

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE INFLUYEN  
EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO BRASILEIRO  
(*Phalaris sp*) EN CONDICIONES DE NO INTERVENCIÓN, EN EL MUNICIPIO  
DE IPIALES NARIÑO.**

**FRANCISCO JAVIER ACHICANOY ANGANÓY**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PASTO – COLOMBIA  
2009**

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE INFLUYEN  
EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO BRASILEIRO  
(*Phalaris sp*) EN CONDICIONES DE NO INTERVENCIÓN, EN EL MUNICIPIO  
DE IPIALES NARIÑO.**

**FRANCISCO JAVIER ACHICANOY ANGANOY**

**Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de  
Zootecnista**

**Presidente**

**Arturo Gálvez Cerón.  
Zoot, M.Sc**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PASTO – COLOMBIA  
2009**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva del autor”.

Artículo 1º del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**ARTURO GÁLVEZ CERÓN Zoot., M.Sc (Presidente)**

---

**OSCAR FERNANDO BENAVIDES Zoot M.Sc (Jurado delegado)**

---

**HERNAN BURBANO ORJUELA,IA. M.Sc. (Jurado)**

**Pasto, febrero de 2009.**

## **DEDICATORIA**

**Dedico a:**

**A nuestro Dios todopoderoso.**

**A mi mamá Gladys.**

**A mi hermano Andrés David.**

**A mi familia.**

**A mis amigos.**

**FRANCISCO J. ACHICANOY**

## AGRADECIMIENTOS

ARTURO LEONEL GÁLVEZ CERÓN.	Zoot., M.Sc.
HERNAN BURBANO ORJUELA	I.A., M.Sc.
OSCAR FERNANDO BENAVIDES	Zoot., M.Sc.
EDMUNDO APRAÉZ GUERRERO	Zoot., M.Sc., Ph.D.
OSCAR EDUARDO CHECA CORAL	I.A., M.Sc., Ph.D.
HERNÁN OJEDA JURADO	Zoot., Esp.
EFREN INSUASTY SANTACRUZ	Zoot.
MARCO ANTONIO IMUÉZ FIGUEROA	Zoot.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zoot.
OSCAR MONCAYO	Zoot. Esp.

Programa de Zootecnia - Facultad de Ciencias Pecuarias, Universidad de Nariño.

A todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	<b>Pág</b>
INTRODUCCIÓN.	
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	17
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	18
3. OBJETIVOS.	19
3.1. OBJETIVO GENERAL.	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	19
4. MARCO TEÓRICO.	20
4.1. GENERALIDADES SOBRE EL PASTO BRASILEIRO ( <i>Phalaris sp.</i> ).	20
4.1.1 Rendimiento.	20
4.1.2 Descripción botánica.	20
4.1.3 Valor Nutritivo.	21
4.1.4 Fertilización.	22
4.2. FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCCION DE FORRAJES.	22
4.2.1 Precipitación pluvial.	22
4.2.2 Temperatura.	23
4.2.3 Luminosidad.	23
4.2.4 Humedad relativa.	24
4.2.5 Altitud.	24
4.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	25
4.3.1 Textura.	25
4.3.2 Estructura.	25
4.3.3 Penetrabilidad.	26
4.3.4 Pendiente.	26
4.3.5 Densidad y Porosidad total.	26
4.3.6 Capacidad de campo.	27
4.3.7 Infiltración.	28
4.4 PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.	28
4.4.1 Materia orgánica.	28
4.4.2 pH.	29
4.4.3 Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C)	30

4.4.4	Nutrientes.	30
4.5.	PROPIEDADES BROM	33
4.5.1	Proteínas.	33
4.5.2	Carbohidratos.	33
4.5.3	Lípidos.	33
4.5.4	Minerales.	33
4.6.	PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO.	34
5.	DISEÑO METODOLÓGICO.	36
5.1.	Localización.	36
5.2.	Implementos.	36
5.3.	Trabajo de campo.	36
5.4.	VARIABLES A EVALUAR.	37
5.4.1	Muestreo de forraje.	37
5.4.2	Muestreo del suelo.	38
5.4.3	Variables climáticas.	39
5.4.4	Variables Biológicas	39
5.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADÍSTICO.	39
6.	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.	41
6.1.	VARIABLES PRODUCTIVAS.	41
6.2.	VARIABLES BROMATOLÓGICAS.	42
6.3.	VARIABLES EDÁFICAS.	45
6.4.	VARIABLES CLIMÁTICAS.	50
6.5.	ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).	52
6.6.	CARACTERISTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO.	61
6.6.1	Análisis De Correspondencias Múltiples	67
6.7.	GUIA PRELIMINAR DE MANEJO DEL PASTO BRASILEIRO.	72

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA.

ANEXOS.

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Variables productivas del pasto brasilero por localidad.	42
<b>Tabla 2.</b> Análisis bromatológicos en base seca por localidad.	44
<b>Tabla 3.</b> Análisis completo de suelos en 9 sitios del municipio de Ipiales.	46
<b>Tabla 4.</b> Factores climáticos por localidad.	52
<b>Tabla 5.</b> Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la colección (variables cuantitativas).	53
<b>Tabla 6.</b> Agrupamiento de sitios por cluster.	58
<b>Tabla 7.</b> Promedio por variables de acuerdo al cluster.	58
<b>Tabla 8.</b> Número de individuos del suelo para Puenes (%)	62
<b>Tabla 9.</b> Número de individuos del suelo para Ipiales (%)	63
<b>Tabla 10.</b> Número de individuos del suelo para Yanalá (%)	64
<b>Tabla 11.</b> Medidas de tendencia central.	66
<b>Tabla 12.</b> Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables identificadas.	69

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Promedio de las variables productivas por localidad y generales.	41
<b>Figura 2.</b> Promedios de MS, PC y PV por localidad y generales.	43
<b>Figura 3.</b> Promedios de FDA y FDN por localidad y generales.	45
<b>Figura 4.</b> Variables productivas del pasto brasileiro Vs variables edáficas.	48
<b>Figura 5.</b> Variables productivas del pasto brasileiro Vs variables climáticas.	51
<b>Figura 6.</b> Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer componente que corresponde a las propiedades físicas del suelo y factores climáticos.	54
<b>Figura 7.</b> Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo componente que corresponde a los nutrientes del suelo.	56
<b>Figura 8.</b> Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer componente que corresponde a los valores de pH.	57
<b>Figura 9.</b> Promedios de las variables productivas por cluster.	59
<b>Figura 10.</b> Promedio de las variables bromatológicas destacadas por cluster .	59
<b>Figura 11.</b> Promedio de las variables edáficas por cluster.	60
<b>Figura 12.</b> Promedio de las variables edáficas destacadas por cluster.	61
<b>Figura 13.</b> Distribución de macrofauna para Puenes (%)	62
<b>Figura 14.</b> Distribución de macrofauna para Ipiales (%)	63
<b>Figura 15.</b> Distribución de macrofauna para Yanalá (%)	64

<b>Figura 16.</b> Valores medios de macrofauna del suelo en las 3 localidades.	65
<b>Figura 17.</b> Suelo franco arcilloso Vs distribución de macrofauna (%)	68
<b>Figura 18.</b> Suelo franco arenoso Vs distribución de macrofauna (%)	68
<b>Figura 19.</b> Suelo franco Vs distribución de macrofauna (%)	70
<b>Figura 20.</b> Distribución de la textura Vs macrofauna del suelo	71

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Coeficientes de correlación de las variables analizadas.	83
<b>Anexo B.</b> Distribución jerárquica de las variables procesadas en el análisis de componentes principales	84
<b>Anexo C.</b> Distribución jerárquica de los sitios por cluster, procesados en el análisis de componentes principales	85
<b>Anexo D.</b> Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas	86
<b>Anexo E.</b> Peso de las variables analizadas en el análisis de correspondencia múltiple (ACM).	87
<b>Anexo F.</b> Promedios del análisis de suelos por localidad.	88
<b>Anexo G.</b> Promedios del análisis de bromatológico por localidad	89
<b>Anexo H.</b> Promedios de los factores climáticos por localidad	90
<b>Anexo I.</b> Promedios de las variables productivas por localidad	91

## GLOSARIO

**ANÁLISIS PROXIMAL:** Combinación de procedimientos analíticos que se utilizan para cuantificar el contenido de proteínas, lípidos, materia seca, cenizas y glúcidos de los alimentos, tejidos animales o excretas.

**BIOMASA:** Masa total de los componentes biológicos de un ecosistema

**BROMATOLOGÍA:** Ciencia que estudia los alimentos antes de ser ingeridos. Con el análisis bromatológico se determina el valor nutritivo de un alimento.

**CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC):** Es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes. La fuerza de la carga positiva varía dependiendo del catión, permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula del suelo cargado negativamente.

**CELULOSA:** Polímero de glucosa que se encuentra en un enlace resistente a la hidrólisis producida por las enzimas digestivas

**COEFICIENTE DE CORRELACION:** Indica el grado de asociación entre dos variables.

**EDAFICO:** Relativo al suelo con relación a la vida de las plantas.

**LIXIVIACION:** Relativo al paso de las sustancias nutritivas disueltas desde la superficie del suelo hacia las capas inferiores de éste.

**MATERIA SECA:** Resultado de restar la humedad del material analizado (alimento) y que generalmente se da en términos de porcentaje

**VALOR NUTRITIVO:** Balance de nutrientes de un forraje o alimento para garantizar a los animales la asimilación y el aprovechamiento para el crecimiento y producción.

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en tres localidades del municipio de Ipiales (Puenes, Ipiales y Yanalá), que corresponden a ecorregiones ubicadas entre 2800 y 3150 m.s.n.m. localizadas geográficamente sobre el altiplano de Túquerres e Ipiales, a 87 km al sur de la ciudad de Pasto, su situación corresponde a 0° 54' 23" latitud norte, 77° 41' 04" longitud oeste, con valores anuales de precipitación pluvial de 821mm, una temperatura de 12,6 °C y una humedad relativa de 82%. Según Holdridge (1982), la zona de vida corresponde a bosque seco premontano (bs-PM).

Se recolectó información de 9 sitios distribuidos en las tres zonas, donde se evaluó la producción de biomasa, realizando un aforo del forraje, la calidad nutritiva del pasto brasilero se determinó por análisis bromatológico en los laboratorios de la Universidad de Nariño. Para las variables edáficas se realizó un análisis completo de suelos, además, se complementó con las propiedades físicas, entre ellas, infiltración, penetrabilidad y pendiente, realizadas en campo. De igual forma, se efectuó una clasificación y conteo de la macrofauna por metro cuadrado a una profundidad de 30 centímetros. Con la colaboración del IDEAM, se establecieron algunos factores climáticos indispensables en la productividad y calidad del pasto brasilero.

La información recolectada fue clasificada en valores cuantitativos y cualitativos, los primeros se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP), que permitió explicar un 71.33% de la variabilidad en tres factores, como resultado, se destacaron entre las propiedades físicas, la capacidad de campo de 74%, penetrabilidad de 1 Mpa, e infiltración de 0.81cm/h, entre las propiedades químicas con mayor aporte están, la materia orgánica de 19.36% y un pH de 5.3.

Por otra parte, entre las variables climáticas destacadas, estuvo la temperatura, con valores cercanos a 9.8 °C, variables que influyen de manera determinante en la productividad del pasto.

Finalmente, para los valores cualitativos se realizó un análisis de medidas de tendencia central y análisis de correspondencias múltiples, que permitieron mostrar que el número de individuos del suelo tienen una relación indirecta con altitudes superiores, y ésta a su vez tiene una relación directa con la presencia de materia orgánica; factores que podrían mejorar la disponibilidad de nutrimentos para el pasto brasilero.

La producción media del pasto brasilero en las tres localidades fue de 58.4 ton/biomasa verde/ha/corte, de las cuales el 14.5% corresponden a materia seca, para un total de 8.46 toneladas del mismo material en la misma unidad de área.

## ABSTRACT

This work has been carried out in three localities of Ipiales municipality (Puenes, Ipiales and Yanalá). These places belong to "eco-regions" located between 2,800 and 3,150 meters above sea level. They are geographically placed on the high plateau of Túquerres and Ipiales, in the south of Pasto city, at 0° 52'23" north latitude; 77 ° 41'01" west longitudes with annual values of pluvial precipitations of 821 mm, a temperature of 12.6° C and a relative humidity of 82%. According to Holdridge (1982), the zone of life belongs to a dry forest pre-mountain (PM-df).

Information was gathered in nine sites distributed in three localities where the production of biomass was evaluated. It was done a gauge of the forage. The nourishing quality of the Brazilian pasture decided for analysis bromatological in the laboratories of Nariño's University. For the edaphic variables, a complete analysis of soils was realized, in addition, complemented themselves with the physical properties, among them: infiltration, penetrability and slope, all of them realized in field. At the same time, there was carried out a classification and count of the macrofauna by square meter to a depth of thirty centimeters. With the collaboration of the IDEAM, there were established some climatic indispensable factors in the productivity and quality of the Brazilian pasture.

The gathered information was classified under quantitative and qualitative values. The first ones were tried by means of the analysis of principal components (ACP), which allowed explaining 71.33 % of the variability in three factors. As result of this, were outlined the capacity of the field of 74 %, the penetrability of 1 Mpa, and the infiltration of 0.81cm/h among the physical properties, and among the chemical properties of major contribution are: the organic matter of 19.36 % and a pH of 5.3.

On the other hand, between the climatic out-standing variables was the temperature with near values to 9.8 ° C, variables that influence in a determinant way the productivity of the pasture.

Finally, for the qualitative values, there was realized an analysis of measures of central trend and an analysis of multiple correspondences that allowed to show that the number of individuals of the soil have an indirect relation with top altitudes and this one in turn has a direct relation with the presence of organic matter. These factors might improve the availability of nutrients for the Brazilian pasture.

The average production of the Brazilian pasture in the three localities was of 58.4 ton/biomass/ green /ha/cut, of which 14.5 % corresponds to dry matter, for a whole of 8.46 tons of the same material in the same unit of area.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el suelo es uno de los recursos naturales que ha venido sufriendo severos procesos de degradación. Según Durán A<sup>1</sup>, este fenómeno no se detiene, por el contrario, crece cada minuto, hecho que es preocupante porque se acentúa principalmente en zonas de ladera. En estas condiciones topográficas, con altos grados de pendiente, se desarrollan diferentes sistemas productivos que incrementan la pérdida de nutrientes, materia orgánica y agregados del suelo de una forma irreversible e imperceptible a simple vista por el agricultor (Castillo, J. y Amézquita<sup>2</sup>).

La implementación de tecnologías y sistemas de producción ajenos a nuestras condiciones edáficas y medioambientales contribuyen aun más con la degradación de suelos y el empobrecimiento de recursos medioambientales propios de la región. La introducción de especies forrajeras como los tetraploides han incrementado el uso de insumos agrotóxicos que acentúan aun más los problemas de degradación ambiental, sin mejorar la rentabilidad de las unidades productivas.

La situación anterior promueve la necesidad de realizar el rescate de especies vegetales promisorias importantes en la alimentación animal, óptimas por su rusticidad y adaptabilidad, bajos costos de mantenimiento, métodos sencillos de propagación, además de su calidad y producción.

En los sistemas intensivos de producción, como la ganadería de altura, se ha identificado la necesidad de reconocer al pasto brasilero *Phalaris sp* como una alternativa alimenticia y que al mismo tiempo, propende por la conservación de suelos, factores de gran importancia para nuestra región.

Al no existir suficiente literatura a nivel nacional sobre estudios realizados en la determinación de las condiciones de suelo y clima optimas para la producción sostenible del pasto brasilero, se hace necesario investigar sobre el comportamiento del mismo en condiciones de no intervención, en el trópico alto del departamento de Nariño.

---

<sup>1</sup> DURAN, A. J. Degradación y manejo ecológico de suelos tropicales, con énfasis en los de Cuba. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. 1998 Revista Puntos Alternos N° 3. p. 55-64.

<sup>2</sup> CASTILLO, J y AMÉSQUITA, E. Erosión hídrica y degradación de suelos en laderas Andinas. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Revista de Ciencias Agrícolas 2003. Vol. XX- Número I-II. p. 79-98.

## 1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA.

La ganadería en Colombia se desarrolla en la mayor parte del territorio, es un renglón socioeconómico importante para el desarrollo del campo, sin embargo ha sido cuestionado fuertemente debido al impacto productivo y ambiental, el cual debe equilibrarse en un nivel técnico aceptable y sostenible, que combine la productividad de los sistemas intensivos con las bondades de los extensivos.

CORFAS<sup>3</sup> reporta 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.

Por tal razón es preciso retornar al uso razonable del suelo y de especies vegetales adaptadas a las condiciones de trópico alto, como es el caso de pasto brasilero (*Phalaris sp*), que es uno de los principales forrajes de corte adaptado a estas condiciones, el que puede ser usado en la ganadería de altura, como una fuente importante de alimentación, ofrece además ventajas como adaptabilidad y rusticidad en regiones con pisos térmicos altos, puede usarse en pastoreo, corte y acarreo, y ensilarse; es perenne por lo tanto se reduce los costos en establecimiento y manejo de praderas. Por otra parte, ofrece buenos rendimientos productivos y nutricionales.

---

<sup>3</sup> CORFAS. Fondos rurales en el departamento de Nariño. 2002. Disponible en internet: <http://fondosrurales.net/entidades-apoyo>

## 2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Según afirman Apráez y Moncayo, experiencias de campo han puesto de manifiesto las bondades nutricionales y factibilidad del uso de pastos nativos o naturalizados como base dietaria en herbívoros; no obstante, empresas multinacionales, en el afán a promocionar “variedades mejoradas” de pastos y forrajes, junto con los insumos que éstas demandan, han generado conceptos errados de especies como el Brasilero (*Phalaris* sp), al punto de que en muchas regiones se lo considera una de las malezas que hay que erradicar a toda costa y para lo cual se emplean compuestos químicos que no solo terminan con la gramínea, sino que afectan otras plantas presentes y la mesofauna del suelo<sup>4</sup>.

A pesar de que este pasto se ha evaluado ampliamente en lo referente a su comportamiento agronómico, no existen trabajos que evalúen la influencia de las condiciones edafoclimáticas más importantes sobre la productividad y valor nutritivo del pasto brasilero (*Phalaris* sp).

Por tal razón, es necesario seguir investigando y se plantea el siguiente interrogante:

¿Cuáles son los factores edáficos y climáticos que inciden en la producción y calidad nutritiva del Pasto Brasilero (*Phalaris* sp) en condiciones de no intervención, en el municipio de Ipiales, a un rango altitudinal de 2800 y 3150 msnm?

---

<sup>4</sup> APRÁEZ, Edmundo y MONCAYO, Oscar. Efecto del laboreo reducido y fertilización orgánico-mineral sobre las características de un andisol bajo pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst). En: Archivos de Zootecnia (On line). Zaragoza, España. vol. 54, núm. 208, 2005. 12 p. (citado 23 de febrero de 2007). Disponible en la Word Wide Web: <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/az2.htm>

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar los factores climáticos y edáficos que intervienen en la producción y calidad nutritiva del pasto brasileiro (*Phalaris sp*), en suelos no intervenidos del municipio de Ipiales, en un rango de altura entre 2800 y 3.150 msnm.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Determinar el efecto de las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, luminosidad, altitud y precipitación) que influyen en la producción y composición bromatológica del pasto brasileiro.
- Identificar las características químicas del suelo (pH, CIC, MO, N, P, K, Mg, Ca, S y B) que afectan el crecimiento y calidad del pasto brasileiro.
- Establecer los factores físicos del suelo (textura, estructura, densidad aparente, densidad real, porosidad, capacidad de campo, penetrabilidad, infiltración y pendiente) que condicionan el rendimiento y calidad del pasto brasileiro.
- Identificar algunos individuos biológicos del suelo que influyen en la producción y composición bromatológica del pasto brasileiro.
- Proponer un plan de manejo del pasto brasileiro en condiciones de altura con datos más específicos en el municipio de Ipiales.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES SOBRE EL PASTO BRASILEIRO (*Phalaris sp.*)

Salamanca describe las siguientes características para el pasto brasileiro:

El pasto brasileiro es un híbrido natural, obtenido del cruce de *Phalaris tuberosa* x *Phalaris ruginacea*. Es originario de los Estados Unidos, en 1970 fue introducido a Colombia, estudiado en varias zonas del departamento de Nariño, en alturas superiores a los 2800 msnm.

Clasificación botánica, según Salamanca:

<b>REINO:</b>	Vegetal
<b>CLASE</b>	Angiosperma
<b>SUBCLASE</b>	Monocotiledónea
<b>FAMILIA:</b>	Gramíneas
<b>GENERO:</b>	Phalaris
<b>ESPECIE:</b>	Sp

El pasto brasileiro es una gramínea rizomatosa que no produce semilla botánica, solamente se propaga por medio de esquejes, que es una característica ventajosa para su propagación.

**4.1.1. Rendimiento:** El pasto brasileiro se caracteriza por ser muy productivo. En estudios realizados en el Campo Experimental Mucuchíes, a una altitud de 3100 msnm, se obtuvo rendimientos que oscilaron entre 2 y 5 toneladas de materia seca/ha/corte.

**4.1.2 Descripción botánica:** Es una planta perenne, macollosa, erecta y puede alcanzar una altura hasta de 3 m, los tallos son comprimidos y poseen una altura promedio de 1.30 m, con entrenudos basales y hojas numerosas. La inflorescencia es una panícula especiforme, con seis a nueve ramificaciones cada una.

Este pasto posee entrenudos basales de tallos comprimidos y entrenudos distales alargados, alta proporción de hojas, siendo el ancho de la parte media de 1.80 a 2.00 cm y el largo puede medir hasta 60 cm.

**4.1.3 Valor Nutritivo:** El pasto brasileiro posee una excelente calidad, el contenido de proteína varía desde 17.53, 12.20 y 9.86% y materia seca de

19%, 23% y 30%; los cuales corresponden a los estados de prefloración, floración y maduración, respectivamente<sup>5</sup>.

Como dice Urbano: “Se recomienda realizar los cortes en el estado de prefloración, ya que en este período presenta la mejor calidad”<sup>6</sup>.

El laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño reporta datos de: 16.15% materia seca, 15.08% cenizas, 4.52% extracto etéreo, 21.74% proteína cruda, 51.04% FDN y 31.7% FDA en pasto brasilero cosechado a 53 días y con una altura de 60 cm, proveniente de la vereda Los Lirios, Corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto.

Salamanca<sup>7</sup> manifiesta que:

El pasto brasilero se puede usar para pastoreo, pero es más recomendable como pasto de corte. El primer corte se debe efectuar a los tres meses después de sembrado. Este pasto es muy exigente en agua. El riego adecuado reduce el periodo entre cortes, obteniéndose mayor rendimiento y calidad. En el momento del establecimiento se debe regar 2 o 3 veces por semana y posteriormente se puede realizar una vez por semana.

Los cortes o el pastoreo se pueden realizar cada 60 a 90 días. La altura de corte apropiado está entre 10 a 15 cm sobre el nivel del suelo. También se puede usar para heno o ensilaje.

Por lo general, los pastos de corte responden a la fertilización y específicamente a la nitrogenada. Las recomendaciones para la fertilización del pasto brasilero varían de acuerdo con la etapa de desarrollo del pasto. Durante el establecimiento debe aplicarse nitrógeno (200 a 300 Kg / ha / año). Estas dosis deben fraccionarse y aplicarse 20 a 30 días después de cada corte o bien cuando comiencen a salir los rebrotes. El fósforo y potasio deben incorporarse al suelo en cantidades de 100 a 200 Kg por hectárea.

