementos en el contenido de fósforo con la

aplicación de bioabonos de pulpa de café y de estiércol bovino respectivamente.

La fosforita como abono natural incrementó los valores de fósforo en el suelo después de la aplicación de este, lo que coincide con Alaluna y Zavala (2000), que encontraron repuesta positiva a la aplicación de niveles de roca fosfórica y materia orgánica en café. Esto podría estar influenciado por el alto contenido de  $P_2O_5$  que contiene la fosforita (24%).

### Potasio

Este elemento no presentó variaciones significativas en los tratamientos aplicados al suelo (Anexo D) lo que podría deberse a que el valor de potasio disponible en el suelo se encontraba en cantidades medias (Tabla 5) lo que coincide con García (1988), este elemento se encuentra en los suelos en cantidades altas, provenientes de la desintegración y descomposición de las rocas. Igualmente, Herrera (2006) señaló que el potasio nunca se encuentra ligado a la materia orgánica. En la Figura 11 se aprecia que los valores promedio más altos de potasio lo presentaron los T2, T3 y T6.

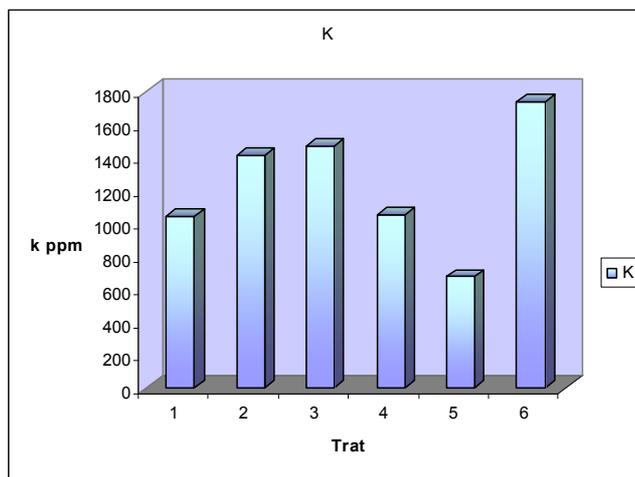


Figura 11. Valores promedio de potasio (ppm) a los seis meses de aplicación de los tratamientos.

Fuente Elaboración Propia

Tabla 11.

Tabla 11. Valores Promedios de las variables Ca, Mg, y Mn, expresados en ppm

Tratamientos	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)
T1	1494,7 A	181 A	32 A
T2	1113,7 A	184 AB	37 A
T3	1353 A	276 AB	56 A
T4	1732 A	316 AB	41 A
T5	1407 A	248 B	34 A
T6	1988 A	364 B	31,6 A

Fuente Elaboración propia

En la Tabla 11 se tabulan los contenidos medios determinados para las variables de calcio, magnesio, y manganeso

Los niveles de calcio reportados en la Tabla 11, se encuentran en el rango de valores medios (Tabla 5) para todos los tratamientos, no obstante estos datos son superiores al contenido inicial del suelo, que indica un incremento en la disponibilidad de este elemento como se aprecia en la Figura 12. Herrera (2006) indica que valores bajos de calcio coinciden con una fuerte acidez en el suelo que también produce una baja saturación en el complejo de cambio con los nutrientes catiónicos Ca, Mg y K, esta aseveración coincide con los valores bajos de calcio y pH en el suelo antes de iniciar el ensayo, lo cual calificó el suelo con problemas de acidez afectado por el aluminio intercambiable. En la Figura 12 se aprecia que el valor del calcio fue superior en T6, esto se debe a la aplicación de cal dolomítica.

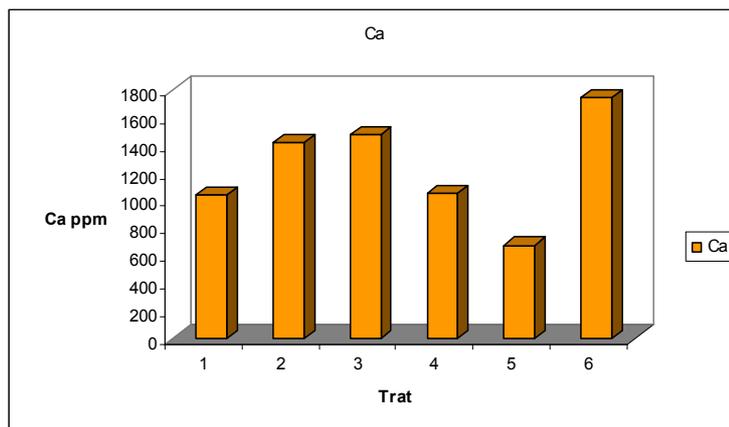


Figura 12. Valores promedio de calcio (ppm) a los seis meses de aplicación

En anexo D se aprecia que no hay variaciones en los tratamientos orgánicos para este elemento a los seis meses  $p \leq (0,05)$ . Sin embargo, en la Figura 12 se observan incrementos en los abonos orgánicos utilizados y en la cal agrícola dolomita con mayor amplitud en el T6, lo que concuerda con Rojas (2003), quien recomienda utilizar este tipo de cal para la corrección de la deficiencia de calcio y acidez, así como la toxicidad del aluminio, aumentando la disponibilidad de otros nutrientes y mejorando las condiciones para el desarrollo de microorganismo especialmente bacterias.

### Magnesio

Los niveles medios de magnesio a los seis meses se incrementaron favorablemente en comparación al testigo (Tabla 11 y Figura 13), se distinguen que los materiales orgánicos en T3 y T2 realizaron los mayores aportes al suelo así como la enmienda natural (cal dolomítica), la cual es reconocida por sus aportes de magnesio a los suelos. Los resultados concuerdan con Breauer et al. (2005) que observaron que la aplicación de la cal dolomita incrementa la disponibilidad de magnesio en el suelo, por lo que recomienda su uso en cafetales.

En el Anexo D se aprecian diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos destacándose el tratamiento T3 y T6 lo cual se aprecia en la Figura 13.

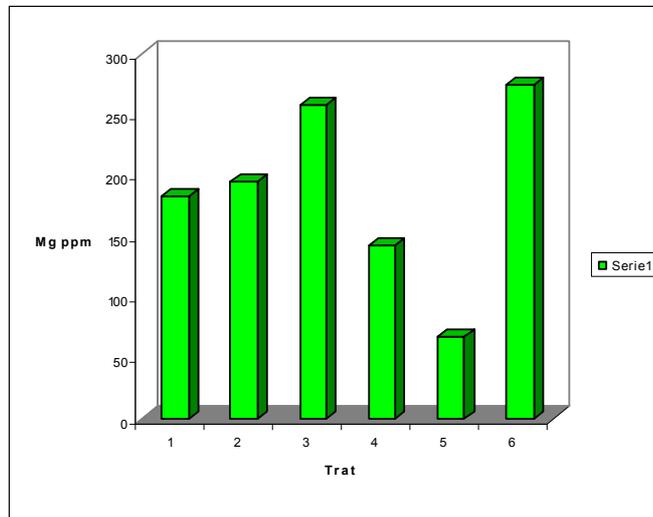


Figura 13. Valores promedios de Mg

Fuente Elaboración Propia

### Manganeso

En la Tabla 11 y Figura 14 se distinguen que los mayores aportes de este elemento fueron en el T3.

El análisis de la varianza realizado para esta variable se muestra en el Anexo D, el cual determinó comportamientos distintos ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos. En la Figura 14 se aprecia que el T3 y T1 presenta mayores niveles de manganeso. Antes de la aplicación de los tratamientos este elemento presentó valores muy altos lo que coincide con OIRSA (2003) que el contenido de Mn en el suelo raramente es bajo.

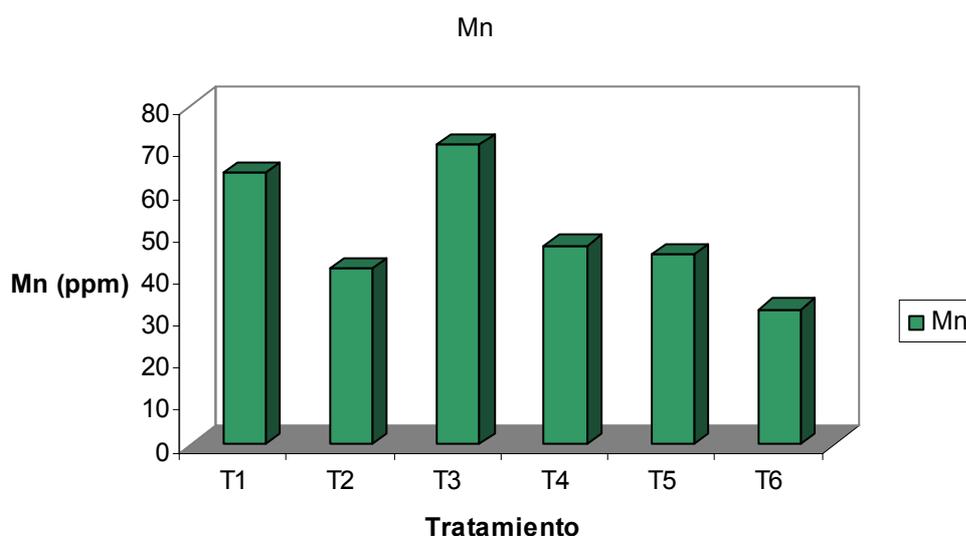


Figura 14. Valores promedios de manganeso (ppm) a de los seis meses de aplicación.

