

Efecto de las características edafoclimáticas en la calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp.*) en el altiplano de Nariño

Effect of soil and weather characteristics on the nutritional quality of Brazilian grass (Phalaris sp.) in the highlands of Nariño

JOSÉ EDMUNDO APRÁEZ G.

Zootecnista, docente e investigador, Grupo Producción y Salud Animal, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia
eapraez@udenar.edu.co

FRANCISCO JAVIER ACHICANOY A.

Profesional Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Grupo Producción y Salud Animal. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia
fachicanoy@udenar.edu.co

RESUMEN

El estudio buscó establecer los componentes edáficos y climáticos de mayor impacto en la producción y la calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp.*), en tres rangos altitudinales de suelos no intervenidos de las regiones altas de los Andes de Nariño, Colombia. En tres localidades de cada zona se tomaron muestras de pasto y suelo, para determinar las variables bromatológicas y edáficas en sus componentes químicos, físicos y biológicos; adicionalmente, se precisaron algunos factores climáticos relevantes en cada ecotopo. La información obtenida fue clasificada en valores cuantitativos y cualitativos; los primeros se procesaron mediante análisis de componentes principales (ACP), los valores cualitativos, a través del análisis de medidas de tendencia central y análisis de correspondencias múltiples. Los resultados revelaron que pH entre 5,3 y 7, materia orgánica entre 12 y 9%, adecuadas penetrabilidad (1,1 MPa) e infiltración (9,86 cm/h) y alta diversidad de fauna en el suelo son decisivos sobre la producción de biomasa y la calidad del pasto brasilero.

Palabras clave: trópico de altura, valor nutritivo, pastos naturalizados.

RECIBIDO: 15 DE SEPTIEMBRE DEL 2014. APROBADO: 11 DICIEMBRE DEL 2014

— Cómo citar este artículo: Apráez G., J. E. y Achicanoy A., F. J. (2015). Efecto de las características edafoclimáticas en la calidad nutritiva del pasto brasilero (*Phalaris sp.*) en el altiplano de Nariño. *Revista Ciencia Animal*, (9), 69-82.

ABSTRACT

The study sought to identify the soil and climatic components of greater impact on the production and nutritional quality of Brazilian grass (*Phalaris* sp.) in three altitudinal ranges of not intervened soil in the highlands of the Andes in Nariño, Colombia. In three locations of each area, grass and soil samples were collected to determine bromatological and soil variables through their chemical, physical and biological components; additionally, some relevant climatic factors were determined in each ecotope. The information obtained was classified into quantitative and qualitative values; the first were processed by principal component analysis (PCA), while the qualitative values, through the analysis of measures of central tendency and multiple correspondence analysis. The results revealed that pH values between 5.3 and 7, organic matter from 12 to 9%, suitable penetration (1.1 MPa) and infiltration (9.86 cm/h) and high diversity of fauna on the ground are the crucial factors for biomass production and the quality of Brazilian pasture.

Keywords: High tropics, nutritional value, naturalized pastures.

Introducción

El éxito de los sistemas de producción pecuaria que basan su alimentación en pastos o forrajes implica un manejo adecuado, armonioso y racional de cada uno de los componentes suelo, planta y animal; sin embargo, este equilibrio ha sido alterado constantemente por la implementación de paquetes tecnológicos foráneos que han desplazado a los sistemas de producción tradicional, acarreando consigo el deterioro progresivo del suelo, la pérdida de una gran riqueza fito y zoogenética de recursos nativos, mayores costos de producción y empobrecimiento de las condiciones ambientales. Según Cortés Lombana (1987), en Colombia, el uso de equivocado y la explotación irracional de algunos suelos han deteriorado su calidad, afectando severamente su capacidad de utilización. Asimismo, desde el punto de vista cultu-

ral, el desconocimiento de la cultura de cada pueblo, de las tradiciones, conduce directamente al fracaso de cualquier plan de desarrollo armónico del recurso suelo.