---

<sup>5</sup> SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes: producción y manejo. Bogotá: USTA, 1990. p. 126.

<sup>6</sup> URBANO, Diannelis. Uso del pasto brasilero en las zonas altas merideñas. Venezuela: 1995, p.5. <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd50/pasto2.htm>

<sup>7</sup> SALAMANCA, R. Op. cit., p. 339.

Moreno<sup>8</sup>, reporta en un estudio del comportamiento de las especies de pastos alfalfa (*Medicago sativa* L.), king grass (*Pennisetum sp*) y brasilero (*Phalaris sp*) para ser usadas como barreras vivas en sistemas agroforestales de la zona andina del departamento de Nariño, obtuvo que el mejor comportamiento lo presentó la especie *Phalaris sp*, sembrada a una distancia de 20 cm, y 200 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante químico rico en fósforo (12-34-12) aplicado el día de la siembra, durante los 180 días de evaluación.

#### **4.1.4 Fertilización:** Según Bernal:

La fertilidad del suelo es la cualidad que éste posee para suministrar los nutrientes apropiados, en cantidades adecuadas y balanceadas para el crecimiento normal de las plantas, cuando otros factores como la luz, temperatura, humedad y condiciones físicas son favorables<sup>9</sup>

El mismo autor sostiene que: la fertilidad del suelo, puede dividirse en: a) fertilidad actual: la cual se define como el nivel inmediato de un nutriente disponible en el perfil agrícola, b) fertilidad potencial: la cual se refiere al nivel de materia orgánica y de allí al nivel de nitrógeno total, es decir, al nutriente en su forma global no disponible inmediatamente para las plantas<sup>10</sup>

## **4.2 FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCCION DE FORRAJES**

### **4.2.1 Precipitación pluvial.** De acuerdo con Mila:

El contenido de agua en las plantas es lo que regula la actividad metabólica, el agua es el vehículo para transportar los nutrientes del suelo a la raíz y a los órganos vegetativos y reproductivos. El régimen de precipitación es un factor que interviene directamente en la distribución de especies vegetales sobre el ecosistema. Un exceso de agua en el suelo puede afectar las raíces por falta de oxígeno y marchitar las plantas. Cuando la textura del suelo es demasiado arcillosa, los poros se pueden saturar, se reduce la concentración de oxígeno, aumentando la concentración de dióxido de carbono, se altera el balance hídrico en la planta, se disminuye la fotosíntesis, no hay crecimiento de raíces y por lo tanto la absorción de nutrientes es nula y la susceptibilidad a enfermedades radiculares es mayor. Las raíces, así

---

<sup>8</sup> MORENO DELGADO. Luis. Estudio del comportamiento de las especies de pastos alfalfa (*Medicago sativa* L.), king grass (*Pennisetum sp*) y brasilero (*Phalaris sp*) para ser usadas como barreras vivas en sistemas agroforestales de la zona andina del departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2008, 14 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>7</sup> BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. 3a ed. Bogotá: Buda, 1994. p.67

<sup>10</sup> *Ibíd.*, p. 82

como los microorganismos del suelo, necesitan respirar y normalmente ellos toman el oxígeno y liberan gas carbónico, de tal manera que en un ambiente saturado de agua, el intercambio gaseoso es adverso, la planta se amarilla y puede eventualmente morir<sup>11</sup>.

“La intensidad de precipitación pluvial es más importante que su cantidad, pues una precipitación copiosa que cae finamente es menos erosiva que otra torrencial que cae en poco tiempo”<sup>12</sup>.

#### **4.2.2 Temperatura.** Gavande afirma que:

Procesos tales como la asimilación, respiración, transpiración, fotosíntesis y el crecimiento dependen de la temperatura. La mayoría de las reacciones químicas que tienen lugar en la planta y el suelo ocurren con mayor velocidad a temperaturas altas que a temperaturas bajas. Los procesos físicos de difusión, flujo viscoso, translocación, dependen de la temperatura.

El efecto de la temperatura sobre el crecimiento de la planta incluyen factores físicos, químicos y biológicos que pueden afectar los siguientes procesos: descomposición de la materia orgánica, absorción de nutrientes, absorción de agua y traslocación de la misma; esto, en forma directa o indirecta, influye sobre el crecimiento de las plantas<sup>13</sup>.

#### **4.2.3 Luminosidad.** Campos manifiesta que:

Las plantas sintetizan materia orgánica utilizando la energía de la luz y el carbono del dióxido de carbono, durante el proceso de la fotosíntesis, y al mismo tiempo respiran, quemando carbono para cumplir con sus funciones vitales. La influencia general de la luz en las plantas, se conoce cuando se observa que las plantas que crecen a la sombra son altas, pero delgadas, se ramifican poco, sus hojas son menos verdes, envejecen y caen rápidamente; el sistema radicular se desarrolla poco, la floración y la fructificación son escasas; en cambio las plantas que crecen a la luz presentan características opuestas<sup>14</sup>.

---

<sup>11</sup> MILA, Alberto. Suelos, Pastos y Forrajes. UNAD Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá: Editorial UNISUR, 2001. p. 98 –90.

<sup>12</sup> VIDA Y RECURSOS NATURALES, Bogotá: Terranova Editores, 1995. p. 81.

<sup>13</sup> GAVANDE, S. Física de los suelos, principios y aplicaciones. 1ª Ed. México: Limusa-Wiley, 1972. p. 131-136.

<sup>14</sup> CAMPOS, D. Agroclimatología cuantitativa de cultivos. 1ª ed. México: Trillas, 2005. p. 16-17.

**4.2.4 Humedad relativa.** La Fundación Universitaria de Bogotá, describe la humedad relativa como el porcentaje de agua presente en el aire. La humedad relativa disminuye con el aumento de la temperatura. Por ejemplo, es alta en la mañana cuando está fresco, y disminuye en el día a medida que la temperatura aumenta. La manera más fácil para medir la humedad relativa es determinando la temperatura con termómetros de bulbo húmedo y bulbo seco, aunque se puede determinar con la utilización del higrómetro. El agua se mueve de un lado a otro por diferencias de gradiente en presión de vapor, o déficit de presión de vapor (DPV). Entre más grande el DPV, la planta usa más agua, al usar más agua, las hojas se mantienen más frescas. Un rango de humedad relativa entre 25 y 80 % permite un normal crecimiento de la planta. Durante el día, con baja humedad relativa, la planta tendrá una mayor demanda de agua para mantener un buen crecimiento<sup>15</sup>.

Además, Bernal argumenta que: “La humedad relativa regula en gran parte la pérdida de agua por las plantas y el suelo. La capacidad de saturación de aire por el vapor de agua aumenta con la temperatura, la humedad relativa en la atmosfera disminuye siempre que se produzca un aumento de temperatura”<sup>16</sup>

**4.2.5 Altitud.** Hardy señala que:

El fracaso de muchos cultivos en crecimiento y reproducción cuando se trasladan de regiones templadas a elevadas altitudes en los trópicos, aun cuando sea una misma temperatura promedio anual, se explica por el hecho de que se han desarrollado en diferentes condiciones de altitud, por ejemplo, algunas plantas cultivadas en las regiones templadas requieren estar sujetas a periodos de bajas temperaturas, es decir, deben sufrir el frío del invierno para que sus frutos puedan madurar debidamente. La temperatura disminuye con la altura sobre el nivel del mar, el aire más denso a nivel del mar absorbe más energía calórica que el aire de las grandes alturas, algo del calor se trasmite al suelo que por tal causa es más caliente en las capas inferiores.

La altitud influye directamente sobre la temperatura del ambiente y del suelo, por lo cual incide en los procesos y transformaciones que ocurren en el suelo que afectan indirectamente a la planta en crecimiento; también causa efecto sobre los procesos fisiológicos que suceden en la superficie y en el interior del sistema radicular de plantas en crecimiento en el suelo, y de microorganismos que habitan en él<sup>17</sup>

#### **4.3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**

---

<sup>15</sup>FUNDACION UNIVERSITARIA DE BOGOTÁ. Jorge Tadeo Lozano. Clima, fisiología y producción de cultivos bajo invernadero. Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Bogotá: 1999. p. 31.

<sup>16</sup> BERNAL, Op. cit., p. 26.

<sup>17</sup> HARDY, F. Edafología Tropical. México: Herrera Hermanos, sucesores, 1970. p 40.

**4.3.1 Textura.** Bernal afirma que: “La textura hace referencia a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose los separados de la manera siguiente: Arena, si sus tamaños son de 2,00 a 0,05 mm de diámetro, limos, si sus tamaños son de 0,05 a 0,002 mm de diámetro, y arcillas, si sus tamaños son menores de 0,002 mm de diámetro”<sup>18</sup>.

Por otra parte, Legarda asegura:

Los suelos arenosos no ofrecen resistencia a la penetración de las raíces, en tanto que los suelos arcillosos son plásticos y pegajosos. La textura más aceptable para la mayoría de los cultivos es la franca, ya sea franco limosa, franco limo arcillosa, o franco arcillosa.

Los suelos de textura arenosa o gruesa generalmente tiene niveles más bajos de nutrientes disponibles que aquellos de textura fina o arcillosa. Un suelo arenoso tiene por lo general menos materia orgánica y nitrógeno que otros de textura fina. Esto es debido a la menor humedad contenida y a la más rápida oxidación que existe en suelos ligeros. Los suelos arcillosos contienen mayor oxígeno disponible que los suelos arenosos, tanto en el suelo como en el subsuelo. El subsuelo es más deficiente en oxígeno que los horizontes superiores. El espacio total de poros, así como el tamaño de éstos, son muchos menores en los horizontes más profundos<sup>19</sup>.

El mismo autor manifiesta que la textura es importante ya que es un criterio usado para determinar la permeabilidad de un suelo, retención de agua, plasticidad, aireación, capacidad de campo y fertilidad de un suelo. Es la propiedad más estable del suelo y permanece constante a través de los años, tornándose como el principal factor para identificar y clasificar un suelo.<sup>20</sup>

**4.3.2 Estructura.** Gavande define: “la capacidad estructural de un suelo como su capacidad de formar terrones espontáneamente y de que esos terrones se dividan en pedazos pequeños, granos o agregados sin la intervención del hombre”<sup>21</sup>.

Legarda sostiene que:

---

<sup>18</sup> BERNAL, Op. cit., p.59.

<sup>19</sup> LEGARDA, B. Lucio. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Regional Nariño Editores Burbano O. Hernán; Zaruma, V. Miguel Pasto Colombia: 1988. p. 80 – 81.

<sup>20</sup> LEGARDA, Op cit., p.81.

<sup>21</sup> GAVANDE, Op. cit., p. 77.

La estructura de mayor importancia en la producción de cultivos es la llamada granular, que se considera como la más deseable. Otra propiedad importante de la estructura del suelo es la capacidad de los granos de retener su forma cuando se humedece y de permitir el paso del agua a través del suelo; a esta propiedad se le llama estabilidad estructural. Un suelo bueno estructuralmente se desmorona fácilmente, se ara sin dificultad cuando está seco y se vuelve pegajoso cuando se moja<sup>22</sup>.

#### 4.3.3 **Penetrabilidad.** Bernal indica que:

La resistencia a la penetración de un suelo, medida con un penetrómetro, se utiliza como un índice de la compactación del mismo; bajo condiciones de un suelo normal, tiene buena penetrabilidad cuando su resistencia es menor a 6 Kg / cm<sup>2</sup>; si existen fuerzas que hacen que el suelo esté compactado, su resistencia a la penetración será alta, mayor de 6 Kg / cm<sup>2</sup>, y habrá menos poros de tamaño grande. A medida que el suelo se compacta, sus propiedades físicas se van deteriorando, lo que tiene como consecuencia severos casos de encharcamiento, escorrentía, pérdidas de agua y nutrimentos e impedimento para que las raíces de las plantas tengan un desarrollo normal por deficiencia de agua y oxígeno con el resultado final de una baja producción<sup>23</sup>.

#### 4.3.4 **Pendiente.** Bernal la describe como:

La inclinación del terreno respecto del nivel horizontal, se expresa en grados o en porcentaje. La pendiente se considera el factor más determinante en las restricciones del uso de la tierra, pues a mayor pendiente, mayor es el riesgo de erosión. En general, se considera que la escorrentía y las pérdidas potenciales del suelo son proporcionales a la pendiente y a la longitud de las laderas<sup>24</sup>.

#### 4.3.5 **Densidad y porosidad total.** Bernal afirma que:

La densidad se refiere a la relación peso – volumen. En el caso de los suelos, se considera la densidad real y aparente. Para obtener la densidad real, se divide el peso de las partículas sólidas de una muestra de suelo por el volumen del agua desalojada por las partículas sólidas de la muestra usada. En suelos minerales, ese valor es aproximadamente de 2.65 gramos por centímetro cúbico.

---

<sup>22</sup> LEGARDA, Op. cit., p. 82.

<sup>23</sup> BERNAL, Op. cit., p 65.

<sup>24</sup> VIDA Y RECURSOS NATURALES, Op cit., p. 81-82.

La densidad aparente se obtiene cuando se divide el peso de una muestra de suelo, con su arreglo estructural, por el volumen de agua desalojada por la muestra; esto incluye el volumen de los espacios porosos. La densidad varía con la textura, estructura, contenido de materia orgánica y grado de compactación. La mayoría de los suelos tienen densidad aparente que varía entre 1,2 a 1,5 gramos por centímetro cúbico. Una densidad aparente baja en el suelo superficial generalmente indica un buen estado estructural.

La porosidad total se calcula con bases en la densidad real y aparente, usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de porosidad total} = 1 - \frac{\text{Densidad aparente}}{\text{Densidad real}} * 100^{25}$$

Bernal sostiene que: “Una adecuada porosidad del suelo es importante para el almacenamiento de agua, aireación y crecimiento normal de las plantas. Por otra parte, el laboreo frecuente del suelo tiende a reducir su porosidad”<sup>26</sup>

De acuerdo con Silva y Gaitán:

La densidad real es importante ya que permite, junto con la densidad aparente, calcular la porosidad total de un suelo; también permite evaluar la concentración de los sólidos en suspensión, y determinar la velocidad de sedimentación de partículas, líquidas o gases; en la predicción de pérdida de suelo, en análisis mecánicos, en erosión y conservación de suelo. La densidad real depende de la constitución química, mineralógica y el grado de hidratación de las partículas<sup>27</sup>.

**4.3.6 Capacidad de Campo.** Ritas y Melida definen la capacidad de campo como: “la cantidad de agua retenida en el suelo, una vez drenado el exceso, y en el que la velocidad del movimiento descendente del agua ha desaparecido prácticamente. Esto, por lo general, ocurre dos o tres días después de la lluvia o riego en suelos permeables, de textura y estructura uniforme”<sup>28</sup>.

---

<sup>25</sup> BERNAL, Op. cit., p. 61.

<sup>26</sup> Ibid., p. 62.

<sup>27</sup> SILVA, Rodrigo y GAITAN, M. Manual de prácticas de laboratorio de suelos. Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá: Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Agronómica. 2002. p. 42.

<sup>28</sup> RITAS, Julio y MELIDA, Julio. El diagnóstico de suelos y plantas (Métodos de Campo y Laboratorios) 3 Ed. Madrid: Mundi-prensa. 1978. p. 174.

Para Gavande: “la capacidad de campo es útil para realizar cálculos prácticos de cantidades aprovechables de agua”<sup>29</sup>.

**4.3.7 Infiltración.** Es la entrada vertical del agua en el perfil del suelo; el conocimiento de la infiltración es importante para escoger los sistemas de riego adecuados para un suelo. Cuando la capacidad de infiltración es deficiente, se presenta la escorrentía ya que el suelo no es capaz de retener toda el agua que se suministra<sup>30</sup>.

Silva y Gaitán sostienen que: “La infiltración es un proceso por medio del cual el agua penetra en los estratos de la superficie del suelo, moviéndose hacia el manto freático. El conocimiento de la infiltración es importante, porque establece criterios que deben tenerse en cuenta en la introducción de sistemas de riego y, ante todo, para un mejor aprovechamiento del recurso agua”<sup>31</sup>.

De acuerdo con Castro:

La infiltración cuantifica la velocidad con que el agua se desplaza a través del perfil. A medida que la textura se hace más fina (aumenta la proporción de arcilla), disminuye la infiltración y la permeabilidad se hace más lenta. Igualmente en un suelo desnudo la capacidad de infiltración es menor que en un suelo protegido o con cobertura en la superficie. La infiltración se mide en campo mediante el método de anillos concéntricos, consiste en un anillo exterior y uno interior los cuales se clavan o entierran en el suelo para cuantificar en unidades de tiempo la velocidad con que se mueve una lámina de agua a través del perfil del suelo. La velocidad de infiltración del agua se mide en centímetros o milímetros recorridos por una lámina de agua cuando inicia su proceso de drenaje interno en una unidad de tiempo<sup>32</sup>.

## 4.4 PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO

**4.4.1 Materia orgánica.** Burbano afirma que: “La materia orgánica del suelo contiene probablemente la mayor parte de los compuestos orgánicos que ocurren naturalmente, en razón que se deriva u origina de los compuestos metabólicos y tejidos de plantas, animales y microorganismos”<sup>33</sup>.

Para Bernal:

---

<sup>29</sup> GAVANDE, Op. cit., p. 162.

<sup>30</sup> VIDA Y RECURSOS NATURALES, Op. cit., p. 68-69.

<sup>31</sup> SILVA y GAITAN, Op. cit., p. 47.

<sup>32</sup> CASTRO, Op. cit., p. 137 – 138.

<sup>33</sup> BURBANO, Hernán. La materia orgánica del suelo en el contexto de la agricultura sostenible. *In*: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. Bogotá: SCCS, 1994. p.524.

La materia orgánica puede constituirse en una fuente importante de nutrientes como nitrógeno, fósforo y azufre. La materia orgánica, en avanzado estado de descomposición, puede formar compuestos coloidales con alta capacidad de intercambio catiónico, cercano a los 200 meq/100g; los valores bajos de pH pueden ser causa de una baja tasa de descomposición, lo cual es evidente especialmente en suelos de clima frío<sup>34</sup>.

Según la recomendación de la Soil Science Society of America: La materia orgánica debe definirse como: la fracción orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por las habitantes del mismo. En general, esta fracción se determina en suelos que pasan por un tamiz con malla de 2 milímetros.

Cepeda argumenta que:

La formación orgánica del suelo que incluye vegetales y animales en diferentes estados de descomposición, tejidos y células de organismos que viven en el suelo y sustancias producidas por los habitantes del mismo". La materia orgánica está compuesta por los siguientes materiales: carbohidratos, proteínas, aminoácidos y otros derivados, grasas, aceites y ceras, alcoholes, ácidos orgánicos minerales y productos diversos de gran actividad biológica.

La materia orgánica regula los procesos químicos que allí ocurren, influye sobre las características físicas, y es el centro de casi todas las actividades biológicas del suelo<sup>35</sup>.

**4.4.2 pH.** Burbano asevera que: "El pH es el resultado de la interacción de diversos factores como: el material parental, la lluvia, la profundidad de la capa arable y fertilización, entre otros"<sup>36</sup>.

Bernal resalta que: "El pH está influenciado por el contenido de materia orgánica, los cationes intercambiables, actividad respiratoria de las plantas y microorganismos, aplicación de enmiendas y fertilizantes, porcentaje de saturación de bases, etc. Con algunas excepciones, el mejor rango de pH

---

<sup>34</sup> BERNAL, Op. cit., p. 7.

<sup>35</sup> CEPEDA, Juan. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2da edición. México: Trillas, 1991, p. 43 – 48.

<sup>36</sup> BURBANO, H. El suelo, una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1989.p. 447.

para el crecimiento de las plantas se encuentra entre 5.5 y 6.5”<sup>37</sup>.

#### **4.4.3 Capacidad de intercambio catiónico.** De acuerdo con Viveros:

La C.I.C. es la segunda reacción en importancia en la naturaleza, después del proceso de fotosíntesis, efectuado por las plantas. El canje de cationes en los suelos tiene influencia en un gran número de características como: estructura, actividad microbial, régimen hídrico y gaseoso, procesos genéticos y en la nutrición vegetal. El intercambio catiónico comprende los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa y, al mismo tiempo, liberan cantidades equivalentes de otros cationes y se establece equilibrio entre ambas fases<sup>38</sup>.

#### **4.4.4 Nutrientes**

##### **❖ Nitrógeno disponible.** El mismo autor, argumenta que:

El contenido de nitrógeno en el suelo varía entre 0.5 a 5% con promedio de 2%. El nitrógeno en la planta se encuentra en forma orgánica e inorgánica. Las plantas toman el nitrógeno principalmente en forma de nitratos, aunque en estado de plántulas y algunas especies en todo su periodo vegetativo, prefieren el amoníaco.

El nitrógeno asimilable por las plantas, disponible en el suelo, es muy bajo si se compara con el nitrógeno total. Los datos obtenidos demuestran que parte del amoníaco fijado por las arcillas en forma no intercambiable, es convertida por los microorganismos en (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) intercambiable. Por lo general el nitrógeno intercambiable (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) no supera al 2% del nitrógeno total<sup>39</sup>.

##### **❖ Fósforo disponible.**

El fósforo es un nutriente esencial para las plantas; la principal fuente de fósforo del suelo, es el material parental. Los procesos erosivos y la lixiviación, son las causas principales de la pérdida de este elemento; Sin embargo, a pesar de que un suelo contenga fósforo, este puede estar en forma no aprovechable por las plantas, es decir puede estar fijado.

La fijación del fósforo está directamente relacionada con el pH del suelo y su

---

<sup>37</sup> BERNAL, Op. cit., p. 63-64.

<sup>38</sup> VIVEROS, Miguel. Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto: Universidad de Nariño, 1980, p. 10–11.

<sup>39</sup> Ibid., p.15.

mineralogía. Los pH menores a 5.5, con presencia de material alofánico y óxidos hidratados de hierro y aluminio, determinan una alta fijación de este elemento; por esta razón, una de las características de los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andepts y subgrupos Andicos)<sup>40</sup>

❖ **Potasio.** Burbano menciona que: “El potasio es tomado por las plantas en forma de catión (K<sup>+</sup>), el cual es requerido en cantidades más o menos grandes. Del 100% el K<sup>+</sup> intercambiable representa un 90%. Las plantas toman el potasio de la solución del suelo, o bien pueden establecer intercambio con arcillas y aniones orgánicos que retienen el potasio en forma intercambiable”<sup>41</sup>

❖ **Calcio.** Rojas asevera que:

El calcio y el magnesio han sido considerados como elementos secundarios esenciales para las plantas, pero en realidad son macronutrientes que la mayoría de los cultivos requieren en cantidades relativamente altas para su óptimo crecimiento y producción.

Las especies que más requieren calcio son los pastos, las leguminosas y las hortalizas de hoja. El calcio juega un papel muy importante en la elongación y división de la célula. Durante la respiración se acumula en la mitocondria donde aumenta su contenido proteico. Su función es importante en la estructura y permeabilidad de las membranas celulares. Su deficiencia produce rompimientos de las estructuras de las membranas causando difusión y pérdida de los componentes celulares. Aumenta la absorción de nitrógeno en forma de nitrato y por tanto, tiene relación con su metabolismo. El calcio está relacionado con la traslocación de carbohidratos dentro de la planta<sup>42</sup>.

❖ **Magnesio.** Según Triana: “El magnesio presenta las dos formas posibles de actividad en el metabolismo de las plantas (ser parte de una enzima o un metabolito y como ion activador de enzimas); ocupa la posición central de la molécula de clorofila y en la forma iónica trabaja como activador de muchas enzimas involucradas en la síntesis de proteínas”<sup>43</sup>.