Fuente elaboración propia

Tabla 12

Valores promedios de microelementos ( Zn , Cu,Fe) por tratamiento en ppm

Tratamientos	Zinc (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)
T1	6 AB	0,56 A	11 A
T2	5,33 B	0,0 C	16,26 A
T3	8,33 A	0,4 B	6,6 A
T4	7 AB	0,36 AB	7,0 A
T5	5,33 B	0,40 AB	11,6 A
T6	2 C	0,23 B	2,0 A

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 12 y Figura 15 se presentan los contenidos medios determinados para las variables Zn, Cu, y Fe. Los niveles de Zinc reportados son muy altos, los de cobre son bajos y el hierro muy alto en T2 y alto en T1. La mayor contribución de microelementos disponibles en suelo lo aportaron la pulpa de café descompuesta (T2) y lombricompost (T3).

El análisis de la varianza realizado para los microelementos se muestran en el Anexo D el cual determinó variaciones altamente significativas para el Zinc y significativas para el cobre, para el hierro no se encontraron diferencias entre los tratamientos. Los resultados indican que los microelementos son componentes importantes en los abonos orgánicos ya que se concentran cantidades importantes tanto de los elementos esenciales como de los microelementos, resultados similares son referidos por Torres (2001) y Oirsa (2001).

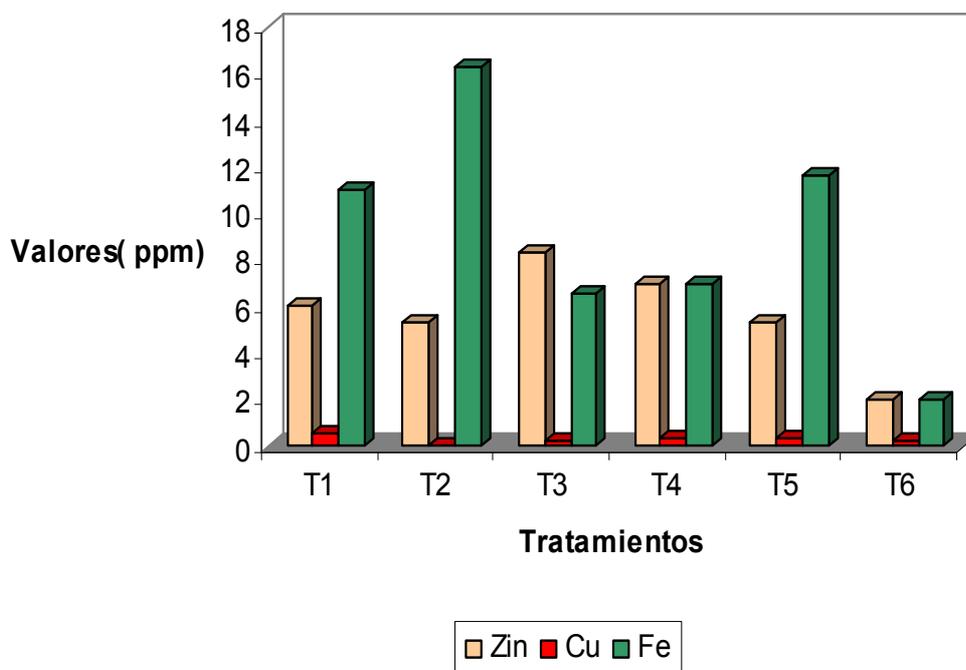


Figura 15. Valores promedio por tratamiento de Zinc, hierro y cobre.  
Fuente Elaboración Propia.

#### 4.2.2. Comportamiento de las variables a los doce meses de aplicados los tratamientos

Tabla 13.

Valores promedios obtenidos de las variables Al(Cmol(+) kg<sup>-1</sup>), pH y CE(dSm<sup>-1</sup>) por tratamientos

Trat	Al <sup>1</sup>	pH	CE
1	0,61 A	5,03 B	0,09 A
2	0,20 A	4,96 B	0,11 AB
3	0,45 A	5,03 B	0,13 B
4	0,18 A	5,14 AB	0,19 B
5	0,56 A	5,3 B	0,16 B
6	0,1 A	6,0 A	0,28 B

En el Anexo E 14 y Tabla 13 se aprecia un efecto residual de la aplicación de los abonos orgánicos y minerales al suelo, estadísticamente existen respuestas positivas ( $P < 0,01$ ) en las variables pH, fósforo, magnesio y conductividad eléctrica, al igual que en las variables Mn y Zinc en las que se observaron modificaciones en el comportamiento ( $P < 0,05$ ), mientras que en MO, K, Ca y Fe no hubo respuesta.

Para la variable aluminio Anexo E y F se realizó la transformación de los datos debido a que el coeficiente de variación resultó superior a 30, por tanto se usó una prueba no paramétrica

En la Tabla 13 y Figura 16 se muestran los valores promedios del aluminio intercambiable donde se observa que exhibió comportamientos diferentes en los tratamientos T2 y T4, los cuales afectaron su disponibilidad en el suelo hasta llegar a trazas. Sin embargo el T3 no afectó su concentración en el suelo. La cal agrícola disminuyó la toxicidad del aluminio, no obstante el tratamiento cinco no afectó este elemento en el suelo.

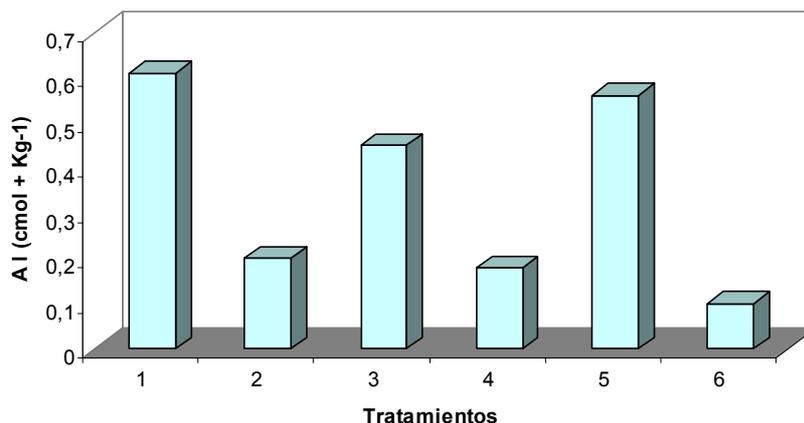


Figura 16. Valores promedio de AI intercambiable por tratamiento a los doce meses.

Fuente Elaboración Propia.

En el análisis de la Varianza para AI intercambiable (Anexo E) resulto no significativo pero luego de haber aplicado la prueba no paramétrica (Anexo F), se observan repuestas positiva ( $P < 0,001$ ) la aplicación de abonos orgánicos y cal agrícola. La reducción del aluminio se explica por el efecto quelatante de la materia orgánica que compleja el aluminio restándolo de la solución del suelo Jiménez (1998).

### pH.

El análisis de la varianza para la variable pH señalados en el Anexo E, muestra comportamientos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos que afectaron positivamente a esta variable

En la (Figura 17) se observa que la mayoría de los tratamientos presentan un comportamiento similar con excepción del T6, el cual se diferencia del resto, este efecto es consecuencia de la composición de la enmienda cálcica.

Sin embargo, los valores exhibidos a los seis meses fueron inferiores a los encontrados a los doce meses, y aún cuando no se realizaron comparaciones estadísticas entre períodos se observa la

tendencia al incremento del pH, lo que permite inferir que los abonos orgánicos y los minerales naturales utilizados contribuyeron a incrementar esta variable que pasa de valores extremadamente ácidos (Tabla 5) a moderadamente ácido, como respuesta de un posible efecto residual a los tratamientos aplicados.

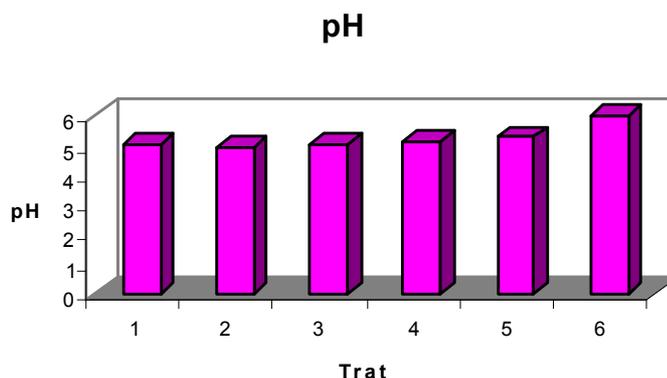


Figura 17. Valores promedios de pH a los doce meses de aplicación de los tratamientos.

Fuente Elaboración propia.

