

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UNA ENMIENDA CALCÁREA EN
LA PRODUCCIÓN DE *Brachiaria brizantha* EN UN SUELO
ULTISOL DE POCOSOL, SAN CARLOS**

RONY ESTEBAN SALAS ARAYA

Práctica de especialidad presentada a la Escuela de Agronomía como requisito
parcial para optar al grado de
Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2006

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UNA ENMIENDA CALCÁREA EN
LA PRODUCCIÓN DE *Brachiaria brizantha* EN UN SUELO
ULTISOL DE POCOSOL, SAN CARLOS**

RONY ESTEBAN SALAS ARAYA

Práctica de especialidad presentada a la Escuela de Agronomía como requisito
parcial para optar al grado de
Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2006

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UNA ENMIENDA CALCÁREA EN
LA PRODUCCIÓN DE *Brachiaria brizantha* EN UN SUELO
ULTISOL DE POCOSOL, SAN CARLOS**

RONY ESTEBAN SALAS ARAYA

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Parménides H. Furcal Berigüete. M. Sc. _____
Asesor

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey. M. Sc. _____
Jurado

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo. M. Sc. _____
Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE. _____
Coordinador
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Olger Murillo Bravo. M. Sc. _____
Director
Escuela de Agronomía

2006

DEDICATORIA

A mis padres y a mi esposa por su comprensión, su apoyo, paciencia y fe incansable en mi y en la obtención de este título. Se los debo a ustedes, Gracias.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la posibilidad de obtener este título.

Al profesor Arnoldo Gadea quién me ayudó siempre en la elaboración de este trabajo y durante mi paso por esta universidad.

Al profesor Parménides Furcal por su ayuda en la elaboración de este documento.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
TABLA DE CONTENIDO.....	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Taxonomía y Origen de <i>Brachiaria brizantha</i>	3
2.2 Características agronómicas de <i>Brachiaria brizantha</i>	3
2.3 Suelos Ultisoles.....	4
2.4 Fuentes de acidez en los suelos	4
2.5 Criterios para diagnosticar problemas de acidez.....	5
2.6 Materiales neutralizantes de la acidez	5
2.7 Calidad del material utilizado.....	5
2.8 Estimación de la dosis de cal	6
2.9 Relación del pH con la disponibilidad de los nutrimentos.....	7
2.10 Relación de la aplicación de enmiendas calcáreas con la producción de Forraje.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Localización del estudio	9
3.2 Descripción general y período de estudio	9
3.3 Área experimental	10
3.4 Muestreos.....	10

3.5	Aplicación de los tratamientos.....	11
3.6	Análisis de la información.....	12
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1	Efecto de la enmienda sobre las características químicas del suelo.....	13
4.2	Efecto de la enmienda sobre la producción de biomasa	15
4.2.1	Efecto de la enmienda sobre la producción de biomasa seca	16
4.3	Composición botánica	21
4.3.1	Cobertura del suelo por parte de <i>Brachiaria brizantha</i>	21
4.3.2	Malezas presentes	22
5.	CONCLUSIONES	23
6.	RECOMENDACIONES	24
7.	LITERATURA CITADA.....	25
8.	ANEXO.....	28

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Resultados de análisis químicos de suelos tratados con enmienda. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	14
2	Producción de biomasa en los diferentes muestreos según la dosis de enmienda utilizada. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	15
3	Porcentaje de cobertura del suelo por parte de <i>Brachiaria brizantha</i> , según los tratamientos, en los diferentes muestreos realizados. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	21
4	Lista de malezas presentes en las parcelas, en el transcurso de la investigación y su porcentaje de cobertura. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	22
5	Datos obtenidos en el primer muestreo. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	29
6	Datos obtenidos en el segundo muestreo. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	30

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Página
1	Distribución espacial de los tratamientos.	11
2	Producción de biomasa seca obtenida con la aplicación de los tratamientos. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	17
3	Tendencia de la producción de biomasa seca en el primer muestreo obtenida con la aplicación de los tratamientos. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	18
4	Tendencia de la producción de biomasa seca en el segundo muestreo obtenida con la aplicación de los tratamientos. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	18
5	Incremento porcentual de biomasa seca de los tratamientos respecto al testigo. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.	19

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo fue, evaluar el efecto del encalado en la producción de *Brachiaria brizantha* en un suelo Ultisol.

El ensayo se llevó a cabo en el distrito de Pocosal, cantón de San Carlos, provincia de Alajuela, Costa Rica, en una finca dedicada a la ganadería de carne, para esto se utilizó un terreno sembrado de *Brachiaria brizantha* CIAT 6780, cv Diamantes 1, en donde se pastoreaban bovinos machos de engorde.

El área experimental consistió de tres parcelas de cinco mil metros cuadrados cada una, a las que se le aplicaron tres niveles de carbonato de calcio, cero, una y dos toneladas por hectárea, siendo el nivel cero el testigo.

El trabajo de campo consistió en aplicar los tratamientos, posterior a un pastoreo, cinco semanas después de la aplicación se realizó un pastoreo, una vez concluido éste, se hizo una aplicación de fertilizante como parte del manejo normal en la finca, esta labor fue hecha con fórmula completa, a una dosis correspondiente a 90 kilogramos por hectárea, por parcela. Posterior a estas labores transcurrieron de nuevo cinco semanas de descanso o recuperación del pasto, para realizar el primer muestreo de forraje, es decir 77 días después de la aplicación de los tratamientos. A partir de aquí, luego de un pastoreo y la correspondiente recuperación del pasto se realizó el segundo muestreo, 120 días después de la aplicación de los tratamientos.

En los muestreos se midió la producción de biomasa fresca, la biomasa seca, el porcentaje de materia seca y la composición botánica. En el momento del segundo muestreo se tomaron muestras de suelo, de cada parcela para el análisis químico.

Los resultados obtenidos, luego de las evaluaciones fueron básicamente que se aumentó en alrededor de media tonelada (19%) por hectárea la producción de forraje fresco y 0.1 tonelada (24%) la producción de materia seca por cada aumento en la dosis de encalado. En los demás criterios evaluados las variaciones fueron muy leves, por lo que no se evidenciaron grandes cambios en el porcentaje de materia seca y la composición botánica.

Palabras claves: *Brachiaria brizantha* CIAT 6780 cv Diamantes 1, encalado, enmienda, características químicas del suelo, producción de biomasa, materia verde, materia seca, composición botánica.

