

**DETERMINACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE INTERVIENEN
EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL PASTO SABOYA (*Holcus lanatus*) EN
CONDICIONES DE NO INTERVENCIÓN EN LA ZONA ANDINA DEL
DEPARTAMENTO DE NARIÑO A UNA ALTURA COMPRENDIDA ENTRE 2500-
2650 msnm.**

**JOSE LUIS AGREDA NARVAEZ
DARIO FERNANDO RIVAS PANTOJA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
2009**

**DETERMINACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE INTERVIENEN
EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL PASTO SABOYA (*Holcus lanatus*) EN
CONDICIONES DE NO INTERVENCIÓN EN LA ZONA ANDINA DEL
DEPARTAMENTO DE NARIÑO A UNA ALTURA COMPRENDIDA ENTRE 2500-
2650 msnm.**

**JOSE LUIS AGREDA NARVAEZ
DARIO FERNANDO RIVAS PANTOJA**

**Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título
ZOOTECNISTA**

**Presidente
HERNAN OJEDA JURADO
Zootecnista, Esp.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
2009**

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

Artículo 1º del acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

**HERNAN OJEDA JURADO. Zoot., Esp.
Presidente**

**ARTURO GALVEZ CERÓN. Zoot., M.Sc.
Jurado Delegado**

**EFREN INSUASTY SANTACRUZ. Zoot.
Jurado**

San Juan de Pasto, Agosto de 2009

DEDICATORIA FERCHO

Le dedico este triunfo a mis papas a mis hermanos, sobrinos y sobre todo al tuning

DEDICATORIA PEPE

**Le dedico este triunfo a mi madre a mis brothers a mis amigos a viejo alan
sobrinos no tengo por eso sobre todo al tuning**

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

HERNÁN OJEDA JURADO	Zoot., Esp.
EDMUNDO APRAÉZ GUERRERO	Zoot., M.Sc., Ph. D.
ARTURO GÁLVEZ CERÓN	Zoot., M. Sc.
EFREN INSUASTY SANTACRUZ	Zoot.
JOHANNA LEÓN SANTACRUZ	Zoot.
SANDRA ESPINOZA NARVÁEZ	Ing. Acuícola.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zoot., Esp.
DIANA BRIGETTE ZAMBRANO	Zoot.

Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de zootecnia de la Universidad de Nariño.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al logro de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	20
1. DEFINICION Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	21
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	22
3. OBJETIVOS	23
3.1. OBJETIVO GENERAL	23
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
4. MARCO TEORICO	24
4.1. GENERALIDADES DEL EL PASTO SABOYA (<i>Holcus lanatus</i>)	24
4.1.1. Clasificación botánica	24
4.1.2. Adaptación	24
4.1.3. Uso	25
4.1.4. Siembra	25
4.1.5. Manejo	25
4.1.6. Aptitudes	25
4.1.7. Producción de forraje	26
4.1.8. Calidad del forraje	26
4.2. FACTORES CLIMÁTICOS	26
4.2.1. Temperatura	26
4.2.2. Luminosidad	27
4.2.3. Precipitación	28

4.2.4. Humedad Relativa	28
4.3. FACTORES EDÁFICOS	29
4.3.1. Factores físicos	29
4.3.1.1 Textura	29
4.3.1.2. Penetrabilidad	29
4.3.1.3. Infiltración	30
4.3.2. Factores Químicos	31
4.3.2.1. pH	31
4.3.2.2. Capacidad de intercambio catiónico	32
4.3.2.3. Materia orgánica	32
4.3.2.4. Nitrógeno	33
4.3.2.5. Fósforo	34
4.3.2.6. Calcio	35
4.3.2.7. Magnesio	35
4.3.2.8. Azufre	35
4.3.3. Factores Biológicos	35
5. DISEÑO METODOLÓGICO	37
5.1. LOCALIZACIÓN	37
5.2. MATERIALES E INSUMOS	37
5.3 VARIABLES EVALUADAS	37
5.3.1. Producción de forraje verde	37
5.3.2. Variables edáficas	38

5.3.3. Variables físicas	38
5.3.4. Variables químicas	39
5.3.5. Variables bromatológicas	39
5.3.6. Variables climáticas	41
5.3.7. Variables biológicas	41
5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
6.1. VARIABLES AGRONÓMICAS	43
6.2. VARIABLES BROMATOLÓGICAS	46
6.3. VARIABLES EDAFICAS	49
6.3.1. Químicas de suelo	49
6.3.2. Física de suelos	51
6.4. FAUNA DEL SUELO	53
6.5. TEXTURA vs FAUNA DEL SUELO	58
6.6. ANALISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES	62
6.6.1. Componente número uno	63
6.6.2. Componente número dos	66
6.6.3. Componente número tres	71
6.7. AGRUPAMIENTOS POR CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS	73
7. PLAN DE MANEJO	75
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
8.1. CONCLUSIONES	77
8.2. RECOMENDACIONES	77

