

EFFECTO DE LOS BANCOS FORRAJEROS DE BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia* G), RAMIO (*Boehmeria nivea* L) Y MARALFALFA (*Pennisetum sp*), EN ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO, MUNICIPIO DE SIBUNDOY, DEPARTAMENTO PUTUMAYO.

EFFECT OF FODDER BANKS OF BOTÓN DE ORO (*Tithonia diversifolia* G), RAMIO (*Boehmeria nivea* L) AND MARALFALFA (*Pennisetum sp*), ON THE CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS, IN THE SIBUNDOY MUNICIPALITY, DEPARTAMENTO OF PUTUMAYO.

JESSENYA KAROLINA PAY CH.¹

NIXON GEOVANY RODRÍGUEZ R.²

WILLIAN BALLETEROS P.³

RESUMEN

Se evaluó el efecto de los bancos forrajeros de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), ramio (*Boehmeria nivea*), maralfalfa (*Pennisetum sp*) y kykuyo (*Pennisetum clandestinum*); con un año y medio de establecimiento sobre algunas propiedades químicas del suelo, se tomaron muestras de suelo y de tejido vegetal para determinar la presencia de N, P, K y Ca; utilizando un diseño estadístico de bloques completos al azar con tres bloques y cuatro tratamientos. En el suelo *Boehmeria nivea* presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) en el contenido de Ca (8,70 cmolcarga/kg). En el tejido vegetal se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en el N extraído por *Tithonia diversifolia* (2,98 %) y el Ca extraído por *Boehmeria nivea* (4.12 %). La especie que presentó mayor producción de materia seca fue *Pennisetum sp* con (18248 kg/ha).

Palabras claves: calcio, fósforo, nitrógeno, potasio.

¹ Est. Ing. Agroforestal. Universidad de Nariño. 2008; E-mail: jessenyachicaiza@yahoo.es

² Est. Ing. Agroforestal. Universidad de Nariño. 2008; E-mail: geovany45@yahoo.es

³ I.AF, M.Sc en Agroforestería. Docente Tiempo Completo. Facultad Ciencias Agrícolas, Programa Ingeniería Agroforestal. Universidad de Nariño. 2008; E-mail: wballeterosp@yahoo.com

ABSTRACT

In order to evaluate the effect of the bancos forrajeros with the boton de oro (*Tithonia diversifolia*), ramio (*Boehmeria nivea*), maralfalfa (*Pennisetum sp*) and kykuyo (*Pennisetum clandestinum*) species, with one and a half years of establishment in some chemical properties of the soil. Samples of soil and of vegetable tissue were taken in order to determine N, P, K and Ca. A statistical design of blocks was used at random with blocks and four treatments. On the floor *Boehmeria nivea* significant differences ($P < 0.05$) in the content of Ca (8.70 cmolcarga / kg). The results of vegetable tissue showed significant differences ($P < 0.05$) in N extracted by the *Tithonia diversifolia* (2,98 %) and the Ca extracted by the *Boehmeria nivea* (4,12%). *Pennisetum sp* had significant differences ($P < 0.05$) of production of dry matter (18248 kg/ha).

Key words: calcium, nitrogen, phosphorus, potassium.

INTRODUCCIÓN

En Sibundoy, la utilización de los bancos forrajeros, es una actividad pionera entre ganaderos que ha generado ahorro en cuanto a insumos, sin embargo, no se conocen los efectos que puedan ocasionar los bancos forrajeros en las propiedades químicas del suelo a mediano y largo plazo. Las especies más utilizadas en la zona son: botón de oro (*Tithonia diversifolia*), ramio (*Boehmeria nivea*), maralfalfa (*Pennisetum sp*); entre otras.

Dentro de la agroforestería los sistemas silvopastoriles son una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos), e interactúan con los componentes tradicionales (forrajeras, herbáceas y animales), todos ellos bajo un sistema de manejo integral (Ospina 2003).

Pezo e Ibrahim, (1999) indican que los bancos forrajeros de leñosas perennes o las forrajeras herbáceas se cultivan en bloque compacto y alta densidad, con miras a maximizar la producción de fitomasa de buena calidad nutritiva. Para que un sistema de este tipo reciba la denominación de “bancos de proteína”, el forraje de la especie sembrada debe de contener más del 15% de PC. Si la especie presenta altos niveles de energía digerible (mas de 70% de digestibilidad), el bloque constituirá un “banco energético”.

