

**EVALUACION DE CUATRO METODOS PARA DETERMINAR LOS  
REQUERIMIENTOS DE CAL EN TRES SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO, COLOMBIA**

**EDISON VLADIMIR GAVIRIA BOLAÑOS  
JOHANA ELIZABETH PABON VILLALOBOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2008**

**EVALUACION DE CUATRO METODOS PARA DETERMINAR LOS  
REQUERIMIENTOS DE CAL EN TRES SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO, COLOMBIA**

**EDISON VLADIMIR GAVIRIA BOLAÑOS  
JOHANA ELIZABETH PABON VILLALOBOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al titulo de  
INGENIERO AGRONOMO**

**Presidente de tesis  
JESUS ANTONIO CASTILLO FRANCO I.A., Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AGRONOMICA  
SAN JUAN DE PASTO  
2008**

## **CONTENIDO**

	<b>pág.</b>
INTRODUCCION	<b>6</b>
<b>1. METODOLOGIA.</b>	<b>7</b>
<b>1.1. CUANTIFICACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAL.</b>	<b>7</b>
<b>1.1.1. Método de Dunn.</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2. Método de Titulación.</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3. Método de Incubación.</b>	<b>8</b>
<b>1.1.4. Método Biológico.</b>	<b>8</b>
<b>2. RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	<b>10</b>
<b>3. CONCLUSIONES.</b>	<b>18</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>19</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Incrementos de pH para el suelo de San Fernando, de acuerdo con las metodologías de evaluación.	<b>11</b>
<b>Figura 2.</b> Incrementos de pH para el suelo de Yacuanquer, de acuerdo con las metodologías de evaluación.	<b>12</b>
<b>Figura 3.</b> Incrementos de pH para el suelo de Cabrera, de acuerdo con las metodologías de evaluación.	<b>13</b>
<b>Figura 4.</b> Prueba de comparación de medias para la variable materia seca de parte aérea en el suelo de San Fernando.	<b>14</b>
<b>Figura 5.</b> Prueba de comparación de medias para la variable materia seca de parte aérea en el suelo de Yacuanquer.	<b>15</b>
<b>Figura 6.</b> Prueba de comparación de medias para la variable materia seca de parte aérea en el suelo de Cabrera.	<b>16</b>

**EVALUACION DE CUATRO METODOS PARA DETERMINAR LOS  
REQUERIMIENTOS DE CAL EN TRES SUELOS DEL DEPARTAMENTO DE  
NARIÑO, COLOMBIA<sup>1</sup>**

**EVALUATION OF FOUR METHODS THAT WERE USED TO DETERMINE THE  
NECESSITY OF LIME ON THREE NARIÑO DEPARTMENT SOILS IN  
COLOMBIA**

Jesús Castillo F.<sup>2</sup>  
Edison Gaviria B.<sup>3</sup>  
Johana Pabón V.<sup>4</sup>

**RESUMEN**

La presente investigación se realizó en el invernadero y los laboratorios de la Universidad de Nariño (Pasto, Colombia), utilizando tres suelos ácidos del Departamento de Nariño (San Fernando, Yacuanquer y Cabrera), se compararon cuatro metodologías de evaluación (Dunn, Titulación, Incubación y Método Biológico), se determinó las curvas de encalamiento, los requerimientos de  $\text{CaCO}_3$  y la metodología apropiada en análisis de rutina. Para el método biológico se trabajó bajo condiciones de invernadero, se obtuvo datos de materia seca mediante el uso de una especie indicadora (*Zea mays L.*), utilizando un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar con tres localidades, nueve dosis crecientes de  $\text{CaCO}_3$  y tres repeticiones.

El análisis estadístico de los resultados, muestra que en el suelo de San Fernando el método de Dunn presenta una correlación altamente significativa con el método de Incubación ( $r = 0.98^{**}$ ); para los suelos de Yacuanquer y Cabrera el método de Titulación presenta la mayor correlación ( $r = 0.97^{**}$ ).

---

<sup>1</sup>Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Agrónomo.

<sup>2</sup>Profesor Asistente. I. Agr. Msc. PhD. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia.

E-mail:castilloja@telecom.com.co.

<sup>3</sup>Estudiante tesista. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. E-mail:gaviria.edison@gmail.com.

<sup>4</sup>Estudiante tesista. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. Colombia. E-mail:johanap.@gmail.com.

La comparación de prueba de medias de materia seca de parte aérea sugiere en San Fernando y Yacuanquer la dosis 4 ton de  $\text{CaCO}_3$  y en Cabrera la aplicación 2 ton de  $\text{CaCO}_3$  para obtener una mayor respuesta biológica.

**Palabras Clave:** Acidez, Encalado, Capacidad Buffer, pH.

### **ABSTRACT**

This experiment was carried out in a greenhouse and the Nariño University's laboratories. Three acid soils from the Department of Nariño were used (from San Fernando, Yacuanquer and Cabrera). Four evaluation methods were compared (Dunn, Qualifications, Incubation and Biological method), the liming was determined by means of curves, the requirements of  $\text{CaCO}_3$  and the methodology deemed suitable in routine analysis. For the biological method we worked in greenhouse conditions and obtained results from dry materials by using a sample species (*Zea mays L.*) using plots divided into blocks with three localities, a rising doses of  $\text{CaCO}_3$  and t three repetitions.