Para Rojas:

---

<sup>40</sup> GONZALES, Álvaro. CORTES, Abdón. Estudio general de suelos de la Región Nororiental del departamento del Cauca. Bogotá, 1982. p. 214.

<sup>41</sup> BURBANO, Op. Cit., p. 9.

<sup>42</sup> ROJAS, Leyla. El Magnesio en las plantas. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Bogotá: Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo. Comité Regional. Cundinamarca y Boyacá, 2001, p. 18-20.

<sup>43</sup> TRIANA, María del Pilar. Introducción al metabolismo de las plantas. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Bogotá: Sociedad Colombiana de las ciencias del suelo. Comité Regional. Cundinamarca y Boyacá, 2001. p. 10.

Las plantas requieren magnesio en cantidades similares a las del fósforo. El magnesio es el único componente mineral de la molécula de clorofila y por lo tanto inhibe el proceso de la fotosíntesis, este proceso generalmente utiliza cerca del 15 al 20% del magnesio total de la planta. Es un elemento importante en la estructura de los ribosomas y activa la formación de cadenas polipeptídicas de los aminoácidos por tanto su deficiencia causa una disminución en el nitrógeno proteico y un aumento en el nitrógeno no proteico dentro de la planta. También se encuentra involucrado en numerosas funciones fisiológicas y bioquímicas tales como activación de las enzimas en la fosforilación para el metabolismo de los carbohidratos y en las reacciones del metabolismo del fósforo, especialmente en aquellas relacionadas con el ATP.

El magnesio es un elemento móvil dentro de la planta y por lo tanto es rápidamente translocado de las partes viejas a las partes jóvenes de la planta cuando se presenta deficiencia, las hojas afectadas muestran clorosis intervenal<sup>44</sup>.

❖ **Azufre.** Burbano menciona que:

El azufre se encuentra en los suelos en forma orgánica e inorgánica y su participación relativa es función del suelo y del clima, por ello las cantidades de azufre en las dos formas varían ampliamente dependiendo de la naturaleza del suelo, pH, condición de drenaje, contenido de materia orgánica, composición mineralógica y profundidad en el perfil. A diferencia del fósforo, el sulfato está sujeto a la lixiviación; de allí que en suelos muy lavados las formas inorgánicas de azufre son removidas, y permanece solo o principalmente el azufre en formas orgánicas. Burbano también señala que el azufre orgánico es la concentración del azufre disponible para la planta<sup>45</sup>.

## 4.5 PROPIEDADES BROMATOLÓGICAS

Bernal, menciona las siguientes propiedades para los pastos:

4.5.1 **Proteínas.** Las proteínas de hojas y tallos se clasifican generalmente con

---

<sup>44</sup> ROJAS, Op. cit., p. 19–20.

<sup>45</sup> BURBANO, Hernán. El Azufre en las plantas. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Bogotá: Sociedad Colombiana de las ciencias del suelo. Comité Regional. Cundinamarca y Boyacá, 2001, p. 24-25.

base en su solubilidad. Las proteínas solubles de las hojas se dividen en dos fracciones. La fracción 1, conocida también como fracción 18s, está muy relacionada con el timpanismo en los rumiantes. Con frecuencia constituye hasta el 50% del total de la proteína soluble y parece ser una fracción homogénea en todas las especies forrajeras. Su función es enzimática y catalizan algunos de los pasos esenciales en la fotosíntesis. La fracción 2 es una mezcla de diferentes proteínas.

**4.5.2 Carbohidratos.** Los carbohidratos de las plantas se dividen en estructurales y no estructurales. En términos de nutrición, los carbohidratos no estructurales son los realmente disponibles como azúcares, almidones y fructosanas. En los pastos, los principales azúcares simples libres son glucosa y fructosa, que se encuentran en niveles de 1 a 3% de la materia seca. La sucrosa es el otro azúcar presente en cantidades apreciables, con frecuencia constituye 4 a 5% de la materia seca. De otros azúcares solamente se encuentran trazas.

Los carbohidratos estructurales, que son polisacáridos, varían desde homogéneos hasta moléculas complejas que pueden ser lineales o altamente ramificadas y con estructuras desde cristalinas hasta amorfas. Los carbohidratos estructurales se clasifican en tres grupos principales: las sustancias pectidas, la hemicelulosa y celulosa. Los dos últimos son relativamente insolubles y resistentes a la digestión debido a que las uniones entre las unidades de azúcar son diferentes a las de los carbohidratos más disponibles, como los almidones.

En pastos con buenos contenidos de hojas, el contenido de celulosa puede estar en un rango de 15 a 30%, hemicelulosa de 10 a 20% y pectinas de 1 a 2%.

**4.5.3 Lípidos.** El contenido de lípidos en las hojas varía de 3 a 10%, y generalmente declina con la edad. Los lípidos tienen diferentes componentes, pero la mayor parte de ellos están compuestos por galactolípidos y fosfolípidos, la mayor parte se encuentran en los cloroplastos.

El ácido linolénico constituye entre el 60 y el 75% del total de los ácidos grasos, seguido por los ácidos linoléico y palmítico. Estos lípidos son importantes desde el punto de vista nutricional.

**4.5.4 Minerales.** El contenido de minerales de los pastos es muy variable y depende de una gran cantidad de factores tales como el suelo, especialmente el material parental, el desarrollo y mineralogía del suelo, la humedad del suelo, y la reacción del suelo; el género, especie y variedad de la planta, el estado de desarrollo de la misma, los cambios estacionales (invierno y verano), la aplicación de fertilizantes y el manejo de la pradera, y la distribución de elementos minerales

dentro de la planta.<sup>46</sup>

#### 4.6 PROPIEDADES BIOLÓGICAS.

Burges<sup>47</sup> define al suelo como un complejo vivo, el cual no solamente sirve como medio de apoyo mecánico o substrato del que se aseguran y nutren las raíces de las plantas, sino que su biodiversidad compone un complejo sistema de interrelación de microorganismos que, con sus acciones, permiten y crean las condiciones y factores necesarios para que se desarrollen tanto las plantas como la microflora, microfauna, macroflora y macrofauna, que son de gran importancia como agentes pedogenéticos del suelo.

Según Chamorro<sup>48</sup>, la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas dependen en gran parte de los microorganismos que lo habitan, los cuales pueden mostrar cierto grado de especialización con relación a las actividades que ejecutan; así por ejemplo, hay algunos que intervienen en la degradación de los residuos orgánicos, otros en las transformaciones de elementos o sustancias a formas aprovechables o no por la planta, pueden causar enfermedades, producir antibióticos e intervenir en la agregación de partículas, entre otras.

Blasco<sup>49</sup> clasifica a los microorganismos del suelo en los siguientes grupos:

- ❖ **Microorganismos autóctonos:** Son aquellos nativos del suelo, los cuales lo caracterizan y siempre se encuentran en él.
- ❖ **Microorganismos zimógenos:** Que se desarrollan de acuerdo a tratamientos específicos tales como adición de materia orgánica, fertilización, aireación del suelo u otro.
- ❖ **Microorganismos transitorios:** Se introducen en el suelo, como en el caso de las bacterias nodulantes o parásitos de plantas o animales que no pueden pasar largas temporadas en el suelo sin la presencia de sus hospederos.

Urbano<sup>50</sup> menciona que: “Existen varias especies indicadoras que permiten estimar el carácter biológico del suelo; éstas se escogen por su sensibilidad al

---

<sup>46</sup> BERNAL, Op cit., p 25 – 32..

<sup>47</sup> BURGÉS, A. Introducción a la microbiología del suelo. España: Acribia, 1996, p. 139-155.

<sup>48</sup> CHAMORRO, Clara. Correlación entre la población de lombriz de tierra y las características físico-químicas de tres suelos seleccionados de la Sabana de Bogotá. Bogotá: 1981, p 27. Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en Ciencias Agrícolas. ICA.

<sup>49</sup> BLASCO, Mario. Curso de microbiología de suelos. Turrialba, Costa Rica: Centro Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. 1970, p. 65.

<sup>50</sup> URBANO, Op. cit., p. 27.

cambio de condiciones o por su papel en la fertilidad del suelo. Para el último caso, son grupos funcionales las termitas, nemátodos y lombrices.

❖ **Las bacterias** El mismo autor asevera que:

Dentro de los microorganismos del suelo, las bacterias son las más numerosas, de las cuales la mayor parte son quimioheterotróficas y juegan un importante papel en el ciclaje de energía y nutrientes. Algunas, aunque son más bajas en número, son muy importantes para el crecimiento de las plantas superiores. Dentro de este grupo se destacan los géneros *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* y *Thiobacillus* que participan en las reacciones de oxidación del nitrógeno y del azufre, respectivamente<sup>51</sup>.

Mayea et al, afirman que: “Las bacterias nitrificantes son entre las autótrofas las que han recibido mayor atención por su importancia en los procesos de nitrificación, que está dado en dos procesos: oxidación de amonio a nitrito y oxidación de nitrito a nitrato, la primera oxidación se lleva a cabo por bacterias del género *Nitrosomonas* y la segunda por el género *Nitrobacter*”<sup>52</sup>.

Otro tipo de bacterias son las desnitrificantes, las cuales, según Blasco<sup>53</sup>, bajo ciertas condiciones, reducen los nitratos a nitrógeno elemental y a dióxido de nitrógeno, elementos que bajo estas características pueden escapar a la atmósfera.

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

---

<sup>51</sup> Ibid., p. 78.

<sup>52</sup> MAYEA, Sergio., NOVO, René. y VALIÑO, Agustín. Introducción a la microbiología del suelo. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1982. p. 17.

<sup>53</sup> BLASCO, Op. cit., p. 68.

## 5.1 LOCALIZACIÓN.

El presente trabajo se realizó durante los meses de Marzo y Abril del año 2008, en tres localidades del municipio de Ipiales (Puenes, Ipiales y Yanalá), que corresponden a ecorregiones ubicadas entre 2800 a 3150 m.s.n.m. Localizadas geográficamente sobre el altiplano de Túquerres e Ipiales, a 87 km al sur de la ciudad de Pasto, su situación corresponde a 0° 54` 23`` latitud norte, 77° 41` 04`` longitud oeste del meridiano de Greenwich, con valores anuales de precipitación pluvial de 821mm, una temperatura de 12,6 °C y un 82% de humedad relativa. Según Holdridge<sup>54</sup>, corresponde a la zona de vida bosque seco premontano (bs-PM).

## 5.2 IMPLEMENTOS.

Muestras de suelos y muestras de forrajes, palas, machete, agua, bolsas de papel y polietileno, baldes, instrumental de laboratorio.

Penetrógrafo, anillos de infiltración, maseta, cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, higrotermógrafo, luxómetro.

## 5.3 TRABAJO DE CAMPO.

Las muestras de suelos, de forraje y físicas fueron tomadas en 9 sitios distribuidos de la siguiente manera:

- Puenes (Localidad 1)
  - Sitio 1: 3.084 msnm.
  - Sitio 2: 3.100 msnm.
  - Sitio 3: 3.016 msnm.
  
- Ipiales (Localidad 2)
  - Sitio 4: 2997 msnm.
  - Sitio 5: 3013 msnm.
  - Sitio 6: 3036 msnm.
  
- Yanalá (Localidad 3)
  - Sitio 7: 2.978 msnm.
  - Sitio 8: 2.870 msnm.

---

<sup>54</sup> HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. IICA, Costa Rica 1982. p. 216.

- Sitio 9: 2.820 msnm.

## 5.4 VARIABLES A EVALUAR

**5.4.1 Muestreo de forraje.** En cada sitio se recolectó una muestra de forraje verde de pasto Brasileiro (*Phalaris* sp) cortado a una altura del suelo de 10 centímetros, la altura del pasto fue de 70 cm en promedio, se utilizó un marco metálico de 25 X 25 cm (0.0625 m<sup>2</sup>). El forraje cortado fue pesado, empacado en bolsa de papel y rotulado respectivamente; el criterio para seleccionar el sitio de muestreo fue su productividad evaluada en forma visual; posteriormente se llevaron las muestras a estufa a una temperatura de 75°C por 48 horas y posteriormente a 110°C por tres horas, luego a campana de desecación hasta obtener peso constante. Se determinó el peso, y se procedió a moler y empacar en recipientes de vidrio debidamente rotulados (Apráez<sup>55</sup>, AOAC). Para la evaluación del comportamiento agronómico del pasto se tuvo en cuenta las siguientes variables:

- **Producción de biomasa seca.** La biomasa seca se determinó por medio de análisis proximal de Weende, según la metodología descrita por la Official Association Analysis Center (AOAC, 1995).
- **Altura de plantas.** Para ello se tomó la altura de la planta desde la base hasta la punta de la hoja principal, sin estirar las hojas, según la metodología descrita por Bernal<sup>56</sup>.
- **Periodo de recuperación.** Esta variable se determinó teniendo en cuenta el estado “abanderado” del pasto, con la finalidad de realizar el corte en estado de mayor crecimiento, de acuerdo a lo recomendado por Peña<sup>57</sup>.

**5.4.2 Muestreo de suelo** Los análisis de suelos se tomaron siguiendo el protocolo descrito por Mayea, Novo y Valiño<sup>58</sup>, inicialmente se escogieron varios sitios alrededor y en la base del pasto y después de limpiar las áreas superficiales se tomaron varias muestras a una profundidad aproximada de 20 cm, éstas submuestras fueron mezcladas en un balde estéril y finalmente se tomó una muestra representativa de 2 kilogramos por sitio; éstas fueron llevadas a envases de vidrio esterilizados previamente, estos envases se rotularon y refrigeraron a temperatura entre 4° y 6°C para mantener su humedad original. Estas muestras se utilizaron para las determinaciones físicas, químicas y microbiológicas.

---

<sup>55</sup> APRÁEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño, 1994. p 40.

<sup>56</sup> BERNAL, Op.cit., p. 85

<sup>57</sup> PEÑA, Manuel. Fitotecnia de los pastos. La Habana: Pueblo y educación, 1995, p. 146.

<sup>58</sup> MAYEA, Sergio., NOVO, René. y VALIÑO, Agustín. Introducción a la microbiología del suelo. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1982. p 37.

Las variables densidad aparente, infiltración, penetrabilidad; se evaluaron por medio de los Métodos de análisis del laboratorio de suelos (IGAC)<sup>59</sup>

- **Densidad aparente.** Por el método del cilindro graduado de Adel González.
- **Infiltración.** Por medio de anillos de infiltración
- **Penetrabilidad:** Por medio del método del penetrómetro

Las siguientes variables edáficas fueron evaluadas por medio del manual de Métodos químicos para el análisis de suelos.<sup>60</sup>

- **Densidad real.** Por el método del picnómetro.
- **Porosidad total.** Se determinó teniendo en cuenta la relación: Porosidad=100 (1-densidad aparente/densidad real).
- **Capacidad de campo.** Por el método de Columnas de Chapingo.
- **Pendiente:** Por el método del nivel
- **Textura:** Método de Boyoucos
- **pH.** Método potenciométrico, relación 1:1
- **Materia orgánica.** Método de Walk y Black Colorimétrico.
- **Nitrógeno total.** Se calculó con base en la materia orgánica mediante la fórmula :  $\%N=0.014497+ 0.044757 (\%materia\ orgánica) - 0.000597 (\% materia\ orgánica)^2$
- **Capacidad de Intercambio Catiónico:** Determinación por acetato de amonio y cloruro de sodio.
- **Fósforo disponible.** Por el método de Bray II y Kurtz.
- **Potasio de cambio.** Mediante el método del acetato de amonio 1N a pH neutro y absorción atómica.

---

<sup>59</sup> OLARTE, R., et al., Método de análisis de laboratorio de suelos. IGAC, 4ta. Ed. Bogotá: 1997, p 143.

<sup>60</sup> UNIGARRO, A y CARREÑO, M. Métodos químicos para el análisis de suelos. Universidad de Nariño. Pasto: 2005, p 15 - 18.

- **Calcio:** Por espectroscopía de absorción atómica.
- **Azufre:** Método turbimétrico, extracción fosfato monobásico de calcio.

#### **5.4.3 Variables climáticas**

- **Luminosidad.** Por medio de luxómetro
- **Humedad relativa y temperatura** Por medio de higrómetro
- **Precipitación pluvial.** Por medio de pluviómetro

Los datos climáticos se tomaron del registro diario con la ayuda de la estaciones del IDEAM en cada ecorregión.

**5.4.4 Variables biológicas.** Para la evaluación de macro y mesofauna del suelo se utilizó la metodología propuesta en el Manual de estimación de macroinvertebrados en distribución vertical (Laboratorios de la Universidad de Nariño).

### **5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los factores productivos, bromatológicos, edáficos y medioambientales evaluados, arrojaron un total de 47 variables relacionadas con la producción y calidad del pasto brasilero, para efectos de determinar cuáles son las variables de mayor influencia en la productividad de biomasa, se planteó en primera instancia un análisis multivariado de componentes principales (ACP). Para dicho análisis se tomaron las variables que tuvieron un CV mayor al 20%, de igual manera, se realizó un análisis de correlación de Pearson, con el fin de eliminar las variables que estén altamente correlacionadas, dejando para el análisis de componentes principales tan solo una de ellas.

Las variables cuantitativas eliminadas antes del análisis, debido a su baja variabilidad y por estar altamente correlacionadas fueron 25 en total, entre éstas se tiene el periodo de recuperación, altura de la planta, ceniza, extracto etéreo, proteína cruda, fibra detergente neutra, fibra detergente ácido, celulosa, hemicelulosa, fósforo, magnesio y nitrógeno total del pasto; entre las variables edáficas eliminadas se tiene la densidad aparente, calcio, magnesio, potasio, aluminio, cobre, nitrógeno total, carbono orgánico, densidad real, porosidad total, altitud, humedad relativa y pendiente.

Las variables cuantitativas con alta variabilidad fueron 22 en total, éstas se procesaron en el Análisis de componentes principales, entre ellas se tiene la producción de biomasa por metro cuadrado, materia seca, fibra cruda, extracto no

nitrogenado, lignina, calcio, azufre, proteína verdadera, nutrientes digestibles totales del pasto, además de las variables edáficas como pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, fósforo, hierro, manganeso, zinc, azufre disponible, capacidad de campo, penetrabilidad, infiltración, y finalmente las variables climáticas como luminosidad y temperatura.

Posteriormente se construyeron 3 clusters, los que permitieron identificar los grupos que presentaron valores altos de biomasa, facilitando la determinación de variables incluidas como aportantes a la calidad y producción del pasto brasilero, éstas variables se incluirán en la discusión de resultados.

La base de datos obtenida se procesó mediante el paquete estadístico SAS - 2000 (Statistical Analysis System).

Para las variables cualitativas se realizó un análisis de medidas de tendencia central comparando el pH, materia orgánica, nitrógeno total, carbono orgánico, altura sobre el nivel del mar Vs número de individuos del suelo por metro cuadrado; posterior a esto se efectuó un análisis de correspondencia múltiple que permitió analizar la textura del suelo Vs mesofauna del suelo, mediante el software SPSS 15.0 de Windows.

## **6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS**

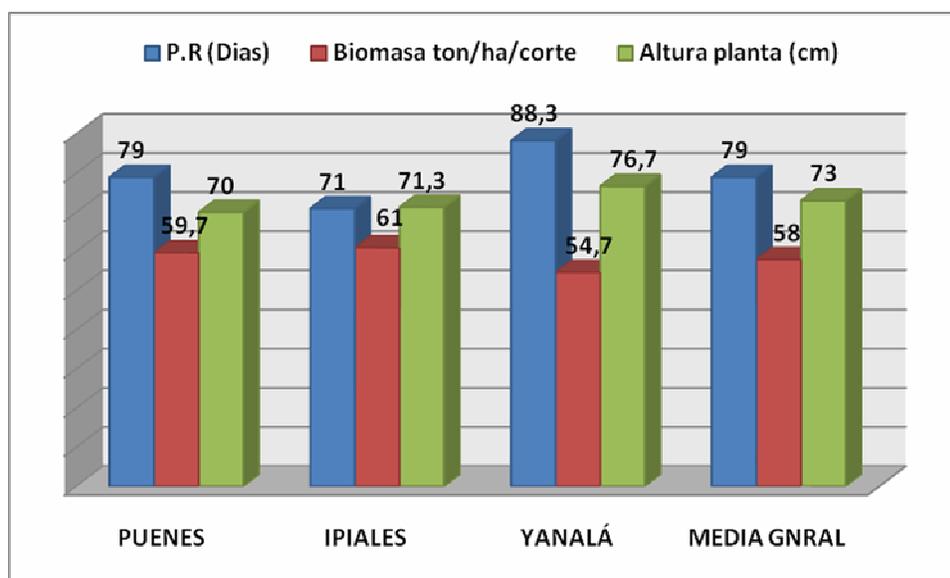
Cabe destacar la importancia de todas las variables edafoclimáticas mencionadas anteriormente, relacionadas con la producción y calidad del pasto brasilero

(*Phalaris sp*); sin embargo, antes de realizar los análisis planteados en el diseño experimental y estadístico, se realizó una discusión que permitió identificar las variables más destacadas en cada localidad.

## 6.1 VARIABLES PRODUCTIVAS

**6.1.1 Periodo de recuperación.** El valor más alto en periodo de recuperación del pasto brasilero, se obtuvo en Yanalá con 88.3 días, seguido por Puenes con 79 días, y el periodo de recuperación más corto y por lo tanto el mejor, se obtuvo en Ipiales con 71 días, como puede observarse en la Figura y Tabla 1.

**Figura 1. Promedios de las variables productivas por localidad y generales.**



Los rangos encontrados en esta investigación se encuentran dentro de los rangos óptimos, citados por Urbano<sup>61</sup>, quien asegura que los cortes o el pastoreo se pueden realizar cada 60 a 90 días. La altura de corte apropiado está entre 10 a 15 cm sobre el nivel del suelo.

**Tabla 1. Variables productivas del pasto brasilero por localidad.**

	PUENES				IPIALES				YANALA				
	1	2	3	PROM.	4	5	6	PROM.	7	8	9	PROM.	PROM.TOT
<b>PR (días)</b>	84	68	85	<b>79</b>	73	74	66	<b>71</b>	70	90	105	<b>88</b>	<b>79</b>
<b>Bio (ton/ha/corte)</b>	64	58	57	<b>59.7</b>	67	60	56	<b>61</b>	68	42	54	<b>54.7</b>	<b>58</b>

<sup>61</sup>URBANO, Diannelis. Uso del pasto brasilero en las zonas altas merideñas. Venezuela: 1995, p.5. <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTécnicas/FonaiapDivulga/fd50/pasto2.htm>

AP (cm)	60	80	70	<b>70</b>	72	73	69	<b>71</b>	65	81	84	<b>77</b>	<b>73</b>
---------	----	----	----	-----------	----	----	----	-----------	----	----	----	-----------	-----------

PR: Periodo de recuperación; BIO: Biomasa; AP: Altura de la planta; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

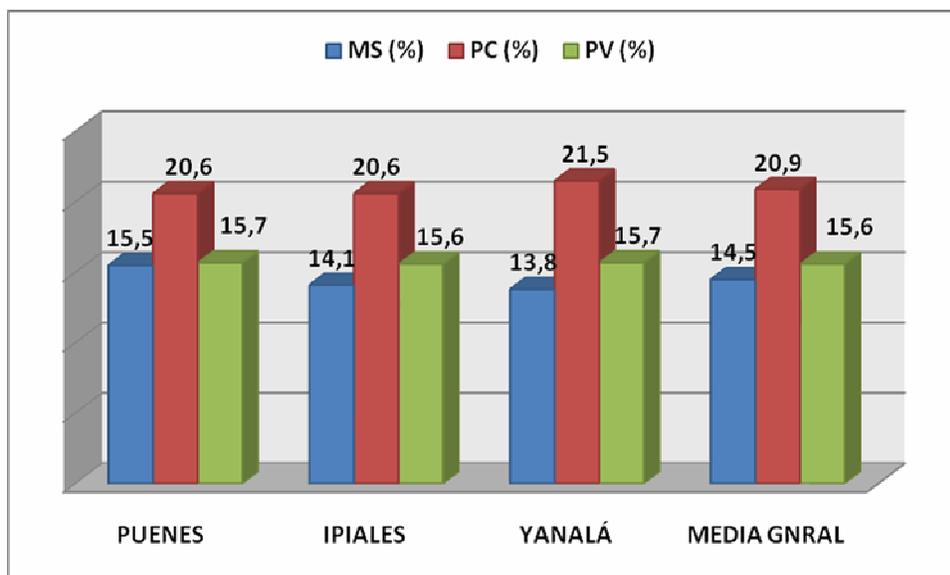
**6.1.2 Biomasa.** En la misma tabla se observa, además, que, la producción más significativa de forraje verde, se encontró en Ipiales, con 61 toneladas/ha/corte, seguida por Puenes, con 59.7 ton/ha/corte y Yanalá con el valor mas bajo, 54.7 ton/ha/corte. Los valores encontrados en el estudio fueron superiores a los citados por Salamanca (1974) del Programa de pastos y forrajes del ICA, que reporta una producción en pasto brasilero de 55 toneladas de forraje verde por ha/corte.