En bancos forrajeros, manejados bajo esquemas de “corte y acarreo” ocurren altos niveles de extracción y la única forma de sostener la productividad es mediante la aplicación de altos niveles de fertilizantes (Oviedo, 1995).

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de los bancos forrajeros con las especies botón de oro (*Tithonia diversifolia*), ramio (*Boehmeria nivea*), maralfalfa (*Pennisetum sp*) y un testigo kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) en algunas propiedades químicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

El trabajo de investigación se realizó en tres fincas donde los bancos forrajeros cuentan con año y medio de establecimiento y comparten suelos iguales en la vereda Bella Vista, municipio de Sibundoy, localizado en el noroccidente del departamento del Putumayo, a 01° 12,25 latitud norte y 76° 55,12 longitud este. La zona bajo estudio esta caracterizada como bosque húmedo montano bajo (bh - MB), con precipitación anual de 1600 mm, temperatura media de 16.3°C, a 2280 msnm de altitud y humedad relativa de 79% (POT Sibundoy, 2003).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, donde cada bloque corresponde a una finca, en los cuales se estableció cuatro tratamientos correspondientes a las especies

utilizadas: botón de oro (*Tithonia diversifolia*), maralfalfa (*Pennisetum sp*) ramio (*Boehmeria nivea*), y un testigo pasto kykuyo (*Pennisetum clandestinum*). Se utilizaron tres repeticiones por cada tratamiento. El tamaño de la unidad experimental correspondió a parcelas de 4*4 metros ubicadas en cada uno de los tratamientos, donde se tomaron las muestras de suelo, tejido vegetal y materia seca.

Tratamientos

T1= botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

T2= maralfalfa (*Pennisetum sp*)

T3= ramio (*Boehmeria nivea*)

T4= kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis de varianza para detectar diferencias entre tratamientos; las variables que presentaron significancia estadística, fueron analizadas mediante una prueba de comparación de promedios de tukey al 95%. Para este análisis se utilizó el programa estadístico SAS v8.

El modelo estadístico corresponde a bloques completos al azar el cual es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta en el tratamiento/, bloque j

μ = Media general del experimento

T_i = Efecto del tratamiento i

β_j = efecto del bloque j

E_{ij} = Error experimental

Variables de evaluación

1. Nitrógeno y M.O en el suelo
2. Fósforo en el suelo

3. Potasio en el suelo
4. Calcio en el suelo
5. Contenido de N en tejido vegetal
6. Contenido de P en tejido vegetal
7. Contenido de K en tejido vegetal
8. Contenido de Ca en tejido vegetal
9. Producción de materia seca

Toma de muestras de suelo

Para la toma de muestra de suelo, se tomaron 10 submuestras para componer una sola de manera homogénea, llevando forma de zigzag; para la toma de las muestras se utilizó una pala, se limpió la superficie del suelo y se realizó un hoyo en forma de "V" de 20 cm de profundidad; posteriormente se tomó una tajada de suelo de 2-3 cm de espesor en uno de los lados oblicuos del hoyo; la operación se repitió en los siguientes sitios de muestreo. Finalmente, se mezcló todo el suelo recolectado en un recipiente y se tomó aproximadamente un kilogramo en una bolsa plástica etiquetada (CENICAÑA, 2002).

Las muestras de suelo se trasladaron a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño. M.O se realizó por el método de Walkley-Black (Colorimétrico) y $\%N = 0,014497 + 0,044757 (\%M.O) - 0,000597 (\%M.O)$ Carrillo, (1997). Fósforo (P) se realizó por el método de Bray II y Kurtz, el calcio (Ca) y potasio (K) se realizó por el método de fotómetro de llama, previa extracción de las sales con acetato de amonio normal y neutro (CENICAÑA, 2002).

Toma de muestras de tejido vegetal

La toma de las muestras de tejido vegetal se realizó de las hojas, tallos, ramas y flores de las especies, ya que son los órganos donde se refleja el estado nutricional de la planta. En horas de la mañana se tomaron 500 g de tejido vegetal por cada muestra; cada muestra fue etiquetada para evitar confusión (IGAC, 2006).