La respuesta en el incremento del pH y la disminución del aluminio como consecuencia de la aplicación de abonos orgánicos y minerales naturales se explican en función del aporte de las bases cambiables Ca y Mg y la producción de radicales  $\text{OH}^-$  productos de las reacciones químicas de los carbonatos en el suelo, que disminuye el efecto severo de la toxicidad del Al y otros iones tóxicos. Igualmente la materia orgánica está actuando como un agente complejante de aluminio en la solución del suelo, evitando su toxicidad (Ortiz 2007) y (OIRSA 2001).

En resumen, los resultados obtenidos en la aplicación de los tratamientos presentaron respuesta favorable para la variable pH en ambos períodos de evaluación, se incrementó levemente a los seis meses, el T6 presentó el mayor valor, a los doce meses varió desde muy ácido a ácido lo cual está asociado a la aplicación de cal agrícola, evidenciándose su efecto como enmienda natural para corregir problemas de acidez. El aluminio disminuyó en todos los tratamientos en comparación

con el testigo, al final del ensayo su concentración es casi nula, lo que demuestra el efecto neutralizante de los tratamientos aplicados. La respuesta encontrada en este ensayo coincide con lo expresado por Russell (1973), al señalar que el encalado de un suelo ácido puede tener varias consecuencias inmediatas, entre ellas: eleva automáticamente el pH y el potencial de cal y la concentración del ión calcio en la solución edáfica, por tanto los iones calcio desplazan los iones aluminio de la arcilla, y el pH de la solución del suelo incrementa, ocasionando así la precipitación del Al, en forma de  $Al(OH)_3$ .

### Conductividad eléctrica

En la Tabla 13 y Figura 18 se estiman los valores de conductividad eléctrica y se aprecia que la incorporación de los tratamientos al suelo modificó esta variable en comparación los testigos resultando los mayores incrementos en T4 y T6.

El análisis de la varianza que se muestra en el Anexo E, reflejó cambios importantes ( $P < 0,01$ ) para esta variable como respuesta a la aplicación de los tratamientos. La CE fue superior en los T4 y T6. Sin embargo, los incrementos en la conductividad eléctrica no presentan ningún problema de salinidad para el suelo.

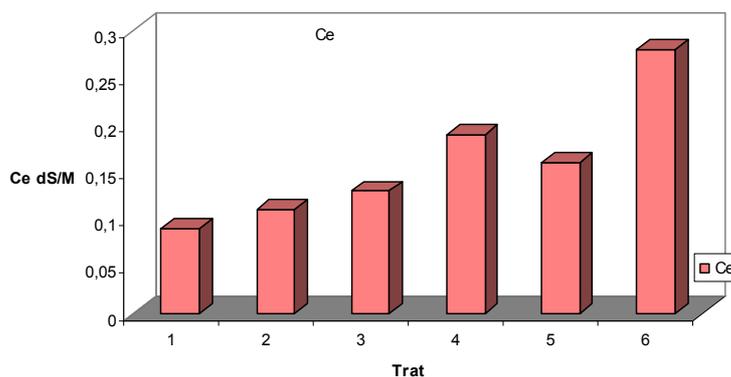


Figura 18. Valores promedios de Conductividad eléctrica (dS/m) después de los doce meses de aplicación de los tratamientos.

Fuente Elaboración Propia

Tabla 14

Valores promedios de las variables MO (%), P (ppm), Mg (ppm), Mn (ppm), Ca (ppm) obtenidos por tratamientos

Trat.	MO	P <sup>1</sup>	K <sup>1</sup>	Mg	Mn	Ca <sup>1</sup>
1	4,0 A	60 A	95 A	181 A	32 A	1114 A
2	3,91 A	176 AB	164 A	184 AB	37 A	1495 A
3	4,6 A	131 BC	203 A	276 AB	56 A	1353 A
4	4,47 A	78B C	183 A	316 AB	41 A	1732 A
5	3,99 A	151B C	218 A	248 B	34 A	1407 A
6	3,87 A	45 C	125 A	365 B	31 A	1988 A

1 Datos Transformados

Fuente: Elaboración Propia.

### Materia Orgánica

Los resultados presentados en la Tabla 14 y Figura 19 de la variable MO reflejan mayores modificaciones en los tratamientos T3 y T4 aplicados, seguidos del T5 y T2, resultando T6 con el menor contenido, como consecuencia de este elemento no aporta MO al suelo. Estos resultados indican que los productos orgánicos utilizados incrementaron la materia después de su aplicación a los seis y doce meses lo que coincide con lo señalado por Jiménez (1998) que la aplicación de enmiendas orgánicas como estiércol o compost producen incrementos en el carbono orgánico en el suelo.

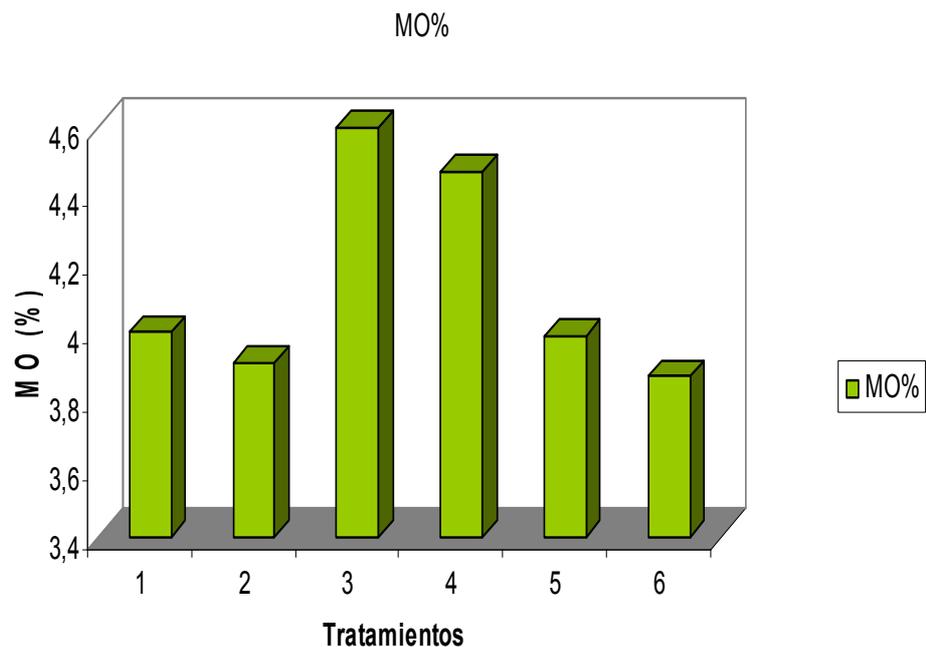


Figura 19. Valores promedios de Materia Orgánica (%) después de los doce meses de la aplicación de los tratamientos.

Elaboración Propia.

En el análisis de la varianza presentado en el Anexo E se observan variaciones no significativas para la materia orgánica en los tratamientos aplicados. Este comportamiento podría estar influenciado por el bajo efecto residual de la materia orgánica que alcanza su mayor efecto en los primeros meses de aplicados los tratamientos. En relación al efecto residual de los abonos orgánicos Matheus (2007), opina que esta depende de un conjunto de variables edáficas, climáticas y la naturaleza de los productos.

## Fósforo

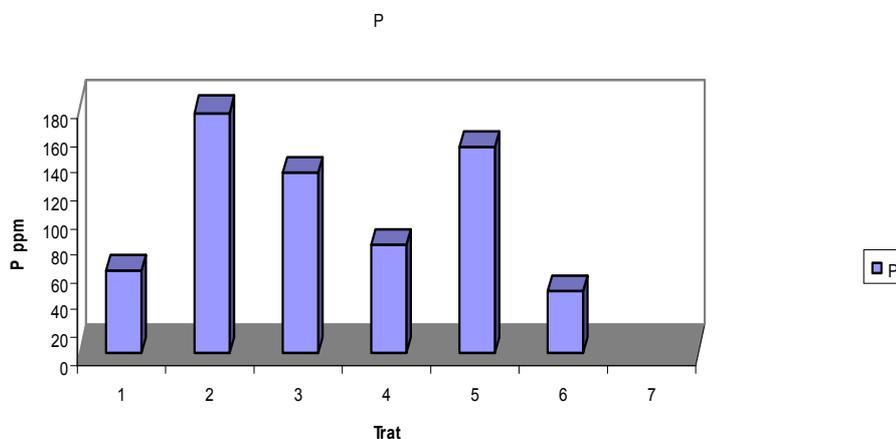


Figura 20. Valores promedio de Fósforo (ppm) a los doce meses de aplicación de los tratamientos.

Elaboración Propia

En la Tabla 14 y Figura 20 se presentan los valores promedios de fósforo. Los resultados determinados en T2, T3 y T5 se encuentran en el rango de muy alto contenido (Tabla 3) todos los promedios son superiores al valor reportado en los análisis iniciales de suelo y a los seis meses. Lo que indican que los productos orgánicos utilizados y la fosforita ejercieron un efecto positivo en el suelo aumentando su disponibilidad después de un año de su aplicación. En el caso del T6 donde se alcanzó un valor de pH 6,0 a los doce meses, se logró un incremento en el contenido de fósforo disponible, esto posiblemente se deba al incremento del pH en el suelo y a la neutralización del Al intercambiable.