9. BIBLIOGRAFÍA	79
10. ANEXOS	83

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Rangos de resistencia a la penetración.	30
Tabla 2. Caracterización zonas de estudio.	37
Tabla 3. Datos de las variables productivas	45
Tabla 4. Datos del análisis bromatológico del pasto Saboya (<i>Holcus lanatus</i>)	48
Tabla 5. Variables edáficas de las zonas de estudio	52
Tabla 6. Densidad de organismos ind/m ² de suelo.	53
Tabla 7. Medidas de tendencia central y de dispersión	58
Tabla 8. Analisis de correspondencias multiples (ACM), Histograma de frecuencias para variables categorizadas.	60
Tabla 9. Peso de las variables biológicas respecto al tipo de suelo	61
Tabla 10. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la correlación (variables cuantitativas)	62
Tabla 11. Peso de los tres primeros componentes principales	63
Tabla 12. Peso de las variables de los tres clúster.	74

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Participación relativa (%) de los organismos del suelo de Mocondino.	54
Gráfica 2. Participación relativa (%) de los organismos del suelo de San Fernando.	55
Gráfica 3. Participación relativa (%) de los organismos del suelo de Pasto.	56
Grafica 4. Grado de relación de las variables del componente 1.	64
Grafica 5. Grado de relación de las variables del componente 2.	67
Grafica 6. Grado de relación de las variables del componente 3.	71

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Variables bromatológicas pasto Saboya (<i>Holcus Lanatus</i>).	84
Anexo B. Datos recolectados de los tres lugares.	85
Anexo C. Peso de los siete componentes principales que arrojo el ACP.	86
Anexo D. Peso de las variables del Cluster 1.	87
Anexo E. Peso de las variables del Cluster 2.	88
Anexo F. Peso de las variables del Cluster 3.	89
Anexo G. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas.	90
Anexo H. Peso de las variables analizadas en el (ACM)	91

GLOSARIO

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES: el Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.

ANÁLISIS DE SUELOS: es un valioso instrumento que utilizado en forma adecuada puede ayudar en el diagnóstico de los desórdenes nutricionales en las especies forrajeras de las praderas, ocasionados por los desbalances en los nutrimentos del suelo; sin embargo, por si solo no soluciona los problemas de la baja productividad de las praderas.

CAPACIDAD DE CAMPO: es la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la transmisión del agua a través de los poros mayores de 0,05 mm de diámetro.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO: Se define a la suma de todos los cationes de cambio que un mineral puede absorber a un determinado pH. Es equivalente a la medida del total de cargas negativas del mineral.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: indica el grado de asociación entre dos variables.

COMPONENTE PRINCIPAL: Combinación lineal de las variables originales e independientes entre sí.

CLÚSTER: agrupamiento de sitios con variables semejantes.

EDAFOLOGIA: Ciencia que trata sobre el origen y desarrollo de los suelos, sus propiedades y su localización geográfica. Sus conceptos se basan en estudios sobre la génesis de los suelos, sus propiedades físicas, químicas, mineralógicas y biológicas.

FACTORES BIOLÓGICOS: Están referidos a la población de organismos y microorganismos que viven en el suelo y participan activamente en la fertilidad del suelo mediante el aporte y descomposición de la materia orgánica.

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN: se refiere a la resistencia que tiene un suelo a la penetración de un instrumento de sondeo, éste es un índice integrado de la compactación del suelo, humedad, textura del mismo y el tipo de

composición que tiene en cuanto a arenas, limo y arcilla. Es un índice de las condiciones del suelo en las condiciones de la medición.

SUELO: fenómeno natural y parte del ambiente presente en la superficie de la tierra que mantiene la vida vegetal.

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

La alimentación de los animales domésticos necesita reorientarse con base en recursos locales adaptados a las condiciones ambientales donde se desarrolla la actividad pecuaria; factor que constituye un pilar fundamental de la producción y que ha estado enmarcada en un modelo tecnológico foráneo, con prácticas propias de climas templados, que difieren mucho de las condiciones tropicales de la región, que implican costos adicionales.

Debido a esto, es necesario investigar aquellos forrajes naturalizados como el pasto Saboya (*Holcus lanatus*) que es uno de los más utilizados para la alimentación de especies pecuarias en la mayor parte del Departamento de Nariño, especialmente en zonas de clima frío y medio, para garantizar seguridad alimentaria a los planteles pecuarios.