En virtud de lo anterior, la alimentación de los animales domésticos necesita reorientarse con base en recursos locales adaptados a las condiciones ambientales donde se desarrolla la actividad, puesto que en el departamento de Nariño, el 90% de los planteles pecuarios basan su alimentación en recursos foráneos, los cuales por su alta demanda de insumos, preparación de tierra, requerimientos de agua y fragilidad del perfil agrícola, se han tornado en esquemas insostenibles económica y ecológicamente.

Al no existir suficiente literatura regional y nacional sobre estudios realizados acerca de la determinación de las condiciones de suelo y clima óptimas para la

producción sostenible del pasto brasileiro (*Phalaris sp.*), se hace necesario investigar sobre el comportamiento de este en condiciones de no intervención en el trópico alto del departamento de Nariño.

En tal sentido, el presente estudio busca establecer las condiciones edafoclimáticas en sus componentes químico, físico y biológico, que posibilitan de manera natural la producción óptima del pasto brasileiro (*Phalaris sp.*) en varias regiones de los Andes del departamento de Nariño, donde se ubica un importante número de sistemas de producción lechera especializada.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en tres municipios del departamento de Nariño: Guachucal, Ipiales y Pasto. En cada uno de ellos se muestrearon tres localidades. En Guachucal: Arvela, Santa Rosa y Cualapud; en Ipiales: Puenes, Ipiales y Yanalá, y finalmente, en Pasto: Daza, Obonuco y Botana, y tres réplicas por localidad, para un total de 27 muestreos (tabla 1).

Las determinaciones se realizaron en Guachucal en un rango de altitud de 3050 a 3300 msnm, temperatura promedio de 11,5 °C y precipitación de 1200 mm al año. En Ipiales en un intervalo de altitud de 2800 a 3150 msnm, temperatura promedio de 12,6 °C y pre-

Tabla 1. **Distribución de puntos de muestreo en los municipios objeto de estudio**

<i>Guachucal</i>	<i>Ipiales</i>	<i>Pasto</i>
<i>3050-3300 msnm</i>	<i>2800-3150 msnm</i>	<i>2600-2799 msnm</i>
Santa rosa	Puenes	Daza
Sitio 1	Sitio 1	Sitio 1
Sitio 2	Sitio 2	Sitio 2
Sitio 3	Sitio 3	Sitio 3
Cualapud	Ipiales	Obonuco
Sitio 1	Sitio 1	Sitio 1
Sitio 2	Sitio 2	Sitio 2
Sitio 3	Sitio 3	Sitio 3
Arvela	Yanalá	Botana
Sitio 1	Sitio 1	Sitio 1
Sitio 2	Sitio 2	Sitio 2
Sitio 3	Sitio 3	Sitio 3

Fuente: elaboración propia.

cipitación de 821 mm al año. Y en Pasto en un rango altitudinal entre 2600 y 2799 msnm, temperatura promedio de 12,5 °C y precipitación de 979 mm.

En cada localidad se tomó una muestra de suelo y una muestra de forraje, según criterios de altura y producción de biomasa en condiciones naturales. A continuación se presentan las variables consideradas para cada sitio y réplica.

Variables climáticas

Estas fueron temperatura, humedad relativa y precipitación (Instituto de Hidrolo-

gía, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), 2000-2008), así como luminosidad y altitud (luxómetro y altímetro, respectivamente).

Variables agronómicas

Producción de biomasa (Aforos), periodo de recuperación (PR) a tres cortes y altura de la planta.

Variables bromatológicas

Materia seca (análisis proximal o de Weende), nitrógeno total y proteína verdadera (Kjeldahl), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina (Van Soest), minerales: Ca, P, Mg y S (se estimó multiplicando la cantidad de elemento extractado durante el análisis por un factor de dilución (FD), los cálculos se hicieron en forma de porcentaje).

Los análisis químicos proximales (AQP) se realizaron en los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, según las recomendaciones establecidas por la AOAC Internacional en sus *Official methods of analysis* (1995).