1. INTRODUCCIÓN

Costa Rica ha sido tradicionalmente un país dedicado a la ganadería, sin embargo, en los últimos quince a veinte años la actividad se ha estancado, el hato ganadero del país se ha reducido drásticamente y la producción de carne de res pasó de ser uno de los primeros productos de exportación, a prácticamente cubrir sólo el mercado local. Más recientemente se ha dado un cambio en la ganadería y se está convirtiendo en una actividad más intensiva donde se da un mejor aprovechamiento de la tierra, elevando la carga animal en los repastos y sembrando forrajes de mayor valor nutritivo para el animal, los que a la vez son más exigentes en cuanto a los suelos y su fertilidad; todo esto obliga a un cambio de mentalidad tanto en los productores como en los técnicos, viendo ahora los repastos como un cultivo más, que requiere mayor atención y por los que se deben desarrollar nuevos y mejores planes de manejo, que respondan a las exigencias de nuestros días.

La fertilización a menudo constituye una incógnita para los ganaderos, a su alrededor giran dudas como si es o no necesaria, si es una práctica conveniente desde el punto de vista económico, qué beneficios obtendrá, qué efecto tendrá en el hato, qué debo aplicar, etc. El encalado normalmente visto como un complemento de la fertilización puede ser también una práctica de buenos resultados en pastizales establecidos en suelos con tendencia ácida, como los de la zona en estudio, pero es practicada con poca frecuencia entre los finqueros por lo que no hay un panorama muy claro en su entorno.

Con base en lo expuesto anteriormente, se presenta este trabajo, el cual pretende evaluar el efecto del encalado sobre la producción de materia seca en el pasto *Brachiaria brizantha*, así como su efecto sobre las características químicas del suelo.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del encalado sobre la producción de biomasa de *Brachiaria brizantha* en un suelo Ultisol.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la enmienda sobre las características químicas del suelo de los diferentes tratamientos.
- Evaluar el efecto de dosis crecientes de enmienda calcárea sobre la producción de biomasa de *Brachiaria brizantha* en un suelo Ultisol.
- Evaluar el efecto del encalado sobre la composición botánica de la pastura.

1.2 Hipótesis

La hipótesis planteada es que la producción de *Brachiaria brizantha* en un suelo Ultisol puede aumentarse con la aplicación de enmiendas calcáreas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Taxonomía y Origen de *Brachiaria brizantha*

La *Brachiaria brizantha* es una gramínea, de ciclo vegetativo perenne y crecimiento en macolla Wolf Seeds (2005). Es nativa de África tropical, Garza et al. (1973).

Puede alcanzar hasta 1,6 m de altura, las hojas son lanceoladas de poca pubescencia, y alcanzan hasta 60 cm de longitud y 2,5 cm de ancho. La inflorescencia es una panícula de 40 a 50 cm de longitud, con cuatro racimos de 8 a 10 cm y una sola hilera de espigas sobre ellos, Lascano (2002).

2.2 Características agronómicas de *Brachiaria brizantha*

La *Brachiaria Brizantha* es un pasto macollado, con alta producción de forraje, buen valor nutritivo, posee resistencia antibiótica al salivazo, resistencia a insectos comedores de hoja, alto vigor por ser establecido por semilla, resistencia a la roya y buen comportamiento ante condiciones de sombra y periodos secos prolongados, es bien consumida por los bovinos y es buena productora de semillas, Villareal (1998).

Cháves (1990), reportó producciones para la época de máximas lluvias para *Brachiaria brizantha* CIAT 6780, de 985 kg MS/ha y un 19% de materia seca, por otra parte Miranda (1991), en Río Frío, Sarapiquí en el período de máxima precipitación obtiene valores de 1,76 ton MS/ha y un 9,30 % de PC (proteína cruda). Viera y Nunes (1984), obtuvieron los mejores resultados en producción de materia seca en *Brachiaria brizantha*, bajo fertilización, demostrando el efecto positivo de la misma.

El pasto *Brachiaria brizantha*, debe ser sembrado en suelos de fertilidad moderada y principalmente en suelos no inundables y con buenas características de drenaje interno. Para poder explotar al máximo su potencial de crecimiento, es

aconsejable su utilización con períodos de descanso entre 30 y 35 días, Villareal (1998).

2.3 Suelos Ultisoles

Este es el grupo de suelos que con mayor frecuencia presenta los problemas más serios de acidez. La fertilidad de los Ultisoles oscila entre moderada a pobre, debido a los bajos contenidos de Ca y Mg, y la predominancia de Al intercambiable y alta saturación de Al en el complejo de cambio. En muchos Ultisoles del país la toxicidad de Al es un problema serio para el crecimiento de cultivos sensibles, especialmente por su efecto adverso sobre la raíz. La presencia de una alta saturación de Al también reduce la disponibilidad de P y la absorción de otros nutrimentos como N, Ca y Mg. Meléndez y Molina (2001).

2.4 Fuentes de acidez en los suelos

La materia orgánica es una de las fuentes de acidez de los suelos por el contenido de ácidos húmicos que presentan grupos carboxílicos y fenólicos que funcionan como ácidos débiles, Kass (1996). Algunas arcillas pueden amortiguar el pH del suelo, la disociación de hidrógenos de los bordes rotos de estas arcillas y de óxidos de hierro y aluminio aumentan la capacidad amortiguadora de los suelos. Otras fuentes son los polímeros de hierro y aluminio que al hidrolizarse liberan H^+ . También producen acidez la presencia de sales solubles como son los fertilizantes, principalmente los amoniacales. Presencia de bióxido de carbono. Igualmente es causa de acidez la lixiviación o lavado de bases, como calcio, magnesio, potasio y sodio, Kass (1996).

Otra de las causas de la acidificación progresiva en los suelos, es el reemplazo paulatino de las bases cambiables Ca, Mg, K y Na, por iones H y Al. Este reemplazo resulta de la percolación de agua y extracción de cationes básicos por las plantas, este proceso se presenta de manera especial en los suelos de áreas tropicales, húmedas, Fassbender (1978).

2.5 Criterios para diagnosticar problemas de acidez

Los criterios básicos a observar son pH menor a 5 ó 5,5, acidez intercambiable mayor a 5,0 cmol(+)/L, suma de bases menor a 5,0 cmol(+)/L, saturación de acidez mayor del 20%, Molina (1998). Según Molina (1998), el porcentaje de saturación de acidez, es quizá el parámetro más útil para diagnosticar problemas de acidez, este se relaciona directamente con el pH del suelo, el valor deseado oscila entre un 10% y 25%, por lo que recomienda realizar aplicaciones de enmiendas cuando sea mayor de un 20%.

El producto final de una reacción de encalado completa, significa la presencia de iones calcio y/o magnesio intercambiables en la superficie de las arcillas, y de formas hidroxiladas en la disolución, junto a la presencia de precipitados de formas hidroxiladas de hierro y aluminio, ya que no pueden acidificar el suelo, al menos temporalmente, Kass (1996).