**6.1.3 Altura de la planta.** Además, Yanalá reportó los valores más altos en altura de la planta (77 cm), seguido por Ipiales (71 cm), y el valor más bajo se halló en Puenes (70 cm).

## 6.2 VARIABLES BROMATOLÓGICAS

**6.2.1 Materia seca.** Los rangos de materia seca se encuentran entre 15.5% para Puenes, 14.1% en Ipiales y 13.8% para Yanalá, como se indica en la Figura 2 y Tabla 2; Los valores promedios encontrados están por debajo de los encontrados por el ICA (1997) que reportan en pasto brasilero un 17% de materia seca, en 70 días de edad. Obteniéndose mejor digestibilidad del pasto brasilero en el trabajo realizado, puesto que los valores de materia seca son bajos.

**Figura 2. Promedios de MS, PC y PV por localidad y generales.**



La producción media de biomasa por hectárea en las tres localidades fué 58.4 ton/ha/corte, de las cuales el 14.5% corresponden a materia seca, para un total de 8.46 toneladas del mismo material. Los valores obtenidos en el estudio son superiores a los encontrados por Urbano<sup>62</sup> quien reporta, en un trabajo realizado en el Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado de Mérida, que el brasilero puede rendir hasta 5 toneladas de materia seca/ha/corte.

**6.2.2 Proteína cruda y proteína verdadera.** En la Figura y tabla 2, Además, puede observarse valores medios para las tres localidades de 20.9% de proteína cruda y 15.7% de proteína verdadera, teniendo en cuenta que contienen conjuntamente cantidades considerables de compuestos nitrogenados que no son proteínas, se realizó la diferencia entre éstas, obteniendo un 5.2%, valor que sugiere que la proteína tiene buena digestibilidad.

**Tabla 2. Análisis bromatológicos en base seca por localidad**

<sup>62</sup> URBANO, Op cit., p. 1.

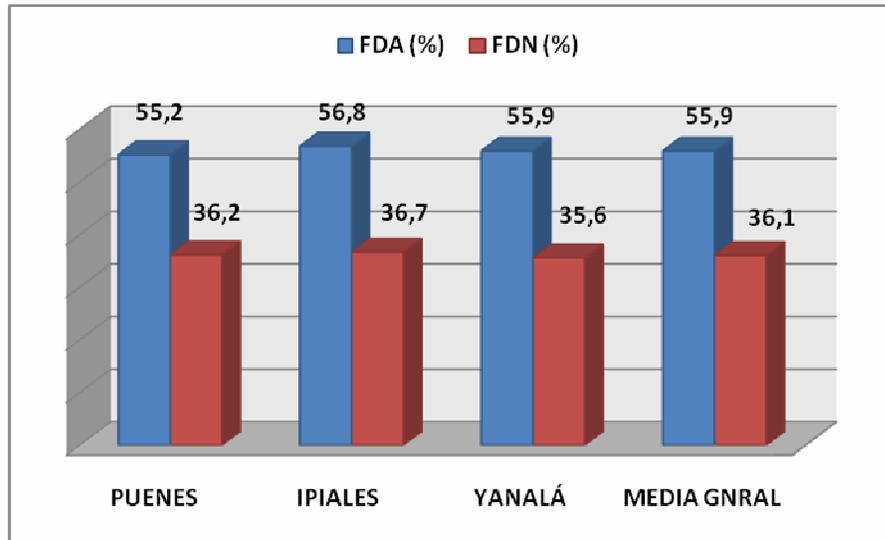
	PUENES				IPIALES				YANALA				PROM.TOT
	1	2	3	PROM.	4	5	6	PROM.	7	8	9	PROM.	
MS (%)	12,9	17,2	16,6	<b>15,5</b>	15,0	14,4	13,0	<b>14,1</b>	12,5	12,9	16,1	<b>13,8</b>	<b>14,5</b>
CEN (%)	12,8	10,8	12,5	<b>12,0</b>	12,2	12,7	14,2	<b>13,0</b>	11,9	13,9	14,0	<b>13,3</b>	<b>12,8</b>
EE (%)	4,1	2,8	4,1	<b>3,6</b>	3,5	3,5	3,7	<b>3,5</b>	3,5	4,2	3,8	<b>3,8</b>	<b>3,7</b>
FC (%)	46,3	50,7	47,1	<b>48,0</b>	50,9	53,9	55,9	<b>53,6</b>	30,4	30,8	27,2	<b>29,4</b>	<b>43,7</b>
PC (%)	23,1	15,7	23,0	<b>20,6</b>	21,1	20,2	20,5	<b>20,6</b>	22,1	23,9	18,5	<b>21,5</b>	<b>20,9</b>
ENN (%)	13,7	20,0	11,4	<b>15,0</b>	12,3	9,7	5,7	<b>9,2</b>	32,1	27,2	36,6	<b>32,0</b>	<b>18,8</b>
FDN (%)	55,8	59,2	50,6	<b>55,2</b>	56,0	58,4	56,0	<b>56,8</b>	55,5	56,4	55,7	<b>55,9</b>	<b>55,9</b>
FDA (%)	36,7	38,6	33,2	<b>36,2</b>	34,9	38,0	37,2	<b>36,7</b>	36,3	36,0	34,4	<b>35,6</b>	<b>36,1</b>
LIG (%)	10,0	9,7	7,4	<b>9,0</b>	7,1	8,1	7,2	<b>7,5</b>	7,9	8,8	7,3	<b>8,0</b>	<b>8,2</b>
CEL (%)	26,7	28,9	25,9	<b>27,1</b>	27,8	29,9	30,0	<b>29,2</b>	28,4	27,2	27,1	<b>27,5</b>	<b>28,0</b>
Hcel (%)	19,1	20,6	17,4	<b>19,0</b>	21,1	20,4	18,8	<b>20,1</b>	19,2	20,4	21,3	<b>20,3</b>	<b>19,8</b>
Ca (%)	0,2	0,2	0,3	<b>0,2</b>	0,3	0,2	0,3	<b>0,3</b>	0,2	0,2	0,3	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>
P (%)	0,3	0,2	0,4	<b>0,3</b>	0,4	0,3	0,4	<b>0,4</b>	0,3	0,4	0,3	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
Mg (%)	0,2	0,1	0,1	<b>0,1</b>	0,2	0,1	0,2	<b>0,2</b>	0,2	0,2	0,1	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>
S (%)	0,2	0,2	0,3	<b>0,2</b>	0,2	0,3	0,3	<b>0,3</b>	0,3	0,2	0,3	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
NT (%)	3,7	2,5	4,0	<b>3,4</b>	3,4	3,2	3,3	<b>3,3</b>	3,5	3,8	3,0	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>
P.V (%)	17,0	12,1	18,0	<b>15,7</b>	15,6	15,9	15,3	<b>15,6</b>	15,9	17,1	14,3	<b>15,7</b>	<b>15,7</b>
NDT (%)	50,6	69,4	69,6	<b>63,2</b>	71,9	53,8	28,8	<b>51,5</b>	56,4	25,8	61,6	<b>47,9</b>	<b>54,2</b>

MS: Materia seca; CEN: Ceniza; EE: Extracto etéreo; FC: Fibra cruda; PC: Proteína cruda; ENN: Extracto no nitrogenado; FDN: Fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente acida; LIG: Lignina; CEL: Celulosa; Hcel: Hemicelulosa; Ca: Calcio; P: Fosforo; Mg: Magnesio; S: Azufre; NT: Nitrógeno total; PV: Proteína verdadera; NDT: Nutrientes digestibles totales; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

**6.2.3 Carbohidratos estructurales.** En la tabla 2 y Figura 3 se aprecian altos Valores de carbohidratos estructurales, importantes en la nutrición de animales herbívoros, que, a su vez, realizan una influencia significativa sobre la digestibilidad y valor nutritivo del pasto, actuando de forma directa la fibra detergente neutra (FDN) con 55.9% en promedio general; y en forma indirecta la fibra detergente ácido (FDA) con 36.1 en promedio general; con respecto a esta temática, Bernal<sup>63</sup> sostiene que estos porcentajes pueden variar significativamente de acuerdo a la época del corte, estación del año, fertilización y fertilidad de los suelos.

<sup>63</sup> BERNAL, Op. cit., p. 45.

**Figura 3. Promedios de FDA y FDN por localidad y generales.**



### **6.3 VARIABLES EDÁFICAS**

**6.3.1 pH.** En las propiedades químicas evaluadas, se encontró un pH de 5.1 para Puenes, Ipiales con 5.3, Yanalá reportó un valor de 5.6, como se indica en la Tabla 3. Según Malavolta (1980), estos rangos son clasificados como moderadamente ácidos.

En el estudio se encontró que el pH se correlaciona negativa y significativamente con el aluminio de cambio (-0.91), lo anterior lo corroboran Chamorro y Echeverría<sup>64</sup>, quienes estudiaron suelos y subsuelos de la Sabana de Túquerres, encontrando que el pH igualmente se correlaciona negativa y significativamente con el aluminio de cambio.

Legarda, Mora y Blasco<sup>65</sup> ratifican los niveles bajos de pH, en un estudio realizado en el departamento de Nariño, relacionado con ciertas características químicas del suelo; encontrando que los suelos son ácidos.

**Tabla 3. Análisis completo de suelo en 9 sitios del municipio de Ipiales.**

<sup>64</sup> CHAMORRO, B y ECHEVERRIA, C. Determinación de aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en la Sabana de Túquerres, departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 1971, 78 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>65</sup> LEGARDA, Lucio., et al. Relaciones entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Nariño. Turrialba, (Costa Rica) 23 (1): 97-103. 1973

	PUENES				IPIALES				YANALA				PROM.TOT
	1	2	3	PROM.	4	5	6	PROM.	7	8	9	PROM.	
pH	5,1	5,0	5,3	<b>5,1</b>	4,7	6,1	5,1	<b>5,3</b>	4,9	5,7	6,2	<b>5,6</b>	<b>5,3</b>
MO (%)	17,4	18,9	14,5	<b>16,9</b>	20,4	19,3	18,1	<b>19,3</b>	25,7	8,1	5,5	<b>13,1</b>	<b>16,4</b>
DA (g/cc)	0,6	0,8	0,8	<b>0,7</b>	0,7	0,7	0,7	<b>0,7</b>	0,6	0,8	1,0	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>
P (ppm)	8,0	12,0	9,0	<b>9,7</b>	54,0	12,0	49,0	<b>38,3</b>	13,0	15,0	63,0	<b>30,3</b>	<b>26,1</b>
CIC (meq)	52,0	48,2	46,0	<b>48,7</b>	52,0	64,4	51,2	<b>55,9</b>	55,4	30,4	21,4	<b>35,7</b>	<b>46,8</b>
Ca (meq)	5,3	5,1	6,2	<b>5,5</b>	7,0	7,9	6,0	<b>7,0</b>	9,3	6,8	8,7	<b>8,3</b>	<b>6,9</b>
Mg (meq)	1,7	1,6	1,3	<b>1,5</b>	0,9	3,2	2,1	<b>2,1</b>	2,3	2,5	2,3	<b>2,4</b>	<b>2,0</b>
K (meq)	0,6	0,3	0,9	<b>0,6</b>	0,3	1,4	0,3	<b>0,7</b>	0,3	0,3	1,7	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
Al (meq)	0,9	1,1	0,3	<b>0,8</b>	1,6	0,0	0,7	<b>0,8</b>	1,0	0,0	0,0	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>
Fe (ppm)	32,8	21,2	8,0	<b>20,7</b>	10,0	5,2	6,8	<b>7,3</b>	7,6	5,2	6,8	<b>6,5</b>	<b>11,5</b>
Mn (ppm)	16,8	12,4	14,0	<b>14,4</b>	38,0	10,8	35,2	<b>28,0</b>	20,8	10,8	35,2	<b>22,3</b>	<b>21,6</b>
Cu ( ppm)	0,3	0,2	0,2	<b>0,2</b>	0,2	0,2	0,2	<b>0,2</b>	0,2	0,2	0,2	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
Zn (ppm)	2,8	4,4	7,5	<b>4,9</b>	7,1	2,9	8,2	<b>6,1</b>	3,7	2,9	8,2	<b>4,9</b>	<b>5,</b>
N (%)	0,6	0,7	0,5	<b>0,6</b>	0,7	0,7	0,6	<b>0,7</b>	0,8	0,3	0,3	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>
CO (%)	10,1	11,0	8,4	<b>9,8</b>	11,8	11,2	10,5	<b>11,2</b>	14,9	4,7	3,2	<b>7,6</b>	<b>9,5</b>
S (ppm)	6,8	19,6	13,0	<b>13,1</b>	9,0	13,9	10,4	<b>11,1</b>	15,6	11,5	7,2	<b>11,4</b>	<b>11,9</b>
GT	F A	A F	F A		F A	F A	F A		F A	F A	F		
AR (%)	58,6	73,0	60,2	<b>63,9</b>	52,6	63,4	53,8	<b>56,6</b>	61,8	62,2	43,8	<b>55,9</b>	<b>58,8</b>
ARC (%)	4,2	4,2	4,2	<b>4,2</b>	6,2	6,2	6,2	<b>6,2</b>	3,8	7,8	15,8	<b>9,1</b>	<b>6,5</b>
LIM (%)	37,2	22,8	35,6	<b>31,9</b>	41,2	30,4	40,0	<b>37,2</b>	34,4	30,0	40,4	<b>34,9</b>	<b>34,7</b>
DR (g/cc)	2,2	2,4	1,9	<b>2,2</b>	2,2	2,2	2,2	<b>2,2</b>	2,1	2,4	2,5	<b>2,4</b>	<b>2,2</b>
PEN (%)	9,1	16,2	14,2	<b>13,2</b>	23,1	12,4	25,4	<b>20,3</b>	12,5	17,5	20,8	<b>16,9</b>	<b>16,8</b>
INF (cm/h)	0,6	9,9	1,1	<b>3,9</b>	0,4	1,2	0,9	<b>0,8</b>	1,5	1,0	0,3	<b>0,9</b>	<b>1,9</b>
PT ( %)	68,0	63,4	65,3	<b>65,6</b>	60,9	63,2	71,7	<b>65,3</b>	67,0	68,6	62,8	<b>66,1</b>	<b>65,7</b>
Pen (Mpa)	0,5	0,7	0,8	<b>0,7</b>	1,2	0,8	0,5	<b>0,8</b>	0,8	0,4	0,8	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>
CC (%)	87,8	77,9	84,3	<b>83,3</b>	66,1	67,9	50,2	<b>61,4</b>	47,1	52,8	56,8	<b>52,2</b>	<b>65,7</b>

MO: Materia orgánica; DA: Densidad aparente; P: fosforo disponible; CIC: Capacidad de intercambio cationico, Ca: Calcio; Mg: Magnesio; K: potasio; Al: Aluminio; Fe: hierro; Mn: Manganeso; Cu: cobre; Zn: Zinc; N: Nitrógeno; CO: Carbono orgánico; S: Azufre; GT: Grado textural; AR: Arena; ARC: Arcilla; LIM: Limo; DR: Densidad real; PEN: Penetrabilidad; INF: Infiltración; PT: Porosidad total; Pen: Penetrabilidad; CC: Capacidad de campo; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

**6.3.2 Materia orgánica.** El promedio más alto de materia orgánica se encontró en Ipiales con 19.3%, seguido por Puenes con 16.9, y el promedio más bajo se

halló en Yanalá, con 13.1%. (Tabla 3 y Figura 4).

Para suelos de clima frío, los valores obtenidos en el estudio son altos, de acuerdo a los reportados por el laboratorio de suelos del IGAC. Por otra parte Mosquera<sup>66</sup> ratifica lo encontrado al clasificar como altos los niveles de MO mayores al 10%.

Legarda et al<sup>67</sup> encontraron que la materia orgánica y el nitrógeno aumentan con la altura y la capacidad de intercambio catiónico se correlaciona con la presencia de la materia orgánica. En el estudio realizado podemos corroborar estas afirmaciones, ya que, al parecer no puede atribuirse la producción y calidad del pasto brasilero a una sola de éstas variables, sino a un equilibrio entre éstas.

Muñoz<sup>68</sup> asegura que, en las tierras del clima frío Antioqueño, la materia orgánica desempeña un papel preponderante en las propiedades físicas, generando tierras bien estructuradas y estables. En cambio, en la parte química, la materia orgánica aporta poco nitrógeno, fósforo y azufre inorgánicos; sin embargo, ésta contribuye en forma notoria en la CIC.

**6.3.3 Capacidad de intercambio catiónico.** El promedio más alto para la capacidad de intercambio cationico (CIC) se obtuvo en Ipiales con 55.9 meq, Puenes con 48.7 meq y el promedio más bajo fue para Yanalá con 35.7 meq, como puede observarse en la Tabla 3 y Figura 4. Valores que el IGAC (1995) los determina como altos.

Por su parte, Coral et al<sup>69</sup> manifiestan que la CIC está relacionada con la presencia de MO en los suelos, ya que ésta tiene la propiedad de desarrollar una considerable carga negativa cuando se aumenta el pH.

El estudio permitió reconocer la interacción entre factores edáficos como el pH, materia orgánica y capacidad de intercambio cationico, y la respuesta del pasto en producción y calidad.

#### **Figura 4. Variables productivas del pasto brasilero Vs variables edáficas.**

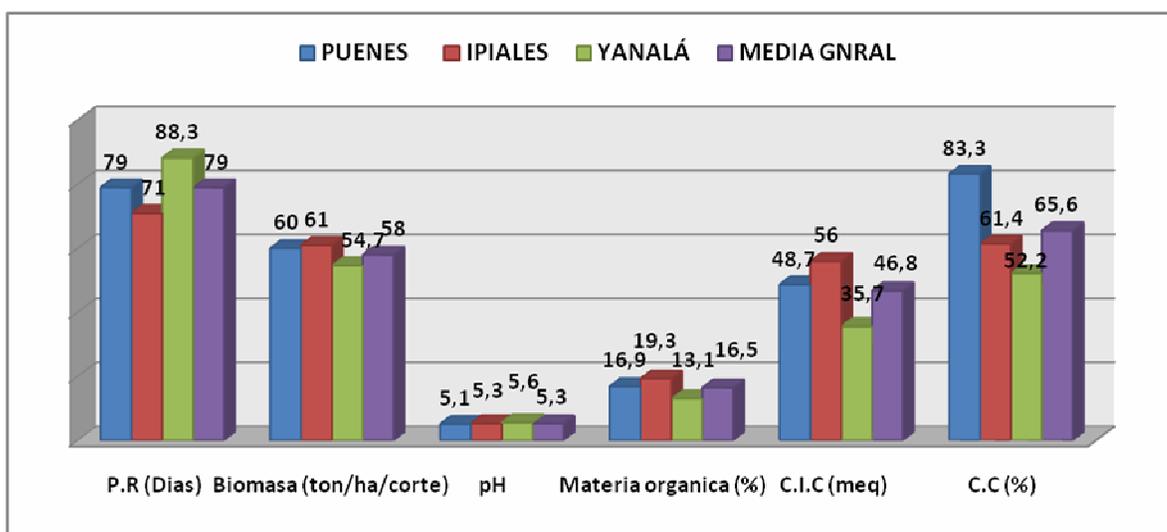
---

<sup>66</sup> MOSQUERA, Carlos, copyright 1997

<sup>67</sup> LEGARDA, Op. cit., p.6.

<sup>68</sup> MUÑOZ, Rodrigo. Fertilización de la papa de Antioquia. En: fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá: monómeros. 1998. p. 34.

<sup>69</sup> CORAL Dilia., et al. Uso de indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión del cultivo de trigo, de los municipios de Tangua, Yacuanquer, Nariño. Pasto: Universidad de Nariño, Sistema de Investigaciones – VIPRI. 2003, p 34.



**6.3.4 Relación carbono-nitrógeno.** Como se aprecia en la Tabla 3, los valores promedios generales de carbono orgánico fueron de 9.5%, y los valores medios de nitrógeno total fueron de 0.6%, los datos obtenidos de nitrógeno total en comparación con los reportados por los laboratorios del IGAC, son altos para clima frío.

La relación carbono-nitrógeno obtenida es de 15.91; con respecto a lo encontrado, Charry<sup>70</sup> menciona que una relación C/N con valores mayores a 30, la descomposición será lenta o muy lenta, con valores entre 17 y 30, la descomposición será moderada, y con valores menores a 17, la descomposición será muy rápida.

En cuanto a los nutrimentos del suelo, se encontró que los niveles de nitrógeno total en promedio fueron altos, posiblemente se deban a los niveles altos de MO y su rápida descomposición; la disponibilidad de fósforo y potasio podrían estar limitados por los valores bajos de pH; de acuerdo con Malagón<sup>71</sup>, el contenido de nitrógeno del suelo guarda una estrecha relación con el porcentaje de MO, de modo que la acumulación de esta es favorecida a medida que disminuye la temperatura y aumenta la humedad.

**6.3.5 Fósforo disponible.** Respecto al fósforo disponible, encontrado en Puenes, Ipiales y Yanalá, sus valores corresponden a 9.7, 38.3 y 30.3 ppm, valores que se

<sup>70</sup> CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1987, p. 233.

<sup>71</sup> MALAGON, D. Química de suelos. Bogotá: IGAC, 1979, p. 430.

observan en la Tabla 3, los que están por debajo de los reportados por Guerrero (1974), quien obtuvo 99 ppm para el Altiplano de Ipiales.

Barrera menciona que: “los niveles bajos de fósforo encontrados en la mayoría de suelos muestreados, posiblemente se debe en gran parte a la presencia de alófana, la cual genera una alta fijación de fósforo, razón por la cual se hace necesario la fertilización fosfórica en estos suelos”<sup>72</sup>.

Por otra parte, Legarda et al<sup>73</sup> encontraron que las concentraciones de fósforo aprovechable, como se observa, son bajas (26.1 ppm en promedio). La deficiencia de fósforo en la región es explicable por la alófana y los sesquióxidos de hierro y aluminio presentes en algunas muestras de suelo.

Los niveles de fósforo disponible se encuentran por debajo de los rangos mínimos, y en cuanto a potasio se tiene valores bajos (0.7 meq/100g). Según Bernal<sup>74</sup>, el fosforo es precipitado por el hierro y aluminio que se encuentran en solución, de igual manera cuando el complejo de cambio está saturado, principalmente con hidrogeno y aluminio, hay menor retención y mayor deficiencia de calcio, magnesio y potasio.