Las muestras de tejido vegetal se trasladaron a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, donde se obtuvieron los contenidos de nitrógeno (N) por el método Kjeldahl y cuantificación por titulación potenciométrica con ácido, fósforo (P) se realizó por digestión vía húmeda – cerrada por el método microondas y cuantificación colorimétrica por Carolina del Norte (IGAC, 2006), según la metodología de Estrada (2001) se determinaron los contenidos de potasio (K), y calcio (Ca) por el método Ac NH (pH 7.0) .

Toma de muestra de materia seca

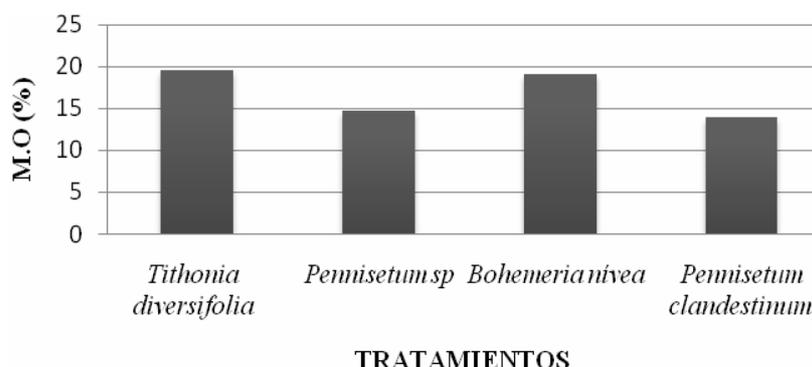
La toma de muestra de materia seca se realizó con un marco de pvc cuadrado de 1m * 1m, en cada unida experimental, se realizó lanzamientos del marco al azar, posteriormente se cortó el forraje encontrado dentro del marco y se procedió a pesar; este procedimiento se realizó con todos y cada uno de los tratamientos en todos los bloques.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nitrógeno y materia orgánica en el suelo

La materia orgánica no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). En la figura 1 se observa que *Tithonia diversifolia* (19.5%) y *Bohemeria nivea* (19.1%) presentan el mayor valor de M.O en el suelo.

Figura 1. Comportamiento de M.O en el suelo.

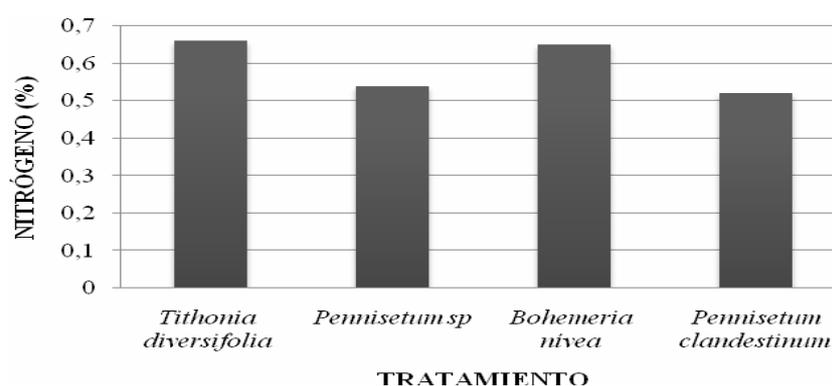


Esto puede deberse a que en *Tithonia diversifolia* y *Bohemeria nivea* la altura de corte es mas alta en comparación a *Pennisetum sp* y *Pennisetum clandestinum*, por lo que se agregan al suelo las partes del tallo que mure después de cada corte y las hojas maduras que caen y se incorporan al suelo como materia orgánica.

Garavito (1999) afirma que los contenidos de materia orgánica mayores a 11.10% se consideran en un nivel muy alto. La cobertura vegetal, es de vital importancia, ya que al incorporarse al suelo en forma de materia orgánica se constituye en la fracción más activa y dinámica del suelo, incrementando su potencial productivo y mejorando su actividad biológica. La materia orgánica incorporada al suelo, en forma de abono orgánico, es de gran importancia porque actúa como un acondicionador y mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El nitrógeno, no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). En la figura 2 se observa que *Tithonia diversifolia* (0.66%) y *Bohemeria nivea* (0.65%), presentan el mayor valor de N en el suelo. Debe tenerse en cuenta que los contenidos de N están directamente relacionados con los contenidos de M.O, por lo tanto la relación es directamente proporcional.