The statistical analysis of the results show that in the soil in San Fernando the Dunn method shows a strong correlation with the Incubation method ( $r=0.98^{**}$ ); for the soils in Yacuanquer and Cabrera the Qualification method shows the strongest correlation ( $r=0.97^{**}$ )

The comparison of samples of dry material from surface level suggest that in San Fernando and Yacuanquer 4 tonnes of  $\text{CaCO}_3$  and in Cabrera the application of 2 tonnes of  $\text{CaCO}_3$  to obtain a greater biological result.

**Key words:** Acidity, Liming ,Buffer Capacity, pH.

## INTRODUCCION

En el departamento de Nariño existen una gran diversidad de suelos, producto de la variedad de materiales parentales y condiciones ambientales sobre las cuales se han desarrollado, una particularidad importante en muchos de estos es la fuerte reacción ácida que presentan, que incide directamente en la fertilidad de los suelos, ocasionando alteraciones en el grado de solubilidad de los elementos nutritivos para las plantas y afectando la producción agrícola, además la acidez interviene en otros fenómenos fisicoquímicos como la capacidad de intercambio catiónico, la adsorción de elementos y la presencia de aluminio en forma tóxica para las plantas (Zapata, 2004).

Con el fin de controlar el problema de la acidez e incrementar y sostener los rendimientos agrícolas surge la práctica de encalado que se utiliza básicamente para neutralizar Al, H y Mn intercambiables y suplir de Ca y Mg al suelo; el encalado disminuye el porcentaje de saturación de Al y aumenta la saturación de bases, lo que ocasiona un incremento en el pH del suelo (Pérez, 1986). En la actualidad los agricultores realizan la aplicación de materiales encalantes, sin tener en cuenta ningún parámetro técnico y sin conocer el efecto directo de la cal sobre el suelo, debido a esto surge la necesidad de un método químico que permita hacer determinaciones de requerimientos de cal en forma rápida y precisa, aplicando tan solo las cantidades requeridas por el cultivo. Hasta el momento se han desarrollado diferentes métodos químicos para calcular los requerimientos de  $\text{CaCO}_3$ , sin embargo, los resultados han sido variables de acuerdo a las diferentes características de los suelos y no existe un acuerdo sobre cual es el más conveniente para un suelo determinado.

Debido a la extensión de suelos ácidos que se presentan en el departamento de Nariño, los cuales pueden ser mejor aprovechados si se corrige esa condición, y a la poca información que existe sobre los medios para lograr esto, se desarrolló el presente trabajo con el fin de evaluar cuatro métodos para determinar los requerimientos de  $\text{CaCO}_3$  en las tres localidades

en estudio, establecer la metodología más adecuada para ser utilizada en análisis de rutina en laboratorio y realizar curvas de encalado.

## **1. METODOLOGIA**

La investigación se realizó en el invernadero y los laboratorios de suelos de la Universidad de Nariño; se seleccionaron tres suelos (San Fernando, Yacuanquer y Cabrera), pertenecientes a los ordenes Inceptisol, Alfisol y Andisol respectivamente, clasificados por el IGAC (2003) como de naturaleza ácida (pH 5.0 a 5.5), con un porcentaje de materia orgánica que vario de 6.6 á 21.2%.

En cada localidad se tomaron muestras de suelos de los primeros 30 cm. de profundidad en sitios sin disturbar, estas fueron secadas al aire y pasadas por tamiz N° 10 (2 mm). De cada suelo se tomo una submuestra que fue enviada a los laboratorios de la Universidad de Nariño, para su respectivo análisis.

### **1.1. CUANTIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE CAL**

#### **1.1.1. Método de Dunn.**

Se tomaron 10 g. de suelo seco al aire de las localidades de San Fernando, Yacuanquer, y Cabrera, cada muestra de suelo se depositó en vasos de icopor de 300 ml, se adicionó cantidades crecientes de solución de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0,04N, equivalentes a 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 y 16 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , 3 gotas de cloroformo y 10 ml de agua destilada. Se realizaron dos agitaciones diarias, hasta completar los cuatro días, posterior a esto se determinó con el potenciómetro, el pH de las suspensiones, según la metodología descrita por Tobón y León (1971). Con estos valores se realizaron gráficas de pH versus cantidad de  $\text{CaCO}_3$  aplicada.

#### **1.1.2. Método de Titulación.**

10 g. de suelo, de las tres localidades se depositaron en tubos de ensayo de 25 ml, posteriormente se aplicaron dosis crecientes de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  0,04N equivalentes a 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 y 16 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , más 10 ml de agua destilada, a continuación se

sometieron a ebullición en baño maría, durante cinco minutos, se dejó enfriar, se agitó y se determinó el pH potenciométrico. (De Rojas, 1982), con los valores obtenidos se realizaron las gráficas correspondientes.