En el análisis de la varianza mostrado en el Anexo E se indican variaciones altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre los tratamientos aplicados. Los resultados denotan que los productos utilizados afectaron positivamente la disponibilidad del fósforo en el suelo, estos resultados coinciden con los encontrados por Araya y Castro (1998) quienes

reportaron repuesta positiva a la aplicación de fósforo al suelo. En relación a la fosforita estos autores observaron que este elemento presenta un comportamiento similar en comparación al súper fosfato triple en relación con sus beneficios al suelo (Figura 20).

### Bases Cambiables Potasio, Calcio y Magnesio

En la Tabla 14 se tabulan los contenidos medios determinados para las variables potasio, calcio y magnesio.

Los niveles de potasio intercambiable obtenidos para T2, T3 y T4 se encuentran en el rango alto y los T5 y T6 están en la categoría media (Figura 21) , siendo todos superiores en comparación con el contenido inicial de este elemento en el suelo. Lo que indica que los tratamientos aplicados incrementaron este elemento en el suelo.

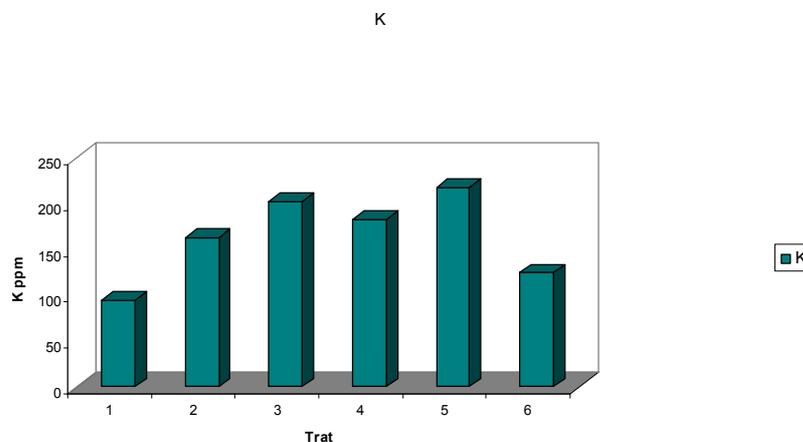


Figura 21. Separación de medias por tratamientos para la variable potasio disponible.

Elaboración propia.

En el análisis de la varianza mostrado en el Anexo E, se estiman variaciones no significativas para este elemento ( $P \leq 0,05$ ), este comportamiento del potasio es semejante a los valores indicados a los seis meses pero con diferencia que al año fueron superiores los valores

aportados por este elemento al suelo. Los resultados obtenidos para este elemento indican que no hubo efecto positivo.

### Calcio

Los niveles de calcio intercambiables para esta variable se muestran en la Figura 22, donde se observa que los T2, T3, T4, T5 y T6 presentan mayores niveles de calcio en comparación con el testigo, de acuerdo a la, (Tabla 5) de interpretación de resultados califican con valores medios para este elemento. Estos resultados indican que los tratamientos aplicados incrementaron el calcio en el suelo.

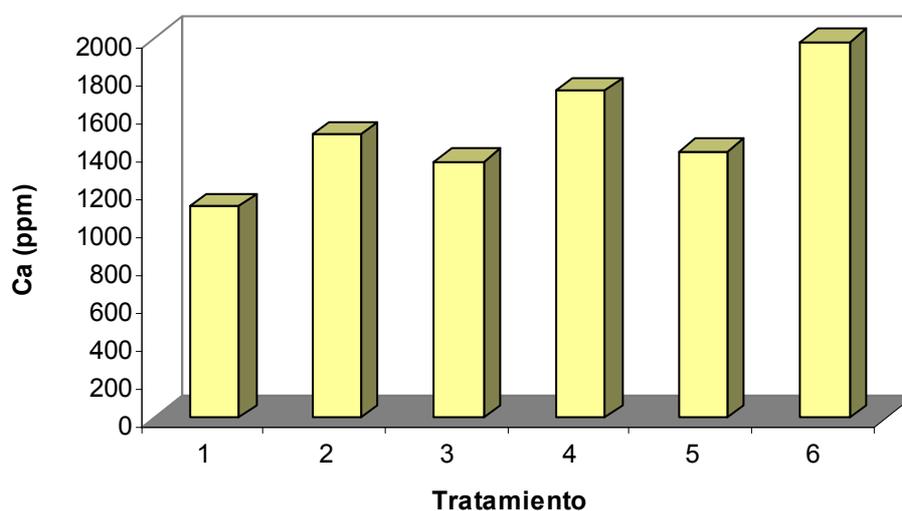


Figura 22. Valores promedio por tratamiento para la variable calcio a los doce meses

Elaboración Propia

En el análisis de la varianza mostrado en el Anexo E, no se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en ambos periodos. Sin embargo, se aprecian tendencias hacia el incremento de este elemento en el suelo por los aportes de los tratamientos. Estos resultados indican que la aplicación de los productos orgánicos y minerales utilizados corrigieron la deficiencia del calcio en el suelo aumentando su concentración lo que

influyó positivamente en el incremento del pH y disminución del efecto severo del aluminio disponible que inicialmente presentó valores altos.

## Magnesio

Los niveles de la variable magnesio intercambiable se aprecian en la Figura 23 donde se ilustran valores medios para todos los tratamientos utilizados, con predominio de T6.

En el análisis de la varianza mostrado en el Anexo E, los niveles de magnesio disponibles variaron significativamente ( $p \leq 0,01$ ) lo que indica que los abonos orgánicos y la cal agrícola incrementó sus niveles.

En relación a la cal dolomita Braeuner *et al* (2005) recomienda su uso para suelos deficientes en magnesio.

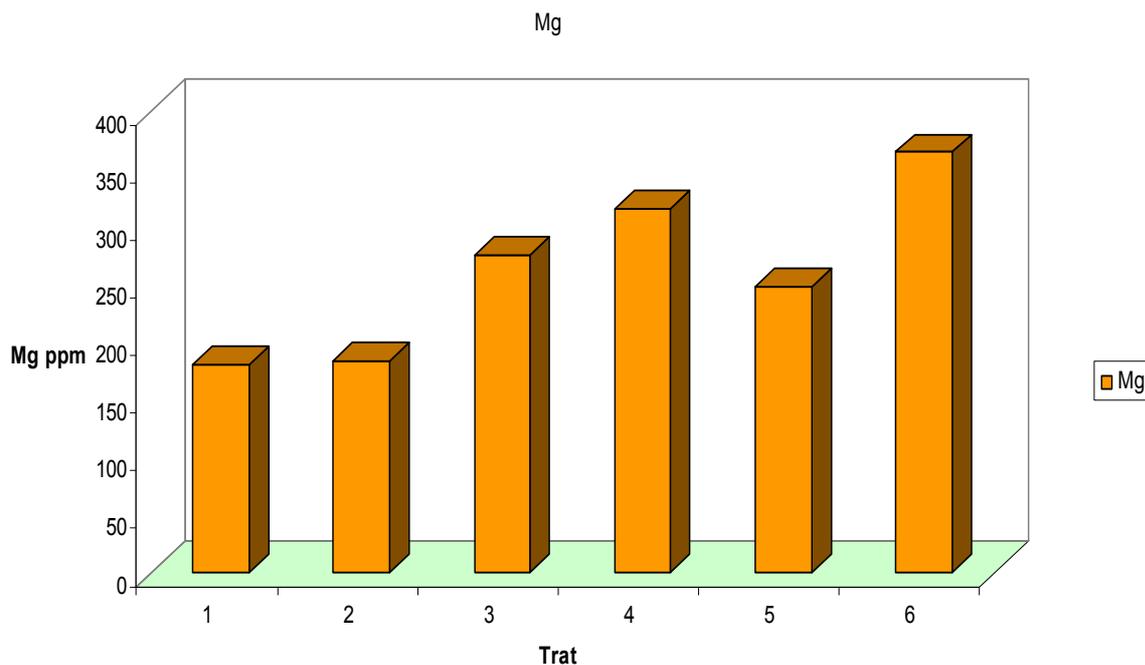


Figura 23. Separación de medias por tratamientos para la variable Magnesio

Elaboración Propia.

### Microelementos

Tabla 15

Valores promedios de los microelementos por tratamientos en ppm

Tratamientos	Zinc (ppm)	Fe (ppm)
1	6,33 AB	7,3 A
2	6,33 AB	11,6 A
3	10,64 A	11,3 A
4	8,0 AB	7,3 A
5	6,0 AB	12,6 A
6	3,33 AB	7,3 A

Fuente Elaboración Propia

Los valores promedios para los microelementos Zn y Fe se muestran en la Tabla 15 y Figura 24 donde se observan incrementos de estos valores al inicio y al final del ensayo, los tratamientos orgánicos aportaron mayores cantidades de Zinc que de hierro. Estos resultados indican que los biofertilizantes aportan estos microelementos en cantidades considerable que puede favorecer el suelo y las plantas de café.