Con el fin de intervenir directamente en la productividad de los animales que consumen este pasto, se propone determinar los factores edafoclimáticos que influyen en la producción y calidad nutritiva del pasto en condiciones de no intervención en el municipio de Pasto (Nariño), con un rango de altura de 2500 – 2650 msnm, para obtener finalmente las condiciones propicias en las que se desarrolla este pasto.

Para la realización del proyecto se ubicó 3 localidades, San Fernando, Pasto y Mocondino, en cada una de estas se tomaron tres replicas, teniendo en cuenta que el pasto se encontraba en época de prefloración y en buen estado de desarrollo, además se obtuvo el periodo de recuperación en dos cortes consecutivos.

Para el análisis, interpretación y clasificación de las variables que más influyen en la producción y calidad del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) se utilizó el método de análisis multivariado de componentes principales (ACP) identificando de esta manera los datos cuantitativos; en este análisis se obtuvieron 6 factores o componentes, de los cuales hasta el tercero se explica el 69.26% de la variabilidad. El primer componente representa al periodo de recuperación, influenciado inversamente por el pH y el potasio del suelo y de manera directa por el boro; el segundo componente corresponde al calcio del forraje, el cual esta directamente relacionado con materia orgánica y temperatura y de manera indirecta con la velocidad de infiltración y la precipitación; y el tercer componente esta representado por los carbohidratos estructurales los cuales se ven afectados directamente por los minerales calcio y manganeso del suelo.

En lo concerniente a macro y meso fauna, se encontró el mayor número de individuos en Mocondino con 1536 ind / m², seguido por San Fernando con 1376 ind / m², por último en Pasto se encontró 1104 ind / m².

Según el ACM, los organismos que más predominaron en las zonas de estudio fueron del orden *Coleópteros* (escarabajos) con 41.6% del total de individuos, presencia que estuvo relacionada con la textura franca, medio adecuado para el sustento de esta especie.

En cuanto a la producción de biomasa, los datos encontrados fueron de 16,79, 14,14 y 9,31 ton/MS/ha correspondiente a Pasto, Mocondino y San Fernando respectivamente.

ABSTRACT

Domestic animal feeding needs to be re-orientated based on specific natural resources adapted to environmental conditions where cattle activity is being developed; this point is the milestone of production, and it has been closed into a foreign technological model, with specific practices from warm climates, which differs in a great deal from the region tropical ones, requiring additional budget.

For the above reason, it is imperative to investigate those naturalized forages such as the Saboya grass (*Holcus Lanatus*) which is extensively used for animal feeding in most cold and mild climate regions of Nariño department, specially in cold and warm zones, in order to guarantee alimentary safety into cattle facilities.

With the aim to directly intervene the productivity of animals which are fed by that kind of grass, the specification of edaphoclimatic factors that have a major influence in grass production and nutritional quality with no-intervention conditions in Pasto (Nariño) at an altitude of 2500m-2650m is proposed, to obtain optimal environments for the grass growth.

For the project development, three places where located, San Fernando, Pasto and Mocondino, and in all of them three grass samples were taken, having in mind that grass was in pre-floration time and was in an advanced stage of development. Moreover, the recovery time of two subsequent cuts was obtained.

For the subsequent analysis, interpretation and classification of the variables that have a major influence on the amount of production and quality of Saboya grass (*Holcus lanatus*), a principal components multivariate analysis (PCA) was used, identifying, by the way, the qualitative data; in this analysis, 6 factors or components were obtained, and the 69.26% of the variability is explained up to the third one. The first component represents the recovery period, which is inversely influenced by the pH and the Potassium in the ground, and proportionally to the Boron; the second component corresponds to the forage Calcium, which is directly related to the organic mass and the temperature, and inversely related to infiltration rate and precipitation; the third component is represented by the structural carbohydrates, which are directly affected minerals as Calcium and Manganese present in ground.

As for macro and meso fauna, a greater number of individuals was found in Mocondino with 1536 ind/m², followed by San Fernando with 1376 ind/m², finally in Pasto were 1104 ind/m².

According to the ACM, the organisms that predominated more in the zones of study were of the order *Coleopters* (bugs) with a 41,6% of the total of individuals,

and their presence was related to the texture frank, which is an adequate environment for the sustenance of this specie.

As far as biomass production, the found data were of 16.79 ton/MS/ha, 14.14 ton/MS/ha and 9.31 ton/MS/ha corresponding to Pasto, Mocondino and San Fernando respectively.