**6.3.6 Capacidad de campo.** En la Tabla 3 y Figura 4, puede apreciarse que Puenes presentó el valor más alto en capacidad de campo (C.C), con 83.3%, Ipiales con 61.4%, presentándose un valor bajo en Yanalá con 52.2%, parámetros superiores a los reportados por Dulce y Santacruz<sup>75</sup> los que reportaron en un trabajo realizado de las propiedades físicas de algunos suelos volcánicos del antiplano de Ipiales, que la capacidad de campo oscila alrededor del 40%.

Los valores altos en capacidad de campo, se relacionan con la aireación y almacenamiento de agua, posiblemente se debe a una buena distribución de poros, incorporación de materia orgánica, presencia de microorganismos del suelo, labranza mínima, y demás prácticas que contribuyen a la conservación de suelos, mejorando sus condiciones y la respuesta productiva del pasto brasilero.

Según Charry<sup>76</sup>, desde el punto de vista de la capacidad de campo, debe clasificarse en relación a la habilidad que muestren las plantas para desarrollarse

---

<sup>72</sup> BARRERA, L. La fertilidad de los suelos de clima frio y la fertilización de cultivos. In: Fertilidad de suelos, diagnostico y control. Bogotá: SCCS, 1994, p. 524.

<sup>73</sup> LEGARDA, L., Op.cit., p 50.

<sup>74</sup> BERNAL, Op. Cit., p. 64.

<sup>75</sup> DULCE, A. Y SANTACUZ, M. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos de algunos suelos del antiplano de Ipiales, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971, p.57.

<sup>76</sup> CHARRY, Op cit., p 28.

y del suelo para almacenar humedad. Además, la penetrabilidad también afecta la productividad del pasto brasilero retardando el crecimiento, ya que existe una distribución deficiente de raíces.

**6.3.7 Penetrabilidad.** El estudio reportó valores positivos, al evaluar la penetrabilidad del suelo, éstos fueron de 0.7, 0.8 y 0.7 mega pascales (Mpa) para Puenes, Ipiales y Yanalá, respectivamente, valores que se observan en la Tabla 3, de acuerdo a lo encontrado, Montenegro (1992) asegura que, estos suelos no tienen ninguna resistencia al sistema radicular de la planta, al parecer, esta característica junto con las demás características edáficas mencionadas, favorecen el crecimiento y desarrollo del pasto brasilero.

**6.3.8 Porosidad.** En cuanto a la porosidad total, se encontró un valor general de 65.7% que, de acuerdo con Baver<sup>77</sup>, porosidades mayores o iguales al 50% son consideradas óptimas, mientras que las menores al 10% dificultan la dinámica de intercambio de gases y agua, al igual que el crecimiento y profundización de las raíces.

**6.3.9 Infiltración.** Se encontraron valores de 1.9 cm/h para las tres localidades, que, según Malagón<sup>78</sup>, se clasifica como media. Esta condición junto con los valores altos de materia orgánica y capacidad de campo, al parecer permiten una buena permeabilidad del agua al suelo, dejándola a disposición del pasto, cuando éste la necesite.

## **6.4. VARIABLES CLIMÁTICAS**

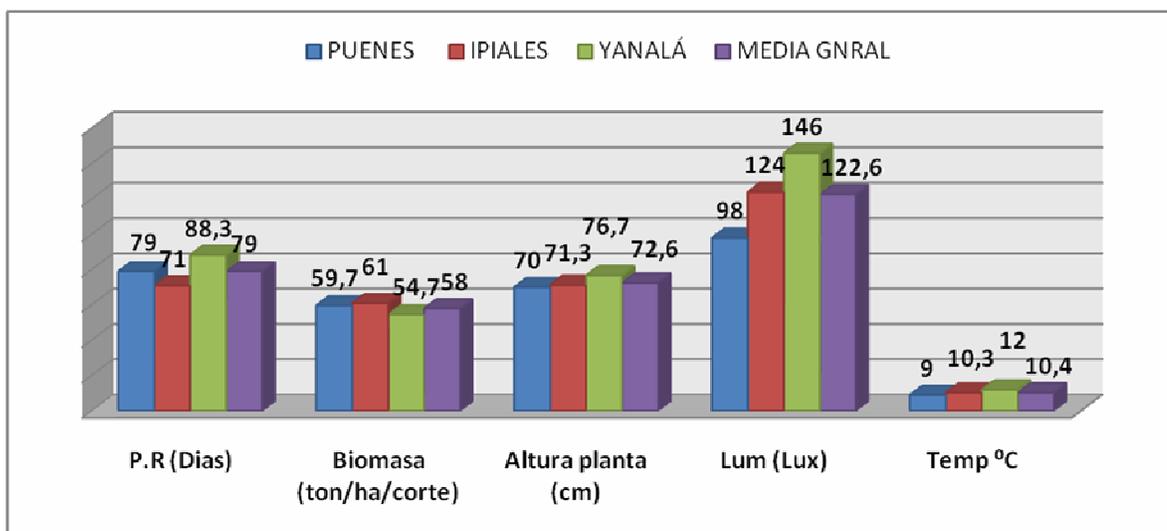
**6.4.1 Temperatura.** La temperatura encontrada en Puenes fue de 9 °C, en Ipiales de 10.3 °C, y Yanalá de 12 °C, valores que se observan en la Tabla 4 y Figura 5. Los valores fueron reportados por la estación de San Luis, propiedad del IDEAM, en el antiplano de Túquerres e Ipiales. La productividad y calidad nutritiva del pasto brasilero, se relacionan con los rangos de temperatura encontrados.

### **Figura 5. Variables productivas del pasto brasilero Vs variables climáticas.**

---

<sup>77</sup> BAVER, L. Física de los suelos. México: Hispanoamericana, 1973, p. 529.

<sup>78</sup> MALAGÓN, D. Grados de infiltración y su calificación. 1999, p. 4.



De acuerdo con Bernal<sup>79</sup>, la temperatura afecta el crecimiento y metabolismo de los pastos, influyendo directamente en los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, transporte de compuestos, actividad de las enzimas y coagulación de las proteínas, entre otros.

Para lo enunciado, Charry<sup>80</sup> asegura que la temperatura tiene una serie de relaciones con los procesos de germinación, crecimiento radical y desarrollo de las plantas, además ejerce su efecto directo sobre la retención de humedad.

**Tabla 4. Factores climáticos por localidad.**

<sup>79</sup> BERNAL, Op. cit., p. 28

<sup>80</sup> CHARRY, Op. cit., p. 35.

	PUENES				IPIALES				YANALA				PROM.TOT
	1	2	3	PROM.	4	5	6	PROM.	7	8	9	PROM.	
Alt (msnm)	3084	3100	3016	<b>3067</b>	2997	3013	3036	<b>3015</b>	2978	2870	2820	<b>2889</b>	<b>2990</b>
Lum (Lux)	152	82	60	<b>98</b>	152	110	110	<b>124</b>	137	144	157	<b>146</b>	<b>123</b>
T (°C)	9	10	8	<b>9</b>	11	9	11	<b>10</b>	12	13	12	<b>12</b>	<b>11</b>
HR (%)	70	75	68	<b>71</b>	74	71	67	<b>71</b>	72	71	73	<b>72</b>	<b>71</b>

Alt: Altura sobre el nivel del mar; Lum: Luminosidad; T: Temperatura ambiental; HR: Humedad relativa; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

**6.4.2 Luminosidad.** El valor más alto de luminosidad se encontró en Yanalá, con 146 lux, seguido por Ipiiales con 124 lux, el promedio más bajo lo reportó Puenes con 98 lux, como se aprecia en la Tabla 4 y Figura 5. Valores reportados por la estación de San Luis, propiedad del IDEAM, en el antiplano de Túquerres e Ipiiales. La productividad y calidad nutritiva del pasto brasileiro, se relacionan con los rangos de temperatura encontrados. Se encontró una relación directa entre la altura de la planta y los luxes por día, posiblemente se debe a que los valores encontrados no sobrepasan los niveles tolerables del pasto brasileiro.

## 6.5 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales presentado en la Tabla 5, agrupa las variables que están cerca o que son similares para formar una variable sintética con características propias en comparación con las demás; de acuerdo con este análisis, se obtuvieron 8 componentes principales (o variables sintéticas); como puede observarse, el primer factor representa el 36,31% de la variabilidad, el segundo representa el 23,48 % y tercer componente representa el 11,55 %, los cuales hacen un aporte a la variabilidad total de 71.33%, que nos explica la variación a partir de las tres primeras variables sintéticas.

**Tabla 5. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la colección (variables cuantitativas).**

FACTOR	VALOR PROPIO	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
1	7,9874	36,31	36,31
2	5,1655	23,48	59,79
3	2,5407	11,55	71,33
4	2,168	9,85	81,19
5	1,6234	7,38	88,57
6	1,208	5,49	94,06
7	0,7163	3,26	97,32
8	0,5907	2,68	100
9	0	0	100

**6.5.1 Componente principal 1.** Este factor obtuvo la mayor variabilidad (36.31%) y estuvo determinado por las variables Biomasa (0.83\*), MS (0.88\*), NDT (0.85\*), FC (0.83\*), PV (0.78\*) y Lignina del pasto (0.71\*), los factores edáficos de importancia para este componente, fueron de carácter positivo para: CC (0.76\*), penetrabilidad (0.70\*), MO (0.63\*), CIC (0.61\*), y de carácter negativo para Infiltración (-0.79\*) y temperatura (-0.66\*).

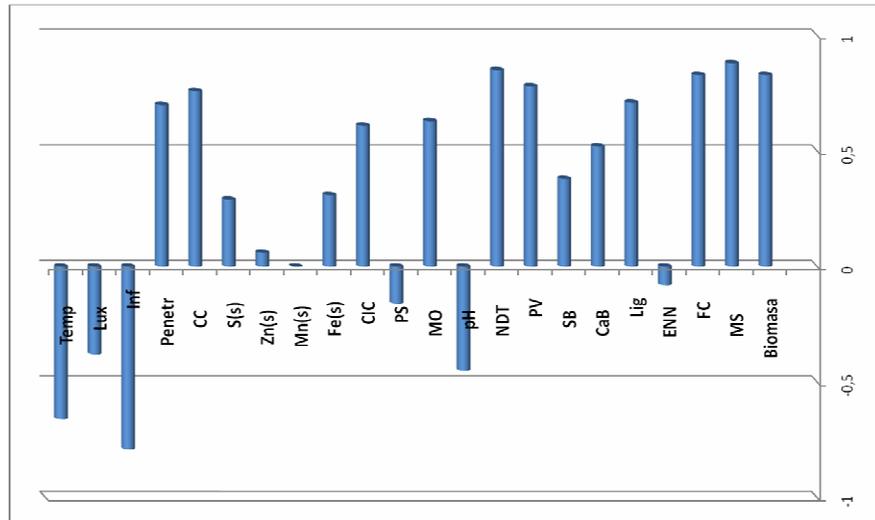
El componente está relacionado principalmente con las propiedades físicas del suelo y factores climáticos, que determinan la calidad y producción del pasto.

Este componente arrojó datos importantes que afectan la calidad y producción del pasto brasilero, que fue influenciado por las variables químicas MO y CIC que son significativas para la producción de biomasa y por lo tanto, la calidad del forraje. Por otra parte, la relación encontrada de carbono – nitrógeno, puede ser un indicador de una alta descomposición de la materia orgánica, mostrando junto con la CIC un efecto evidente en la productividad del pasto brasilero, al parecer deja a disponibilidad de la planta, los nutrientes necesarios para su crecimiento; de igual manera se mejoran algunas propiedades físicas como en la estructura y capacidad de campo, y en las químicas regula el pH.

De acuerdo con Burbano<sup>81</sup> la materia orgánica aumenta el poder de amortiguación del suelo, regulando el pH del mismo. 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, con lo cual aumenta la capacidad del suelo para retener nutrimentos catiónicos e intercambiarlos con la solución del mismo. El resultado es que se potencia el suministro de nutrimentos a la planta y se evita, en parte, la pérdida de éstos por lixiviación.

<sup>81</sup> BURBANO, Hernán. Enmiendas orgánicas. En: fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá: Monómeros Colombo-venezolanos, 1998. p. 337.

**Figura 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer componente que corresponde a las propiedades físicas del suelo y factores climáticos.**



Dentro de las variables físicas se destacaron la capacidad de campo y penetrabilidad en forma directa, posiblemente fueron determinantes para la exploración de la raíces hacia el interior del suelo, facilitando la disponibilidad de agua y absorción de los nutrientes necesarios para su desarrollo. Además, el estudio permitió identificar una relación inversa de la velocidad de infiltración, tal vez se relacione con la capacidad de retención de agua, que favorece el transporte de los nutrientes del suelo a la planta, mejorando la productividad del pasto.

Teniendo en cuenta lo enunciado por Bernal<sup>82</sup> quien afirma que a medida que el suelo se compacta sus propiedades físicas se van deteriorando, lo que tiene como consecuencia severos casos de encharcamiento, escorrentía, pérdidas de agua y nutrimentos e impedimento para que las raíces de las plantas tengan un desarrollo normal por deficiencia de agua y oxígeno con el resultado final de una baja producción.

Legarda<sup>83</sup> corrobora al decir que la compactación del suelo causada por inadecuado manejo del mismo, disminuye la tasa básica de infiltración, aumenta la resistencia del suelo a la penetración y hace descender la capacidad de éste para almacenar agua.

<sup>82</sup> BERNAL, Op. cit., p 65.

<sup>83</sup> LEGARDA, Lucio. Variabilidad de algunas propiedades físicas en suelos del Putumayo. Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 1(2):211. 1985.

Este componente da a conocer que, en zonas donde se cuente con temperatura cercana a 10.3°C, aumenta el número de reacciones bioquímicas en la planta, generando en el pasto buen rendimiento productivo.

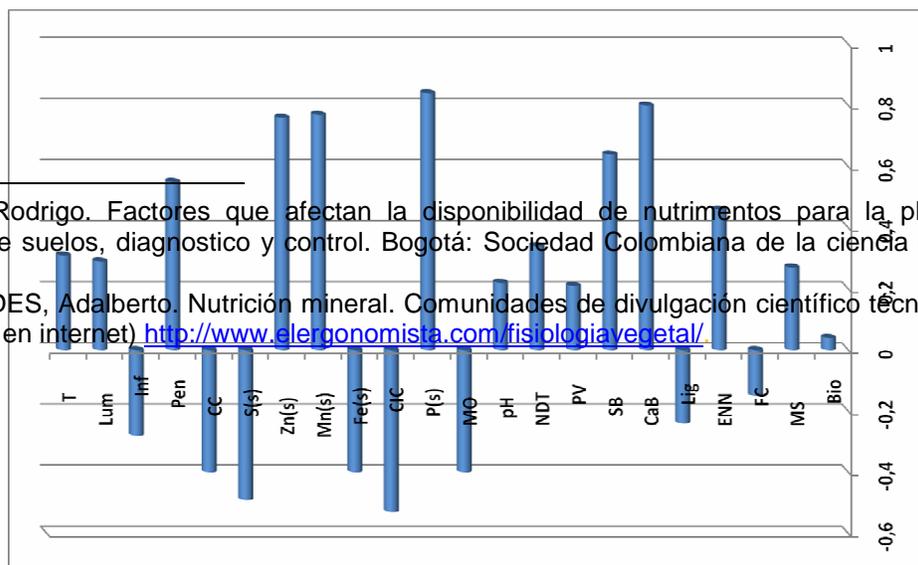
Con respecto a lo enunciado, Lora<sup>84</sup>, argumenta que la absorción de nutrimentos está relacionada con la actividad metabólica, la cual, a su vez, es dependiente de la temperatura.

Del mismo modo Benavides<sup>85</sup> argumenta que, las plantas no son capaces de mantener su temperatura constante, por lo que los cambios de temperatura ambiental influyen sobre su crecimiento y desarrollo, así, de esta manera, las altas temperaturas disminuyen la capacidad del suelo para retener agua, porque se evapora muy rápidamente, lo que afecta a las plantas, ya que el suelo es su principal reserva de agua.

**6.5.2 Componente principal 2.** El mayor aporte a la construcción este factor se observó en las variables Calcio (0.80\*) y azufre del pasto (0.64\*), observándose valores positivos para los factores edáficos como: manganeso (0.77\*), zinc (0.76\*) y fósforo disponible (0.84\*), al parecer, la interacción de éstos, genera una buena disponibilidad de nutrientes para el pasto brasilero, en cambio, son de carácter negativo para CIC y azufre disponible del suelo.

El comportamiento observado entre los nutrientes manganeso, zinc y fosforo disponible se relacionan directamente debido a las interacciones que entre estos se manejan, al parecer son determinantes en la presencia de calcio y azufre del pasto, al aumentar la disponibilidad de éstos en el suelo; se facilita la síntesis de proteína, división celular y aumentando el desarrollo radicular, factores determinantes en la calidad del pasto, por otra parte se tiene en cuenta que valores bajos de pH, afectan la disponibilidad de estos minerales.

**Figura 7. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo componente que corresponde a los nutrientes del suelo.**



<sup>84</sup> LORA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para la planta. En: Fertilidad de suelos, diagnostico y control. Bogotá: Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 2001, p.32.

<sup>85</sup> BENAVIDES, Adalberto. Nutrición mineral. Comunidades de divulgación científico técnica. 2005, (Disponible en internet) <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/>

Con respecto a ésta temática, Bernal<sup>86</sup> confirma 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 aluminio que se encuentran en solución. Cuando el complejo de cambio está saturado principalmente por hidrogeno y aluminio, hay menor retención y mayor deficiencia de calcio, magnesio y potasio.

Con relación a los minerales, Morales<sup>87</sup> sostiene que el fosforo es un elemento básico para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Guerrero<sup>88</sup> afirma que el azufre es un elemento esencial en la síntesis de aminoácidos y en la formación de la clorofila. Clavijo<sup>89</sup> sostiene que el zinc se asocia con el metabolismo de carbohidratos y la síntesis de proteínas.

**6.5.3 Componente principal 3.** El tercer componente se identifica por la calidad nutritiva del pasto, estuvo conformado en mayor parte por las variable negativa, como extracto no nitrogenado (-0.51), observándose para los factores edáficos, valores positivos para manganeso (0.59), materia orgánica (0.47) y capacidad de campo (0.47); en cambio, el pH (-0.53), reportó valores negativos; al parecer, las variables edáficas mencionadas, contribuyen a mejorar la calidad nutritiva del pasto.

**Figura 8. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer componente que corresponde a los valores de pH.**

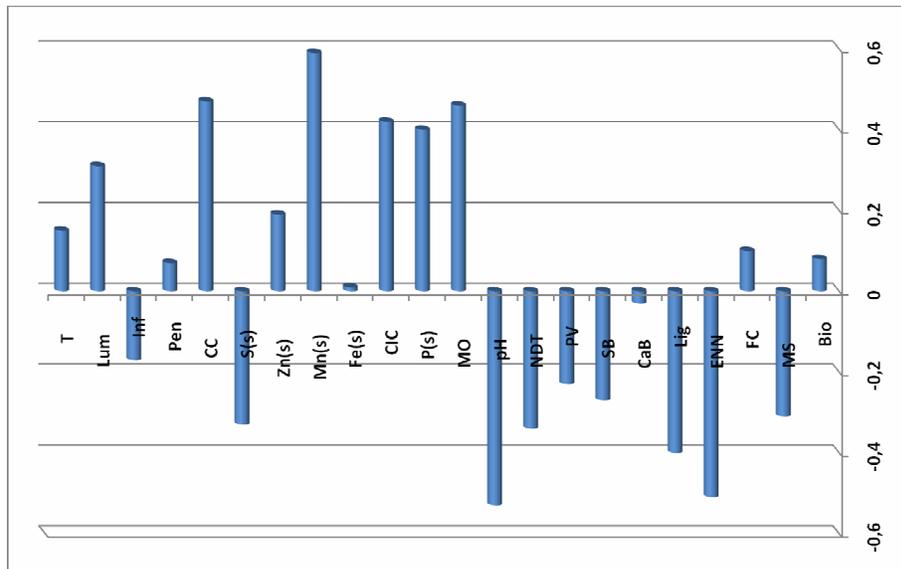
---

<sup>86</sup> BERNAL, op.cit., p.64.

<sup>87</sup> MORALES, Juan. Compendio de Agronomía. 2 ed. Madrid: Pueblo y Educación, 2002, p. 35.

<sup>88</sup> GUERRERO, Ricardo. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1980, p.141-179.

<sup>89</sup> CLAVIJO, Jairo. Metabolismo de los nutrientes en las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnostico y control. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, p.26.



En la Figura 8 se indica que el pH fue el de mayor influencia en la calidad nutritiva del pasto, porque, además, afecta inversamente la disponibilidad del fósforo P(s), y manganeso Mn(s). La reacción del suelo encontrada en asocio con CIC y MO, se establecen como los rangos óptimos para mejorar la calidad del pasto.

Con respecto a lo anterior, Bernal<sup>90</sup> menciona que, con algunas excepciones, el mejor rango de pH para el crecimiento de las plantas se encuentra entre 5.5 y 6.5. Sin embargo, el promedio del pH obtenido en el estudio fue de 5.3, el cual, según el mismo autor, se encuentra dentro del rango tolerable para el pasto brasilero.

**6.5.4 Clasificación Jerárquica.** En el anexo C y Tabla 6, se observa la clasificación jerárquica de los 9 sitios, que permitió formar 3 grupos o cluster, con características de similitud, definidos de la siguiente manera:

**Tabla 6. Agrupamiento de sitios por cluster.**

OBSERVACIONES	CLUSTER O GRUPO	SITIOS
1	1	Puenes 1
2	1	Puenes 2
3	1	Puenes 3
4	1	Ipiales4
5	1	Ipiales 5

<sup>90</sup> BERNAL, Op. cit., p. 63-64.

6	2	Ipiales 6
7	1	Yanalá 7
8	2	Yanalá 8
9	3	Yanalá 9

**Tabla 7. Promedio por variables de acuerdo al cluster.**

Cluster	BIO	MS	FC	ENN	LIG	CaF	SB	PV
1	6,2	0,922	0,428	0,152	0,075	0,002	0,002	0,144
2	4,9	0,637	0,275	0,105	0,050	0,001	0,001	0,102
3	5,4	0,869	0,240	0,318	0,065	0,003	0,003	0,127

Cluster	NDT	pH	MO	PS	CIC	FeS	MnS	ZnS
1	0,571	5,2	19,4	18,0	53,0	14,1	18,8	4,7
2	0,177	5,4	13,1	32,0	40,8	6,0	23,0	5,6
3	0,535	6,2	5,5	63,0	21,4	6,8	35,2	8,2

Cluster	SdS	CC	PEN	INF	Lux	T°
1	13,0	71,9	0,8	2,5	115,5	9,8
2	11,0	51,5	0,5	1,0	127,0	12,0
3	7,2	56,8	0,8	0,3	157,0	12,0

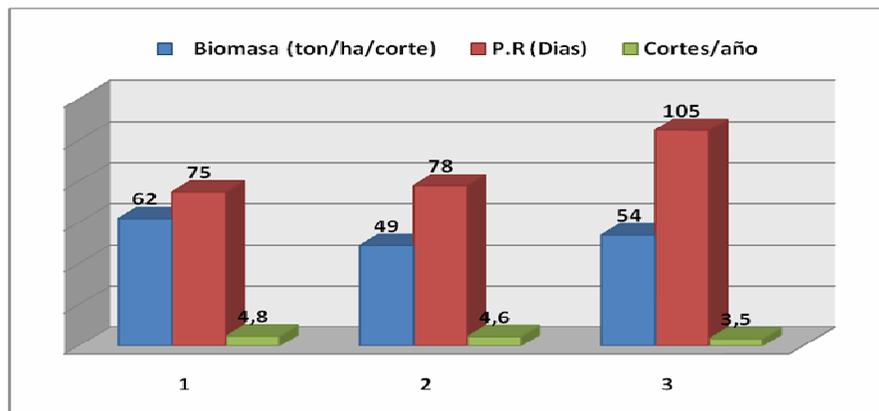
Variables productivas y bromatológicas: (BIO: Biomasa; MS: Materia seca; FC: Fibra cruda; ENN: Extracto no nitrogenado; LIG: Lignina; CaF: Calcio del forraje; SF: Azufre del forraje; PV: Proteína verdadera; NDT: Nutrientes digestibles totales)

Variables edáficas y ambientales: (MO: Materia orgánica; PS: Fosforo del suelo; CIC: Capacidad de intercambio cationico; FeS: Hierro; MnS: Manganeseo; ZnS: Zinc; SdS: Azufre disponible; CC: Capacidad de campo; PEN: Penetrabilidad; INF: Infiltración; T°: Temperatura ambiental.