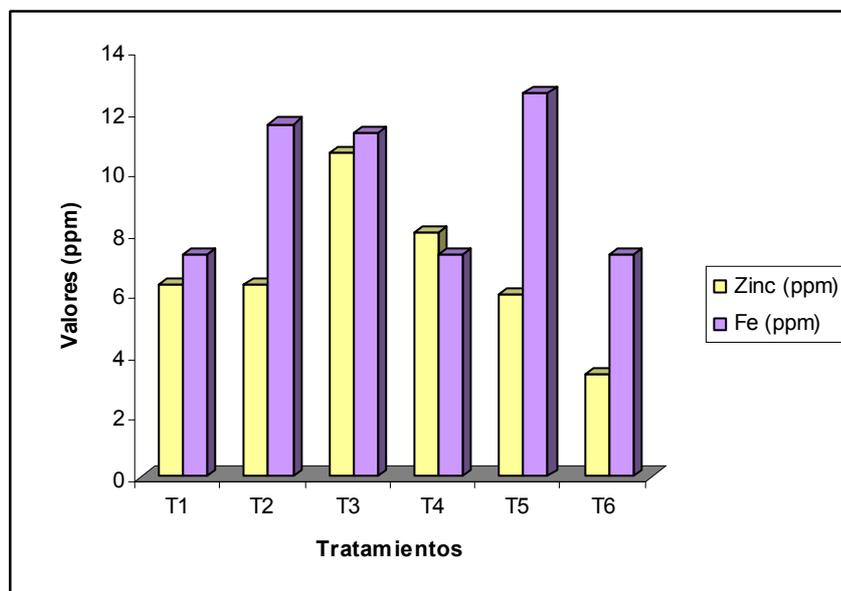


Figura 24. Separación de medias por tratamientos para las variables Zn y Fe

Fuente Elaboración Propia

En el análisis de la varianza en el Anexo E se encontraron comportamientos significativos para Zinc ( $P \leq 0,05$ ) y variaciones no significativas para Fe.

#### **4.3. Diferenciación del efecto del tratamiento sobre la disponibilidad del aluminio intercambiable en suelos ácidos cafetaleros.**

Después de seis meses y al año de la aplicación de los abonos orgánicos y minerales se observa en la Tablas, 9 y 13 disminución del aluminio intercambiable y aumento del pH en la solución del suelo con respecto al testigo, lo que indica el efecto de los abonos orgánicos y minerales naturales en estas variables indicadora de acidez en los primeros cm de profundidad. El efecto de la incorporación de productos orgánicos coincide con Ortiz *et al* (2007) que sugieren que la materia orgánica esta actuando como un agente complejante del aluminio en la solución del suelo, evitando su toxicidad. López (2007) Observó incrementos del pH hasta 10 cm de profundidad del suelo a los seis meses de aplicación de abonos orgánicos, lo que demuestra una tendencia a disminuir la reacción ácida del suelo. Además evidenció disminución del porcentaje de saturación del aluminio en los primeros 10 cm del suelo.

Braeuner *et al* (2005) indicaron que con el uso de la cal dolomítica el Al aparentemente fue desplazado por el Ca, éste último también pareció lixiviarse en el suelo en vez de acumularse en el complejo de intercambio, este resultado no coincide con esta investigación donde se observan incrementos en las variables calcio y magnesio.

#### 4.4. Evaluación del efecto de la aplicación de los tratamientos en la producción de café.

**Tabla 16**

**Análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos en la producción de café**

F de v	gl	Red
Bloque	2	
Trat	5	3,48
Sinif (P)		0,04 (P< 0,05)
Cv%		19

El Análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos en la producción de café se tabularon en la Tabla 16 donde se aprecian variaciones significativas ( $P < 0,05$ ) entre el rendimiento y los tratamientos aplicados, lo que indican que existe un efecto positivo en la aplicación de los abonos orgánicos y minerales naturales sobre los rendimientos de los cafetales. Estos resultados concuerdan con los encontrados con (Pavon (2005), Obando *et al* (1998) y CENICAFE (1996) que indican que aplicaciones de bioabonos orgánicos en la producción de café incrementan los rendimientos.

**Tabla 17**

**Rendimientos de café en kg. por tratamiento**

Trat	Red/kg.
1	7,00 B
2	8,66 AB
3	10,66 AB
4	12,33 A
5	10,20 AB
6	7,83 B

Fuente Elaboración propia.

Los mejores rendimientos se obtuvieron en los T3 (lombricompost) y T4 (bocaschi), (Tabla 17 y Figura 25) destacándose este último, lo que evidencia que el uso de abonos orgánicos en el cultivo de café incrementa

su producción y mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo estos se debe que los abonos orgánicos abastecen al suelo de nutrimentos esenciales, micro elementos y vitaminas lo que coincide con López (2007), que afirmó que los abonos orgánicos no solo mejoran el aspecto nutricional de la planta, si no que tiene un alcance en todos los componentes relacionados con la fertilidad y productividad del suelo como es la estimulación inmediata de la actividad biológica, mejoran la propiedades físicas, químicas aumento de la disponibilidad de los macronutrientes y reducción del aluminio intercambiable.

La aplicación de abonos orgánicos tipo bocaschi, lombricompost, pulpa de café en dosis de 1,5 a 3 Kg en plantaciones de café ejerce un efecto positivo en el suelo por el aportes de nutrientes y aumento de la producción del cultivo, resultados que concuerdan con Valencia (2009), Instituto de Café Costa Rica (2001) y Rodríguez y Viera (2002).

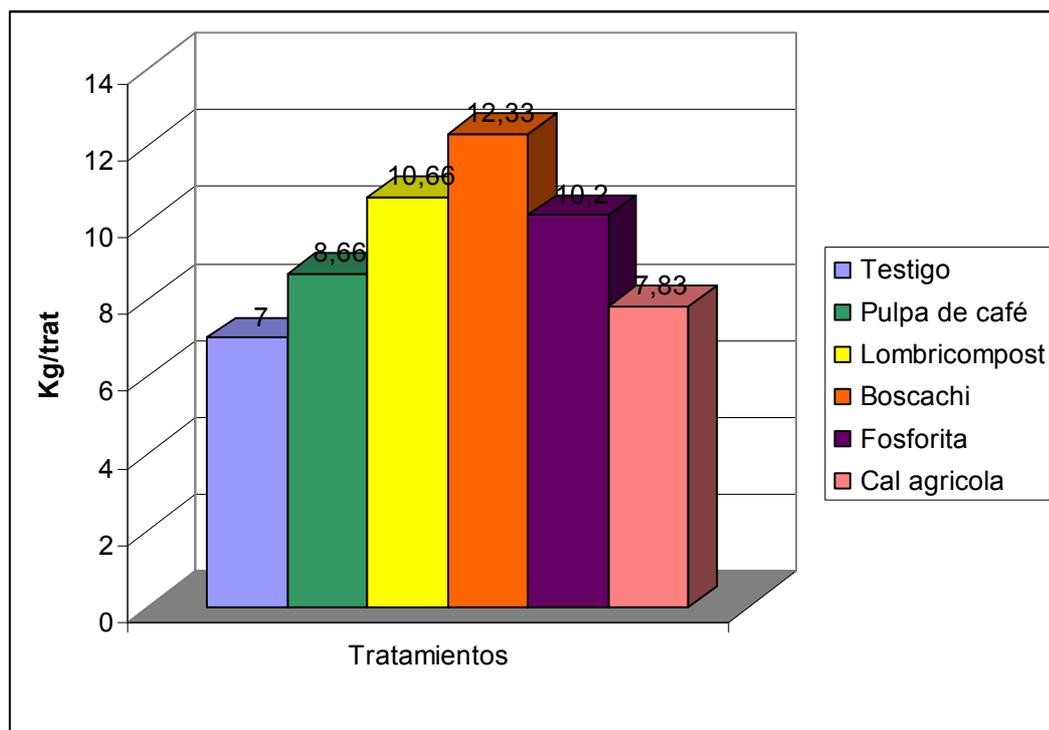


Figura 25. Rendimiento en Kg. de café por tratamiento

Elaboración Propia

En la Figura 25 se observan los rendimientos en kg/planta en comparación con el testigo, es evidente que el tratamiento cuatro (bocaschi) alcanzó un mayor rendimiento, lo cual se relaciona con el alto contenido de los macronutrientes y micronutrientes presentes en los abonos orgánicos utilizados

### **Correlación de las variables rendimiento con suelo**

Mediante el análisis de la prueba de correlación de Pearson, (Tabla 18) la variable rendimiento no produjo variaciones con el suelo es decir todas estas variables influyen en la productividad, lo que indica que la producción del cultivo café no solamente depende de la variable suelo si no de otra variables como las climáticas.