INTRODUCCIÓN

La implementación de tecnologías foráneas que no se han logrado adaptar a las diferentes condiciones de los suelos tropicales han traído como consecuencia una elevada degradación de estos al perder sus características físicas, químicas y biológicas, disminuyendo su capacidad productiva natural y aumentando los costos en los sistemas de producción pecuaria, por la alta adquisición de insumos químicos que son necesarios para el mantenimiento de estos pastos mejorados.

Según Cortes Lombana, “en Colombia, el uso equivocado y la explotación irracional de algunos suelos ha deteriorado su calidad afectando severamente su capacidad de utilización así mismo, desde el punto de vista cultural el desconocimiento de la cultura de cada pueblo, en las tradiciones, conduce directamente al fracaso de cualquier plan de desarrollo armónico del recurso suelo”.¹

Una alternativa es promover la utilización de pastos naturalizados que se encuentran adaptados a nuestras condiciones ambientales y que constituyen un gran potencial productivo, pero debido a la escasa información acerca de los factores que intervienen en su desarrollo, no ha permitido mejorar la productividad y calidad de estos.

Con el pasto Saboya se puede obtener una considerable producción de biomasa debido a su rápido crecimiento y fácil adaptación a condiciones de baja fertilidad del suelo, además presenta una aceptable palatabilidad y buena digestibilidad de sus nutrientes.

Según López y Maigual,

Con el estudio de los factores que intervienen en el óptimo desarrollo, productividad y calidad de este pasto, es posible lograr mejores rendimientos e incrementar su valor nutricional, con el fin de establecer un modelo de producción sostenible, donde se manifieste una reducción de costos y un trabajo armónico con el entorno.²

¹ CORTES LOMBANA, Abdón. Suelo y Vida: Uso, Manejo y Recuperación. En: SEGUNDO SEMINARIO DE ECOLOGÍA Y DEL MEDIO AMBIENTE. (2º 1987: Bogotá). Ponencias del seminario de ecología y del medio ambiente, Fundación Alma. 1987. p. 142-147

² LÓPEZ, Dayra y MAIGUAL, Paola. Determinación de factores edafoclimáticos que intervienen en la calidad del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en condiciones de no intervención en la zona andina del departamento de Nariño a una altura comprendida entre 2800-3049 msnm. 2009. Trabajo de grado (zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. p. 20.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

En el Departamento de Nariño, el mayor porcentaje de sistemas de producción pecuaria se han encaminado al uso de tecnologías foráneas, con el objetivo de aumentar su productividad y rentabilidad, sin tener en cuenta la degradación paulatina que se ha generado a nivel del suelo, fuentes hídricas, micro y meso fauna y al medio ambiente en general, y que, a su vez, aumenta los costos de producción por no estar bien adaptados a los suelos tropicales.

Además, la falta de investigación sobre los diferentes pastos naturalizados ha generado que haya una deficiente información, lo cual ha limitado potencializar su productividad y establecimiento en los sistemas de producción pecuaria.

Por lo tanto, es necesario determinar los factores edafoclimáticos del pasto Saboya (*Holcus lanatus*), necesarios para obtener una buena cantidad y calidad de pasto sin aumentar los costos de producción en pro de contribuir a la recuperación del ecosistema.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El pasto Saboya (*Holcus lanatus*) ha sido utilizado como un recurso alimenticio para muchas especies pecuarias por su fácil establecimiento y buena adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, sin embargo, la falta de investigación en el departamento de Nariño sobre este pasto ha limitado la información acerca de sus características productivas, esto ha conllevado a una incipiente documentación que genere mayor interés por el establecimiento del pasto en el sur occidente de Colombia.

Debido a lo anterior, se plantea el siguiente interrogante ¿Cuáles son los factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en condiciones de no intervención en la zona andina del Departamento de Nariño a una altura comprendida entre 2500-2650 msnm?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los factores edafoclimáticos que intervienen en la producción y calidad del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en condiciones de no intervención en la zona andina del Departamento de Nariño a una altura comprendida entre 2500-2650 msnm.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los factores climáticos (temperatura, luminosidad, precipitación, humedad relativa, altitud) que afectan la producción y calidad del forraje en condiciones de no intervención.
- Evaluar factores físicos del suelo (estructura, penetrabilidad, pendiente, capacidad de campo, densidad, textura, porosidad total, densidad real e infiltración).
- Evaluar las variables químicas del suelo (materia orgánica, pH, fósforo disponible, potasio de cambio, Ca, Mg, S, B) que afectan la producción y calidad del forraje.
- Determinar indicadores biológicos del suelo (macro y mesofauna) que inciden directamente en la producción y calidad del forraje en condiciones de no intervención.
- Plantear un plan de manejo del pasto Saboya en condiciones de altura con datos más concretos sobre el municipio de Pasto.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES DEL PASTO SABOYA (*Holcus lanatus*)