Variables edáficas

Constituidas por las variables físicas, las variables químicas y las variables biológicas.

VARIABLES FÍSICAS

Textura (método del hidrómetro de Bouyoucos), densidad aparente (método de la probeta), densidad real (picnómetro), capacidad de campo (columna de Chapingo), porosidad total (fórmula matemática con base en las densidades real y aparente), penetrabilidad (penetrómetro) e infiltración (anillos concéntricos).

Los parámetros químicos y físicos se determinaron siguiendo los procedimientos descritos por el *Manual de métodos químicos para el análisis de suelos* de Laboratorios Udenar.

VARIABLES QUÍMICAS

pH (método potenciométrico), capacidad de intercambio catiónico (por determinación por acetato de amonio), fósforo disponible (método de Bray y Kurtz), materia orgánica (Walkey y Black), potasio de cambio, Mg, Ca, Fe y Zn (absorción atómica), azufre (técnica de extracción con fosfato de Ca y por turbidimetría), boro (determinación calorimétrica).

VARIABLES BIOLÓGICAS

Macro y mesofauna, mediante el conteo del número de individuos existentes en el suelo, en un cuadrante de 25 por 25 cm de ancho por 30 cm de profundidad (técnica de monolito).

Finalmente, se realizó el análisis de componentes principales (ACP), tomando aquellas variables que tuvieron un coeficiente de variación (CV) mayor del 20%. De igual manera, se realizó un análisis de correlación de Pearson, con el fin de eliminar las variables altamente correlacionadas, dejando para el (ACP) tan solo una de ellas.

Resultados y discusión

A continuación se describen las condiciones edafoclimáticas óptimas para la producción y calidad nutritiva del pasto brasileiro encontradas en esta investigación.

Variables climáticas

El rango óptimo de temperatura para el desarrollo y productividad del pasto *Phalaris sp.* en los tres municipios oscila entre 9 y 12,5°C. En este sentido, se encuentra una relación inversa entre temperatura y altitud, es decir, Guachucal, con mayor altitud (3150 msnm) presenta la menor temperatura (9°C); por el contrario, Pasto, con menor altitud (2755 msnm) mostró la mayor temperatura (12,6°C). Los valores encontrados son similares a los reportados por el Ideam para la zona (tabla 2).

La luminosidad presentó los siguientes valores: en Guachucal 124,9 Klux, en Ipiiales 123 Klux y en Pasto 62 Klux. Estos valores están directamente rela-

Tabla 2. Caracterización edafoclimáticas en los tres municipios

	Guachucal	Ipiiales	Pasto	Promedio
Altitud (msnm)	3150	3000	2755	2968
Temperatura (°C)	9	10,4	12,6	11
Precipitación (mm/año)	923,3	821	979	908
Humedad relativa (%)	86,00	71,00	78,33	78
Brillo solar (Klux)	124,9	123	62	103
Biomasa (ton-1 FV)	58,48	58	34	46
Periodo recuperación (días)	56,89	79	85,44	74
MS (%)	18	14	18	17
PC (%)	20	21	16	19
Proteína verdadera (%)	14	16	13	14
FDN (%)	56	56	57	56
FDA (%)	36	36	35	35,6
NDT (%)	66	54		60
pH	5,6	5,3	6,1	6
MO (%)	16,0	16,0	14,0	15
CIC (meq/100 g)	36,2	46,8	33,2	39
Penetrabilidad (MPa)	1,1	1	0,7	1
Porosidad (%)	64	66	69	66
Infiltración (cm/h)	9,86	1,9	0,98	4
Individuos suelo (técnica monolito)	1,365	1,232	234	944

msnm: metros sobre el nivel del mar; °C: grados Celsius; mm/año: milímetros por año; ton-1 FV: toneladas de forraje verde; MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; NDT: nutrientes digestibles totales; pH: potencial de hidrógeno; MO: materia orgánica; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Meq/100g: miliequivalentes por cien gramos de suelo.