2.6 Materiales neutralizantes de la acidez

El encalado, término usado en suelos agrícolas, es la adición de compuestos que contienen calcio y/o magnesio, que neutralizan la acidez. El encalado se puede hacer utilizando varios compuestos, entre ellos el carbonato de calcio, el carbonato de calcio y magnesio conocido como cal dolomita, u óxidos e hidróxidos de calcio. Cuando se usa otro material neutralizante diferente al carbonato de calcio, la efectividad de la neutralización depende del material que aporta el calcio, de su valor neutralizante comparado con el carbonato de calcio, de su solubilidad en agua, del tamaño de las partículas del material usado, de los métodos de aplicación y de factores ambientales ligados al suelo, como temperatura y humedad, sodio, Kass (1996).

2.7 Calidad del material utilizado

Cuando se selecciona un material de encalado hay dos factores importantes ha considerar, que determinan su grado de reactividad: 1) la pureza química y 2) la fineza del material. La reactividad se refiere a la capacidad del material para

neutralizar la acidez del suelo y varía de acuerdo con la composición química y el tamaño de partículas del producto.

El grado de fineza o tamaño de partícula indica la velocidad con la cual el material de encalado puede neutralizar la acidez del suelo. La fineza del material se mide pasándolo a través de una secuencia de cribas o zarandas de diferente diámetro (10-60 mesh). La cal retenida en malla diez es muy gruesa y no tiene efecto en neutralizar la acidez, en tanto que la cal que pasa la malla de sesenta mesh es muy fina y tiene una eficiencia granulométrica (EG) de 100% en neutralizar la acidez del suelo, Molina (1998), y tarda un periodo de 3 a 6 meses la reacción (publicación corporación INCSA).

2.8 Estimación de la dosis de cal

El criterio práctico consiste en aplicar una dosis de cal que reduzca el porcentaje de saturación de acidez en el suelo a niveles tolerables por el cultivo, Molina (1998). Cochrane et al (1980), proponen contemplar la neutralización de un determinado porcentaje de saturación de acidez en relación con la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) del suelo y multiplicado por una constante con la que se cubren los factores que limitan la eficiencia de la reacción química.

$$\text{Ton CaCO}_3/\text{ha} = \frac{1,8 (AI - RAS) (CICE)}{100}$$

AI = % de saturación de acidez existente en el suelo

RAS = % de saturación de acidez deseado

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva

Van Raij (1991), propone el mismo principio pero lo expresa en términos de saturación de bases en lugar de acidez y con la ventaja que incluye un factor referido a la calidad del material encalante.

$$\text{Ton CaCO}_3/\text{ha} = \frac{(\text{VI} - \text{V2}) (\text{CICE})}{100} \times f$$

VI = % de saturación de bases deseado

V2 = % de saturación de bases que presenta el suelo

CICE = Capacidad de intercambio catiónico efectiva

f = 100/PRNT

PRNT = Poder Relativo de Neutralización Total

PRNT = Equivalente Químico x Eficiencia Granulométrica /100

Posteriormente surge una fórmula modificada que combina criterios prácticos de las anteriores, se incluyen reacciones paralelas como la neutralización del Al no intercambiable proveniente de la materia orgánica, las correcciones de peso/volumen que pueden ser necesarias para ajustar el encalado a una profundidad de incorporación de 15 cm, Yost et al (1991).

$$\text{Ton CaCO}_3/\text{ha} = 1,5 \frac{(\text{Al} - \text{RAS}) (\text{CICE})}{100} \times f$$

La acidez, se mide también por el llamado, índice de acidez, que es como se le llama a la medición del número de partes en peso de carbonato de calcio (CaCO₃), necesario para neutralizar la acidez generada por el uso de 100 unidades de material fertilizante ácido, o material que genera acidez, Kass (1996).

Si se eleva el pH del suelo, para precipitar el hidróxido de aluminio, se liberan los sitios de intercambio de los coloides del suelo. Como en la materia orgánica hay muy poco aluminio intercambiable presente, como suele suceder en el ámbito normal de pH de la mayoría de los suelos tropicales, el aluminio sólo queda intercambiable a valores de pH por debajo de 4,0 unidades, Molina (1998).

2.9 Relación del pH con la disponibilidad de los nutrientes

Cuando existen condiciones de acidez en el suelo se dan procesos que afectan la disponibilidad de los elementos como nitrógeno en forma amoniacal o nítrica, fósforo, potasio, molibdeno y boro, ya que dependiendo del pH, muchos elementos forman precipitados en disolución del suelo, que los hace no solubles y no disponibles para las raíces de las plantas, Kass (1996).

La formación de óxido nitroso (NO), ocurre solamente a valores inferiores de pH 5,5, en un ambiente neutro o ligeramente ácido, queda reducido microbiológicamente al siguiente resultado, la forma molecular nitrogenada (N₂), que es cuando puede ser mejor aprovechado por la planta. La disponibilidad de fósforo, en la mayor parte de los suelos tropicales, alcanza el máximo cuando en el suelo hay valores de pH entre 5,5 y 6,5 unidades, además, las arcillas como gibbsita y goethita absorben la mayor cantidad de fósforo en un ámbito de pH de 4,0 a 5,0 unidades. Cuando se cuenta con suelos muy ácidos, entre 3,5 y 5,0, hay cantidades tóxicas de aluminio(Al⁺³) y de manganeso (Mn⁺²), que producen alrededor de las raíces un ambiente muy desfavorable para la absorción de potasio, calcio, magnesio y molibdeno, Kass (1996).

2.10 Relación de la aplicación de enmiendas calcáreas con la producción de Forraje

Investigaciones realizadas por García et al (2002), en Argentina, demostraron que con la aplicación de cal dolomita a dosis de una y dos toneladas por hectárea es posible aumentar la producción de materia seca en alfalfa en 0,8 toneladas y 1 tonelada, respectivamente. Gambaudo, et al (2004), lo confirman cuando al aplicar 1,5 y 3 toneladas de material cálcico en alfalfa, pasan de 1,6 ton de MS/ha en el testigo a 2,2 y 2,6 ton de MS/ha, respectivamente. Igualmente Ortega (2003) lo confirma una vez más cuando al aplicar 3,5 toneladas de cal en un cultivo de pasto miel en Bolivia, hace que la producción de materia seca aumente en 2,4 toneladas/ha/año. En investigaciones realizadas en Brasil, Coto (2005) consiguió, mediante la adición de una tonelada de encalado por hectárea, aumentar en 1,3 toneladas la producción anual de materia verde de un pasto natural.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en la finca propiedad de Ganadera El Conchito S.A. ubicada en la zona norte del país, en el distrito de Pocosol, cantón de San Carlos, provincia Alajuela, Costa Rica.

La finca en donde se realizó el estudio es de un área total de 40 hectáreas, dividida en nueve repastos.