4.1.1. Clasificación botánica. Según el laboratorio de la Universidad de Nariño, la clasificación botánica para esta especie es la siguiente:

Reino:	Plantae
Phylum división:	Spermatophyta
Clase/Grupo:	Monocotyledoneae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Género:	Holcus
Especie:	Lanatus
Nombre común:	Falsa Poa, saboya ³

Para Meléndez:

El pasto Saboya (*Holcus lanatus*) es una planta perenne ligeramente pelosa tanto en nudos como entrenudos, con tallos de entre 20 y 100 cm, erectos o ascendentes. Hojas planas, de 3 a 10 mm de ancho, con una lígula de 1 - 4 mm. Las flores se reúnen en una panícula de 3 - 20 x 1 - 8 cm, de bastante laxa a muy densa y de color blanquecino a púrpura oscuro. Las espiguillas, de 4 a 6 mm, están comprimidas lateralmente y tienen 2 o 3 flores, la inferior hermafrodita y la superior generalmente masculina. Las glumas son subiguales, lanceoladas, agudas, pelosas en la quilla y venas, escábridas o puberulentas a pelosas en la superficie; la superior, con 1 nervio, es ligeramente más larga y ancha que la inferior, con 3 nervios, y a menudo tiene una arista de 1 mm⁴.

4.1.2. Adaptación: Osorio y Roldán mencionan:

Fue introducida de Europa de donde se cree es originaria, se adapta muy bien a alturas cercanas a 2500 m sobre el nivel del mar. Crece muy bien en suelos pobres, ácidos, como también en los ricos en materia orgánica. Crece en suelos de variada textura, desde los arenosos hasta los francos y

³ENTREVISTA con Onaldo Desiderio Guerrero, Asistente Laboratorio de Biología. Herbario. Universidad De Nariño. Pasto, 20 agosto de 2007.

⁴MELENDEZ, VALDERREY, Juan Luis. "*Hocus lanatus* L.". Asturnatura.com [En línea]. Num. 86, 02/08/06 [consultado el 13/08/08] disponible en <<http://www.asturnatura.com/especie/holcus-lanatus.html>>. ISSN 188-5068

pesados o arcillosos. Se lo encuentra como plantas aisladas o formando pequeños grupos perennes. Sus tallos pueden alcanzar alturas hasta de 60 o 70 cm. Su inflorescencia es una panícula compacta y densa que se desarrolla durante todo el año⁵.

4.1.3. Uso: Bernal afirma que:

Se utiliza en pastoreo principalmente, en zonas de más de 2800 metros de altura y sin riego. Es una especie muy utilizada para producción de leche y para pastoreo con ovinos. Es de gran valor para la conservación de suelos pendientes y erodables. Mezclada con tréboles produce un forraje de muy buena calidad⁶.

4.1.4. Siembra: Osorio y Roldán manifiestan que:

No es recomendado para establecer praderas por considerarse mala hierba, debido a su poca producción y baja calidad nutritiva. Produce mucha semilla, se puede sembrar de 20 a 25 Kg por hectárea regada al voleo⁷.

Según Bernal:

Se reproduce por semilla sexual a razón de 15 Kg/ha (10kg/fanegada o cuadra) regándola al voleo sobre terreno preparado. El mínimo de semillas por kilogramo es de cerca de 4.000.000⁸.

4.1.5. Manejo: Osorio y Roldán⁹ afirman que, puede pastorearse en forma continua, pero el forraje disponible no es siempre abundante. No debe dejarse madurar pues produce cantidad de tallos florales que no deben ser consumidos por el ganado.

Estrada¹⁰ dice que, el crecimiento de las variedades nativas es lento y la producción de forraje baja; el crecimiento ocurre principalmente en invierno y puede ser continuo por encima de los 3000 msnm.

⁵ OSORIO, D. y ROLDÁN, J. Volvamos al Campo Cultivo de Pastos y Forrajes. Bogotá D.C: Grupo Latino Ltda, 2003. p. 66

⁶ BERNAL, J. Pastos y forrajes tropicales, 3ª edición. Bogotá D.C: Banco Ganadero, 1994. p. 466.