\*\* Los valores productivos y bromatológicos se ingresaron al análisis en Kg/m<sup>2</sup>.

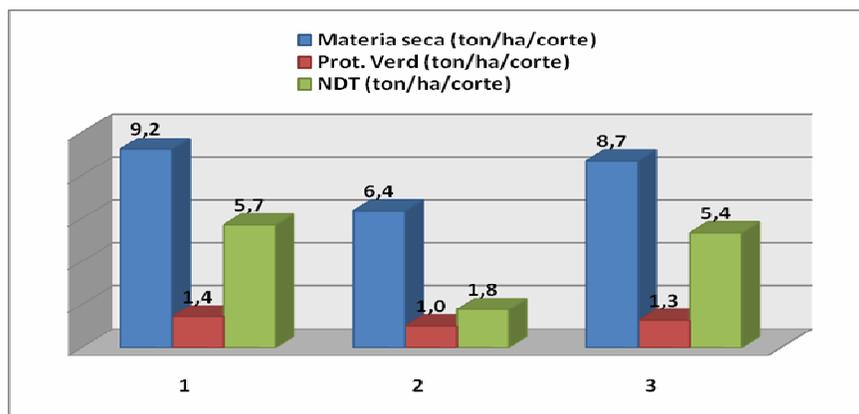
❖ **Cluster 1.** El cluster 1 está conformado por los sitios 1, 2, 3 pertenecientes a Puenes, sitios 4, 5 pertenecientes a Ipiiales y el sitio 7 perteneciente a Yanalá, como se aprecia en la Tabla 6, las variables se agruparon por poseer valores productivos altos en biomasa (62.3 ton/ha/corte), materia seca (9.23 ton/ha/corte), fibra cruda (4.28 ton/ha/corte), proteína verdadera (1.44 ton/ha/corte) y nutrientes digestibles totales (5.71 ton/ha/corte) (Figuras 9 y 10)

**Figura 9. Promedios de las variables productivas por cluster.**



El cluster 1 presenta las mejores características productivas, biomasa alta, corto periodo de recuperación (75 días), obteniendo 4.8 cortes por año, aportando 299 ton/pasto brasileiro/año. (Figura 9)

**Figura 10. Promedio de las variables bromatológicas destacadas por cluster.**



Por otra parte, los valores de materia orgánica (19.4 %), capacidad de intercambio cationico (53 meq), capacidad de campo (72%), hierro (14.1ppm), y azufre disponible (13ppm), fueron más altos que en los otros cluster. (Figuras 11 y 12). La producción de biomasa, al igual que el número de cortes del pasto por año, se ven influenciados en forma positiva por las variables edáficas enunciadas. Al parecer, dichas variables, ofrecen las condiciones óptimas para el crecimiento y producción del pasto brasileiro.

Posiblemente la temperatura encontrada (9.8°C), ofrece al pasto mejores condiciones que las encontradas en los otros cluster.

❖ **Cluster 2.** A este cluster pertenecen los sitios 6 y 8, pertenecientes a Ipiales y Yanalá, respectivamente. Se agruparon por poseer valores bajos en biomasa (49 ton/ha/corte), materia seca (6.37 ton/ha/corte), fibra cruda (2.75 ton/ha/corte) y nutrientes digestibles totales (1.77 ton/ha/corte) (Figura 9 y 10)

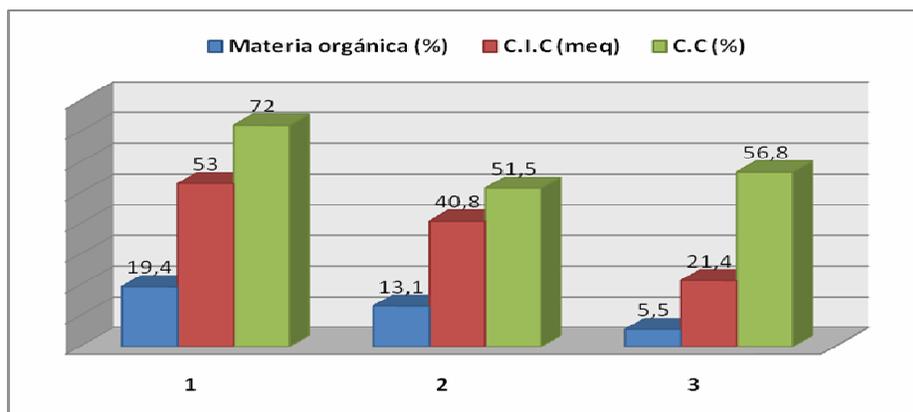
El cluster no presentó contenidos altos de biomasa, sin embargo su periodo de recuperación es bueno (78 días), obteniendo 4.6 cortes por año, aportando 230 ton/pasto brasilero/año. (Figura 9)

El cluster permitió agrupar variables edáficas como hierro (6ppm) y capacidad de campo (51%), que fueron más bajas que en otras localidades, observándose una relación directa negativa con la cantidad y calidad del pasto brasilero. (Figura 11)

❖ **Cluster 3.** Este cluster se conforma por el sitio 9, ubicado en Yanalá, los valores de biomasa encontrados son buenos (54 ton/ha/corte), proteína verdadera (1.27 ton/ha/corte) y nutrientes digestibles totales (5.35 ton/ha/corte) fueron intermedios, al compararlos con las otras localidades.

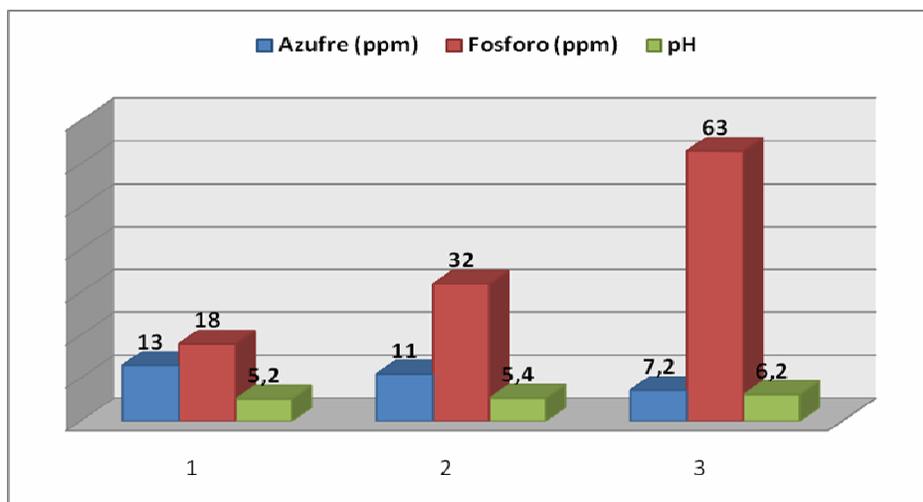
El periodo de recuperación de (105 días), produce 3.5 cortes del pasto por año, aportando 189 ton / pasto brasilero / año, como se observa en la Figura 9.

**Figura 11. Promedio de las variables edáficas por cluster.**



Las variables edáficas incluidas en el cluster 3 reportan que los valores de materia orgánica (5.5%), capacidad de intercambio catiónico (21.4meq), azufre (7.2ppm) fueron más bajas que en los otros cluster; en cambio el pH (6.2), fósforo del suelo (63ppm) y luminosidad (157 lux) fueron más altos.

**Figura 12. Promedios de las variables edáficas destacadas por cluster.**



De acuerdo a los valores obtenidos, se pudo concluir que el mejor resultado en producción y calidad del pasto brasilero *Phalaris sp*, se encontró en el cluster 1, donde se obtuvo una producción de 62.3 ton/biomasa/ha/corte, relacionada con las propiedades químicas del suelo, como: pH alrededor de 5.2, materia orgánica de 19.3%; entre, las propiedades físicas se destacó la capacidad de campo con un rango de 70 a 75%, y finalmente entre las condiciones climáticas aportantes, la temperatura con valor de 9 a 10 °C, de la interacción existente entre éstas condiciones, se obtuvieron los factores edafoclimáticos determinantes en la productividad del pasto brasilero.

## 6.6 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL SUELO

Los individuos identificados en las tres localidades, se clasificaron en 8 especies, reconocidas como: oligochaeta representada por lombriz de tierra, dermáptera representada por tijeretas, coleóptera representados por escarabajos y cucarrones, diplópoda representados por milpiés, colembola representados por saltarines, isopoda representados por las cochinillas, díptera representados por moscas, y quilópoda representados por ciempiés.

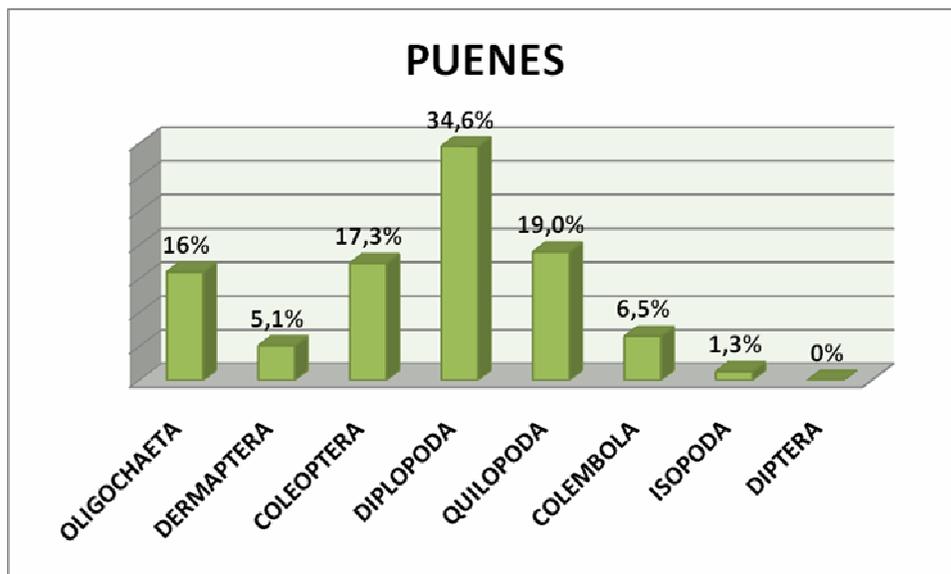
**Tabla 8. Número de individuos del suelo para Puenes (%)**

	PUENES			Promedio	% Especies
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3		
<b>OLIGOCHAETA</b>	432	64	96	197	<b>16,0</b>
<b>DERMÁPTERA</b>	32	48	112	64	<b>5,1</b>
<b>COLEÓPTERA</b>	144	16	480	213	<b>17,3</b>

DIPLÓPODA	176	560	544	426	34,6
QUILÓPODA	0	704	0	234	19,0
COLEMBOLA	240	0	0	80	6,4
ISOPODA	0	48	0	16	1,3
DÍPTERA	0	0	0	0	0,0
PROM. INDIV/m2	1024	1440	1232		100

En Puenes, el mayor porcentaje de individuos lo registro la clase diplópoda con el 34.6 % (426 individuos), le siguen los quilópoda con 19% (234 individuos), coleóptera con 17.3% (213 individuos), oligochaeta con 16% (197 individuos), colembola 6.5% (80 individuos), dermáptera 5.1% (64 individuos) y con el porcentaje mas bajo Isopoda con 1.3% (16 individuos) finalmente, díptera sin presencia (Tabla 8 y figura 13).

**Figura 13. Distribución de macrofauna para Puenes (%)**

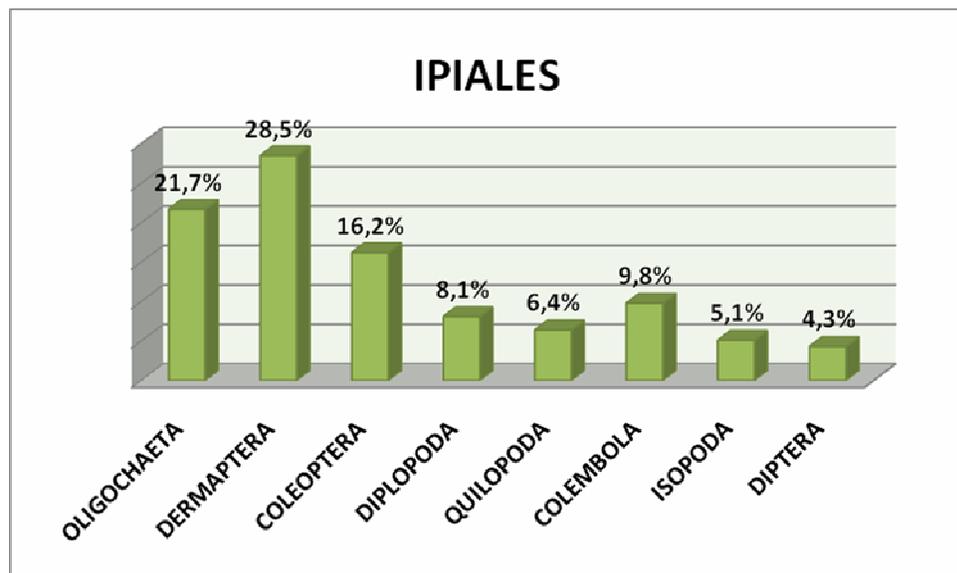


**Tabla 9. Numero de individuos del suelo para Ipiales (%)**

	IPIALES			Promedio	% Especies
	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6		
OLIGOCHAETA	400	96	320	272	<b>21,7</b>
DERMÁPTERA	528	80	464	357	<b>28,5</b>
COLEÓPTERA	368	128	112	202	<b>16,2</b>
DIPLÓPODA	128	64	112	101	<b>8,1</b>
QUILÓPODA	32	80	128	80	<b>6,4</b>
COLEMBOLA	288	80	0	122	<b>9,8</b>
ISOPODA	0	0	192	64	<b>5,1</b>
DÍPTERA	0	0	160	53	<b>4,3</b>
INDIV/M2	1744	528	1488		100

En la tabla 9 y Figura 14 puede observarse que en Ipiales, se encontró que el mayor porcentaje lo obtuvo la clase dermáptera con 28.5% (357 individuos), luego oligochaeta con el 21.7% (272 individuos), coleóptera con 16,2% (202 individuos), colembola con 9.8% (122 individuos), diplópoda con 8.1% (101 individuos), quilópoda con 6.4% (80 individuos), isopoda con 5.1% (64 individuos) y finalmente díptera con 4.3% (53 individuos).

**Figura 14. Distribución de macrofauna para Ipiales (%)**

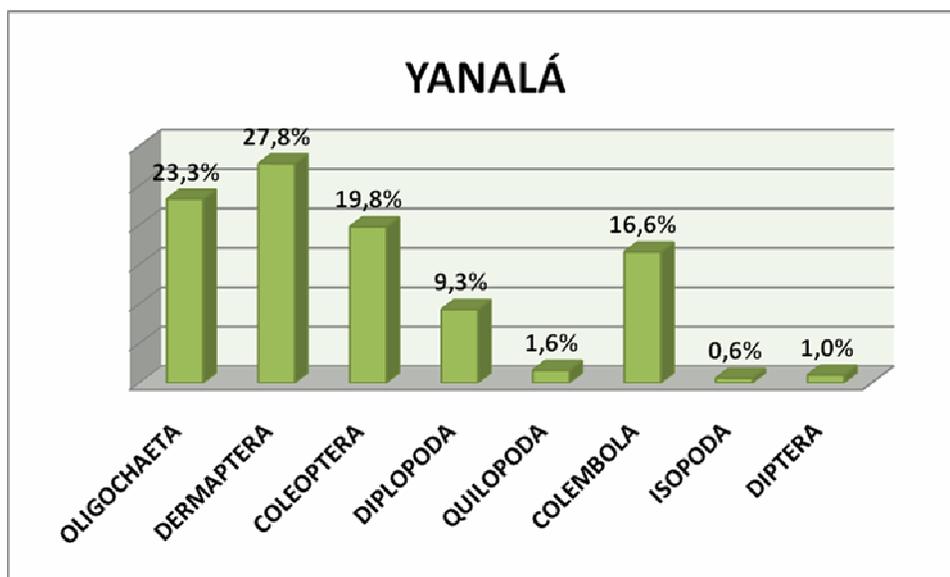


**Tabla 10. Numero de individuos del suelo para Yanalá**

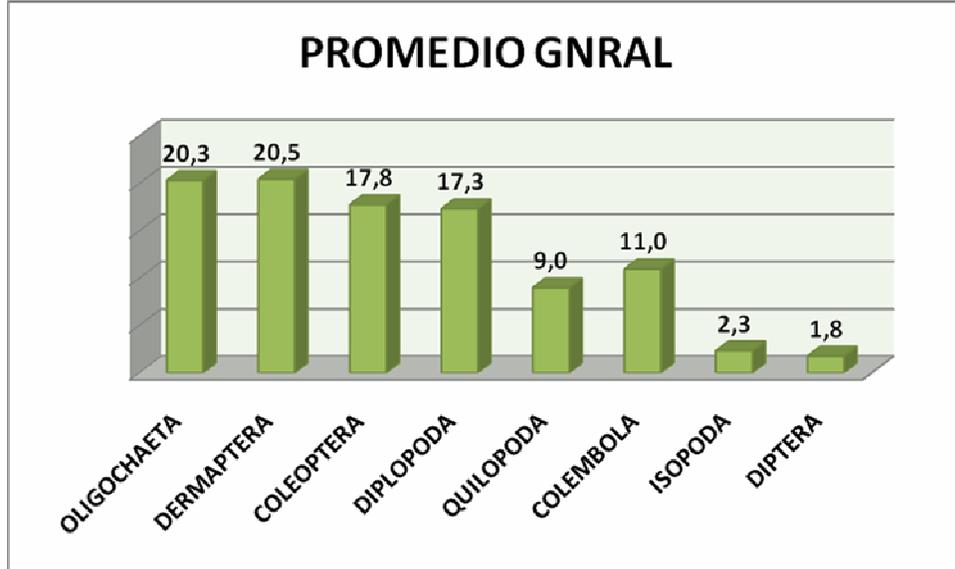
	YANALA			Promedio	%Especies
	Sitio 7	Sitio 8	Sitio 9		
OLIGOCHAETA	176	512	480	398	<b>23,3</b>
DERMÁPTERA	208	656	528	464	<b>27,8</b>
COLEÓPTERA	128	480	384	330	<b>19,8</b>
DIPLÓPODA	160	144	160	154	<b>9,3</b>
QUILÓPODA	16	48	16	26	<b>1,6</b>
COLEMBOLA	400	144	288	277	<b>16,6</b>
ISOPODA	0	32	0	10	<b>0,6</b>
DÍPTERA	0	32	16	16	<b>1,0</b>
INDIV/M2	1088	2048	1872		<b>100</b>

En Yanalá, el porcentaje más alto fue para dermáptera 27.8% (464 individuos), para quilópoda 23.3% (398 individuos), coleóptera 19.8% (330 individuos), para el orden colembola de 16,6% (277 individuos), para diplópoda fue de 9.3% (154 individuos), quilópoda 1.6% (26 individuos), díptera 1% (16 individuos) y, con el porcentaje mas bajo Isopoda con 0.6 (10 individuos), (Tabla 10 y Figura 15).

**Figura 15. Distribución de macrofauna para Yanalá (%)**



**Figura 16. Valores medios de macrofauna del suelo en las 3 localidades.**



El promedio general de la macrofauna del suelo para las 3 localidades puede observarse en la Figura 16, donde el porcentaje más alto fue para la clase oligochaeta con el 20.3%, le sigue dermáptera 19%, coleóptera 17.8%, diplópoda 17.3%, quilópoda 9%, colembola 11%, isópoda 2.3%, y con el porcentaje mas bajo díptera con 1.8%.

Para la distribución vertical de la macrofauna, se encontró un promedio por localidad de 1232, 1253, 1669 de individuos/m<sup>2</sup> para Puenes, Ipiales y Yanalá, correspondientemente. Existiendo en Yanalá la cantidad más alta, por el contrario Puenes obtuvo un valor bajo.

Al realizar un análisis entre el número de individuos del suelo por metro cuadrado Vs altitud, nitrógeno total, materia orgánica, pH y carbono orgánico en las 3 localidades, se encontraron las siguientes reseñas:

El promedio más alto de individuos del suelo estuvo en Yanalá (1669 ind/m<sup>2</sup>), donde la altitud (2.892 msnm), el nivel de nitrógeno total (0.5%), la materia orgánica (13.1%) carbono orgánico (7.6%), fueron bajos; en cambio, el pH (5.6) fue el más alto.

**Tabla 11. Medidas de tendencia central**

VARIABLES	PUENES			IPIALES			YANALA		
	PROM.	DES.ST	CV	PROM.	DES.ST	CV	PROM.	DES.ST	CV
CO (%)	<b>9,8</b>	1,3	13,3	<b>11,2</b>	0,7	6,0	<b>7,6</b>	6,4	83,8
pH	<b>5,1</b>	0,2	3,0	<b>5,3</b>	0,7	13,6	<b>5,6</b>	0,7	11,7
NT (%)	<b>0,6</b>	0,1	9,3	<b>0,7</b>	0,0	3,9	<b>0,5</b>	0,3	60,5
N°INDIV	<b>1232</b>	208	16,9	<b>1253</b>	641	51,2	<b>1669</b>	511	30,6
ALT (msnm)	<b>3066</b>	1625,5		<b>3015</b>	1605,4		<b>2892</b>	1509,0	

CO: Carbono orgánico; MO: Materia orgánica; NT: Nitrógeno total; N° INDIV: Número de individuos del suelo por metro cuadrado; ALT: Altitud sobre el nivel del mar; PROM; Promedio por localidad; DES.ST; Desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

En Ipiales se encontró que las variables como el número de individuos del suelo (1253 ind/m<sup>2</sup>), altitud (3.015 msnm) y pH (5.3), son intermedias al comparar con las otras localidades; en cambio, se encontraron valores altos para nitrógeno total (0.7%), materia orgánica (19.3%) y carbono orgánico (11.2%),

En comparación con las otras localidades; se encontró el promedio más bajo de individuos del suelo en Puenes (1232 ind/m<sup>2</sup>), donde la altitud fue la más alta (3066 msnm); los valores de nitrógeno total (0.6%), materia orgánica (16.9), y carbono orgánico (9.8%) fueron intermedios, encontrándose en esta localidad el valor más bajo de pH (5.1).