Fuente: elaboración propia.

cionados con la altitud (3150, 3000 y 2755 msnm), siendo Guachucal la zona con mayor intensidad lumínica, debido a su mayor altitud (3150 msnm en promedio).

Variables agronómicas

La producción promedio de biomasa fue de 58,48, 58 y 34,07 t FV/ha, para los municipios de Guachucal, Ipiales y Pasto, respectivamente. Si bien el promedio de producción por hectárea en Pasto es bajo, se encuentra dentro del rango reportado por Solla (2009), 25 a 50 ton/ha de forraje fresco. La variación en el PR fue considerable en cada municipio y fue inversamente proporcional a la intensidad lumínica. En Guachucal el periodo promedio de recuperación fue de 56,89 días, en Ipiales 79 días y en Pasto 85,44 días. Estos valores son coincidentes con el rango de 60 a 90 días reportado por Urbano (1995) como edad propicia para pastoreo.

Variables bromatológicas

El rango de materia seca (ms) es de 18% en Guachucal, 14% en Ipiales y 18% en Pasto, como se indica en la tabla 2. Los valores promedios encontrados en Guachucal y Pasto superan a los reportados por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1997), que reporta un valor para pasto brasileiro del 17% de materia seca a los 70 días de edad. Los

valores para Ipiales son bajos (14%), lo cual puede relacionarse con una mayor digestibilidad del pasto.

En la tabla 2 se observan valores medios para los tres municipios del 19% de proteína cruda y 14% de proteína verdadera. Teniendo en cuenta que contienen cantidades relevantes de compuestos nitrogenados que no son proteínas, se realizó la diferencia entre estas y se obtuvo como resultado un 5%, valor que indica una proteína de buena digestibilidad.

De acuerdo con Pírela (2005), los valores de proteína encontrados pueden clasificarse como adecuados, debido a que las gramíneas tropicales presentan niveles relativamente altos en los estadios iniciales de crecimiento, para luego caer marcadamente hasta antes de la floración.

La tabla 1 muestra promedios altos de carbohidratos estructurales en los tres municipios, sinónimo de digestibilidad y aceptación por parte de los animales. El promedio de FDN fue de 56% y el de FDA de 35,6. A este respecto Bernal (2003) asevera que dichos porcentajes pueden variar significativamente con la época del año, la edad de corte, el programa de fertilización y la fertilidad del suelo, entre otros. Los valores promedio de energía expresados como NDT fueron del 60%, valores cercanos al 56% se consideran óptimos para ganado lechero.

Variables edáficas

Estas son, como ya se mencionó, las variables químicas, las físicas y las biológicas.

VARIABLES QUÍMICAS

En cuanto a pH, se presentó un comportamiento similar en Guachucal e Ipiales, con valores de 5,6 y 5,3, respectivamente, lo cual revela que el pasto brasileiro está adaptado a suelos moderada y fuertemente ácidos, de acuerdo con la clasificación de suelos hecha por Zapata (2004).

Los porcentajes de MO fueron de 16% para Guachucal e Ipiales y de 14% para Pasto. A este respecto Salamanca (1990) afirma que en clima frío los menores de 5% son bajos, entre 5 y 10% medios, y mayores de 10% son altos. Se concluye que los valores reportados en el estudio son altos. Según Estrada (2002), a medida que disminuye la temperatura, el contenido de materia orgánica aumenta debido a la baja tasa de mineralización de esta. En Colombia, al existir una relación inversa entre altitud y temperatura, se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de MO y la altura sobre el nivel del mar. Los resultados de este estudio guardan cierta relación con este concepto.

Gliessman (2002) coincide con lo anterior cuando propone que “en ausencia

de intervención del hombre el contenido de materia orgánica del suelo depende especialmente del clima y de la cobertura vegetal”; generalmente, se encuentra más materia orgánica bajo condiciones de clima frío y húmedo.

El comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) estuvo ligado directamente a los porcentajes de MO en cada municipio, siendo directamente proporcionales en Guachucal con 36,2, en Ipiales con 46,8 y en Pasto con 33,2 meq/100 g de suelo, valores elevados si se tiene en cuenta que Frye (citado por Salamanca, 1990) clasifica a los suelos con más de 20 meq/100 g de suelo como de alta CIC. La anterior condición hizo que esta gramínea tuviera una buena disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo, indispensables para los procesos metabólicos y fisiológicos de la planta. El estudio permitió reconocer la interacción entre factores edáficos como pH, MO y CIC y la respuesta del pasto en producción y calidad.

VARIABLES FÍSICAS

Se presentaron valores positivos de penetrabilidad, el promedio para los tres municipios fue de 1 MPa (ver tabla 1). En este sentido, Montenegro (1992) afirma que estos suelos no tienen resistencia al sistema radicular de la planta. Posiblemente, esta característica contribuye al crecimiento y al desarrollo del pasto.

76

El porcentaje general en porosidad fue del 66%. A este respecto Arias (2005) afirma que en un suelo de textura franca el porcentaje promedio de porosidad es de 47%, siendo menor que los resultados reportados en el presente estudio, situación atribuible a los niveles significativos de materia orgánica. Al parecer estos facilitaron la actividad biológica, sobre todo de lombrices de tierra que movilizan y oxigenan las capas de suelo, permitiendo el movimiento de agua y nutrientes a través de este.

Los volúmenes de infiltración fueron dispersos, con 9,86 cm/h, 1,9 cm/h y 0,98 cm/h, para Guachucal, Ipiales y Pasto en su orden. En el estudio, este factor no desempeña un papel importante en el desarrollo del pasto brasilero, ya que los tres municipios se caracterizaron por sus altos índices de producción forrajera.

VARIABLES BIOLÓGICAS

Las especies presentes en los suelos evaluados en los tres municipios fueron en su orden *oligochaeta* (lombrices de tierra), *dermáptera* (tijeretas), *isopoda* (cochinillas) y *coleópteros* (escarabajos). El número de individuos promedio fue de 1365,3, 1232 y 234 en Guachucal, Ipiales y Pasto, respectivamente, valor este estrechamente relacionado con la estructura del suelo, así como con los contenidos de MO en este, puesto que la acumulación o descomposición de la MO, junto con

algunas variables climáticas, ofrece condiciones de confort para el desarrollo y propagación de estos.

En general el orden *oligochaeta* (lombrices de tierra) fue el de mayor participación en todos los sitios, importante, ya que para García Conde *et al.*, desde el punto de vista ecológico, la lombriz de tierra desempeña un papel importante en el ecosistema: al actuar de manera directa en la descomposición de la materia orgánica, mejora la estructura y la aireación del suelo y lo hace más resistente a la erosión.

Muchos microorganismos del suelo son sensibles a la acidez y a la falta de calcio. Al no presentarse descomposición de la MO, esta se acumula y la mineralización y el reciclado de nutrientes son muy escasos. Esto se produce en climas fríos y húmedos, donde por temperatura, humedad y tipo de roca madre, la acidez es inherente al suelo. En estas condiciones la acción de los animales en el reciclado de nutrientes es muy importante (Muslera y Ratera, 1991).

Análisis por componentes principales

El análisis de componentes principales agrupa las variables que están cerca o que son similares, para formar una variable sintética con características propias en comparación con las demás. Debi-

do a esto, el modelo experimental solo tiene en cuenta algunas variables. En Guachucal se obtuvieron tres componentes principales que explican el 68% ($p < 0,05$) del total de la variabilidad del estudio. En Ipiales se establecieron tres componentes principales que explican el 71,33% ($p < 0,05$) de la variabilidad. Finalmente, en Pasto se establecieron tres componentes principales que explican el 75,2% de la variación.