⁷ OSORIO, D y ROLDÁN, Op. cit., p. 66

⁸ BERNAL, Op. cit., p. 549

⁹ OSORIO, D y ROLDÁN, Op. cit., p. 66

¹⁰ ESTRADA, Julian. Pastos y Forrajes Para el Trópico Colombiano. Manizales: Universidad de Caldas, 2001. p. 305 - 306

4.1.6. Aptitudes. Según Duthil¹¹, es una gramínea vivaz, precoz, pero que al mismo tiempo se lignifica bastante pronto y por esta razón es poco productivo, característico de medios húmedos y pobres.

Berlijn,¹² refiriéndose al pasto Saboya, menciona que es una especie perenne, alta, de clima templado. Crece en diversos tipos de suelo y bajo condiciones secas o húmedas, particularmente cuando el suelo es ácido.

4.1.7. Producción de forraje. Bernal sostiene:

El crecimiento de las variedades nativas y la producción de forraje son bajos; el crecimiento ocurre principalmente en el invierno y puede ser continuo por encima de 3000 m. Además de su gran adaptación, rusticidad, el forraje producido es de muy buena calidad y parece como una de las especies más promisorias para mejorar la producción y productividad de los páramos¹³.

4.1.8. Calidad del forraje. Duthil,¹⁴ asegura que en pre floración el pasto Saboya contiene mayor cantidad de azúcares solubles, mientras que su riqueza en nitrógeno no ha tenido tiempo de disminuir. En este estado el pasto es lo suficientemente equilibrado para satisfacer los requerimientos del ganado.

Para el pasto Saboya, Delgado¹⁵ da la siguiente composición química expresada en base seca: proteína 8%, grasa 2.4%, ELN 38.9%, cenizas 7%.

4.2. FACTORES CLIMÁTICOS:

4.2.1. Temperatura: Bernal menciona que:

La temperatura afecta todas las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas. Se ha demostrado que la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, transporte de compuestos, actividad de las enzimas y coagulación de las proteínas, entre otros¹⁶.

Para Duthil,

Cada gramínea posee un intervalo preferente de temperatura, que se sitúa en valores relativamente bajos, del orden de 15º a 20º para la mayor parte

¹¹ DUTHIL, Jean. Producción de forrajes. 3ª ed. Madrid: Mundi prensa, 1980. p. 38.

¹² BERLIJN, Johan. Pastizales naturales. Barcelona: Trillas, 1998. p. 18.

¹³ BERNAL, J, Op.cit., p. 548

¹⁴ DUTHIL, Op.cit., p. 37

¹⁵ DELGADO, A. Pastos y forrajes. Colombia: Universidad de Nariño, 1966. p. 70

¹⁶ BERNAL, Op. cit., p. 23

de las especies. Tanto las temperaturas demasiado bajas como las altas, detienen su vegetación.

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, traslocación, dependen de la temperatura¹⁷.

Según Gavande:

El efecto de la temperatura sobre el crecimiento de la planta incluye 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 plantas¹⁸.

4.2.2. Luminosidad: Según Bernal:

Las características de la luz que influyen el crecimiento de las plantas se pueden separar en tres factores: intensidad, calidad y duración”.

Intensidad: Las plantas responden de diferente manera a los aumentos de intensidad de la luz, mientras algunas especies aumentan la tasa de fotosíntesis al aumentar la intensidad de la luz, otras muestran una rápida saturación y, como consecuencia, una ausencia de respuesta a dichos aumentos.

Calidad: La calidad de la luz se refiere a la longitud de onda de los rayos luminosos¹⁹.

Mila afirma que:

En praderas mixtas o asociadas, la capacidad que tenga cada uno de los forrajes para mejorar su acceso a la radiación solar puede ser más importante que su capacidad de tolerar la sombra, en consecuencia, las plantas altas poseen cierta ventaja sobre las plantas de poca altura, y las trepadoras pueden superar a sus vecinas, ventaja que es acumulativa ya

¹⁷ DUTHIL, Op. cit., p. 30

¹⁸ GAVANDE, S. Física de los suelos, principios y aplicaciones. 1ª. México: Limusa-Wiley, 1972: p. 131-136

¹⁹ BERNAL, Op. cit., p. 30

que las plantas que han sido sobrepasadas en altura sufren una reducción en su tasa de crecimiento²⁰.

Monsalve *et al* mencionan que:

La producción de las plantas es un resultado de los factores ambientales actuando sobre el proceso fotoquímico llamado fotosíntesis.

La cantidad de luz interceptada por la superficie foliar determina la eficiencia de utilización de la misma.

Debido a que la cantidad de follaje que poseen las plantas forrajeras es variable de acuerdo con el grado de corte o pastoreo, el manejo está íntimamente relacionado con la velocidad de crecimiento de las plantas forrajeras²¹.