La precipitación promedio mensual durante el periodo del ensayo fue de 321 mm en el mes de junio, 480 mm en julio, 291 mm en agosto, 185 mm en setiembre y 0 mm en octubre, para un total de 1277 mm, esto según datos recopilados en finca 6 de la Empresa Tico Frut, ubicada en el distrito de Los Lirios, cantón de los Chiles, provincia de Alajuela, Costa Rica.

3.2 Descripción general y período de estudio

En el presente trabajo se realizó un análisis sobre la respuesta del pasto *Brachiaria brizantha* CIAT 6780, cv. Diamantes 1, a diferentes niveles de encalado, además, se midieron los efectos cuantitativos en la biomasa producida y su composición botánica.

El ensayo consistió en la aplicación de tres diferentes dosis de carbonato de calcio y la valoración de su efecto sobre la producción de biomasa, las características químicas del suelo y la composición botánica de la pastura.

Inicialmente el área comercial se sometió a un pastoreo intensivo con el fin de tomar como punto de partida un suelo con un mínimo de biomasa sobre él. Después de la aplicación de la enmienda se realizaron las prácticas de manejo normales en la finca, tales como período de descanso, pastoreo y fertilización, pero sin interferir con el desarrollo del trabajo y el cumplimiento de los objetivos.

Posterior a un pastoreo se hicieron las aplicaciones de enmienda (inicios del mes de junio), a los 35 días de recuperación se dio un nuevo pastoreo por siete días y de seguido se realizó una fertilización con la fórmula 24-12-6-6-7(S)-

0,4(Zn) a una dosis de dos sacos por hectárea (45 Kg/parcela), como parte del manejo cotidiano de la finca. Luego de un período igual de recuperación (35 días) se realizó el primer muestreo, es decir, 77 días después de la aplicación de los tratamientos (finales del mes de agosto). A continuación se hizo otro pastoreo, por siete días y luego del lapso de descanso normal (35 días), se procedió a realizar el segundo muestreo de biomasa, las mediciones de composición botánica y la toma de las muestras de suelo para el análisis químico de laboratorio, lo que corresponde a 120 días después de la aplicación de los tratamientos (principios del mes de Octubre).

3.3 Área experimental

La práctica se realizó en un área de pastura comercial de cuatro hectáreas con dos años de sembrada, el terreno se dedica a pastoreo para la ganadería de engorde con un grupo de cuarenta animales de 350 Kg de peso vivo, los cuales tienen acceso al área total del repasto. La cobertura predominante es *Brachiaria brizantha*, la pastura se maneja con periodos de recuperación entre pastoreos de 35 días y lapsos de pastoreo que tardan siete días. La finca presenta una ligera pendiente de alrededor de un cinco por ciento, el tipo de suelo que se encuentra en el lugar es un Ultisol (fertilidad media a baja). En esta superficie se delimitaron las tres parcelas con un área individual de media hectárea (5000 m²) en donde se realizó la aplicación de la enmienda.

3.4 Muestreos

Previo a la aplicación de los tratamientos se tomaron las muestras para el primer análisis químico de suelo. Los demás muestreos se realizaron posterior a la aplicación de los tratamientos; luego de dos y tres ciclos de pastoreo para los muestreos uno y dos, respectivamente. El muestreo uno se realizó 77 días después de la enmienda, antecedido de dos periodos de recuperación de 35 días cada uno y siete días de pastoreo entre ellos. El muestreo dos fue hecho 120 días

luego de la aplicación de los tratamientos, después de un pastoreo de una semana y 35 días de recuperación posterior al primer muestreo.

Para esto se utilizó una cuadrícula de 0,25 m² y se tomaron diez muestras de forma completamente al azar en cada una de las parcelas del ensayo, estas muestras se cosecharon a una altura de siete centímetros del suelo. Por la falta de infraestructura en la finca, una vez que se tenían las muestras se llevaron al laboratorio de forrajes del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en donde se les midió peso fresco (unas dos horas después de ser cortadas), y se colocaron dentro de la estufa por 72 horas, luego de las cuales se retiraron para medir su peso seco y realizar los cálculos de porcentaje de materia seca.

3.5 Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos fueron aplicados a inicios del mes de junio, después de realizarse un pastoreo, coincidiendo con el establecimiento de la época lluviosa, bajo el siguiente orden: a la primera parcela se le suministró una dosis de enmienda de dos toneladas por hectárea, a la segunda parcela se le aplicó la mitad de la primera dosis, o sea, una tonelada por hectárea de carbonato de calcio y la tercera parcela se tomó como testigo, por lo que no se le aplicó encalado. Todas las parcelas fueron encaladas con carbonato de calcio de la marca Carboazul propiedad de Industria Nacional de Cementos.

Lo anterior lo podemos observar en la figura 1.

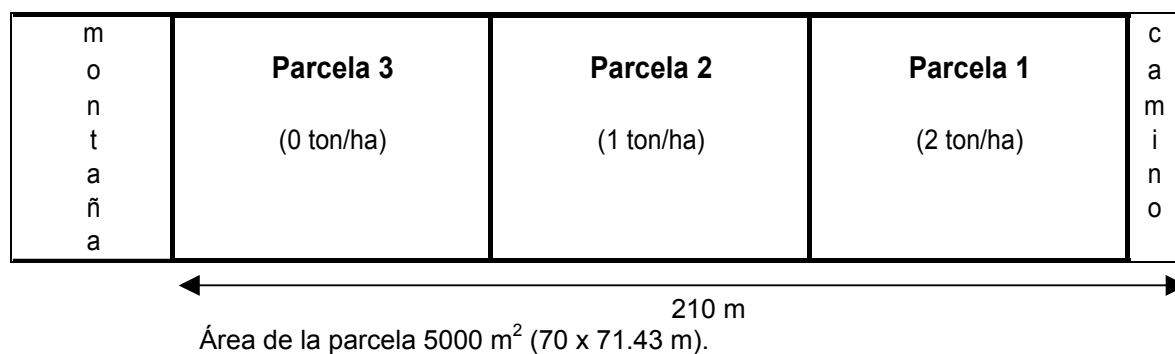


Figura 1. Distribución espacial de los tratamientos

3.6 Análisis de la información

Los datos obtenidos como resultado de la práctica fueron analizados y discutidos de una manera comparativa.

La hipótesis que se plantea es que la producción de *Brachiaria brizantha* en un suelo Ultisol puede aumentarse con la aplicación de enmiendas calcáreas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de la enmienda sobre las características químicas del suelo

Los resultados de los análisis químicos revelan algunas de las características propias de los Ultisoles, como es el bajo nivel de las bases según lo mencionan Meléndez y Molina (2001), el promedio de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) se ubica en el límite inferior del nivel de referencia (Cuadro 1). El fósforo (P) presenta una alta deficiencia y el zinc (Zn), también deficiente es otra de las características de estos suelos. El cobre (Cu) y el manganeso (Mn) son los únicos elementos con valores aceptables, por el contrario el hierro (Fe) se presenta en exceso. Las relaciones de bases presentan desequilibrio por deficiencia de potasio respecto al calcio y al calcio más magnesio.