Guachucal

Se analizan los siguientes componentes: alto valor proteico del pasto, alto contenido de fibra en el pasto y deficiente calidad nutritiva.

PRIMER COMPONENTE (ALTO VALOR PROTEICO DEL PASTO)

Este componente relacionó un corto periodo de recuperación, con altos valores proteicos en el forraje, influenciado principalmente por los niveles de luminosidad, las características físicas del suelo y la influencia del pH en la disponibilidad de minerales en este. La correlación existente entre el periodo de recuperación (PR) y el alto valor proteico (VP) del pasto se presenta de una forma inversa, comprobando que las gramíneas tienen mayores contenidos de proteína en sus estados de desarrollo inferiores. Cantidades de luz muy intensa disminuyen la

eficiencia fotosintética, ya que durante el día no se produce una eficiente incorporación del CO_2 . En los lugares de mayor altitud, la intensidad de la luz es mayor, por lo tanto, se produce una reducción en los procesos metabólicos, disminuyendo así la eficiencia de las plantas.

La porosidad, la penetrabilidad y la infiltración influyen de manera directa sobre el contenido proteico del pasto brasileiro, debido a su influencia sobre la textura, la estructura, la capacidad de campo y además sobre propiedades químicas como la acumulación de MO, así como también en el funcionamiento biológico de los organismos, ya que los poros proveen de agua, aire y minerales necesarios para estos. La influencia del pH es directa, ya que según Muslera y Ratera (1991), la acidez de un suelo causa deficiencias nutricionales en las plantas como consecuencia del desequilibrio entre nutrientes.

SEGUNDO COMPONENTE (ALTO CONTENIDO DE FIBRA EN EL PASTO)

El componente relaciona los PR largos con altas producciones de biomasa, materia seca y altos valores de fibra, influenciados directamente por la velocidad de infiltración. La correlación existente entre la producción de biomasa y el corto periodo de recuperación del pasto se da de manera inversa. La edad fisiológica tiene

78

mucho que ver con la concentración de materia seca, y esta relación también es inversa, ya que a mayor edad fisiológica, la planta tiende a lignificarse y pierde el potencial de los nutrientes.

TERCER COMPONENTE (DEFICIENTE CALIDAD NUTRITIVA)

Este componente determina una deficiente calidad nutritiva del pasto brasileño, influenciada directamente por niveles bajos de MO, donde se tiene una menor calidad del pasto. A medida que aumenta la densidad real, es más bajo el contenido de humus en el suelo, y cuando la densidad aumenta se hace menos factible la porosidad y por ende la vida microbiana que ha de transformar los desechos orgánicos; por tanto, es necesario propender por tener un equilibrio constante de MO.

Ipiales

Se analizan los siguientes componentes: producción del pasto, interacción de minerales en la producción de pasto, calidad nutritiva del pasto.

PRIMER COMPONENTE (PRODUCCION DEL PASTO)

Se relacionan tanto la producción como la calidad del pasto, con la influencia directa de los niveles de MO y CIC. A este

respecto Burbano (1998) menciona que la materia orgánica aumenta el poder de amortiguación del suelo, regulando su pH. Este poder “tampón” es fundamental por los efectos negativos que conllevaría sobre la vida microbiana la disponibilidad o el bloqueo de algunos elementos minerales y, finalmente, sobre las especies vegetales cultivadas.

Además, la MO afecta la CIC, aumentando la capacidad del suelo para retener nutrimentos catiónicos e intercambiarlos con su solución. Como resultado se obtiene el incremento del suministro de nutrimentos a la planta y se evita en parte la pérdida de estos por lixiviación. En la parte física, el valor elevado en CC y reducido de la penetrabilidad fue determinante para la exploración de la raíces hacia el interior del suelo, facilitando la disponibilidad de agua y la absorción de los nutrientes necesarios para su desarrollo.