4.2.3. Precipitación: los mismos autores afirman que la cantidad y distribución de la precipitación determinan, en gran parte, la adaptación de una especie forrajera particular a un medio dado. Las especies varían notablemente en su tolerancia a la sequía²².

Narváez Flores, citado por Moncayo y Acosta afirman que:

La precipitación es el segundo factor en importancia después de la temperatura para determinar la distribución y adaptación y explotación de un cultivo. En los lugares donde abunda la lluvia, es posible obtener una gran variedad de cultivos, mientras que en los lugares secos, la vegetación se ve limitada²³.

Morales afirma que:

La precipitación pluvial determina la humedad y régimen hídrico del suelo, ejerce influencia en la diferenciación del grosor del suelo, determina también el carácter y la extensión del lavado a que está sometido el perfil y, en algunos casos, refleja la composición mecánica del suelo²⁴.

²⁰ MILA, Alberto. Suelos Pastos y Forrajes, Bogotá D.C: Unisur, 2001. p. 37

²¹ MONSALVE, Sigifredo *et al*. Factores Ecológicos en la Producción de Forrajes, Bogotá: ICA, 1979. p. 24

²² Ibid. p. 25

²³ MONCAYO, Oscar y ACOSTA, Wilmer. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoesch) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera. 2002, p. 29 Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

²⁴ MORALES, Juan. Compendio de Agronomía. 2 ed. Madrid: Pueblo y Educación, 2002. p. 35

4.2.4. Humedad Relativa: Según Monsalve *et al*: “el agua es uno de los factores ecológicos de mayor importancia en la producción de las plantas. Aunque hay especies propias de regiones secas, sus rendimientos siempre se ven aumentados cuando se les suministra una humedad adecuada”²⁵.

4.2.5. Altitud: Para Amezquita²⁶, el pasto saboya crece espontáneo entre 2000-3000 msnm, encontrándose mejor adaptado en altitudes comprendidas entre 2500-3000 msnm, debido a su crecimiento continuo por la retención de agua que presenta la zona y la disponibilidad de materia orgánica que favorecen el crecimiento de esta especie forrajera.

4.3. FACTORES EDÁFICOS:

4.3.1. Factores físicos:

4.3.1.1. Textura: Según Mila:

La textura se define como la cantidad de agregados o partículas de arena, limo y arcilla que asisten en 100 gramos de suelo; estas partículas se originan por la meteorización de los minerales formadores de rocas y se clasifican en diferentes categorías según su tamaño, de acuerdo con el sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)²⁷.

Monsalve *et al* afirman:

Entre algunas propiedades del suelo relacionadas con su textura se pueden citar: facilidad de laboreo o preparación, susceptibilidad de la erosión, facilidad de germinación de las semillas y penetración de las raíces, contenido y retención de nutrientes; contenido, retención y penetración del agua y aireación²⁸.

Figueredo y Urrego mencionan:

Todos los suelos están compuestos por pequeñas rocas. Según su tamaño, estas partículas se llaman: arcillas, las más pequeñas, limos los de tamaño

²⁵ MONSALVE *et al*, Op. cit., p. 25

²⁶ AMEZQUITA, Edgar. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. En: SILVA, Francisco. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. Bogotá: S.C.C.S, 1994. p. 58.

²⁷ MILA, Op. cit., p.12

²⁸ MONSALVE *et al*. Op. cit., p. 27

intermedio, y arenas, las más grandes. La mezcla de arenas, limos y arcillas en cantidades relativas se llama textura²⁹.

Para Graetz:

Los suelos pueden clasificarse en: arenosos, limosos y arcillosos, dependiendo del grupo de partículas que predomina en ellos. Los suelos que contienen arena, limo y arcilla, en ciertas proporciones, se llaman suelos francos. Los suelos intermedios se llaman por ejemplo, franco – arcilloso, franco – arenosos, franco limosos³⁰.

4.3.1.2. Penetrabilidad. Gavande reporta:

Las raíces penetran más fácilmente y con mayor rapidez en los suelos compuestos de agregados estables de unos 2-6 mm de diámetro que en el mismo suelo molido finamente. Por lo general, ello va acompañado de un crecimiento vegetativo más rápido de toda la planta, lo cual da por resultado mayores rendimientos³¹.

El mismo autor sostiene que, “la compactación del suelo puede tener efectos adversos en las plantas que crecen en él, de estas dos maneras: a) por aumento en el impedimento mecánico al crecimiento de las raíces y b) por alterar la extensión y configuración del espacio poroso”³².