Tabla 18

Correlación de rendimiento con variables de suelo independiente de los tratamientos

	Al	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Mg
R	-0,27	-0,67	0,26	0,27	0,45	-0,0076	0,34	0,47	0,10	0,34
P	0,2	0,80	0,34	0,30	0,07	0,9	0,18	0,06	0,69	0,18

Fuente Elaboración Propia

## CONCLUSIONES

- ✚ Los abonos orgánicos utilizados Bocaschi, Lombricompost, Pulpa de café tienen un efecto positivo sobre la fertilidad de los suelos, El mayor contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio y magnesio se encontró en el tratamiento lombricompost y Bocaschi.
- ✚ Se observaron incrementos del pH y disminución del aluminio intercambiable por la aplicación de abonos orgánicos y minerales naturales después de seis y doce meses. Esto se explica en función del aporte de las bases cambiables Ca y Mg y la producción de radicales  $\text{OH}^-$  producto de las reacciones químicas de los carbonatos en el suelo, que disminuye el efecto severo de la toxicidad del Al y otros iones tóxicos. Igualmente la materia orgánica actúa como un agente complejante de aluminio en la solución del suelo, evitando su toxicidad.
- ✚ Con relación al Fósforo, los productos orgánicos utilizados y la fosforita ejercieron un efecto positivo en el suelo aumentando su disponibilidad después de un año de su aplicación. En el caso del T6 donde se alcanzó un valor de pH 6,0 a los doce meses, se logró un incremento en el contenido de fósforo disponible, esto posiblemente se deba a este incremento del pH del suelo.
- ✚ Se evidencia que la aplicación de abonos orgánicos y minerales naturales mejoran la capacidad productiva de los suelos ácidos cafetaleros.
- ✚ Los abonos orgánicos bocaschi, y lombricompost son una alternativa ecológica viable de adquisición local que mejora los rendimientos en el cultivo de café en dosis de 1 a 2 kg por planta y que presenta repuesta favorable en el suelo y la planta, después

de los seis meses de su aplicación e incrementándose paulatinamente al año.

- ✚ La aplicación de abonos orgánicos tipo bocaschi, lombricompost, pulpa de café en dosis de 1,5 a 3 Kg/planta en plantaciones de café ejerce un efecto positivo en el suelo y la producción del cultivo.

## RECOMENDACIONES

- ✚ Continuar la aplicación de los abonos orgánicos y minerales utilizados por un periodo de mayor a un año para evaluar el efecto de los tratamientos no solamente en el suelo sino en la planta y en la calidad organoléptica del grano.
- ✚ Establecer esta experiencia en otros municipios y localidades en zonas cafetaleras del estado Portuguesa.
- ✚ Promover el uso de los abonos orgánicos y minerales naturales en los caficultores de la zona alta del estado Portuguesa mediante programas técnicos desarrollados por instituciones gubernamentales relacionadas con el desarrollo de la caficultura (Plan Café, FONDAS, MPPPA, MPPAT, MPPCTII- FUNDACITE, entre otras).
- ✚ Combinar el uso de abonos orgánicos y minerales de acuerdo a las diferencias mostradas en los análisis de suelo.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Alan 1992. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Ediciones Mundi-Prensa Vol. 1. 1060 pp.
- Alaluna y Zavala 2000. Efecto de la roca fosfórica y materia orgánica en la producción de café [Pagina web en línea]. En: <http://www.lamolina.edu.pe/faculta/agronomia>. [2000]. [Consulta: junio 15, 2006].
- American Society of Agronomy 1982. Method of Soil Análisis part 2.
- ANL. 1999. Asociación Nacional de Lombricultura. Lima, Perú.
- Araya R. y Castro C. 1998. Dosis, fuentes y aplicación del fósforo al suelo en dos suelos cafetaleros de Costa Rica. [Pagina Web en línea]. En: <http://www.infoagro@mag.go.cr>. [Consulta: junio 15, 2006].
- Berkelaar 2001. Efecto del aluminio en suelos. Echos Technical. [Pagina. Web línea [En etwork/modules.php?name=News&file=print&sid=778-20k..](http://Enetwork/modules.php?name=News&file=print&sid=778-20k..) [Consulta: julio 15, 2004].
- Bertsch, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. Universidad de Costa Rica 9 pp.
- Braeune, M., Ortiz, R. y MacVean C. (2005). Efecto de la aplicación de cal dolomítica y yeso agrícola en cafetos. [Boletines web en línea] En: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1858E/A1858E.PDF>
- Buckman, H. y Brady, N. 1982. Naturaleza y propiedades de los suelos. 2da ed. UTEHA. Nueva York. Pp.135-162.

CENICAFE 1996. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. .  
[Boletines en línea] En: <http://www.icafe.go.cr/icafe/boletines/pz12.pdf>. [1996]. [Consulta: junio 20, 2006].

Coronado, M. 1997. Composición química de diversos abonos orgánicos.  
[Pagina web en línea].En [htt://www.ciedperu.org/articulos/organico.htm](http://www.ciedperu.org/articulos/organico.htm) - 102k. [Consulta 20, junio 2006].

COMERMA, J. A. 1970. Caracterización mineralógica de algunos suelos del Occidente de Venezuela. *Agronomía Tropical* 20 (4): 227-247.

Dietrich, Z. 1999. Proyecto de café. Colegio La Salle. Costa Rica. [Artículo web en línea].En: <http://www.momografias.com>. [1999]. [Consulta: junio 20, 2006].

Evans, C., Kamprath, E.J. 1970. Lime response as related to percent Al Saturation, solution Al and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* Pp. 893-896.

Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua. 2009. Guía técnica de conservación de suelos y agua [funica.org.ni/docs/conser\\_sueyagua\\_02.pdf](http://funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_02.pdf)

García, A. N. 1988. Cafetales y café. Ministerio de Agricultura y Tierra Caracas, Venezuela Pp.114-120.

Gomero. O. y Velásquez H. 1999. Bases conceptuales y programáticas para el manejo ecológico de suelos. En: <http://www.ciedperu.org/>. [1999]. [Consulta: junio 20, 2006].

González Lanza 2001. Interpretación de Análisis de suelos Subproyecto Edafología II Unellez- Guanare 10 p.

Herrera 2006. Suelo Nutrición y Fertilización del Café [Documento Web en línea]. En: [www.cafedehonduras.org/ihcafe/.../tec\\_guia\\_suelo\\_nutricion.pdf](http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/.../tec_guia_suelo_nutricion.pdf) [consulta octubre 20, 2009]

Instituto del Café Costa Rica 2001. Pulpa de café como abono orgánico. [Revista web en línea 3:1]. En: [www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja3.pdf](http://www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja3.pdf) [Costa Rica. 2001]. [Consulta: julio 30, 2007].

Instituto del café Costa Rica 2001. Oficina Regional Naranjo, Valle Central Occidental. [Revista web en línea 1:1]. En: [www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja1.pdf](http://www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja1.pdf). [Costa Rica. 2001].

Jiménez, L., Larreal, M. y Noguera, N. 2004. Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. *Rev. Fac. Agron.* [Revista en línea 21:311-321]. En [SXCC](http://www.scielo.org.ve./scielo.php?script) [http://www.scielo.org.ve./scielo.php?script.](http://www.scielo.org.ve./scielo.php?script) [Consulta : julio, 202007].

Jiménez, L. 1998. Efectos del estiércol bovino sobre algunas propiedades químicas de un Ultisol degradado en el área de la Machiques Colón, estado Zulia. Tesis Magíster Scientiarum UNELLEZ, Guanare. Pp 66-100.

Kamprath, E. J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Pp. 252-254.

Kamprath, E. J. 1967. La acidez del suelo y la aplicación de cal en suelos de regiones tropicales húmedas. Drosdoff M. y otros. Argentina. Pp 171-184.

Laboratorio de Suelo y Fitopatología Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centro Occidentales 2009. Guanare estado Portuguesa.

Larreal, M. Salazar, E., Chacon, E., Hernández, S. y Jiménez, A. 2003. Estudio de Suelo Gran visión Cuencas Altas Guanare- Masparro. M.P.P.P. Ambiente 24-25 pp.

López, M., Alfonso, N., Floretino, A. Y Pérez M. 2006. Dinámica del fósforo y reducción del aluminio intercambiable en un Ultisol sometido a manejo conservacionista En: [http://cielo.org.ve/cielo.php?script=sci\\_arttex&pid=S0378-8442006000400009&lng=pt&nrm=iso](http://cielo.org.ve/cielo.php?script=sci_arttex&pid=S0378-8442006000400009&lng=pt&nrm=iso). [ISSN 0378-1844](http://cielo.org.ve/cielo.php?script=sci_arttex&pid=S0378-8442006000400009&lng=pt&nrm=iso). [2006 abril]. [Consulta julio,15 2006]

López, M. 2007. ¿ Es posible incrementar la capacidad productiva de suelos ácidos tropicales utilizando abonos orgánicos?. Rev.CENIAP En: 1690-4117[Abril 2007]

López, j., Díaz, A. , Martínez, E. 2001. abonos orgánicos y su efectos en las propiedades físico química en cultivo de maíz. [documento en línea] En [www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf](http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf) - [Consulta: septiembre 26, 2009]

Mata y Ramírez 2002. Instituto del Café de Costa Rica. [Revista wed en línea]. En: [http:// www.allbusiness.com/central-america/costa-rica/622059-1.html](http://www.allbusiness.com/central-america/costa-rica/622059-1.html) - 90k [Costa Rica. 2002].