### **1.1.3. Método de Incubación.**

A 500 g. de suelo seco y tamizado de las localidades de San Fernando, Yacuanquer y Cabrera, se le añadió dosis crecientes de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , correspondientes a 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 y 16 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , se mezcló cuidadosamente y se colocó en bolsas plásticas de 2 kg, (cada bolsa se colocó sobre bandejas de retención, para evitar pérdidas por lixiviación); posteriormente se humedeció con agua destilada a capacidad de campo, se dejó reposar y se tomó el peso de cada muestra para calcular pérdidas de humedad y reemplazar el agua que se evaporaba. La incubación se mantuvo durante un periodo de cinco meses, al final se determinó el pH con el potenciómetro (De Rojas, 1978); los pH's obtenidos se graficaron versus las ton de  $\text{CaCO}_3$  aplicadas.

### **1.1.4. Método Biológico.**

Los suelos de las localidades de San Fernando Yacuanquer y Cabrera, fueron utilizados para establecer un ensayo en condiciones de invernadero, utilizando maíz (*Zea mays L.*) como indicador biológico (variedad ICA V-305); a las muestras se les añadió cantidades crecientes de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  equivalentes a 0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 y 16 ton  $\text{CaCO}_3$ /ha, se depositaron en bolsas plásticas de 2 kg, (cada bolsa se colocó sobre bandejas de retención para evitar pérdidas por lixiviación), luego se humedeció con agua destilada a capacidad de campo. La incubación se mantuvo por cuatro meses, durante este periodo se aplicó agua con el fin de reemplazar la que se evaporaba (De Rojas, 1978).

Transcurridos los cuatro meses de incubación, se realizó la siembra del indicador biológico y la aplicación de fertilizantes, para suplir requerimientos nutricionales, treinta días después de emergidas las plantas se recolectó la parte aérea, con cortes a ras del suelo; las muestras se colocaron en bolsas de papel, y se llevaron al horno donde se secaron a una temperatura de 75°C, por 48 horas (peso constante) (De Rojas, 1982). Para la evaluación de los datos

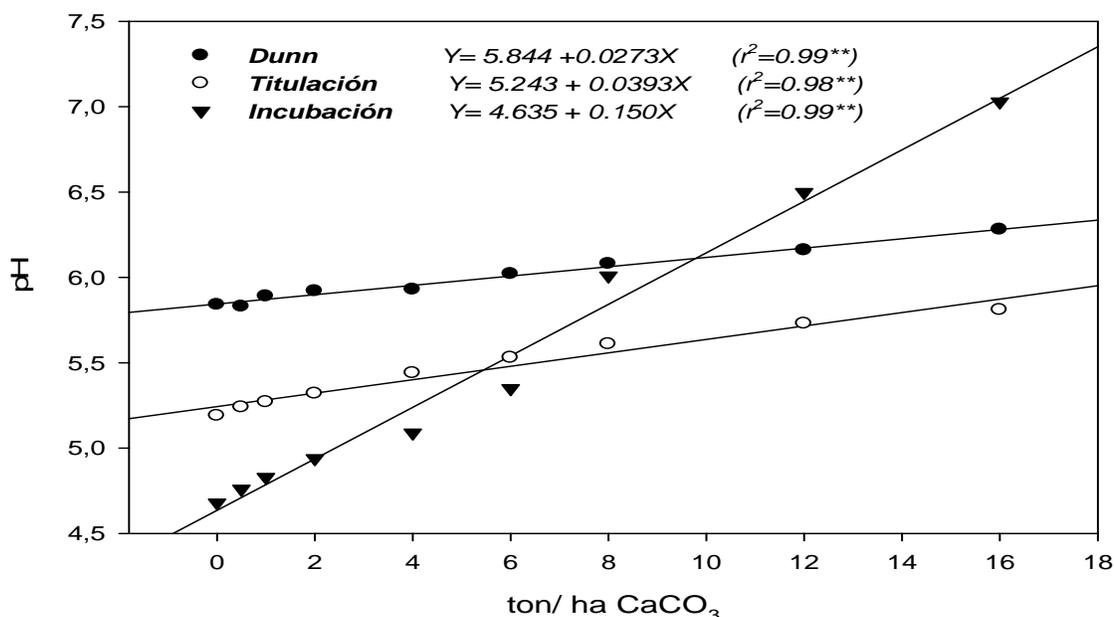
obtenidos con el método biológico, se empleó un diseño de bloques completos al azar, con un arreglo de parcelas divididas; en las parcelas principales se ubicaron los suelos de San Fernando, Yacuanquer y Cabrera; las subparcelas correspondieron a 9 dosis de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  equivalentes a (0, 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 y 16)  $\text{CaCO}_3$  ton/ha.