SEGUNDO COMPONENTE (INTERACCIÓN DE MINERALES EN LA PRODUCCIÓN DE PASTO)

El análisis demostró que el manganeso, el zinc y el fósforo disponibles en el suelo son determinantes en la presencia de calcio y azufre del pasto, facilitando la síntesis de proteína, división celular y aumento del desarrollo radicular, factores determinantes en la calidad del pasto. El pH mostró una relación inversa con

la disponibilidad de minerales. A este respecto Bernal (1994) sostiene que la reacción del suelo o pH tiene influencia directa sobre la disponibilidad del fósforo, calcio, magnesio, potasio y molibdeno. A pH bajos (suelos ácidos), el fósforo es precipitado por el hierro y el aluminio que se encuentran en solución. Cuando el complejo de cambio está saturado principalmente por hidrógeno y aluminio, hay menor retención y mayor deficiencia de calcio, magnesio y potasio.

TERCER COMPONENTE (CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO)

Los factores edáficos tuvieron influencia positiva en la calidad del pasto, específicamente la disponibilidad de manganeso, la materia orgánica y la capacidad de campo. Los incrementos de pH tuvieron una influencia negativa por lo mencionado anteriormente, dado que la mayoría de valores para pH en las zonas de estudio revelaron una condición ácida, situación que limita la disponibilidad de fósforo P (s) y manganeso Mn (s).

Pasto

Se analizan los componentes alta producción de forraje verde, alto porcentaje de materia seca y alto periodo de recuperación del pasto, alto porcentaje de azufre en el pasto y bajo porcentaje de proteína cruda (PC) en el pasto.

PRIMER COMPONENTE (ALTA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE, ALTO PORCENTAJE DE MATERIA SECA Y ALTO PERIODO DE RECUPERACIÓN DEL PASTO)

Una vez más, se ratifican los niveles de CIC como determinantes en la calidad del pasto, relacionándose ambas en un sentido positivo. Los valores elevados de CC son indicadores de almacenamiento y suministro de agua y nutrientes hasta los sitios de consumo, es decir, las células mismas (Padilla, 2002). En este componente se incluyó el factor intensidad lumínica. En referencia a esto, Pírela menciona que la radiación solar se encuentra muy relacionada con procesos fisiológicos fundamentales, vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes a través de su desarrollo. Influye en los procesos metabólicos de la planta que determinan su composición química, por cambios en la intensidad y en la calidad de la luz. El periodo de recuperación también está relacionado con la intensidad lumínica, puesto que el número de días en la aparición de las hojas disminuye cuando aumenta la intensidad de la luz (Muslera y Ratera, 1991). También se encontró que las concentraciones de Mg, Fe y Cu en el suelo no favorecen los niveles de materia seca a medida que se incrementan, ya que causan efectos antagónicos y de toxicidad.

SEGUNDO COMPONENTE (ALTO PORCENTAJE DE AZUFRE EN EL PASTO)

Este componente encontró una estrecha relación entre el contenido de azufre del pasto y la intensidad lumínica. Según Padilla (2002), la luz afecta directamente la transpiración de las plantas al intervenir en la apertura de los estomas, facilitando el intercambio de gases que se da en la fotosíntesis y en la respiración celular, por lo cual las plantas pueden absorber azufre directamente desde la atmósfera, que puede ser de emisiones volcánicas o de actividades industriales, lo que explicaría los altos contenidos de azufre en el pasto.

TERCER COMPONENTE (BAJO PORCENTAJE DE PROTEÍNA CRUDA (PC) EN EL PASTO)

En este componente se pudo encontrar una relación negativa entre la PC y las concentraciones de Ca, S y Mg en el suelo. Los valores bajos de proteína pueden obedecer a un desequilibrio de minerales como el presentado en el contenido en exceso de azufre en el suelo, pueden presentar deficiencias de fósforo o de boro por competencia y por acidificación del medio y, por otro lado, puede ocurrir una deficiencia de los cationes potasio, calcio y magnesio, los cuales pueden ser lavados fácilmente durante la temporada lluviosa, o de exceso de agua de riego (Padilla, 2002).