Los resultados de los análisis químicos de suelo, presentados en el Cuadro 1, indican que no se han dado cambios importantes en el suelo, por lo que pareciera que al momento de finalizar la prueba los tratamientos no tuvieron efecto sobre las concentraciones de los minerales en la solución del suelo, el pH y la acidez. Las variaciones en los resultados son muy leves como para poder concluir que existen cambios o efecto de alguno de los tratamientos.

Este resultado de los análisis de suelo hace suponer que la enmienda aplicada aun no ha reaccionado en el suelo, lo que se puede confirmar con el resultado del análisis físico de la enmienda utilizada, presentado por la Industria Nacional de Cementos (s.f.), productores de Carboazul, este producto posee un cuarenta y siete por ciento entre las mallas veinte a cuarenta y un cincuenta y uno por ciento sobre la malla sesenta. Lo anterior se traduce en que se debe esperar de tres a seis meses para empezar obtener resultados de la reacción del producto en el suelo.

Cuadro 1. Resultados de análisis químicos de suelos tratados con enmienda. Pocosal, San Carlos, mayo del 2006.

	H ₂ O	cmol(+)/L				mg/L				
LOTE	pH	Acidez	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
2 ton/ha	5,9	0,22	4,63	1,73	0,27	5	133	11	2,3	26
1 ton/ha	6,2	0,13	5,23	1,78	0,17	1	115	14	1,3	15
Testigo	6,1	0,14	4,56	1,65	0,12	2	107	13	2,4	30
Promedio	6,1	0,2	4,8	1,7	0,2	2,7	118,3	12,7	2,0	23,7
Nivel de Referencia	5,5 6,5	0,5	4,0 20	1,0 5	0,2 0,8	10 40	10 100	1,0 20	3,0 15	10,0 50
	CICE	%Sat.Al.	Bases	Mg/K	Ca/K	Ca/Mg	Ca+Mg/K			
2 ton/ha	6,9	3,2	6,6	6,4	17,1	2,68	23,56			
1 ton/ha	7,3	1,8	7,2	10,5	30,8	2,94	41,24			
Testigo	6,5	2,2	6,3	13,8	38,0	2,76	51,75			
Promedio	6,9	2,4	6,7	10,2	28,6	2,8	38,8			
Nivel de Referencia	5,0 25	10,0	5,0 25	2,5 15	5,0 25	2,0 5	10,0 40			

Por lo anterior se puede decir que los cuatro meses que aproximadamente transcurrieron entre la aplicación y el muestreo de suelo no fueron suficientes para que se dé el efecto total de la enmienda en el suelo y de aquí que no se observen cambios importantes en el análisis químico del suelo.

4.2 Efecto de la enmienda sobre la producción de biomasa

La producción de biomasa tanto en materia fresca, como en materia seca y su correspondiente porcentaje de materia seca, obtenida con las diferentes dosis de encalado, se resumen en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Producción de biomasa en los diferentes muestreos según la dosis de enmienda utilizada. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

		Dosis (ton/ha)		
		0	1	2
MUESTREO 1	Materia Fresca (ton/ha)	1,92	2,64	3,15
	% Materia Seca	17,2	18,3	17,1
	Materia Seca (ton/ha)	0,33	0,49	0,54
MUESTREO 2	Materia Fresca (ton/ha)	1,56	1,79	2,30
	% Materia Seca	21,9	19,3	20,9
	Materia Seca (ton/ha)	0,34	0,33	0,47
Promedio Materia Seca		0,34	0,41	0,51

La producción de biomasa se vio afectada positivamente por efecto del encalado, como podemos observar en el Cuadro anterior, tanto la materia fresca como la materia seca tuvieron un incremento acorde con los aumentos en las dosis de encalado. Posteriormente se detallan las variaciones en cuanto a materia seca, por ser el aspecto de mayor interés en la producción de forrajes.

Pese a que a nivel de suelo no se observan cambios debido al encalado, si se dieron cambios en la producción de forraje, esto es atribuible principalmente a dos aspectos. En primer lugar es común en pastos que sobre el suelo se dé una alta acumulación de materia orgánica la que puede presentar un efecto de buffer en el encalado y enmascare el efecto sobre el suelo, aunque si sea aprovechado el efecto por el cultivo.

Por otra parte las enmiendas a base de carbonatos poseen la característica de no profundizar a más de diez centímetros en el suelo, Sánchez (1981), mientras que los muestreos para medir fertilidad se realizan a una profundidad de 20 cm, esto sumado a que la reacción aún no ha sido completada debido a la característica de la enmienda como se indicó anteriormente, da como resultado que el efecto del encalado hasta este momento se esté viendo diluido en la porción del suelo analizado.

4.2.1 Efecto de la enmienda sobre la producción de biomasa seca

En cuanto a la producción de biomasa seca (Cuadro 2 y Figura 2) se puede destacar algunos puntos, por ejemplo en el caso del testigo la biomasa seca permaneció prácticamente sin alteración entre ambos muestreos y por debajo de la producción promedio de las otras parcelas. En el primer muestreo se evidencia una tendencia al incremento de la producción entre las parcelas, y que además, va acorde con el incremento en la dosis de enmienda, esto es apreciable, además en la Figura 3. En el segundo muestreo se observa una variante, y es que en la parcela que se aplicó una tonelada de cal por hectárea, la producción de biomasa seca tuvo un pequeño decrecimiento respecto al testigo (Figuras 4 y 5), aunque casi insignificante pues equivale a aproximadamente diez kilos de biomasa seca por hectárea; para la parcela correspondiente a dos toneladas de enmienda por hectárea, sí se denota un comportamiento creciente en la producción. A pesar de estas observaciones en la Figura 2, la tendencia al aumento se mantiene y se corrobora en la Figura 4.