## 2. RESULTADOS Y DISCUSION

Para el suelo de San Fernando, las curvas de amortiguación (Figura 1), muestran, que en los métodos de Dunn y Titulación, la amortiguación es persistente, es decir, la aplicación de dosis crecientes de  $\text{CaCO}_3$  ejerce crecimientos leves en el pH, presentándose un desplazamiento paralelo de las gráficas de regresión de 5.84 para el método de Dunn y 5.24 para el método de Titulación; las razones de crecimiento son casi similares (0.0273 Dunn y 0.0393 Titulación); por lo que se puede decir que estas lecturas no son confiables debido a que el  $\text{CaCO}_3$  tiene poco tiempo para reaccionar; Correa (1959), encontró que los pH's obtenidos a los 90 días de incubación fueron mayores que los observados a los 30 días, es decir la cal necesita de un tiempo considerable para reaccionar. Lo contrario ocurre en el método de Incubación, la pendiente (0.150) con las aplicaciones de  $\text{CaCO}_3$  muestra mayores incrementos en el pH; se observa que hay una alta respuesta a la aplicación, debido a un mayor tiempo de contacto con el suelo; por otro lado los altos contenidos de materia orgánica 21.2% para este suelo, indican resistencia en las lecturas de 0 á 6 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$  ,debidas a la capacidad amortiguadora (Buffer) de la materia orgánica, que impide cambios notorios en el pH cuando se agregan enmiendas calcáreas, según Zapata (2004), los grupos ácidos de la materia orgánica, así como los sitios de intercambio de las arcillas y los sesquióxidos son capaces de aceptar protones a pH's bajos y mantener amortiguado el suelo, el pH subirá únicamente cuando no encuentre una base conjugada que se asocie a él.

La correlación de Pearson, indica que el método de Dunn (0.98\*\*) estadísticamente poseen un alto grado de correlación con el método de Incubación.

## SUELO - SAN FERNANDO

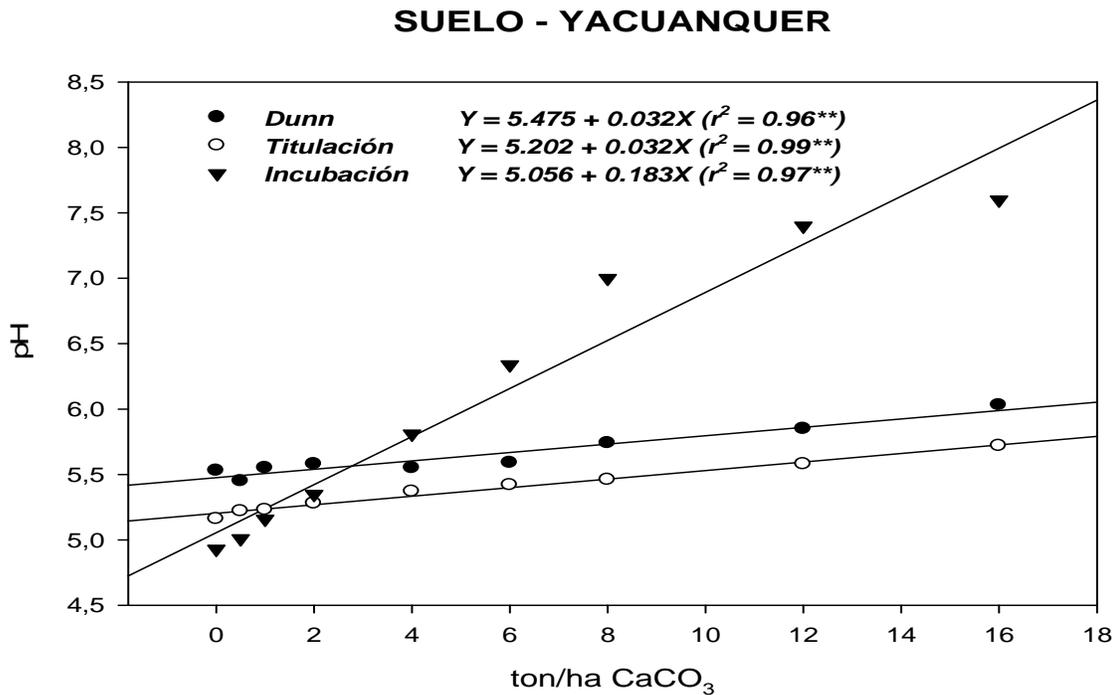


**Figura 1.** Incrementos de pH para el suelo de San Fernando, de acuerdo con las metodologías de evaluación.

En el suelo de Yacuanquer (Figura 2), las aplicaciones crecientes de  $\text{CaCO}_3$  indican que se siguen presentando tendencias similares a las de San Fernando, pero con pendientes menos pronunciadas; las metodologías de Dunn y Titulación, muestran gráficas de regresión paralelas con crecimientos de 0.032 unidades en el pH, diferenciándose en el desplazamiento de los puntos de inicio (5.47) y (5.20) respectivamente; lo que sugiere que contenidos medios de materia orgánica (9.0%), hacen que el suelo sea menos amortiguado, y por tanto se presente una menor resistencia a los cambios de pH (Cepeda, 1991).