En el estudio realizado se identificó una relación inversa entre la altitud, y el número de individuos del suelo; Puesto que para Yanalá se encontró la cantidad más alta de individuos por metro cuadrado (1669), donde la altitud fué la más baja 2.892 msnm; por el contrario, en Puenes se encontró la cantidad más baja de individuos por metro cuadrado (1232), donde la altitud fue la más alta 3.066 msnm.

Charry<sup>91</sup> corrobora lo encontrado al afirmar que a mayor altitud y acidez del suelo, la actividad biológica se disminuye por la ausencia de nutrimentos inorgánicos y por la acumulación de materia orgánica, ya que la altitud influye indirectamente sobre la descomposición de la materia orgánica

Los porcentajes promedios de materia orgánica para las tres localidades fueron altos, con valores que oscilan de 19.3 a 13.1 %, en alturas entre 2800 y 3100 msnm.

Bernal<sup>92</sup> confirma lo encontrado al manifestar que en Colombia se ha encontrado

<sup>91</sup> CHARRY, Op cit., p. 224.

<sup>92</sup> BERNAL, Op Cit., p. 63.

que la materia orgánica tiende a aumentar con la altura sobre el nivel del mar y con la disminución de la temperatura; en un estudio realizado en la Sabana de Bogotá, a una altitud media de 2.600 msnm y temperatura de 12 °C, se obtuvo 19.8% de MO y en la Costa Atlántica a una altitud media de 50 msnm y temperatura de 28 °C, se obtuvo 2.4% de MO.

Se encontró una relación directa entre el porcentaje de materia orgánica y el porcentaje de nitrógeno total; para confirmar esto, Bernal afirma que del 97 a 98% de nitrógeno aprovechable por las plantas proviene de la materia orgánica y ésta tiene que ser descompuesta por los microorganismos, para producir amonio y nitratos que son las formas más utilizadas por las plantas.

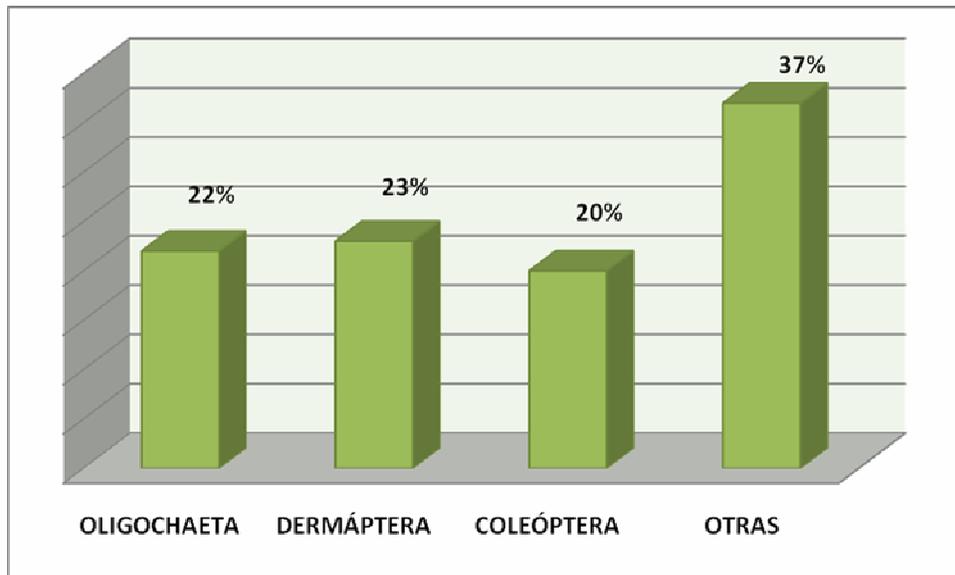
Se observó para las tres localidades un número importante de individuos para el piso térmico en el que se realizó el estudio. Posiblemente sea el resultado de los valores significativos de materia orgánica reportados en el estudio.

En Ipiales y Yanalá se encuentra el mayor porcentaje de individuos del orden oligochaeta (lombrices de tierra) y dermáptera (tijeretas), donde se encontró valores significativos de materia orgánica, lo encontrado, puede relacionar una materia orgánica activa con la presencia de las especies mencionadas. En su orden, le siguen las especies coleóptera (escarabajos y moscardones) y colembola (saltarines), al parecer igualmente están presentes, junto con la materia orgánica del suelo, sin que éstas afecten la productividad del forraje.

**6.6.1 Análisis de correspondencias múltiples.** Los datos introducidos a este análisis fueron de tres tipos de textura entre las cuales están franco arcilloso, franco arenoso y franco los cuales probablemente pueden suministrar nutrientes necesarios y retener una porción adecuada de agua para el desarrollo normal de las plantas, además de estas clases de suelo se analizaron las especies de individuos que pertenecen a cada tipo de suelo.

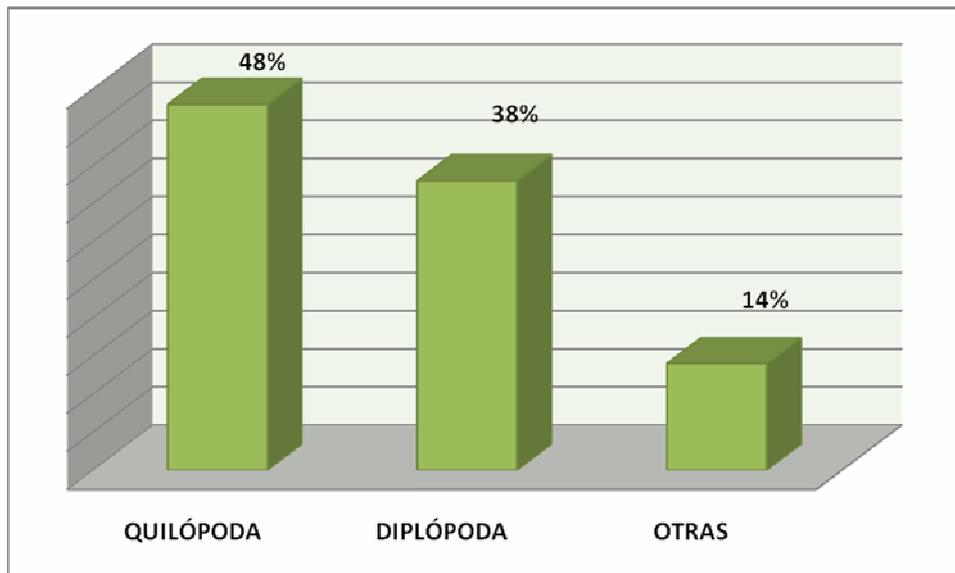
Como se muestra en la figura 17 y Tabla 12, los porcentajes más significativos del total individuos para el suelo de textura franco arcilloso fue 22% del género oligochaeta (lombrices de tierra), 23% dermáptera (tijeretas), 20% coleóptera (cucarrones), los valores inferiores al 14% están representados por diplópoda (milpiés), colembola (saltarines), quilópoda (ciempiés), isopoda (cochinillas) y el más bajo es del orden díptera (moscas) con 1.8%.

**Figura 17. Suelo franco arcilloso Vs distribución de macrofauna (%)**



El suelo con textura franco arenoso se encontró un 48% del orden chilópoda (ciempiés), 38% de diplópoda (milpiés) y el 14% restante, entre oligochaeta (lombrices de tierra), dermáptera (tijeretas), coleóptera (cucarrones) colembola (saltarines) y díptera (moscas) (Tabla 12 y figura 18)

**Figura 18. Suelo franco arenoso Vs distribución de macrofauna (%)**



**Tabla 12. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables identificadas.**

**Perfiles de fila**

TEXTURA	ESPECIE								Margen activo
	OLIGOCH AETA	DERMAP TERA	COLEOP TERA	DIPLOPO DA	CHILOPODA	COLLEM BOLA	ISOPODA	DÍPTERA	
FRANCO ARCILLOSO	,222	,228	,201	,144	,037	,126	,025	,018	1,000
FRANCO ARENOSO	,045	,034	,011	,386	,489	,000	,034	,000	1,000
FRANCO	,256	,282	,205	,085	,009	,154	,000	,009	1,000
Masa	,207	,214	,180	,162	,084	,116	,022	,014	

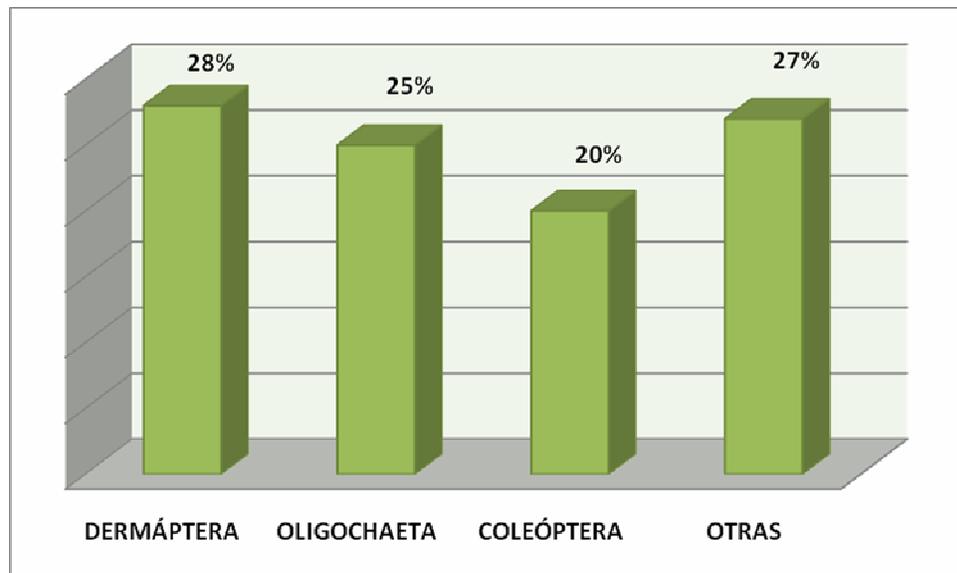
**Perfiles de columna**

TEXTURA	ESPECIE								MASA
	OCHTA	DMTRA	CLTRA	DPPDA	CHLPDA	COLBLA	ISPDA	DIPTRA	
FRANCO ARCILLOSO	,789	,783	,821	,651	,323	,800	,824	,909	,736
FRANCO ARENOSO	,025	,018	,007	,270	,662	,000	,176	,000	,113
FRANCO	,186	,199	,171	,079	,015	,200	,000	,091	,151
Margen activo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

OCHTA: Oligochaeta; DMTRA: Dermáptera; CLTRA: Coleóptera, DPPDA: Diplópoda; CHLPDA: Chilópoda; COLBLA: Colembola; ISPDA: Isopoda; DIPTRA. Díptera.

El suelo franco obtuvo un valor de 28% para dermáptera (tijeretas), 25% oligochaeta (lombrices de tierra), 20% coleóptera (cucarrones), 15% de orden colembola (saltarines) y reportes inferiores al 8% de diplópoda (milpiés), díptera (moscas) y quilópoda (ciempiés) (Tabla 12 y figura 19).

**Figura 19. Suelo franco Vs distribución de macrofauna (%)**



De acuerdo al análisis el suelo franco y franco arcilloso brinda el medio favorable para los ordenes de oligochaeta (lombrices de tierra), dermáptera (tijeretas) y coleóptera (cucarrones), los cuales le ofrecen al suelo una mejor aireación y drenaje por que lo escarban removiendo la tierra, además ayudan en gran parte a la humificación de la materia orgánica, confiriéndole a la planta un mayor suministro de nutrientes.

Según Fitz Patrick<sup>93</sup> entre los procesos bioedáficos más importantes que se desarrollan dentro del suelo, en los cuales interviene la macrofauna del suelo se puede mencionar la descomposición de la materia orgánica, la humificación las transformaciones de nitrógeno y el desplazamiento del material de un lugar a otro.

Por su parte, Decaens et al<sup>94</sup> manifiestan que la macrofauna puede modificar las propiedades físicas del suelo a través de la creación de tres tipos de estructuras: nidos y cámaras, heces (turriculos), poros y galerías. Las actividades mecánicas de los macroinvertebrados contribuyen también a la creación de una cantidad

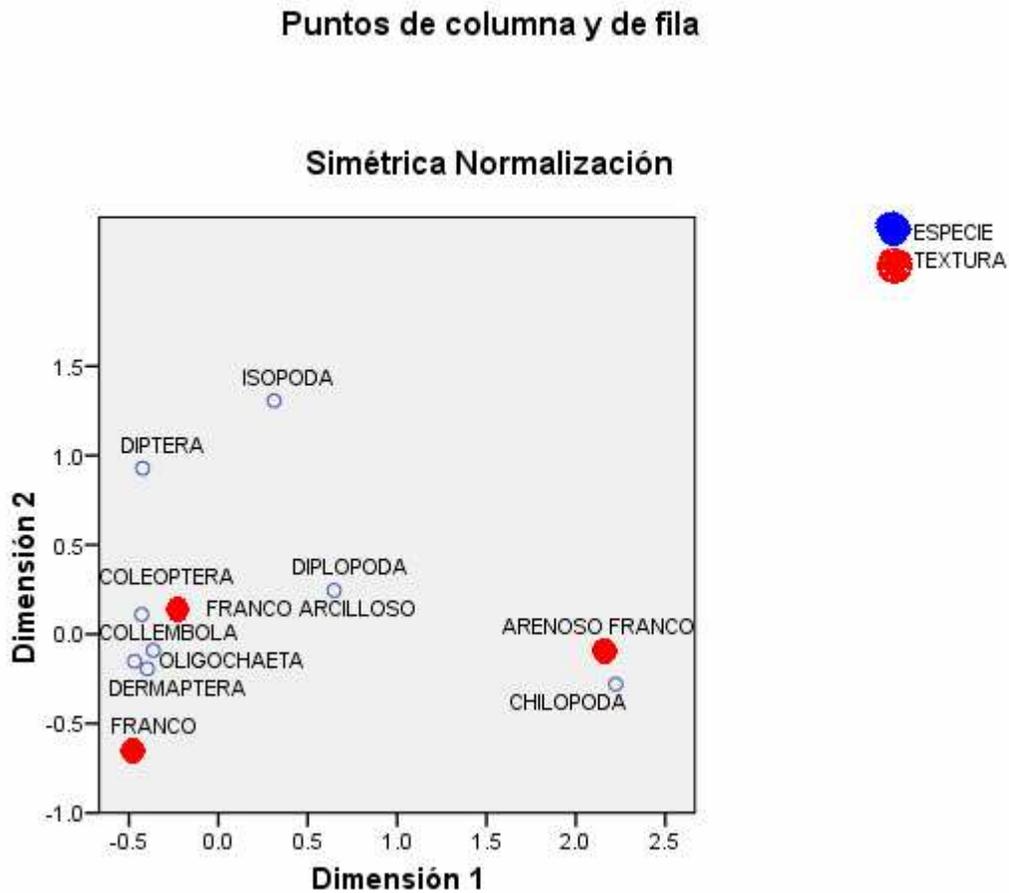
<sup>93</sup> FITZ PATRIC, E. Introducción a la ciencia de los suelos. México: Trillas, 1996, p.86.

<sup>94</sup> DECAENZ, J. FEIJOO, A y QUINTERO, V. Glossoscolecidae de una región de los andes del departamento del Valle, Colombia. Suelos Ecuatoriales 28 (1998), p. 300.

importante de huecos y galerías que airean el suelo e incrementan su permeabilidad.

Además, como se muestra en la Figura 20, y siguiendo con los objetivos de esta investigación, se encontró que las especies adaptadas e identificadas en el suelo franco arcilloso son oligochaeta (lombrices de tierra), dermáptera (tijeretas) y coleóptera (escarabajos y cucarrones). En suelo franco arenoso; se tiene chilópoda (ciempiés) y diplópoda (milpiés). Finalmente, para el suelo franco; dermáptera (tijeretas), oligochaeta (lombriz de tierra) y coleóptera (escarabajos y cucarrones). La apreciación realizada necesita de varios estudios para mejorar el grado de confiabilidad.

**Figura 20. Distribución de la textura Vs macrofauna del suelo**



## **6.7 GUIA PRELIMINAR DE MANEJO EN PASTO BRASILERO DESARROLLADO EN EL MUNICIPIO DE IPIALES NARIÑO, EN UNA ALTURA COMPRENDIDA ENTRE 2800 Y 3150 MSNM.**

De acuerdo con el estudio realizado se determinaron los factores edafoclimáticos, en los cuales, se incremento considerablemente la producción y calidad del pasto brasilero (*Phalaris sp*).

- ✚ Las propiedades químicas del suelo destacadas para una buena producción y calidad del pasto brasilero, se encontraron alrededor de 5.3 en pH, 19.4% de materia orgánica y 55 meq en CIC. Suelos con valores de pH inferiores (fuertemente ácidos), deben ser neutralizados con la aplicación de cal. Las cantidades, clases y frecuencias de aplicación de estos acondicionadores varían de acuerdo con el tipo de suelo, por lo tanto, éstas deben ajustarse a los análisis de suelos y/o recomendaciones del técnico.
- ✚ Se ha confirmado que los suelos de trópico alto, en su mayoría, se caracterizan por contener niveles importantes de materia orgánica (hojarasca, estiércol, rastrojos etc), indispensables para el crecimiento y desarrollo del pasto, por lo tanto se hace necesario buscar alternativas que permitan incrementar estos niveles en zonas donde sean bajos, y su incorporación al suelo, facilitando su degradación y disponibilidad de nutrientes para el pasto.
- ✚ Para las propiedades físicas del suelo, las variables de mayor significancia obtuvieron valores cercanos al 74% de capacidad de campo, sinónimo de un equilibrio en la distribución de poros, mejorando la aireación y almacenamiento de agua, obtenida con la incorporación de materia orgánica, presencia de fauna del suelo, labranza mínima, y demás prácticas de conservación de suelos, que mejoran la respuesta productiva del pasto.
- ✚ La penetrabilidad de 1 Mpa, representa a un suelo suelto, el cual no opone resistencia al crecimiento de la raíz del pasto, ésta condición facilita la propagación vegetativa que caracteriza al pasto brasilero.
- ✚ Los valores de infiltración cercanos a 0.8 cm/h, influyeron de forma indirecta la productividad del pasto brasilero, valores superiores podrían provocar un lavado de nutrimentos hacia las capas internas del suelo, haciendo necesaria su posterior aplicación mediante el uso de fertilizantes. Valores inferiores al presentado podrían presentar compactación e impermeabilidad edáfica, causando escorrentía del agua, que, en combinación con pendientes fuerte y escasa vegetación; llevarían posiblemente a la erosión del suelo.
- ✚ Entre las variables climáticas, se destacó, la temperatura, influyendo de manera indirecta en la productividad del pasto brasilero. Es decir, que la respuesta del pasto brasilero es buena en pisos térmicos altos, donde los

valores cercanos a 9.8 °C, determinan un nivel óptimo para que la planta realice los procesos de respiración y fotosíntesis, indispensables para el normal desarrollo y crecimiento.

- El estudio realizado permitió determinar que el número de individuos del suelo, se relaciona directamente con presencia de materia orgánica, que en asocio con los factores edafoclimáticos enunciados en la discusión de resultados, generan las condiciones edafoclimáticas óptimas en la producción y calidad nutritiva del pasto brasileiro *Phalaris sp.*

Con el objetivo de identificar de forma sencilla y aplicable los factores asociados con la eficacia del pasto brasileiro; se realizó la siguiente tabla:

**Tabla 13. Rangos óptimos para el desarrollo del pasto brasileiro (*Phalaris sp*) en alturas comprendidas entre 2800 y 3150 msnm.**

	Rangos óptimos
pH	5.0 – 5.6
Materia orgánica (%)	18 - 20
Capacidad de intercambio cationico (meq)	50 - 55
Capacidad de campo (%)	73 - 75
Penetrabilidad (Mpa)	0.9 – 1.1
Infiltración (Cm/h)	0.8 – 0.9
Temperatura (°C)	9 – 11
Fauna del suelo (Individuos/m <sup>2</sup> )	≥ 1500
(Preferentemente: lombrices de tierra, tijeretas, ciempiés, milpiés)	

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 7.1 CONCLUSIONES

- El pasto brasilero expresa su potencial productivo en pisos térmicos donde las condiciones climáticas como temperatura y luminosidad obtienen valores cercanos a 9.8 °C y 98.7 lux, correspondientemente.
- Suelos con rangos cercanos a 5.3 en pH, ofrecen al pasto brasilero las condiciones edáficas necesarias para un buen comportamiento productivo.
- Los contenidos significativos de materia orgánica (19.4%), junto con los procesos químicos, físicos y biológicos, permiten a la planta una adecuada asimilación de nutrientes.
- Los suelos sueltos, húmedos, pero bien drenados, ricos en materia orgánica, con presencia de cobertura vegetal y organismos biológicos como lombrices de tierra, ciempiés, milpiés y tijeretas, poseen en su mayoría valores cercanos al 74% en capacidad de campo, 1 Mpa de penetrabilidad y 0.81 cm/h en infiltración. Estas características favorecen la adaptación, crecimiento y desarrollo del pasto brasilero.
- El análisis de correspondencias múltiples (ACM) permitió identificar 3 texturas importantes del suelo, relacionadas con la productividad del pasto brasilero: la franco arcillosa con 22% del genero oligochaeta, 23% dermáptera, 20% coleóptera y 37% para los 5 generos restantes; la textura franco arenoso con 48% del orden chilópoda, 38% diplópoda y el 14% para otras; y la textura franca, con 28% del genero dermáptera, 25% oligochaeta, 20% coleóptera, y el 15% restante en otras. Al parecer, cada textura genera un medio óptimo para el crecimiento y desarrollo de las especies enunciadas.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- Reconocer y utilizar el pasto brasilero (*Phalaris sp*) como una especie apta para la ganadería del trópico alto, sus características de adaptabilidad al medio ambiente y suelo, su productividad y calidad nutritiva, la postulan como una especie naturalizada apta para ser manejada en la región.
- Para el manejo y producción del pasto brasilero en la cuenca lechera del departamento de Nariño, es recomendable que el agricultor acondicione los suelos a pH cercanos a 5.3, realice la incorporación de materia orgánica al suelo, mejorando con esto la actividad biológica y disponibilidad de nutrientes al pasto.

- Las propiedades físicas del suelo, donde el pasto brasileiro expresa un buen comportamiento productivo se obtienen en suelos sueltos, permeables, drenados y con buena aireación, los que facilitan el crecimiento radical, almacenamiento y distribución de agua y nutrientes, indispensables para el desarrollo y producción de la planta.
- Las condiciones climáticas propias de pisos térmicos altos, determinan significativamente la producción y calidad nutritiva del pasto brasileiro, el trabajo realizado destacó a la temperatura ambiental con valores cercanos a 9.8 °C, como una variable determinante en el comportamiento productivo del pasto..

## **BIBLIOGRAFIA**

AOAC (Official Methods of Analysis. Ass. Off.). Agricultural Chemist. 16th ed. Washington, D.C. 1995. 125 p.

APRÁEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño, 1994. 167 p.

APRÁEZ, Edmundo y MONCAYO, Oscar. Efecto del laboreo reducido y fertilización orgánico- mineral sobre las características de un andisol bajo pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst). En: Archivos de Zootecnia (On line). Zaragoza, España. vol. 54, núm. 208, 2005. 12 p. (citado 23 de febrero de 2007). Disponible en la Word Wide Web:  
<http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/az2.htm>

BAVER, L.D. Física de los suelos. México: Hispanoamericana. 1973. 529 p.

BENAVIDES, Adalberto. Nutrición mineral. Comunidades de divulgación científico técnica. 2005. (Disponible en internet)  
<http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal/>.

BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. 3a ed. Bogotá, Colombia: Buda. 1994. 569 p.