Figura 2. Comportamiento del Nitrógeno en el suelo.



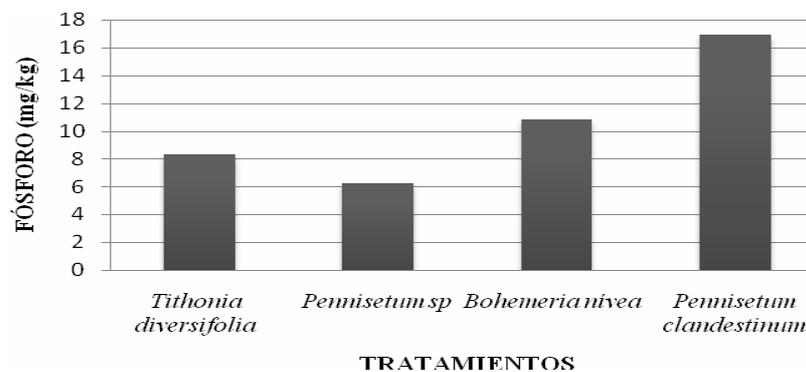
Según Urbano (1996) el contenido de nitrógeno total en los suelos presenta un rango entre 0.2 y 0.7 % en la capa arable, disminuyendo el porcentaje con la profundidad del perfil.

Este porcentaje está relacionado con el contenido de materia orgánica del suelo. Por lo general la fracción orgánica representa entre un 85 y 95 % del nitrógeno total, correspondiéndole a la fracción inorgánica un rango del 15 al 5 %.

Fósforo en el suelo

En el Anova para el fósforo no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) para los diferentes tratamientos. En la figura 3 se observa que el mayor contenido de P se encontró en la especie *Pennisetum clandestinum* (16.9 mg/kg).

Figura 3. Comportamiento del fósforo en el suelo.



Bernal (1994) afirman que los niveles críticos de fósforo en el suelo menores de 15 mg/kg, se considera en nivel bajo. Entre los tres elementos principales (nitrógeno, fósforo y potasio), el fósforo es requerido por las plantas generalmente en menores cantidades; sin embargo, gran parte de la superficie del país corresponde a suelos "alicos" (con alto contenido de aluminio intercambiable) y suelos alofánicos derivados de ceniza volcánica. Todos estos suelos son generalmente muy deficientes en fósforo aprovechable para las plantas.

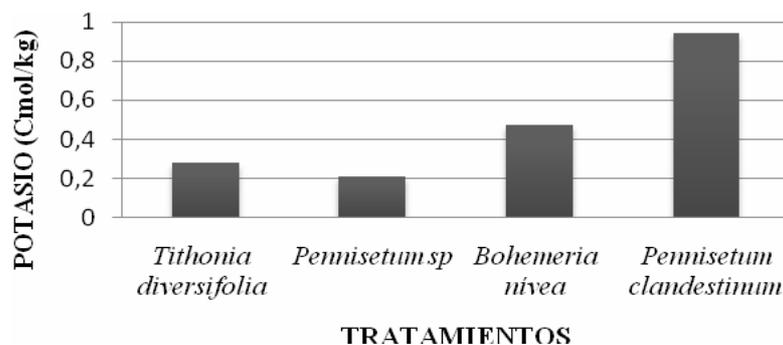
Por su parte Blasco (1990) argumenta que existe una movilización potencial del fósforo en la rizósfera por microorganismos como bacterias (*Aerobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*), hongos (*Aspergillus*, *Alternaria* y *Penicillium*) y las micorrizas; se puede argumentar por lo tanto que *Pennisetum clandestinum* tenga una buena asociación con estos

microorganismos para lograr la disponibilidad de P; además la edad de establecimiento es mayor en comparación con las de *Tithonia diversifolia*, *Pennisetum sp* y *Bohemeria nivea*.

Potasio en el suelo

En el Anova para el potasio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). En la figura 4 se observa que el mayor contenido de K se encuentra en *Pennisetum clandestinum* (0.94 cmolcarga/kg) y el menor contenido se presentó con *Pennisetum sp* (0.21 cmolcarga/kg).

Figura 4. Comportamiento del potasio en el suelo.