Matheus. 2000. Evaluación Agronómica del uso de un Biofertilizante en el Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría. UNELLEZ, Guanare. 128 pp.

Matheus. 2007. Agricultura Andina [publicación web en línea / Volúmen 13] Julio - Diciembre 2007 27-38 pp]  
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27873/1/articulo3.pdf>  
f [Consulta: octubre 20, 2009]

Mehlich. 1976. New Buffer pH method for rapid estimation of exchangeable acidity and lime requirement of soils. *Commun Soil Sci. Plant Anal* 637- 652 pp.

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. 2006. precipitación del Estado Portuguesa Periodo 1981-2003 40pp.

Ministerio del Poder Popular Para la Agricultura y Tierra Unidad Estatal Portuguesa 2005. Anuario Estadístico.

Mora. 2001. Instituto del café Costa Regional Coto Brus, . [Revista web en línea 1:1]. En: [http:// www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja1.pdf](http://www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja1.pdf).

Monge, L. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del cultivo del café orgánico en Costa Rica [documento en Línea]. En:  
[http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa\\_archivos/documentos/tec\\_nutricion\\_fertilizacion.pdf](http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_nutricion_fertilizacion.pdf) [ Consulta: Octubre 25, 2009].

Murillo. 2004. Instituto Regional del Café Costa Rica Coto Brus. [Revista web en línea] En: [http:// www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja1.pdf](http://www.icafe.go.cr/icafe/Boletines/Naranja1.pdf). [Costa Rica. 2004].

- Obando, J., Fonseca y Ramírez, G. 1998. Efecto de la interacción de la fertilización química y orgánica sobre la producción de café. [Artículo web en línea]. En: <http://www.infoagro.go.cr/> - [Costa Rica. 1998]. [Consulta junio,10, 2005]
- Organización Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) 2001. Manual Buenas prácticas en cultivo de café orgánico. Organismo Internacional Regional de sanidad Agropecuaria. Costa Rica. 63p.
- Ortiz, E.M., Zapata, H.R, Siavosh, S.K. 2006. Propiedades de la materia orgánica y capacidad complejante sobre el aluminio en algunos suelos Ándicos en Colombia Revista CENICAFE 57 (1) 51-57.
- Osorio 2008. Muestreo de suelo Universidad Nacional de Colombia Medellín. [Publicaciones web en línea]. En <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf> [Consulta: Septiembre 10, 2009].
- Pavan, M. 2000. El manejo de los suelos ácidos cafetaleros. CENICAFE [Resumen, revista en línea]. En [orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=café](http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=café) [Consulta julio 24, 2006].
- Pavón, S., 2005. Residuos sólidos de café. [Artículo Web] En <http://ww.cubasolar.cu/biblioteca/scolar09/HTML/a> [2005]. [Consulta: junio 20, 2005].
- Pérez, A., Céspedes, C. Nuñez P. 2008. Caracterización Físico Química y Biológica de Enmiendas Orgánicas Aplicadas en la Producción de cultivos en República Dominicana. [Publicaciones en línea]. En

<http://www.revistasueloynutricionvegetal.cl/index.php?...task..>  
[consulta: septiembre 26, 2009].

Pujol, R., Zamora, L., Samarrusia M., Bonilla F. 1998. En:  
<http://www.mideplan.go.cr/sinades/publicaciones/cambio-actitud/Articulo%20Caso%20del%20Cafe.html> [Consulta Julio 20, 2006].

Rodríguez j., P. 2006. Lomdricultura, Instituto Hondureño del café  
Litografía López Hondura, Tegucigalpa 38 pp.

Rodríguez y Viera. 2002. Bioabono de pulpa de café. [Publicaciones web en línea]. En: <http://www.pasolac.org.ni/files/publicaciones/1175041790IHcafe.pdf>. [Honduras 2002]. ]. [Consulta: junio 15, 2006]

Red de Acción en alternativas al uso de Agroquímicos 1999. [Documento en línea]. En: <http://www.geocities.com/raaaperu.actua.html>.

Rodríguez y Viera. 2002. Bioabono de pulpa de café. [Publicaciones web en línea]. En: <http://www.pasolac.org.ni/files/publicaciones/1175041790IHcafe.pdf>. [Honduras 2002]. [Consulta: junio 15, 2006]

Rojas M. 2003. Manejo de la acidez en suelo. Instituto del Café Costa Rica  
Boletín Informativo 3 (1): 4-6

Russell 1973. Russell's Soil conditions and plant growth. Eleventh edition  
24 p.

Salazar 2008. Roca Fosfática. [Publicaciones web en línea] En:  
[http://www.fsalazar.bizland.com/PQI\\_FOSFATOS.doc](http://www.fsalazar.bizland.com/PQI_FOSFATOS.doc) [Consulta: octubre 15, 2009]

- Salazar, E., Chacon, E., Larreal, R. 1982. Niveles de aluminio intercambiable en suelos del área cafetalera de los municipios Sucre y José Vicente Uнда estado Portuguesa. Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, Guanare. Series de informes técnicos zona 8/IT/40 10 pp.
- Sanchez, P. A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. J. Wiley and Sons, New York 618 pp.
- Schreffler, A.M. and Sharpe W. 2003 Effects of lime, fertilizer, and herbicide on forest soil and soil solution chemistry, hardwood regeneration, and hardwood growth following shelterwood harvest. *Forest Ecol. Manag.* 177: 471 - 484. 2003.
- Torres C. 2000. Lombricultura. Documento Web En: [www.agrobit.com/.../1\\_6\\_Lombricu%5C333\\_mi000011lo%5B1%5D.htm](http://www.agrobit.com/.../1_6_Lombricu%5C333_mi000011lo%5B1%5D.htm)
- Uribe y Salazar 1983. Agricultura Orgánica. [pagina web en línea 65:123-129 ]. En web CATIE [ac.cr/información/RMP/rev65/123-129.pdf](http://ac.cr/información/RMP/rev65/123-129.pdf). [Costa Rica. 1998]. [Consulta: julio, 2006]
- Valencia 2009. Residuos de la producción Cafetera para la producción y usos como abonos orgánicos. CENICAFE. [Pagina web en línea] En [www.ucentral.edu.co/.../taller%20abonos%20org%20E1nicos.pdf](http://www.ucentral.edu.co/.../taller%20abonos%20org%20E1nicos.pdf).
- Vargas, M., Briceño, C. 2003. Efecto de la Incorporación de Desechos Agrícolas Biodegradados sobre algunas Características Químicas de un Alfisol de Piedemonte Andino. *Revista de Ciencia y Tecnología* N° 21 : 124-134 pp.

Zamora, F., Tua., D., Torres., D. 2008. Agronomía Tropical V: 58 N° 3  
Maracay septiembre 2008. Publicaciones web. En línea [En:  
http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-  
192X2008000300004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000300004&lng=es&nrm=iso)

## Anexo A

### Análisis de Calicata M002 de la microcuenca Río Chabasquencito del estado Portuguesa.

Perfil 12. U.C M002

Clasif. Tax.: Hapludults

N° Lab.	Prof Cm	% Arena					%			Claf. Tex.	% Esq. Gueso
		Mg	G	M	F	MF	Arena	limo	Arcilla		
162	0-10	7.9	22.6	19.1	19.6	8.5	77.7	18.2	4.1	Af	—
163	19-24	1.8	13.3	34.3	16	3.2	68.6	22.0	9.4	Fa	—
164	24-35	1.6	9.3	19.6	25.2	11.9	67.6	18.0	14.4	Fa	2
165	35-57	1.7	4.3	20.0	25	12.3	63.3	17.3	19.4	Fa	10
166	57-72	3.4	10.8	16.5	13.4	13.2	57.3	13.6	29.1	FAa	2
167	72-97	4.1	12.9	18.3	18.7	7.2	61.2	9.7	29.1	FAa	10
168	97-125	4.1	13.8	18.1	18.8	7.1	60.9	12.5	26.6	FAa	20

N° de Lab.	pH			C.E Mmhos/cm 1:2	C.O.%	% N	C/N	P.Disp. ppm	P Soluble A.C.
	1:1 1:2	1:1	1:1						
162	4.1	3.1	3.3	0.10	1.48	0.13	11	8.8	-
163	4.0	3.4	3.5	0.10	1.48	0.13	11	9.3	-
-164	4.1	3.5	3.6	0.10	0.78	0.07	11	3.8	-
-165	4.3	3.6	3.7	0.10	0.51	0.04	13	2.0	-
166	4.3	3.7	3.8	0.10	0.70	0.06	12	4.5	-
167	4.4	3.7	3.7	0.10	0.43	0.04	11	-	-
168	4.5	3.7	3.8	0.10	0.27	0.02	14	-	-

N° de Lab.	Cat. Inrerc. Me/100g					H+ Al me/100g	CIC		% S.B.		Al Camb. Me/100g
	Ca Total	Mg	Na	K			Ac 1	Suma 2	1	2	
162	0.3	0.1	Trazas	0.1	0.5	5.6	3.5	6.1	14	8	0.6
163	0.2	Trazas	Trazas	0.1	0.3	6.8	4.5	7.1	7	4	1.4
164	0.1	Trazas	Trazas	0.1	0.2	6.6	4.0	6.8	5	2	1.4
165	0.1	Trazas	0.1	0.1	0.3	6.8	3.8	7.1	7	4	1.7
166	0.1	Trazas	0.1	0.1	0.3	11.9	6.8	12.2	4	2	2.1
167	0.1	Trazas	Trazas	0.1	0.2	8.5	7.5	8.7	3	2	2.2
168	0.1	Trazas	Trazas	0.1	0.2	7.2	7.0	7.4	3	2	2.3

Fuente: Estudio de Suelo Gran visión Cuencas Altas Guanare- Masparro, MPPPA 2003.