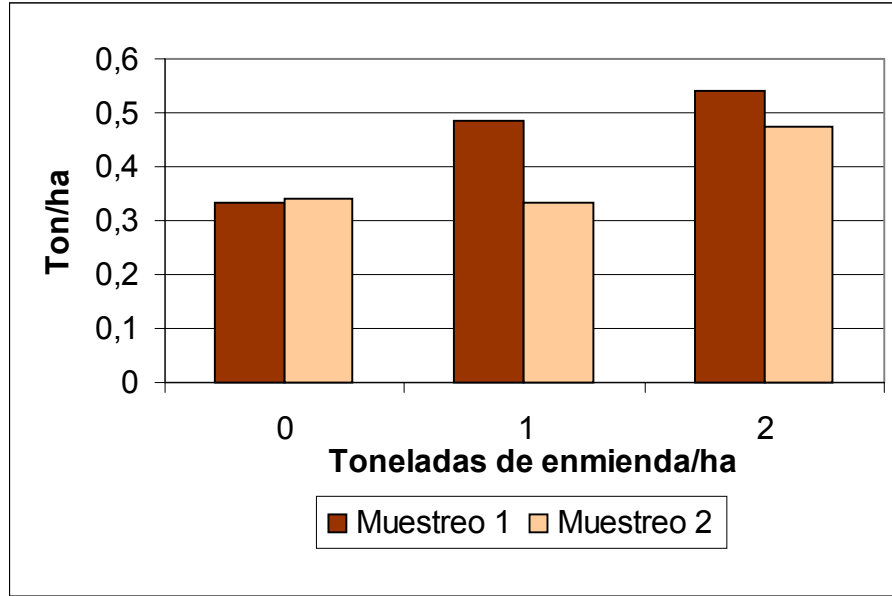


Figura 2. Producción de biomasa seca obtenida con la aplicación de los tratamientos. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

Si se promedia la producción de ambos muestreos en cada una de las parcelas, la producción sería de 0,33, 0.41 y 0.51 toneladas de materia seca por hectárea para el testigo, una tonelada y dos toneladas, respectivamente. El comportamiento que se da es consistente con el incremento en la producción, relacionado al aumento en la dosis de enmienda aplicada, y que para el caso de la producción de materia seca el incremento obtenido es de alrededor de 0,1 (24%) tonelada de materia seca por hectárea, por cada tonelada de cal aplicada en los tratamientos de este ensayo.

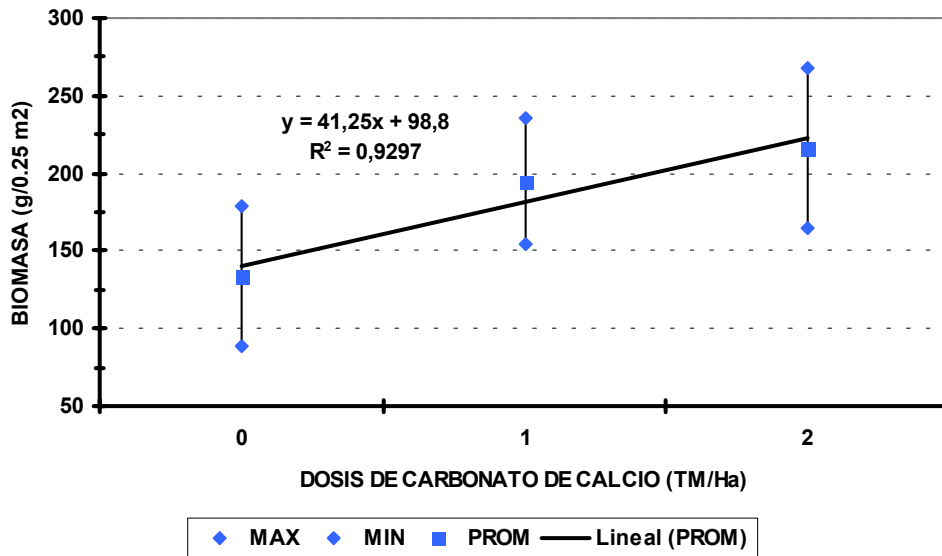


Figura 3. Tendencia de la producción de biomasa seca en el primer muestreo obtenida con la aplicación de los tratamientos. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

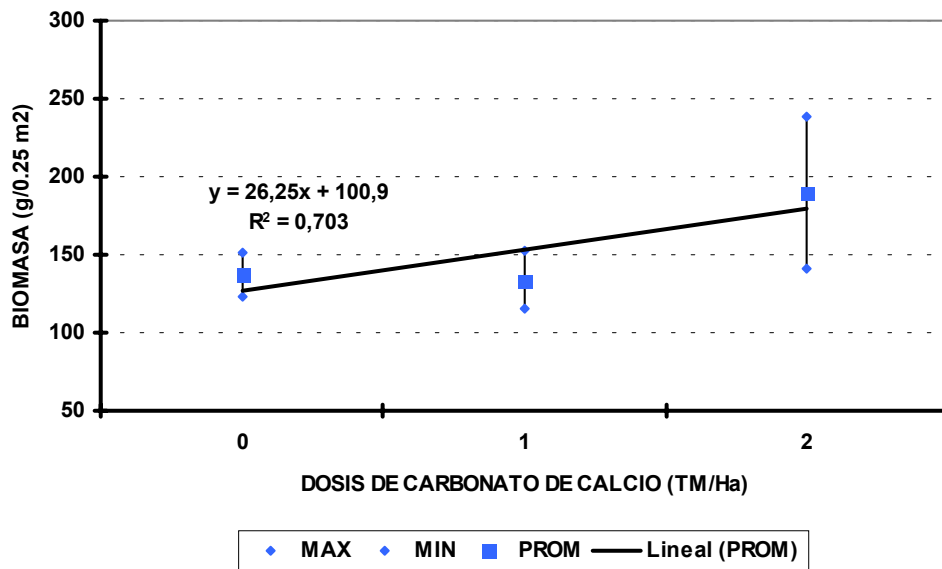


Figura 4. Tendencia de la producción de biomasa seca en el segundo muestreo obtenida con la aplicación de los tratamientos. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

Respecto al incremento porcentual en la producción de materia seca, si se compara con el testigo tomándolo como base cero, se observa en el primer muestreo un incremento sostenido, correspondiente con el incremento de la dosis de cal, y dándose el principal cambio entre el testigo y la parcela de enmienda de una tonelada por hectárea, produciendo casi un cincuenta por ciento más que el testigo (Figura 5), la parcela de mayor encalado fue también la de mayor producción, superando al testigo en más de un sesenta por ciento.