Para el método de titulación la razón de crecimiento es de 0.183 unidades, se observa que el tiempo sigue jugando un papel importante dentro de los procesos de reacción del  $\text{CaCO}_3$ , tal como lo indican Bohn, McNeal y O'connor (1993), quienes afirman que las reacciones producidas por cualquier material encalante necesitan como mínimo de dos meses para producir efectos notorios dentro de la dinámica de la solución del suelo; también se observa resistencia a la modificación del pH en las aplicaciones 8 á 16 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , donde parece se presento una alta saturación de bases que provoco que los productos de

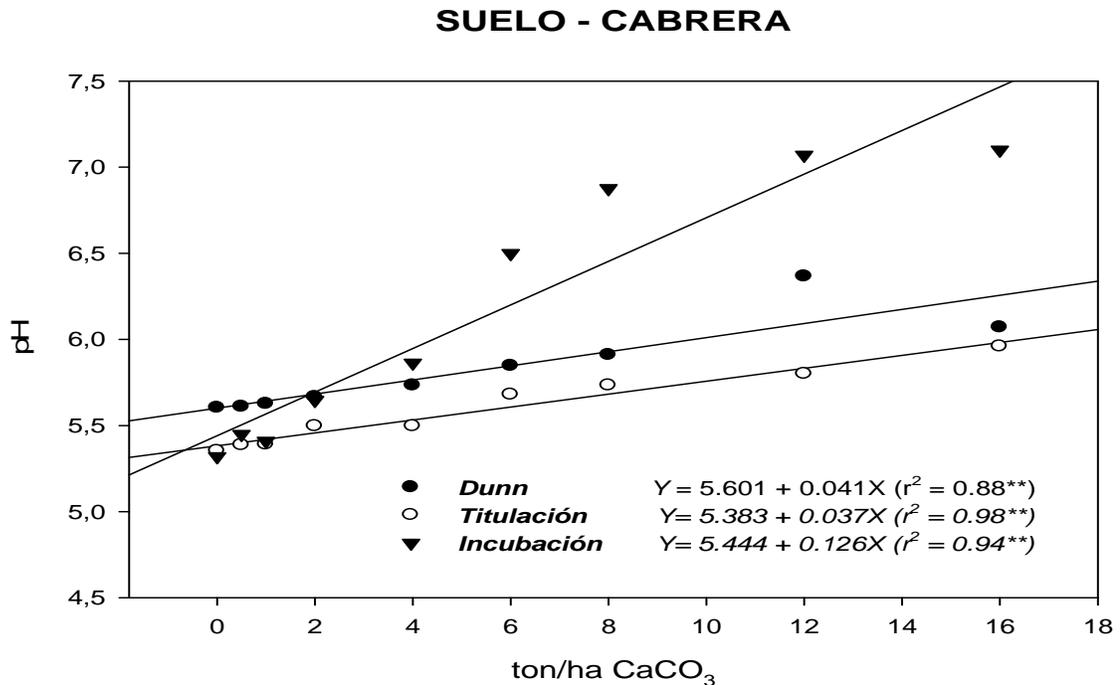
solubilidad se excedieran, y se produjeran crecimientos moderados y poco notorios en el pH (Jaramillo,2002). El método de Titulación, frente al método de Incubación indican un alto grado de asociación estadística (0.97\*\*).



**Figura 2.** Incrementos de pH para el suelo de Yacuanquer, de acuerdo con las metodologías de evaluación.

En Cabrera (Figura 3), se observa que los métodos de Dunn y Titulación siguen presentando una alta amortiguación, con un desplazamiento inicial de 5.601 y 5.383 respectivamente, con pendientes de 0.041 y 0.037, lo que indica que son los métodos los promotores de estas tendencias en las gráficas de los tres suelos, igualmente tiene mucho que ver la influencia volcánica y la presencia de materiales como alófana e imogolita que dan resistencia al suelo ante los cambios de pH; el contenido de alófana presente en las fracciones de limo y arcilla, en asociación con la materia orgánica da a los suelos propiedades especiales, que incluyen gran poder de amortiguación ante los cambios de pH y una alta fijación de fósforo (Medina y Luna, 1970); en el método de Incubación los incrementos de pH son de forma progresiva (0.126), al igual que en las otras localidades

(San Fernando y Yacuanquer), la resistencia se muestra a partir de la aplicación de 8 hasta la 16 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , indicando una alta saturación de bases, es decir la solución del suelo se concentra tanto de Ca, Mg, K, Na que las lecturas de pH se estabilizan (Jaramillo 2002). La correlación de Pearson obtenida, muestra que la mayor correlación estadística se presenta con el método de Titulación 0.97\*\*.