## Anexo B

## Resultados de los análisis de suelo a los seis meses

TRAT	REP	PH	CE	Al Cmol(+) Kg <sup>-1</sup>	MO %	P Ppm	K Ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu pmm	ZIN pmm
T1	1	3.6	0.26	0.25	3.86	20	75	975	175	13	74	0.6	5
T1	2	4.1	0.31	0	4.53	18	240	1180	175	8	63	0.4	6
T1	3	4.0	0.28	0.40	4.24	40	300	970	200	12	56	0.7	7
T2	3	4.8	0.09	1.45	5.78	140	90	1089	130	17	32	0	5
T2	3	4.8	0.09	1.45	5.78	140	90	1089	130	17	32	0	5
T2	3	4.8	0.09	1.45	5.78	140	90	1089	130	17	32	0	5
T3	1	4.4	0.46	0	4.44	27	185	1715	300	4	79	0.2	10
T3	2	4.1	0.49	0	4.24	28	168	2272	325	4	87	0.2	7
T3	3	3.9	0.37	0.40	4.36	40	135	428	150	12	48	0.4	8
T4	1	3.7	0.10	0.65	4.21	48	80	1014	100	12	48	0.4	8
T4	2	4.6	0.17	0.40	4.28	23	175	1290	225	3	50	0.2	7
T4	3	4.3	0.10	0	4.39	22	140	860	100	6	43	0.5	6
T5	1	4.4	0.25	0	4.33	47	400	723	75	8	44	0.3	5
T5	2	4.0	0.3	0.20	3.61	47	100	603	100	16	42	0.4	6
T5	3	3.9	0.25	0	3.61	43	80	705	25	11	49	0.5	5
T6	1	5.3	0.40	0	4.53	30	150	1440	375	4	53	0.3	3
T6	2	5.6	0.60	0	4.41	46	150	2405	325	1	28	0.2	2
T6	3	5.9	0.43	0	4.58	19	100	1385	125	1	15	0.2	1

## Anexo C.

**Resultados del análisis de los resultados del suelo al año.**

TRAT	REP	PH	CE	Al Cmol(+) d/S/m Kg <sup>-1</sup>	MO %	P ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm	Fe ppm	Mn ppm	ZIN pmm
T1	1	5.2	0.09	0.20	4.27	38	90	1590	202	10	29	5
T1	2	5	0.09	0.20	4.28	46	90	1412	137	8	21	6
T1	3	4.9	0.10	0.20	3.47	96	105	1482	205	9	46	8
T2	1	5.2	0.13	0.20	3.92	200	253	1637	225	7	34	5
T2	2	4.9	0.13	0.20	3.83	188	150	615	197	11	46	9
T2	3	4.8	0.09	1.45	5.78	140	90	1089	130	17	32	5
T3	1	5.1	0.14	0	4.40	140	135	2297	322	9	48	12
T3	2	5.2	0.18	0	5.14	80	300	935	322	7	73	12
T3	3	4.8	0.09	1.37	4.27	174	175	827	185	18	47	8
T4	1	5.5	0.17	0	4.30	38	140	1077	305	3	42	8
T4	2	5.6	0.26	0	5.19	66	168	2900	397	3	35	10
T4	3	5.2	0.15	0.55	3.92	132	240	1220	247	16	46	6
T5	1	5.8	0.23	0.10	4.65	180	310	1860	292	7	23	4
T5	2	4.9	0.10	0.60	4.34	140	105	1242	206	15	34	8
T5	3	5.2	0.15	0.55	3.92	132	240	1120	247	16	46	6
T6	1	6	0.30	1.20	0	28	100	2145	362	3	21	4
T6	2	6.4	0.30	0	3.37	62	75	2207	352	4	13	2
T6	3	5.6	0.25	0.35	4.25	47	200	1612	380	15	61	4

## ANEXO D.

**Análisis de la Varianza para los tratamientos después de los seis meses**

		Valores de F y su significancia.										
Bloq.	2	Al <sup>1</sup>	pH	MO	P	K <sup>1</sup>	Ca <sup>1</sup>	Mg	Mn	CE	Cu <sup>1</sup>	Zn
Trat	5	6.12	10.26	7.04	13.60	0.27	2.38	4.22	4,83	32.67	9.38	11.29
(P)		0.01	0.002	0.008	0,001	0,9	0.13	0,03	0.02	0.000	0.003	0.001
Sig.		*	**	**	**	ns	ns	*	*	**	*	**
CV%		29	7.55	6.16	24	33	17,8	16,62	22	14.4	16	19

<sup>1</sup>Datos transformados

\* Significativo, \*\* Altamente significativo

Fuente: cálculos propios.

**ANEXO E****Análisis de la Varianza a los doce meses de aplicación**

		Valores de F y su significacia										
Bloq.	2	Al <sup>1</sup>	pH	MO	P <sup>1</sup>	K <sup>1</sup>	Ca <sup>1</sup>	Mg	Mn <sup>1</sup>	CE	Fe <sup>1</sup>	Zn
Trat	5	2,37	7,71	1,07	6,29	1,20	0,88	9,18	9,18	8,42	1,95	5,12
(P)		0,11	0,003	0,4	0,007	0,3	0,52	0,008	0,01	0,002	0,17	0,01
Sig.		ns	**	ns	**	ns	ns	**	*	**	ns	*
CV%		54	4,60	12,53	18	23	19	20	4,18	25	9,83	27

<sup>1</sup>Datos trasformados

Fuente: cálculos propios

**ANEXO F****Prueba no Paramétrica de Friedman para Al**

Variable	Al
X <sup>2</sup>	9,5
Significación	0,0087

Fuente: cálculos propios



## ANEXO H



Figura 26 Aplicación de los abonos orgánicos



Figura 27 Planta de café madura para la cosecha

## Anexo I

## Comparación de Media Tukey a los doce meses

Statistix 8.0  
01:53:45 p.m.

20/10/2009,

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of AL for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T2	0.6167	A
T6	0.5167	A
T3	0.4567	A
T5	0.4167	A
T1	0.2000	A
T4	0.1833	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.3903  
Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 1.3535  
Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of PH for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T6	6.0000	A
T4	5.4333	AB
T5	5.3000	B
T1	5.0333	B
T3	5.0333	B
T2	4.9667	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.1987  
Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 0.6890  
Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T3	4.6033	A
T2	4.5100	A
T4	4.4700	A
T5	4.3033	A
T1	4.0067	A
T6	3.8733	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.5650  
Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 1.9591  
Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of FOSFORO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T2	176.00	A
T5	150.67	AB
T3	131.33	ABC
T4	78.67	ABC
T1	60.00	BC
T6	45.67	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 29.878  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 103.60  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means  
 are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of POTASIO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T5	218.33	A
T3	203.33	A
T4	182.67	A
T2	164.33	A
T6	125.00	A
T1	95.00	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 64.174  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 222.52  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MAGNESIO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T6	364.67	A
T4	316.33	AB
T3	276.33	AB
T5	248.33	AB
T2	184.00	B
T1	181.33	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 42.553  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 147.55  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are 2 groups (A and B) in which the means  
 are not significantly different from one another.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MANGANESO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T3	56.000	A
T4	41.000	A
T2	37.333	A
T5	34.333	A
T1	32.000	A
T6	31.667	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 11.403  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 39.541  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CALCIO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T6	1988.0	A
T4	1732.3	A
T1	1494.7	A
T5	1407.3	A
		T3 1353.0 A
T2	1113.7	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 487.86  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 1691.7  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of HIERRO for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T5	12.667	A
T2	11.667	A
T3	11.333	A
T1	9.000	A
T4	7.333	A
T6	7.333	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 2.7555  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 9.5545  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are no significant pairwise differences among the means.

**Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CE for TRAT**

TRAT	Mean	Homogeneous Groups
T6	0.2833	A
T4	0.1933	AB
T5	0.1600	B
T3	0.1367	B
T2	0.1167	B
T1	0.0933	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0331  
 Critical Q Value 4.904 Critical Value for Comparison 0.1148  
 Error term used: REP\*TRAT, 10 DF  
 There are 2 groups (A and B) in which the means  
 are not significantly different from one another