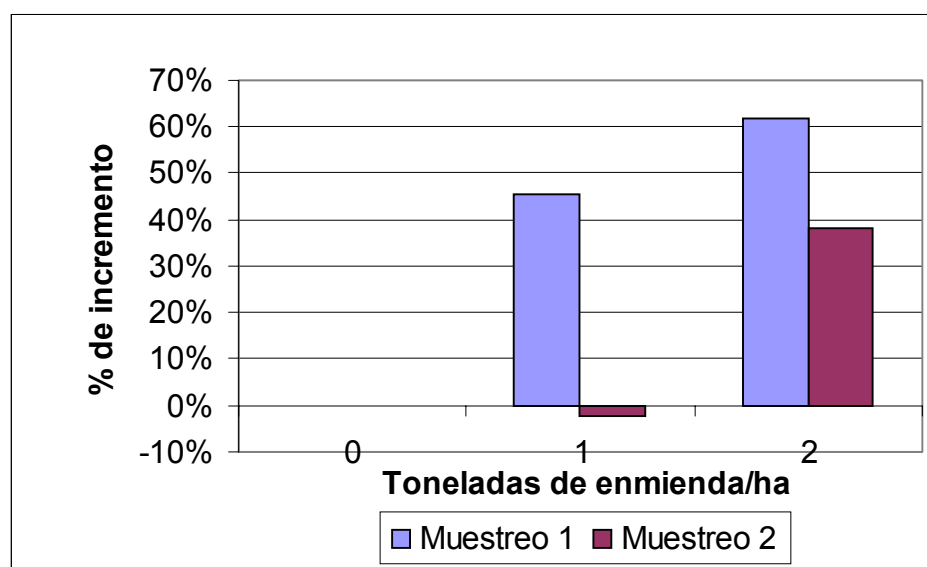


Figura 5. Incremento porcentual de biomasa seca de los tratamientos respecto al testigo. Pocosal, San Carlos, mayo del 2006.

En el segundo muestreo se observa la particularidad mencionada en la Figura 2, que consiste en un leve decrecimiento de alrededor del dos por ciento de la producción de materia seca por parte de la parcela de una tonelada de encalado, respecto al testigo, también en la parcela de dos toneladas de enmienda la producción fue menor que en la parcela de una tonelada, pero superó al testigo en cerca de un cuarenta por ciento (Figura 5).

Los incrementos vistos anteriormente se comprueban con otras investigaciones, tal y como lo demostraron García et al, en el 2002, cuando en Argentina con la aplicación de cal dolomita lograron aumentar la producción de

materia seca en alfalfa en 0,8 toneladas y 1 tonelada, aplicando una y dos toneladas de dolomita por hectárea respectivamente. Gambaudo et al (2004), lo confirman cuando al aplicar 1,5 y 3 toneladas de material cálcico en alfalfa, pasan de 1,6 toneladas de MS/ha en el testigo a 2,2 y 2,6 toneladas de MS/ha, respectivamente. Igualmente Ortega (2003) confirma lo anterior cuando al aplicar 3,5 toneladas de cal en un cultivo de pasto miel o pasto natural en Bolivia, se da un incremento en la producción de materia seca de 2,4 toneladas/ha/año.

4.3 Composición botánica

4.3.1 Cobertura del suelo por parte de *Brachiaria brizantha*

Los porcentajes de cobertura de suelo por parte de *Brachiaria brizantha* en los diferentes momentos del ensayo se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Porcentaje de cobertura del suelo por *Brachiaria brizantha*, según los tratamientos, en los diferentes muestreos realizados. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

	Época de muestreo	Dosis (ton/ha)		
		0	1	2
Muestreo 1	77 días después	94%	95%	96%
Muestreo 2	120 días después	93%	94%	94%

En cuanto a los porcentajes de cobertura del suelo no hubo variaciones importantes durante la experimentación; en el primer muestreo la *Brachiaria brizantha* aumentó en punto porcentual a razón de cada aumento en la dosis de enmienda, en el segundo muestreo la diferencia fue de un uno por ciento entre las dos parcelas encaladas y la testigo, sin existir variaciones entre las dosis de encalado, como se puede apreciar en el Cuadro 3. El promedio de cobertura de *Brachiaria brizantha* en la parcelas encaladas es de 95%.

4.3.2 Malezas presentes

Las malezas observadas en el área experimental no presentaron variaciones en el período de ensayo, durante las incursiones en las parcelas para realizar los muestreos y en otras visitas de observación realizadas, las malezas identificadas fueron las mismas y pueden ser resumidas de la siguiente manera, cyperácea (1% de cobertura en el suelo), gramíneas no deseadas (2% de cobertura en el suelo) y dos plantas de las llamadas de hoja ancha (2% de cobertura en el suelo), según se aprecia en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Lista de malezas presentes en las parcelas, en el transcurso de la investigación y su porcentaje de cobertura. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	Cobertura
Poaceae	<i>Ischaemun indicum</i>	Ratana	2%
Cyperaceae	<i>Scleria pterota</i>	Navajuela	1%
Melastomataceae	<i>Clidemia sp</i>	Lengua de vaca	1.25%
Mimosaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Dormilona	0.75%

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) La producción de biomasa fresca fue beneficiada en forma creciente con la aplicación de los tratamientos.
- 2) Entre las parcelas encaladas hubo un incremento en la producción de biomasa fresca de aproximadamente 0.5 toneladas métricas (19%), por cada tonelada de carbonato de calcio que se aumentó.
- 3) El efecto de los tratamientos sobre la producción de materia seca, resultó en un incremento de 0,1 tonelada de materia seca por hectárea por cada tonelada de enmienda que se aumentó en la dosis, lo que representa aproximadamente un 24% de aumento en la producción.
- 4) Los análisis químicos de suelo de cada una de las parcelas, no evidenciaron cambios con la aplicación de las dosis de la enmienda, por lo que al parecer el tiempo transcurrido entre la aplicación de esta y el muestreo de suelo no fue suficiente para que se completara la reacción química en el sustrato.
- 5) La composición botánica de la cobertura de suelo en las parcelas no se vio afectada por la aplicación de las diferentes dosis de enmienda, pues esta no sufrió cambios.
- 6) Según los datos de obtenidos de biomasa, los meses de julio y agosto fueron más favorables para la producción de forraje que los meses de setiembre y octubre, pues los valores de materia fresca y materia seca fueron superiores en el primer muestreo que en el segundo.

6. RECOMENDACIONES

- 1) El período de estudio debe ser aún mayor, ya que las diecisiete semanas (120 días) que duró el ensayo no fueron suficientes para que se dieran la totalidad de la reacción química de la enmienda en el suelo.
- 2) En este tipo de trabajos se deberían de realizar análisis bromatológicos a las muestras de forraje, con el fin de medir posibles variaciones en la calidad de los forrajes producidos en cada una de las parcelas por efecto de la aplicación de la enmienda.
- 3) Dar seguimiento a este tipo de trabajo, dentro del sistema productivo, con el propósito de conocer realmente los beneficios a mediano y largo plazo de estas prácticas agronómicas, respecto al posible aumento de la carga animal en la finca y posibles cambios en la dieta ofrecida a los animales.
- 4) Hacer llegar a los productores los resultados y conclusiones de este tipo de trabajos, pues está en ellos el hacer que el tiempo y los recursos gastados en este tipo de investigaciones tengan un sentido o una aplicación práctica.

7. LITERATURA CITADA

Bertsch, F.; Raun, W.; Smth, T.J. 1990. Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica. San José, Costa Rica. 310 p.

Chavez, C.; Ferreira, P.; Pezo, D.; Pizarro, E.; Vallejos, A. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 10-15 p.