El mayor contenido de K en el suelo con *Pennisetum clandestinum* puede deberse a que tiene una tendencia de mayor disponibilidad de potasio, ya que estas praderas convencionales tienen mayor tiempo de establecidos comparados con los bancos forrajeros con las especies *Tithonia diversifolia*, *Pennisetum sp* y *Bohemeria nivea*.

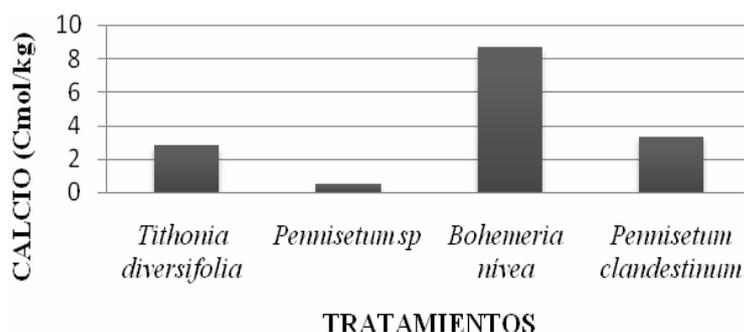
Al respecto; Gómez (2006) afirman que los niveles críticos de potasio en el suelo que se encuentren entre 0,15 a 0,30 cmolcarga /kg, se considera en nivel medio y mayor de 0,30 se considera como nivel alto. La respuesta del potasio en general es escasa y solamente es necesario aplicarlo como parte de los fertilizantes completos para remplazar el que las plantas extraen del suelo, especialmente si se utilizan otros fertilizantes como los nitrogenados. En pastos fuertemente fertilizados con nitrógeno se puede encontrar buena

respuesta a aplicaciones de potasio. En leguminosas y mezclas de gramíneas y leguminosas también se encuentra buena respuesta a las aplicaciones de potasio.

Calcio en el suelo

En el Anova para el calcio, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). En el análisis de promedios, mediante la prueba de tukey, *Bohemeria nivea* presentó el mayor contenido de Ca (8,70 cmolcarga/kg) en el suelo, como se observa en la figura 5.

Figura 5. Comportamiento del calcio en el suelo.



Gómez (2006) afirman que de 3 a 6 cmolcarga/kg, se considera nivel aceptable; en el suelo el calcio puede existir en muchas formas, pero para fines de nutrición de las plantas las formas principales son el calcio en la solución del suelo, el calcio intercambiable y el calcio activo.

En *Pennisetum clandestinum* donde el P y el K son más elevados, ocurre un desplazamiento del Ca donde se presenta uno de los menores contenidos de este elemento en el suelo.

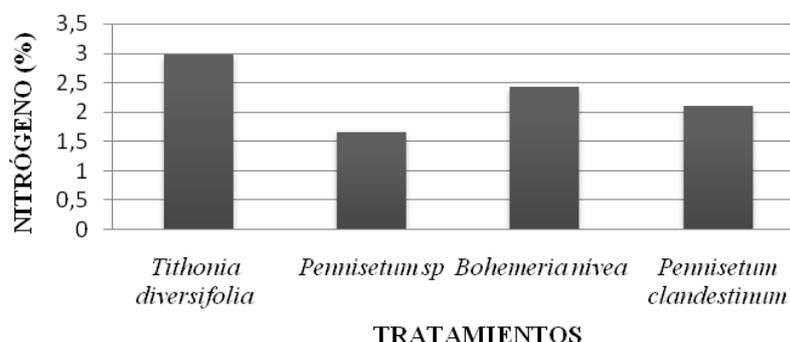
En el caso donde *Pennisetum sp* presenta menor contenido de Ca en el suelo, se registra menor extracción de Ca junto con *Pennisetum clandestinum*, como se observa en la grafica 9, dando a conocer que los requerimientos de este nutriente para estas dos especies es relativamente bajo.

Teniendo en cuenta que únicamente se observó diferencias significativas en el suelo de *Bohemeria nivea*, vale la pena resaltar que la edad de plantación de los bancos es relativamente corta (año y medio), en comparación con las praderas convencionales de *Pennisetum clandestinum* que tienen un tiempo de establecidos entre 7 a 10 años. Observando las diferencias de contenidos de nutrientes en las especies, se puede sugerir realizar una rotación de cultivos para obtener un balance de nutrientes para las plantas, evitando así la pérdida de la fertilidad del suelo y finalmente reducir costos en fertilizantes.