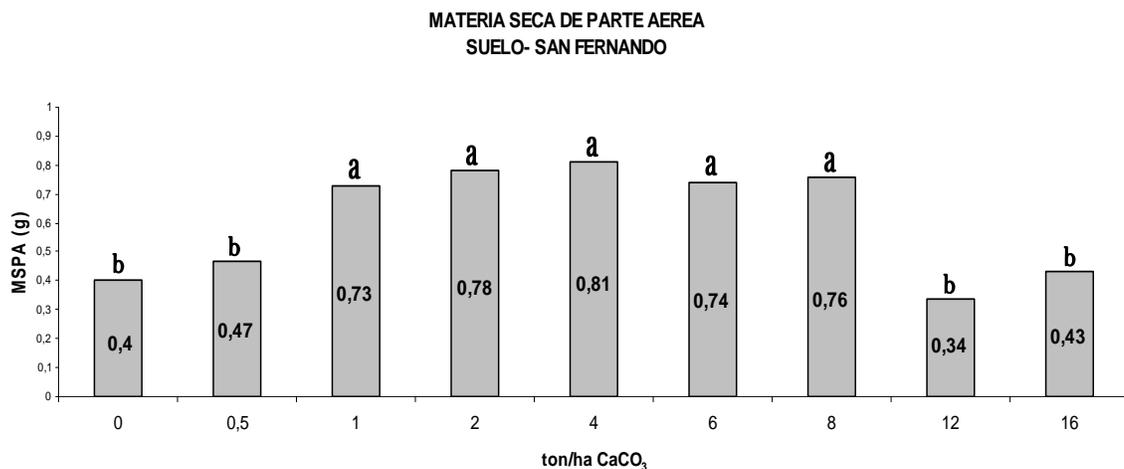


**Figura 3.** Incrementos de pH para el suelo de Cabrera, de acuerdo con las metodologías de evaluación.

La prueba de comparación de medias para la localidad de San Fernando (Figura 4) indica que al incrementar la dosis de  $\text{CaCO}_3$  a 4 toneladas por hectárea, el peso de la materia seca de parte aérea incrementa su valor en 0.81 gramos, siendo estadísticamente similar a las aplicaciones 2, 8, 6 y 1 ton /ha con promedios de 0.78, 0.76, 0.74 y 0.73 gramos, respectivamente; este rango de aplicaciones de  $\text{CaCO}_3$ , muestra que los excesos de acidez se corrigen de la aplicación 1 hasta 8 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , es por esto que se presentan incrementos en la materia seca. En las aplicaciones de 12, 0, 16 y 0.5 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , el desbalance nutricional hace que se obtengan los menores promedios Serpa y Gonzáles

(1979), afirman que al aumentarse las dosis de  $\text{CaCO}_3$  en forma excesiva, la disponibilidad de fósforo, manganeso, boro, zinc y potasio se disminuye, reduciendo considerablemente la producción, de otro lado esta la baja disolución de elementos nutritivos, que a ciertos rangos de pH no están en forma disponible para las plantas y entonces se presenta un desbalance nutricional, que intervienen directamente en la producción de materia seca (De Rojas 1982).

Se observa en el suelo de San Fernando que la solubilización de nutrientes esenciales para la planta, se presenta en escenarios con mayores porcentajes de materia orgánica donde el límite de saturación de fase de cambio provee mejores condiciones para el desarrollo de los cultivos (Jaramillo, 2002).

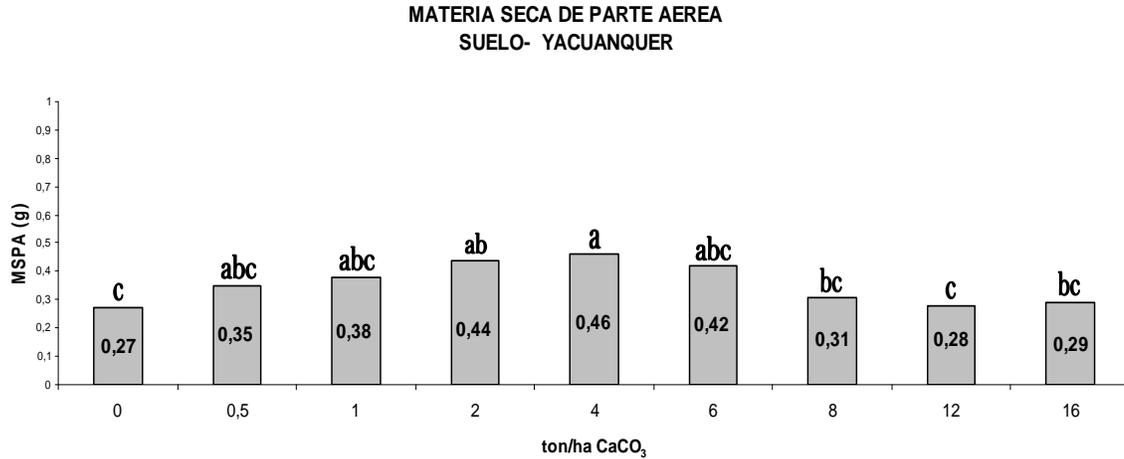


**Figura 4.** Prueba de comparación de medias para la variable materia seca de parte aérea en el suelo de San Fernando.

En Yacuanquer, se aprecia que se mantiene la dosis 4 ton /ha de  $\text{CaCO}_3$  con un valor de 0.46 gramos de materia seca en parte aérea, comportándose estadísticamente igual que las dosis 2, 6, 1, y 0.5 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$  con promedios de 0.44, 0.42, 0.38 y 0.35 respectivamente.