Chavez, P. 1990. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en la región Huetar norte de Costa Rica. Tesis de Agronomía. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Sede San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

Cocherane, T.; Salinas, J.; Sánchez, P. 1980. An equation for living acid mineral soils to compesate crops aluminium tolerance. Tropical Agriculture. 133-140p.

CORPORACIÓN INCSA. s.f. Folleto Carbonato de Calcio – Carboazul. cementos INCSA.

Coto, Z. 2005. Fertilización del pasto natural (en línea) Consultado 31 de mayo del 2006. Disponible en <http://www.agrobyte.lugo.usc.es>

Fassbender, H. 1978. Química de los suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 398 p.

Gambaudo, S.; Micheloud, H.; Zen, O. 2004. Manejo de forrajes en praderas (en línea). Consultado 24 de mayo del 2006. Disponible en <http://www.ppi-far.org>

García, C; López, V.; Pérez, B.; Wright, E.R. 2002. Alfalfa (en línea). Buenos, Aires Argentina. Consultado 24 de mayo del 2006. Disponible en <http://www.agro.uba.ar>

Garza, T.R. 1973. Evaluación de 14 zacates en la región de Hueyutamalco. Puebla, México. 7-16 p.

Kass, D. 1996. Fertilidad de suelos. Ed. por J. Núñez. Editorial Universidad Estatal a Distancia, primera edición. San José, Costa Rica. 233 p.

Lascano, C. 2002. *Brachiaria brizantha* (en línea). Consultado 31 de mayo del 2006. Disponible en <http://www.ciat.cgiar.org>

Meléndez, G.; Molina, E. 2001. Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de cultivos en Costa Rica. Centro de investigaciones agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 144p.

Miranda, J. 1991. Evaluación de gramíneas y leguminosas: establecimiento y producción en época de máxima y mínima precipitación en la zona de Río Frío. Tesis de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José Costa Rica. 95 p.

Molina, E. 1998. Encalado para la corrección de la acidez del suelo. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas. San José Costa Rica. 45 p.

Monge, A. 2003. Acidez de los suelos y uso de correctivos (sección 2). Compilación de información.

Nunes, S.G.; Viera, J.M. 1984. Competicao de especies de *Brachiaria* em solo de cerrado representativo do Planalto matogrossense. Resúmenes Analíticos sobre pastos tropicales. CIAT. Cali, Colombia. 44 p.

_____.1985. *Brachiaria brizantha*. Resúmenes Analíticos sobre Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. 40 p.

Ortega, L.J. 2003. Fertilización y encalado en praderas establecidas (en línea). Bolivia. Consultado 24 de mayo del 2006. Disponible en <http://www.aguabolivia.org>

Raij, B. 1991. Fertilidade do solo e adubacao. San Paulo, Piracicaba, Brasil. POTAFOS. 343 p.

Sánchez, P. 1981. Suelos del trópico: características y manejo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 634 p.

Villareal, M. 1998. Alternativas forrajeras para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera. Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Wolf Seeds. 2005. Siembre cierto. Semillas forrajeras y abono verde. San Pablo, Brasil. 67 p.

Yost, R. et al. 1991. Usos de sistemas de apoyo-decisión para hacer recomendaciones de cal fósforo. In: Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica, Ed. por T.J. Smyth et al. San José, Costa Rica, North Carolina State University. 177-185 p.

Zúñiga, R. 1998. Evaluación de la producción de biomasa en tres ecotipos del maní forrajero. San Carlos, Alajuela, Costa Rica. 82 p.

8. ANEXO

Cuadro 5. Datos obtenidos en el primer muestreo. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

Número de muestra	2 TM/ha			1 TM/ha			TESTIGO		
	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Materia Seca (%)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Materia Seca (%)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Materia Seca (%)
1	845,8	174,2	20,6	852,2	96,9	11,4	597,0	97,9	16,4
2	1281,9	221	17,2	741,7	161,2	21,7	529,4	117,6	22,2
3	1151,2	222,6	19,3	1112,9	207,9	18,7	730,2	130,8	17,9
4	1315,3	243,0	18,5	1275,0	243,8	19,1	417,5	64,4	15,4
5	992,4	77,8	7,8	1025,2	145,0	14,1	505,4	64,6	12,8
6	1172,6	222,8	19,0	1548,8	306,6	19,8	920,5	136,6	14,8
7	2095,7	374,0	17,8	1080,0	213,1	19,7	836,6	144,2	17,2
8	1115,6	200,4	18,0	954,1	206,2	21,6	543,6	104,2	19,2
9	1118,4	194,1	17,4	1025,9	195,8	19,1	1296,0	203,4	15,7
10	1527,7	230,0	15,1	959,1	167,2	17,4	1308,4	270,9	20,7
Promedio	1261,66	215,99	17,07	1057,49	194,37	18,27	768,46	133,46	17,24
desvest	345,95	72,70	3,56	225,23	57,24	3,24	321,20	63,07	2,85
coefvar	27%	34%	21%	21%	29%	18%	42%	47%	17%

Los pesos expresados en gramos se obtuvieron en un área de 0,25 m².

Cuadro 6. Datos obtenidos en el segundo muestreo. Pocosol, San Carlos, mayo del 2006.

Número de muestra	2 TM/ha			1 TM/ha			TESTIGO		
	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Materia Seca (%)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Materia Seca (%)	Peso Fresco (g)	Peso Seco (g)	Materia Seca (%)
1	609,4	146,8	24,1	646,1	98,8	15,3	606,8	140,8	23,2
2	711,1	148,4	20,9	1094,7	154,4	14,1	557,6	128,7	23,1
3	777,5	165,6	21,3	902,4	167,3	18,5	569,0	117,6	20,7
4	794,0	184,8	23,3	918,3	153,2	16,7	672,5	147,1	21,9
5	1076,5	248,3	23,1	487,1	82,3	16,9	629,9	154,0	24,4
6	1650,5	346,9	21,0	660,1	120,8	18,3	681,4	159,2	23,4
7	1101,5	213,9	19,4	552,8	140,4	25,4	477,1	101,0	21,2
8	638,5	130,0	20,4	673,2	129,6	19,3	697,3	159,2	22,8
9	554,9	108,5	19,6	517,8	144,8	28,0	724,7	142,8	19,7
10	1289,1	201,3	15,6	697,1	144,9	20,8	631,4	119,9	19,0
Promedio	920,30	189,45	20,86	714,96	133,65	19,32	624,77	137,03	21,93
desvest	352,16	69,26	2,42	196,52	26,40	4,37	74,95	19,60	1,76
coefvar	38%	37%	12%	27%	20%	23%	12%	14%	8%

Los pesos expresados en gramos se obtuvieron en un área de 0,25 m².