Conclusiones

De acuerdo con el estudio realizado, se determinó que los factores edafoclimáticos donde el pasto brasilero (*Phalaris* sp.) expresa considerablemente su producción y calidad nutritiva son:

- Valores de pH entre 5,3 y 7, materia orgánica entre 12 y 19% y 50 a 55 meq en CIC, los cuales tienen un efecto positivo en la asimilación de nutrientes del suelo.
- Los suelos francos y franco-arenosos ofrecieron condiciones físicas, químicas y biológicas apropiadas para el desarrollo del pasto brasilero.
- Regiones donde las condiciones climáticas como temperatura y luminosidad reporten valores cercanos a 9-12 °C y 98,7 kluxes, correspondientemente.
- La cuenca lechera del departamento de Nariño en su mayoría se encuentra entre 2600 y 3300 msnm, región que cuenta con las condiciones indispensables para que el pasto brasilero exprese al máximo su potencial productivo y nutricional.
- Acondicionar el suelo, preferiblemente con agentes cercanos a la neutralidad, como es el lombri-compuesto,

para que no se alteren las demás propiedades del suelo.

- La luminosidad, CIC, la CC y minerales como Mg, Fe y Cu son los principales factores que condicionan la producción de biomasa verde, el porcentaje de materia seca y el periodo de recuperación del pasto brasileiro (*Phalaris sp.*).

Referencias

- AOAC International (1995). *Official methods of analysis: International suite*. Arlington Virginia, Estados Unidos: autor.
- Arias, A. (2005). *Suelos tropicales*. Costa Rica: Euned.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes tropicales* (3ª ed). Bogotá: Buda.
- Bernal, J. (2003). *Pastos y forrajes tropicales*. Bogotá: Indeagro.
- Burbano, H. (1998). Enmiendas orgánicas. En *Fertilización de cultivos de clima frío*. Bogotá: Monómeros Colombo-Venezolanos.
- Estrada, J. (2002). *Pastos y forrajes para el trópico colombiano*. Manizales: Universidad de Caldas.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (1997). *Programa de pastos y forrajes*.
- García, C. et al. (2005). *Fundación Hogares Juveniles Campesinos*. Bogotá: s. e.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Manual de métodos químicos para el análisis de suelos* (1997). Pasto: Universidad de Nariño, Laboratorios Especializados.
- Mengel, K. y Kirkby, E. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. Basilea, Suiza: Instituto Internacional de la Potasa.
- Molina, C. et al. (1982). *Avances de la investigación en pastizales en las zonas altas de los Andes*. Mérida, Venezuela: FONAIAP. Recuperado el 6 de febrero del 2009, de <http://ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd07/texto/avances.htm2>.
- Muslera, E. y Ratera, C. (1991). *Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento*. Madrid: Mundiprensa.
- Padilla, W. (2002). *Fertilidad de suelos* (CD). Quito, Ecuador.
- Pirela, M. (2005). *Valor nutritivo de los pastos tropicales*. Recuperado el 6 de febrero del 2009, de http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf.
- Salamanca, R. (1990). *Suelos y fertilizantes*. Bogotá: Universidad Santo Tomas.
- Solla. (2008). *Pastos de corte para el trópico*. Recuperado el 6 de febrero del 2009, de http://www.solla.com/index.php?option=com_content&task=view&id=542&Itemid=324.
- Urbano, D. (1995). *Uso del pasto brasileiro en las zonas altas merideñas*. Recuperado de <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd50/pasto2.htm>
- Valdés. A. (s. f.). *Densidad aparente*. Recuperado el 27 de febrero del 2009, de <http://74.125.113.132/search?q=cache>:

82

kXoHrt_lf1UJ:araucarias.blogspot.
com/2005/09/densidad-aparente.

Zapata, R. (2004). *Química de la acidez del suelo*. Recuperado el 13 de febrero del 2009, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1735/>