BURGES, A. Introducción a la microbiología del suelo. Zaragoza, España: Editorial Acribia. 1996. 139 - 155 p.

BLASCO, Mario. Curso de microbiología de suelos. Turrialba, Costa Rica: Centro Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. 1970. 247 p.

BURBANO, Hernán. Características bioquímicas y condiciones de fertilidad de suelos volcánicos. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, (Colombia) 3: 98-115 1989

\_\_\_\_\_. El suelo, una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, 1989. 447 p.

\_\_\_\_\_. La materia orgánica del suelo en el contexto de la agricultura sostenible. In: Fertilidad de suelos: Diagnostico y control. Bogotá: SCCS. 1994. 524p.

CASTILLO, J y AMÉSQUITA, E. Erosión hídrica y degradación de suelos en laderas Andinas. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Revista de Ciencias Agrícolas 2003. Vol. XX- Número I-II. p. 79-98.

CEPEDA, D. Juan M. Química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2da edición. México, Editorial Trillas, 1991. p. 43 – 48.

CHAMORRO, B. ECHEVERRIA, C. Determinación de aluminio, boro, cobre, cobalto, hierro, manganeso y zinc intercambiables en la Sabana de Túquerres, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971.

CHAMORRO, Clara. Correlación entre la población de lombriz de tierra y las características físico-químicas de tres suelos seleccionados de la Sabana de Bogotá. Bogotá, Colombia. 1981., 87 p. Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en Ciencias Agrícolas. ICA.

CAMPOS, D. Agroclimatología cuantitativa de cultivos. 1ª ed. México: Trillas. 2005. 320 p.

CHARRY, Jairo. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 1987.35p

CLAVIJO, Jairo. Metabolismo de los nutrientes en las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnostico y control. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos. p.26

CORAL, Dilia. et al. Uso de indicadores para evaluar la calidad del suelo en la zona de reconversión del cultivo de trigo, de los municipios de Tangua, Yacuanquer, Nariño. Pasto: Universidad de Nariño, Sistema de Investigaciones – VIPRI. 2003.118p.

DECAENZ, J., FEIJOO, A y QUINTERO, V. Glossoscolecidae de una región de los andes del departamento del Valle, Colombia. Suelos Ecuatoriales 28 (1998), 300 p.

DEMOLON, A. Dinámica del suelo. 5º edición. La Habana, Cuba: Edición Revolucionaria. 1995. 521 p.

DULCE, A. Y SANTACUZ, M. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos de algunos suelos del antiplano de Ipiales, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 57p.

DURAN, A. J. Degradación y manejo ecológico de suelos tropicales, con énfasis en los de Cuba. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. 1998 Revista Puntos Alternos N°3. p. 55-64.

FITZ PATRIC, E. A. Introducción a la ciencia de los suelos. México, Trillas, 1996. 288 P.

GAVANDE, S. Física de los suelos principios y aplicaciones. 1ª Ed. México:

Editorial Limusa - Wiley, 1972. 250p.

GONZALES, Álvaro. CORTES, Abdón. Estudio general de suelos de la Región Nororiental del departamento del Cauca. Bogotá, 1982. 555 p.

GUERRERO, Ricardo. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1980. 141-179 p.

HARDY, F. Edafología Tropical. México. Herrera Hermanos, sucesores, 1970. 351p.

HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. IICA, Costa Rica 1982. 216 p.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 6ª edición. Bogotá, Colombia: Subdivisión A grológica. 1995. 502 p.

LABRADOR, J., 2001. La materia orgánica en los agrosistemas Ediciones mundi prensa, (2ed), Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación Madrid – España pp 125 – 189

LEÓN, Fernando y JARAMILLO, Gustavo. El pasto brasilero en el norte de Antioquia. Ministerio de agricultura. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. Programa de pastos y forrajes. Bogotá. Boletín de divulgación N 61. Septiembre de 1979 p. 25.

LEGARDA, L., MORA, E. y BLASCO, M. Relaciones entre algunas características de los suelos y los pisos altitudinales de Nariño. Turrialba, (Costa Rica) 23 (1): 1973. p 97-103.

LEGARDA, L. Características y manejo de las propiedades físicas de los suelos volcánicos de Nariño. Revista de investigaciones, Universidad de Nariño (Colombia) 3 (4): 116-138. 1989.

LEGARDA, Lucio. Variabilidad de algunas propiedades físicas en suelos del Putumayo, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Revista de investigaciones, 1(2):211. 1985.

LORA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para la planta. En: Fertilidad de suelos, diagnostico y control. Bogotá: Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 2001.p.32.

MAECHA, L. VALLEJO, L. PELAEZ, F. Situación actual de la ganadería en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. <http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/>

Medellin.htm.32p.

MALAGÓN, Dimas. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. 1974. P. 2002.

\_\_\_\_\_. Química de suelos. Bogotá: IGAC, 1979. 430p.

MARTINEZ, Orlando. Métodos estadísticos y diseño de experimentos en investigación agrícola y pecuaria. Bogotá, Colombia: s.e. 1994. 91 - 235 pp.

MAYEA, Sergio., NOVO, René. y VALIÑO, Agustín. Introducción a la microbiología del suelo. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1982. 187 p.

MILA P. Alberto, Suelos, Pastos y Forrajes. UNAD Facultad de Ciencias Agrarias. Bogotá, Colombia, Editorial UNISUR, 2001. 267 p.

MORALES, Juan. Compendio de Agronomía. 2 ed. Madrid: Pueblo y Educación, 2002.

MORENO D. Luis F. Estudio del comportamiento de las especies de pastos alfalfa (*Medicago sativa* L.), king grass (*Pennisetum* sp) y brasilero (*Phalaris* sp) para ser usadas como barreras vivas en sistemas agroforestales de la zona andina del departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Pasto, Nariño.2008

MUÑOZ, Rodrigo. Fertilización de la papa de Antioquia. En: fertilización de cultivos de clima frio. Bogotá: monómeros. 1998.

Olarte, R., Muñoz, B., Benavides, G., Garavito, F., Mejía, L y Rozo, E. 1997, Método de análisis de laboratorio de suelos. IGAC, 4ta. Ed, Bogotá, Colombia, 1997, 664p.

PEÑA, Manuel. Fitotecnia de los pastos. La Habana, Cuba: Pueblo y educación, 1995. 57 p.

ROJAS, Leyla A. El Magnesio en las plantas. En: Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional Cundinamarca y Boyacá, 2001. 187p.

RITAS, Julio y MELIDA, Julio. El diagnostico de suelos y plantas. Métodos de Campo y Laboratorios. Ed 3. Madrid. Ediciones mundiprensa, 1978. 336 p.

SALAMANCA, R. Pastos y Forrajes, producción y manejo. Bogotá, Colombia: Editorial Santo Tomás de Aquino, USTA. 1990. p 339.

SILVA, Rodrigo y GAITAN, M. Manual de Practicas de Laboratorio de suelos.

Corporación Universitaria de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, Colombia: facultad de Ingenierías, Carrera de Ingeniería Agronómica. 2002. p. 42

URBANO, Diannelis. Uso del pasto brasilero en las zonas altas merideñas. En: FONAIAP divulga (On line). Mérida, Venezuela. No. 50. Octubre-Diciembre 1995. (citado 6 de octubre de 2007). Disponible en la Word Wide Web:  
<http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd50/pasto2.htm>

UNIGARRO, A., y CARREÑO, M. Métodos químicos para el análisis de suelos. Universidad de Nariño, San Juan de pasto, 2005. 71p.

VAN SOEST, Peter. Nutritional ecology of the rumiant. New York: Cornell University Press. 1994. 476 p.

VASQUEZ, E. y TORRES, S. Fisiología vegetal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1987. 643 p.

VIDA Y RECURSOS NATURALES, Bogotá: Terranova Editores, 1995. p. 81.

VIVEROS, Miguel. Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1980. p. 10 – 11.

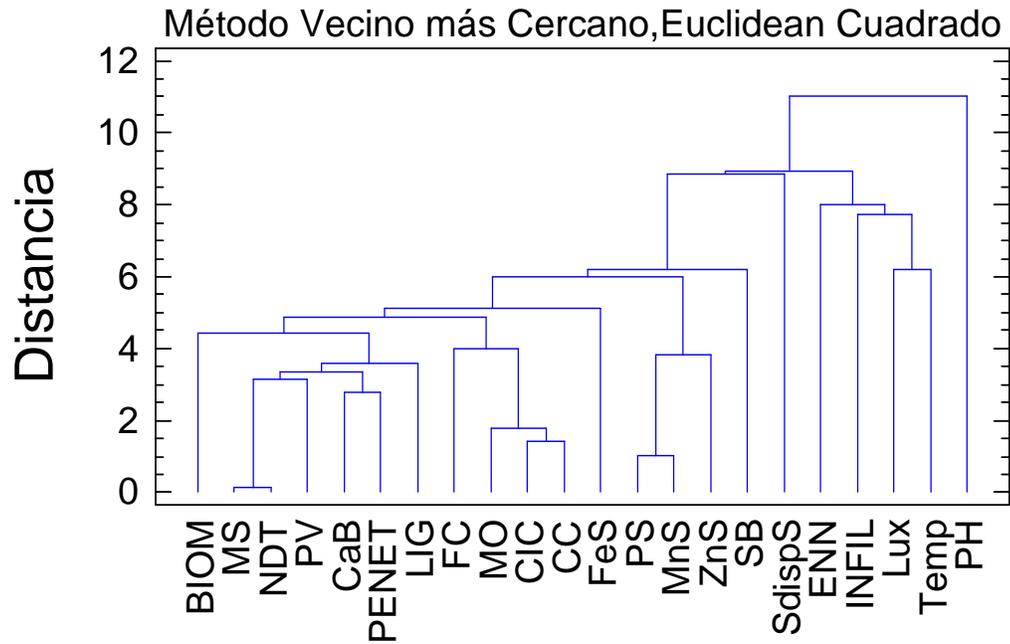
# **ANEXOS**

**Anexo A. Coeficientes de correlación de las variables analizadas**

	BIO	MS	FC	ENW	LIG	CAB	SB	PV	NOT	PH	MO	PS	CC	F+S	MMS	ZMS	SMS	CC	Pen	Inf	Lux	T
BIO	1	0.72*	0.46ms	0.19ms	0.6ms	0.47ms	0.33ms	0.70*	0.72*	-0.43ms	0.67*	-0.15ms	0.55ms	0.36ms	0.68ms	-0.17ms	0.09ms	0.69*	0.67*	-0.68*	0.11ms	-0.35ms
MS		1	0.69*	0.27ms	0.78*	0.73*	0.51ms	0.77*	0.99**	-0.21ms	0.29ms	0.01ms	0.21ms	0.24ms	0.94ms	0.19ms	0.26ms	0.42ms	0.77*	-0.7*	-0.32ms	-0.5ms
FC			1	-0.46ms	0.61ms	0.34ms	0.11ms	0.54ms	0.62ms	-0.36ms	0.46ms	-0.12ms	0.62ms	0.3ms	-0.15ms	0.12ms	0.3ms	0.75*	0.51ms	-0.61ms	-0.54ms	-0.73*
ENW				1	0.21ms	0.32ms	0.36ms	-0.01ms	0.33ms	0.22ms	-0.25ms	0.16ms	-0.56ms	-0.07ms	0.11ms	0.02ms	0.09ms	-0.46ms	0.16ms	-0.02ms	0.33ms	0.5ms
LIG					1	0.26ms	-0.05ms	0.45ms	0.73*	-0.25ms	0.3ms	-0.4ms	0.26ms	0.68*	-0.36ms	-0.3ms	0.41ms	0.47ms	0.26ms	-0.42ms	-0.26ms	-0.51ms
CAB						1	0.56ms	0.65ms	0.77*	-0.12ms	-0.09ms	0.57ms	-0.21ms	-0.05ms	0.66ms	0.62ms	-0.22ms	0.65ms	0.62*	-0.52ms	0.09ms	-0.10ms
SB							1	0.59ms	0.55ms	0.31ms	0.01ms	0.31ms	-0.02ms	-0.49ms	0.29ms	0.51ms	-0.12ms	0.16ms	0.16ms	-0.61ms	-0.20ms	-0.20ms
PV								1	0.81*	-0.16ms	0.25ms	-0.17ms	0.29ms	0.12ms	-0.15ms	0.15ms	-0.04ms	0.37ms	0.66ms	-0.54ms	-0.29ms	-0.54ms
NOT									1	-0.21ms	0.24ms	0.02ms	0.14ms	0.19ms	0.07ms	0.22ms	0.22ms	0.36ms	0.79*	-0.66ms	-0.28ms	-0.44ms
PH										1	-0.68*	0.1ms	-0.43ms	-0.39ms	-0.19ms	-0.15ms	-0.2ms	-0.94ms	-0.21ms	0.24ms	0.12ms	0.06ms
MO											1	-0.31ms	0.69**	0.19ms	-0.14ms	-0.25ms	0.45ms	0.69**	0.33ms	-0.53ms	-0.16ms	-0.27ms
PS												1	-0.42ms	-0.34ms	0.94**	0.73*	-0.54ms	-0.77ms	0.37ms	-0.21ms	0.4ms	0.44ms
CC													1	0.18ms	-0.21ms	-0.33ms	0.36ms	0.91**	0.22ms	-0.49ms	-0.29ms	-0.54ms
F+S														1	-0.21ms	-0.35ms	-0.09ms	0.39ms	-0.22ms	-0.17ms	0.10ms	-0.40ms
MMS															1	0.73*	-0.55ms	-0.15ms	0.42ms	-0.37ms	0.41ms	0.36ms
ZMS																1	-0.31ms	-0.25ms	0.36ms	-0.37ms	-0.19ms	0.02ms
SMS																	1	0.25ms	0.03ms	-0.06ms	-0.65ms	-0.12ms
CC																		1	-0.40ms	-0.55ms	-0.18ms	-0.5ms
Pen																			1	-0.6ms	-0.12ms	-0.13ms
Inf																				1	0.22ms	0.52ms
Lux																					1	0.61ms
T																						1

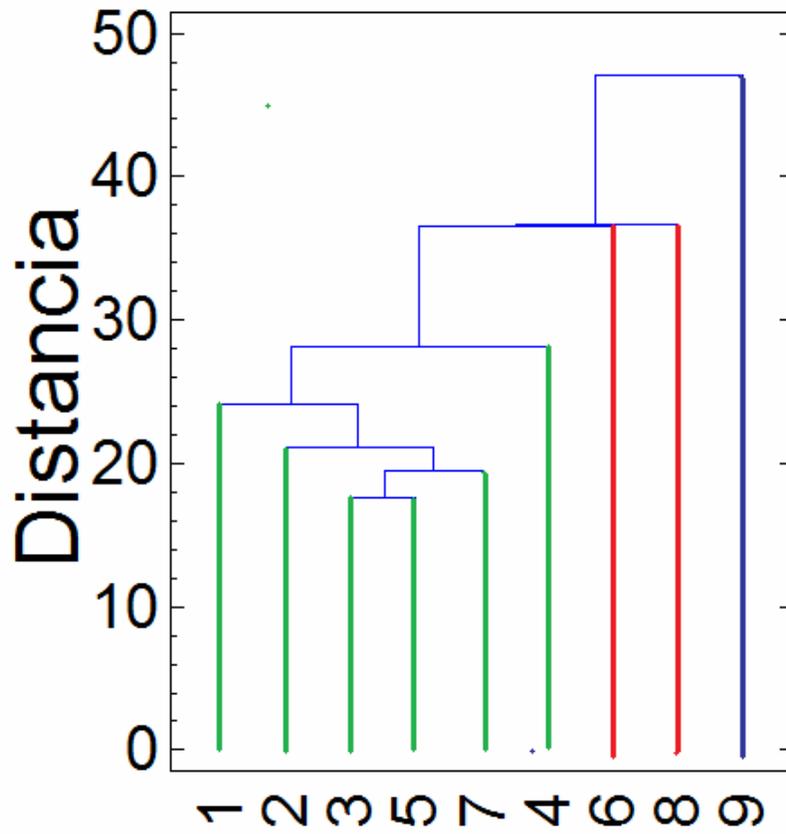
Anexo B. Distribución jerárquica de las variables procesadas en el análisis de componentes principales.

# Dendrograma



**Anexo C. Distribución jerárquica de los sitios por cluster, procesados en el análisis de componentes principales.**

# Dendrograma



**Anexo D. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas.**

**Examen de los puntos columna <sup>a</sup>**

ESPECIE	Masa	Puntuación en la dimensión		Inercia	De los puntos a la inercia de la		1	2	1,000
		1	2		1	2			
OLIGOCHAETA	,207	-,365	-,090	,017	,046	,021	,992	,008	1,000
DERMÁPTERA	,214	-,397	-,194	,021	,056	,100	,969	,031	1,000
COLEÓPTERA	,180	-,429	,110	,020	,055	,027	,991	,009	1,000
DIPLÓPODA	,162	,648	,245	,042	,112	,121	,981	,019	1,000
CHILOPODA	,084	2,223	-,280	,252	,682	,082	,998	,002	1,000
COLLEMBOLA	,116	-,469	-,152	,016	,042	,033	,986	,014	1,000
ISOPODA	,022	,312	1,306	,004	,004	,465	,301	,699	1,000
DÍPTERA	,014	-,423	,928	,003	,004	,152	,611	,389	1,000
Total activo	1,000			,374	1,000	1,000			

**Examen de los puntos de fila**

TEXTURA	Masa	Puntuación en la dimensión		Inercia	Contribución				
		1	2		De los puntos a la inercia de la dimensión		De la dimensión a la inercia del punto		Total
					1	2	1	2	
FRANCO ARCILLOSO	,736	-,234	,147	,026	,066	,198	,950	,050	1,000
FRANCO ARENOSO	,113	2,163	-,091	,322	,875	,012	1,000	,000	1,000
FRANCO	,151	-,486	-,649	,027	,059	,791	,808	,192	1,000
Total activo	1,000			,374	1,000	1,000			

a. Normalización Simétrica

**Anexo E. Peso de las variables analizadas en el análisis de correspondencia múltiple (ACM).**

09

**Confianza para Puntos de columna**

ESPECIE	Desviación típica en la dimensión		Correlación
	1	2	1-2
OLIGOCHAETA	,022	,020	-,220
DERMÁPTERA	,036	,033	-,357
COLEÓPTERA	,034	,021	,131
DIPLÓPODA	,077	,046	-,290
CHILOPODA	,123	,056	,390
COLLEMBOLA	,030	,029	-,347
ISOPODA	,270	,201	-,284
DÍPTERA	,192	,140	-,216

**Confianza para Puntos de fila**

TEXTURA	Desviación típica en la dimensión		Correlación
	1	2	1-2
FRANCO ARCILLO	,033	,024	,169
ARENOSO FRANC	,115	,035	,222
FRANCO	,069	,099	,010

## ANEXO F. Promedios del análisis de suelos por localidad

	PROMEDIO		
	PUENES	IPIALES	YANALA
<b>pH</b>	5,1	5,3	5,6
<b>MO (%)</b>	16,9	19,3	13,1
<b>DA (g/cc)</b>	0,7	0,7	0,8
<b>P (ppm)</b>	9,7	38,3	30,3
<b>CIC (meq)</b>	48,7	55,9	35,7
<b>Ca (meq)</b>	5,5	7,0	8,3
<b>Mg (meq)</b>	1,5	2,1	2,4
<b>K (meq)</b>	0,6	0,7	0,7
<b>Al (meq)</b>	0,8	0,8	0,3
<b>Fe (ppm)</b>	20,7	7,3	6,5
<b>Mn (ppm)</b>	14,4	28,0	22,3
<b>Cu ( ppm)</b>	0,2	0,2	0,2
<b>Zn (ppm)</b>	4,9	6,1	4,9
<b>N (%)</b>	0,6	0,7	0,5
<b>CO (%)</b>	9,8	11,2	7,6
<b>S (ppm)</b>	13,1	11,1	11,4
<b>GT</b>			
<b>A (%)</b>	63,9	56,6	55,9
<b>AR (%)</b>	4,2	6,2	9,1
<b>Lim (%)</b>	31,9	37,2	34,9
<b>DR (g/cc)</b>	2,2	2,2	2,4
<b>PEN (%)</b>	13,2	20,3	16,9
<b>Inf (cm/h)</b>	3,9	0,8	0,9
<b>PT ( %)</b>	65,6	65,3	66,1
<b>Penet (Mpa)</b>	0,7	0,8	0,7
<b>C.C ( %)</b>	83,3	61,4	52,2

MO: Materia orgánica; DA: Densidad aparente; P: fosforo disponible; CIC: Capacidad de intercambio cationico, Ca: Calcio; Mg: Magnesio; K: potasio; Al: Aluminio; Fe: hierro; Mn: Manganeso; Cu: cobre; Zn: Zinc; N: Nitrogeno; CO: Carbono orgánico; S: Azufre; GT: Grado textural; AR: Arena; ARC: Arcilla; LIM: Limo; DR: Densidad real; PEN: Penetrabilidad; INF: Infiltracion; PT: Porosidad total; Pen: Penetrabilidad; CC: Capacidad de campo; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

### Anexo G. Promedios del análisis de bromatológico por localidad

	<b>PUENES</b>	<b>IPIALES</b>	<b>YANALA</b>
<b>MS (%)</b>	15,5	14,1	13,8
<b>CEN (%)</b>	12,0	13,0	13,3
<b>EE (%)</b>	3,6	124,0	3,8
<b>FC (%)</b>	48,0	53,6	29,4
<b>PC (%)</b>	20,6	20,6	21,5
<b>E.N.N (%)</b>	15,0	9,2	32,0
<b>F.D.N (%)</b>	55,2	56,8	55,9
<b>F.D.A (%)</b>	36,2	36,7	35,6
<b>LIG (%)</b>	9,0	7,5	8,0
<b>CEL (%)</b>	27,1	29,2	27,5
<b>Hcel (%)</b>	19,0	20,1	20,3
<b>Ca (%)</b>	0,2	0,3	0,3
<b>P (%)</b>	0,3	0,4	0,4
<b>Mg (%)</b>	0,1	0,2	0,1
<b>S (%)</b>	0,2	0,3	0,3
<b>NT (%)</b>	3,4	3,3	3,4
<b>P.V (%)</b>	15,7	15,6	15,7
<b>NDT (%)</b>	63,2	51,5	47,9

MS: Materia seca; CEN: Ceniza; EE: Extracto etéreo; FC: Fibra cruda; PC: Proteína cruda; ENN: Extracto no nitrogenado; FDN: Fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente acida; LIG: Lignina; CEL: Celulosa; Hcel: Hemicelulosa; Ca: Calcio; P: Fosforo; Mg: Magnesio; S: Azufre; NT: Nitrógeno total; PV: Proteína verdadera; NDT: Nutrientes digestibles totales; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

## Anexo H. Promedios de los factores climáticos por localidad

	PROMEDIO		
	PUENES	IPIALES	YANALA
<b>Alt (msnm)</b>	3067	3015	2889
<b>Lum (Lux)</b>	98	124	146
<b>T (°C)</b>	9	10,3	12
<b>HR (%)</b>	71	70,7	72

Alt: Altura sobre el nivel del mar; Lum: Luminosidad; T: Temperatura ambiental; HR: Humedad relativa; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.

## Anexo I. Promedios de las variables productivas por localidad

	PROMEDIO		
	PUENES	IPIALES	YANALA
<b>P.R (días)</b>	79,0	71,0	88,3
<b>Biomasa (ton/ha/corte)</b>	59,7	61,0	54,7
<b>Altura planta (cm)</b>	70,0	71,3	76,7

PR: Periodo de recuperación; BIO: Biomasa; AP: Altura de la planta; PROM: Promedio por localidad; PROM.TOT: Promedio total.