Nitrógeno en tejido vegetal

En tejido vegetal para el nitrógeno, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), en el análisis de promedios, mediante la prueba de tukey el nitrógeno extraído por *Tithonia diversifolia* presentó el mayor contenido de N (2,98%) tal como se observa en la figura 6.

Figura 6. Contenido de nitrógeno en el tejido vegetal.



Según Bernal, (1994) los niveles de extracción de N por parte de *Tithonia diversifolia* (2,98%) y *Bohemeria nivea* (2,43%) se encuentran en un rango de 2,4 – 4,0% se considera un nivel medio; *Pennisetum clandestinum* (2,11%) y *Pennisetum sp* (1,65%) se encuentran en un rango menor de 2,4% se considera un nivel bajo, como se observa en la figura 6.

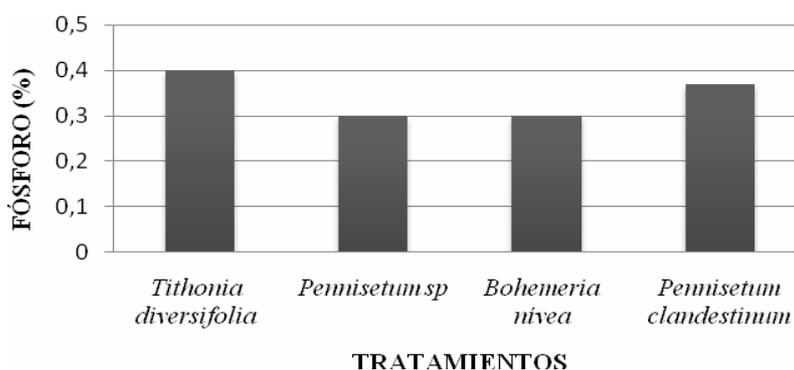
Tithonia diversifolia y *Bohemeria nivea*, presentan los mayores valores de nitrógeno en el suelo (figura 2) y los mayores porcentajes de extracción de este elemento (figura 6); en este caso hay un equilibrio entre contenido y requerimiento del elemento por las especies.

El nitrógeno está presente en los tejidos verdes de las plantas en concentraciones relativamente altas y en algunas semillas en concentraciones aún mayores, por lo cual se le considera un macronutriente primario, junto con el fósforo y el potasio. Aunque, en general, los suelos minerales tienen contenidos totales de nitrógeno muy superiores a los de los requerimientos de los cultivos, casi todo este elemento se encuentra en la materia orgánica, y anualmente sólo se mineraliza una pequeña fracción. Debido a esta liberación lenta del nitrógeno orgánico, el nitrógeno frecuentemente se convierte en un elemento limitativo para la producción de cultivos (Carrillo, 1997).

Fósforo en tejido vegetal

En tejido vegetal para el fósforo, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). Las especies con mayores porcentajes de extracción fueron *Tithonia diversifolia* (0.40%) y *Pennisetum clandestinum* (0.37%) presentaron el mayor contenido de P tal como se observa en la figura 7.

Figura 7. Contenido de fósforo en el tejido vegetal.



Según Bernal, (1994) estos niveles de extracción de P por los tratamientos se encuentran en un nivel medio entre 0,21 – 0,44 %.

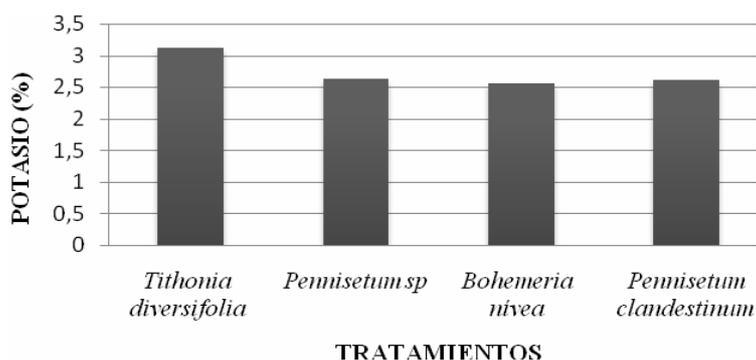
En el suelo *Pennisetum clandestinum* registró el mayor contenido de P (figura 3), y el mayor porcentaje de extracción por lo tanto habrá un equilibrio entre contenido y extracción, teniendo en cuenta que los contenidos de P encontrados en el suelo son bajos. Con respecto a *Tithonia diversifolia* se da un desbalance ya que es la especie con mayor porcentaje de extracción de P y el contenido de este elemento en el suelo es uno de los más bajos.