Los promedios mas bajos se obtuvieron con las dosis 0, 12, 16 y 8 ton, aquí se evidencia nuevamente el desbalance producido por la falta de disolución de elementos nutricionales, además se observa que aplicaciones mínimas o excesivas generan disminuciones de peso de materia seca, es decir el suelo permite la aplicación de enmiendas calcáreas hasta encontrar

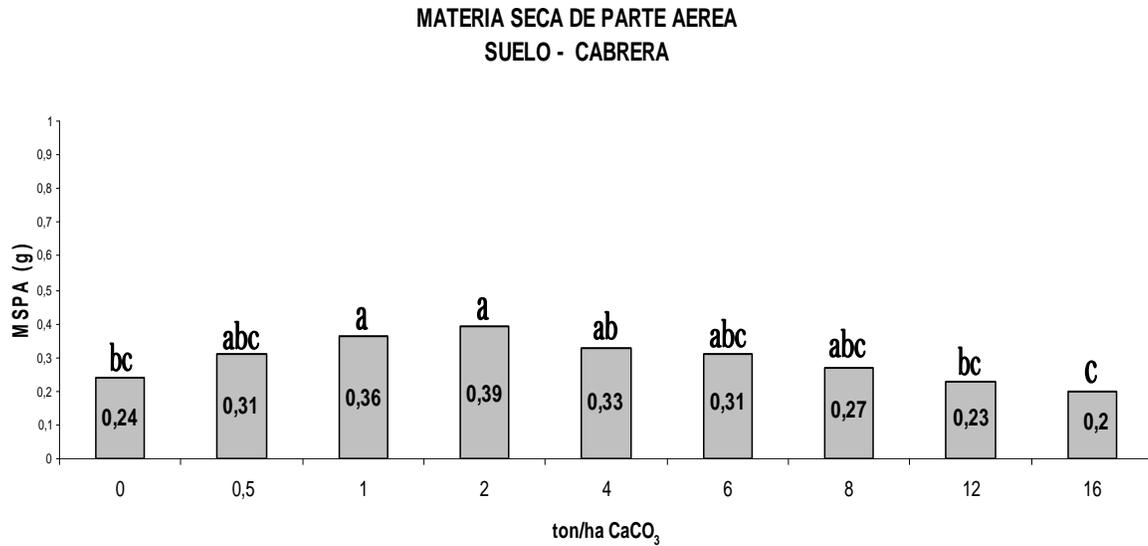
un punto de equilibrio, de ahí en adelante se presentara disminución en el peso de la materia seca por sobreencalamiento; este resultado verifica la hipótesis del mayor equilibrio en la disponibilidad de nutrimentos del suelo, propuesta por Gómez, Bello y Contreras (2001), quienes encontraron que dosis de  $\text{CaCO}_3$  máximas o mínimas en el cultivo de *A.sativa*, producen reducciones en el rendimiento.



**Figura 5.** Prueba de comparación de medias para la variable materia seca de parte aérea en el suelo de Yacuanquer.

En el suelo de Cabrera (Figura 6) la dosis con la que se obtuvo el mayor peso de materia seca fue la de 2 ton /ha de  $\text{CaCO}_3$ , con un valor de 0.39 gramos de materia seca en parte aérea, comportándose estadísticamente igual que las dosis de 1, 4, 6, 0.5 y 8 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , con un valor promedio de 0.36, 0.33, 0.31, 0.31 y 0.27 gramos respectivamente. Los promedios mas bajos se obtuvieron con las aplicaciones de 16, 12 y 0 ton /ha de  $\text{CaCO}_3$ . El peso seco de parte aérea obtenido en esta localidad es inferior al de las otras localidades, posiblemente debido a que estos suelos presentan bajos contenidos de materia orgánica (6.60%) y un marcado desequilibrio nutricional acompañado de deficiencias en elementos menores, entonces la planta no encuentra un adecuado sustrato, para la conversión eficiente de energía, lo que impide una nutrición adecuada a largo plazo además, su textura arenosa puede ser causa de lixiviación de nutrientes, lo que confirma los resultados obtenidos en otros países con este mismo tipo de suelos donde se concluye que

el efecto del encalado es poco o ninguno, por otro lado el maíz en andisoles responde en menor término a las aplicaciones de  $\text{CaCO}_3$  (Burbano y López, 1968).



**Figura 6.** Prueba de comparación de medias para la variable materia seca de parte aérea en el suelo de Cabrera.

SUELO	Materia Seca Parte Aérea g.	DOSIS MAXIMA RESPUESTA METODO BIOLÓGICO	METODO DUNN	METODO TITULACION	METODO INCUBACION
<b>SAN FERNANDO</b>	0.81	4	3.18	5.05	3.03
<b>YACUANQUER</b>	0.47	4	2.34	5.25	4.12
<b>CABRERA</b>	0.39	2	3.16	1.68	1.65

**Cuadro 1.** Requerimientos de Cal (ton/ ha de  $\text{CaCO}_3$ ), determinados por diferentes métodos.

En el cuadro 1 aparecen los requerimientos de  $\text{CaCO}_3$  determinados por los diferentes métodos químicos al remplazar las ecuaciones de regresión y la cantidad de  $\text{CaCO}_3$  con la cual el cultivo produjo su mayor peso de materia seca, se observa que en San Fernando el promedio mas alto de materia seca de parte aérea es de 0.81 g. con la dosis de 4 ton/ha para el método biológico; para Dunn la dosis requerida fue 3.18 ton/ha, siendo esta la más

cercana a la de máxima respuesta, con una variación del 20.05% con respecto al método Biológico, seguido por el de Incubación con 24.25% y finalmente Titulación 26.25%.