Según Estrada, (2001) la cantidad de elementos extraídos, depende directamente de la cantidad de elementos presentes en el suelo. El P tiene funciones vitales como la división celular, estimulación del desarrollo de las raíces, frutos, semilla, floración y es necesario para el crecimiento de los meristemas.

Potasio en tejido vegetal

En tejido vegetal para el potasio, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$). En la figura 8, se observa que la especie que presentó mayor contenido de K fue *Tithonia diversifolia* (3.12%).

Figura 8. Contenido de potasio en el tejido vegetal.



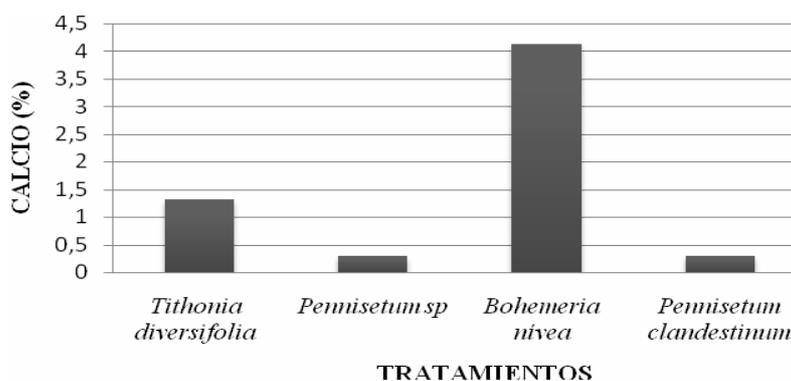
Según Bernal, (1994) estos niveles de extracción de K se encuentran en un nivel medio entre 1,96 – 3,05 %. El contenido de K es importante porque actúa como activador de enzimas involucrados en la fotosíntesis, además aumenta la resistencia de las plantas al frío y a enfermedades y estimula el crecimiento en pastos y leguminosas.

El 75% de los porcentajes de K se encuentran dentro del rango medio que propone Bernal, algunos factores que favorecen la disponibilidad de potasio son: humedad del suelo a capacidad de campo, adecuada aireación del suelo, alta CIC, alto contenido de M.O.

Calcio en tejido vegetal

En tejido vegetal para el calcio, se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), en el análisis de promedios, mediante la prueba de tukey *Bohemeria nivea* presentó el mayor contenido de Ca (4,12%) tal como se observa en la figura 9.

Figura 9. Contenido de calcio en el tejido vegetal.

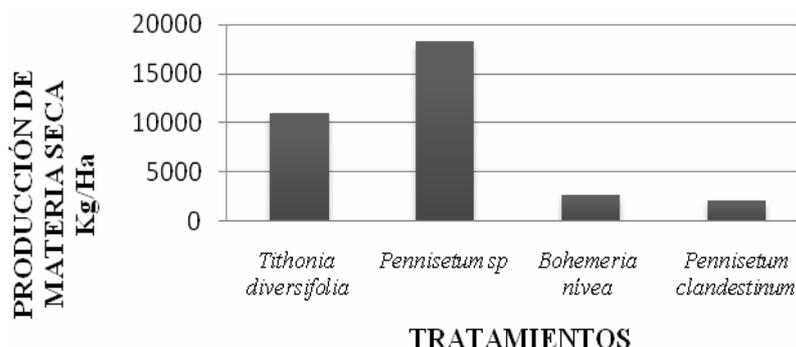


Según Gómez, (2006) los niveles de extracción de Ca suficiente o normal se encuentran en un rango de 1 – 4%; la extracción excesiva de Ca puede ocasionar acidez en los suelos y afectar la relación Ca/Mg; causando liberación de magnesio el cual genera problemas estructurales en el suelo; por tanto, para mantener esta relación en su nivel óptimo se podría optar por rotar cultivos para disminuir la extracción excesiva de este elemento y compensar las deficiencias en otras especies.