En el suelo de Yacuanquer, la dosis de máxima respuesta fue la de 4 ton/ha, con un promedio de 0.47 g. de materia seca de parte aérea, el método de Incubación es el que más se acerca a esta dosis con 4.12 ton/ha, y una diferencia del 3%; seguido por los métodos de Titulación 31.25% y Dunn con un 41.5%.

En Cabrera se observó que la dosis de máxima respuesta fue inferior a la de los suelos de San Fernando y Yacuanquer con 2 ton/ha y un promedio de 0.39 g. de materia seca de parte aérea, posiblemente los bajos contenidos de materia orgánica hacen que este suelo requiera bajas cantidades de  $\text{CaCO}_3$ ; por otro lado su textura arenosa puede ser causa lixiviación de nutrientes. La dosis obtenida con el método de Titulación es la que más se acerca a la del método biológico con una diferencia de tan solo el 16%, seguido por Incubación con 17.5% y Dunn con 58%.

### 3. CONCLUSIONES

El análisis estadístico de los resultados, muestra que en el suelo de San Fernando el método de Dunn presenta una correlación altamente significativa con el método de Incubación ( $r = 0.98^{**}$ ); para los suelos de Yacuanquer y Cabrera el método de Titulación presenta la mayor correlación ( $r = 0.97^{**}$ ).

En las localidades de San Fernando, Yacuanquer y Cabrera, los métodos de Dunn y Titulación se oponen fuertemente a las variaciones de pH, la causa de este fenómeno es el poco tiempo de reacción del  $\text{CaCO}_3$  con el suelo, y la influencia que ejercen los suelos de carga variable provenientes de materiales volcánicos.

El método de Incubación para los suelos de San Fernando, Yacuanquer y Cabrera propone lecturas de pH más acordes a la realidad, debido al prolongado tiempo de contacto entre el  $\text{CaCO}_3$  y el suelo.

La dosis de  $\text{CaCO}_3$  recomendada para obtener una mayor respuesta biológica en el suelo de San Fernando y Yacuanquer es 4 ton/ha y para Cabrera 2 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ .

Se evidencia que dos factores influyen sobre los requerimientos de  $\text{CaCO}_3$ , ellos son la materia orgánica y el contenido de arcilla; a mayores contenidos en el suelo, mayores requerimientos de  $\text{CaCO}_3$  y viceversa.

En suelos de textura arcillo arenosa con bajos contenidos de materia orgánica puede observarse que pasadas las 8 ton/ha de  $\text{CaCO}_3$ , la saturación de bases hace que los productos de solubilidad se excedan, y se presenten pH's estables.

## BIBLIOGRAFIA

BOHN, L., Mc NEAL, B. y O'CONNOR, G. 1993. Química del suelo. Primera edición, Limusa, México D.C. 363 p.

SERPA, R. y GONZALES, M. 1979. Necesidad de cal en tres suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 3(2):101-108.

BURBANO, H. y LOPEZ, H. 1968. Algunos aspectos del encalamiento en suelos del altiplano de Pasto. Tesis de grado Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Pasto. 45 p.

CEPEDA, J. 1991. Química de suelos. Primera Edición, Universidad Autónoma, México. 109 p.

CORREA, V. 1959. Requerimiento de cal de los suelos orgánicos de "La Selva", Rionegro (Medellín). *Agronomía Tropical*. 15(1):27-32.

DE ROJAS, I. 1978. Evaluación de métodos químicos para determinar requerimientos de cal en suelos ácidos del país. *Agronomía Tropical*. 24(4):259-278.

DE ROJAS, I. 1982. Evaluación de métodos químicos a través de la respuesta del cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum L.*). *Agronomía Tropical*. 33(1-6):83-101.

DE ROJAS, I. 1982. Interpretación de análisis por el método de titulación con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . *Agronomía Tropical*. 33(1-6):443-458.

GOMEZ, I., BELLO, F. y CONTRERAS, H. 2001. Evaluación de la aplicación de correctivos calcáreos y orgánicos en la rehabilitación de un suelo sulfatado ácido en Boyacá bajo condiciones de Invernadero. *Suelos Ecuatoriales*. 31(2):175-179.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. 2003. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. [ CD-ROM ]. IGAC.

JARAMILLO, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Primera edición, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 613 p.

MEDINA, H. y LUNA, C. 1970. Revisión de las investigaciones sobre los suelos ácidos y encalamiento realizados en Colombia. *Suelos Ecuatoriales*. 3(1):113-130.

PEREZ, R. 1986. Efecto del encalado en la neutralización del aluminio intercambiable y sobre el crecimiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*). *Agronomía Tropical*. 36(1):89-110.

TOBON, J. y LEON, L. 1971. Comparación de varios métodos para determinar requerimientos de cal en algunos suelos colombianos. *Suelos Ecuatoriales*. 3(1): 66-83.

ZAPATA, R. 2004. Química de la acidez del suelo. Primera Edición, SCCS. Medellín. 207p.