Materia seca

En el Anova para producción de materia seca (kg/ha) se presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$); en *Pennisetum sp* (18248 kg/ha), en la figura 10, la especie *Pennisetum sp* presenta mayor producción seguido por *Tithonia diversifolia* en comparación a *Bohemeria nivea* y *Pennisetum clandestinum*.

Figura 10. Producción de materia seca.



La diferencia en producción de materia seca en *Pennisetum sp* con respecto a *Bohemeria nivea* y *Pennisetum clandestinum* se debe principalmente a la altura de la planta; mientras que con relación a *Tithonia diversifolia* se debe principalmente a la altura de corte.

Bohemeria nivea presenta la menor cantidad de producción de materia seca y por el contrario los mayores valores de extracción de nutrientes; por lo tanto se recomienda que para el manejo de esta especie en bancos forrajeros se debe realizar un análisis de costo/beneficio para definir su viabilidad, si ésta es una opción viable se debe tener un plan de fertilización adecuado.

Benavides (1998), encontró en estudios anteriores producciones promedio de materia seca de 28,5 kilos por metro cuadrado, es decir, 285 toneladas por hectárea, con una altura promedio por caña de 2,50 metros; valores que no coinciden con este estudio donde se obtuvo 10,6 kilos por metro cuadrado, dándose así una producción baja con respecto a cifras encontradas en estudios anteriormente realizados.

CONCLUSIONES

En suelo se presentó efectos significativos ($p < 0,05$) sobre el contenido de Ca (8,70 cmolcarga/kg) con *Bohemeria nivea*. Materia orgánica, nitrógeno, potasio y fósforo no presentaron efectos significativos entre los bancos forrajeros con *Tithonia diversifolia*, *Pennisetum sp* y *Pennisetum clandestinum*.

En tejido vegetal se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en la cantidad de N (2,98%) extraída por *Tithonia diversifolia* y la cantidad de Ca (4,12%) extraída por *Bohemeria nivea*, por su parte *Pennisetum sp* y *Pennisetum clandestinum* no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

La producción de materia seca (kg/ha) presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los bancos forrajeros, la mayor producción se obtuvo con *Pennisetum sp* (18248 kg/ha); y la menor cantidad se obtuvo con *Pennisetum clandestinum* (2136 kg/ha).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los docentes tiempo completo de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño: William Ballesteros Possú, Jesús Castillo Franco, Efrén Insuasty Santacruz y a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MUNICIPAL SIBUNDOY. 2003. Plan de ordenamiento territorial, municipio de Sibundoy, Putumayo. pp 19.

BENAVIDES, J. 1998. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE/ FAO. Consultado 14 set.

BERNAL, J. 1994. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. 3ª edición. Banco Ganadero. Bogotá, Colombia. 544 p.

BLASCO, M. 1990. Curso de microbiología de suelos. Turrialba. 247 p.

CARRILLO, I. 1997. Centro de Investigación del Café. Guía Para el Servicio Regional de Análisis de Suelos. Chinchina, Caldas, Colombia. 224 p.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE CAÑA. 2002. Metodología para la toma de muestras de suelos. 128 p.

ESTRADA, G. 2001. Disponibilidad de calcio, magnesio y azufre, su análisis en suelos y su interpretación. En: Los Elementos Secundarios (Ca, Mg, S) y el Silicio en la Agricultura. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional de Cundinamarca y Boyacá. Bogotá. Colombia. pp 85-104.

GARAVITO, F. 1999. La Materia Orgánica del Suelo. In: Propiedades Químicas de los Suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2ª Edición. Bogotá, Colombia. pp 185-219.

GÓMEZ, M. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Universidad Nacional de Colombia. Director de Investigación y desarrollo MICROFERTISA. Bogotá, Colombia. 115 p.

IGAC. 2006. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 6ª edición. Bogotá, Colombia. pp 233.

OSPINA, A. 2003. Agroforestería: aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal. Cali, Colombia. 205 p.

OVIEDO, F. 1995. Morera (*Morus sp*) en asocio con poró (*Eritryna poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 85p.

PEZO, D e IBRAHIM, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ, 2 e.d. Costa Rica: Turrialba. 173 p.

URBANO, D. 1996. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. Venezuela. Mérida. Rev. Fac. Agron. 14: 129-139.