Tabla 1. Rangos de resistencia a la penetración

Mpa	Interpretación
0 – 1.5	Ninguna
1.5– 2.5	Leve
2.5 – 3.5	Media
3.5 – 4.5	Alta
>4.5	Extrema

Fuente: (Montenegro, H. 1973)

Burbano y Viveros argumentan que:

La resistencia de un suelo a la penetración es una medida cuyo uso tiene un buen porvenir por ser la medida que representa la resistencia mecánica que experimenta una raíz. Las observaciones en el campo siempre han

²⁹ FIGUEREDO, Edith y URREGO, Carlos Julio. Practicas Agroecológicas: Experiencias de Campo y de Laboratorios, Conceptos fundamentales Aplicación a nivel industrial, Familiar y comunitario. Colombia: Fondo FEN Colombia, 194. p 34.

³⁰ GRAETZ, H. A. Suelos y fertilización, México: Trillas. P. 6

³¹ GAVANDE, S. Op. cit., p. 82.

³² Ibíd. , p. 83.

dejado ver que la compactación del suelo restringe el crecimiento de las raíces y por lo tanto el de la planta, generando pérdidas en la producción³³.

4.3.1.3. Infiltración: Mila afirma que,

La infiltración es un proceso por el cual el agua lluvia penetra al suelo. Está expresada en mm/hora. La capacidad de infiltración debe ser tal que no entre más agua de la que puede circular internamente. Generalmente en suelos tropicales la intensidad de lluvias es tan alta que origina un volumen mayor que el que es capaz de penetrar y moverse en el suelo; produciendo inundaciones en suelos planos y aguas de escorrentía en suelos de ladera o pendientes³⁴.

Según Hardy,

La infiltración de agua en la superficie del suelo depende de la calidad del suelo, es decir, de su infiltrabilidad. Está determinada por la estructura del suelo y su estabilidad y de algunas otras características físicas, por ejemplo humedecimiento, lo que controla la velocidad a la que penetra el agua en la superficie del suelo, cuando se aplica, sea en forma de riego o de lluvia. Otro nombre para infiltración es receptividad³⁵.

Legarda afirma que: “la infiltración no es un valor constante, depende de muchos factores como: el tiempo, las condiciones químicas y físicas del suelo, capa vegetal, la naturaleza del perfil, el contenido de humedad y la distribución de esa agua en su perfil, altura del nivel freático, etc³⁶.”

4.3.1.4. Estructura. Con este término Monsalve S. *et al* denominan: “el arreglo de las partículas sólidas de un suelo. Una estructura bien desarrollada indica, generalmente, la presencia de arcilla y M.O, las cuales tiene propiedades aglutinantes. Los distintos arreglos estructurales se denominan granular, en placas, en bloques y prismáticos; el más deseable es el tipo granular”³⁷.

4.3.1.5. Pendiente. Es 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. La longitud de la pendiente determina la velocidad del agua y los materiales en suspensión y el riesgo de erosión. En general, se

³³ BURBANO, H y VIVEROS M. Curso sobre “Fertilidad e interpretación de análisis de suelos”. Pasto-Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo Regional Nariño, p. 99.

³⁴ MILA, Op. cit., p. 16

³⁵ HARDY, Frederick. Edafología tropical. México: Herrero y Hermanos, Sucesores. 1970. p.44

³⁶ LEGARDA, Lucio. Propiedades físicas y la productividad del suelo. En: Diagnostico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto: monómeros Colombo-Venezolanos, 1988. p.87

³⁷ MONSALVE *et al*. Op. cit., p. 23

considera que la escorrentía y las pérdidas potenciales del suelo son proporcionales a la pendiente y a la longitud de las laderas³⁸.

4.3.1.6. 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”³⁹.

4.3.1.7. Densidad. “la densidad se define como el peso por unidad de volumen. En el caso de los suelos se realizan dos estimaciones que corresponden a distintos conceptos: la densidad real y la densidad aparente”⁴⁰.

- ✓ **Densidad Aparente (Da):** Soriano y Pons señalan que “la densidad aparente de un suelo es la relación que existe entre la masa del sólido y el volumen total ocupado por el sólido y por el espacio poroso. La masa del sólido se determina pesando la muestra a 105°C, y el volumen total se deduce del cilindro utilizado para la toma de muestras”⁴¹.
- ✓ **Densidad Real (Dr):** los mismos autores afirman que “la densidad real de un suelo es la relación que existe entre la masa de las partículas sólidas y el volumen ocupado por las mismas, es decir, se excluye el volumen ocupado por los poros que hay en las partículas. La masa de las partículas sólidas se determina por pesaje y su volumen se calcula a partir de la masa de agua”⁴².

4.3.1.8. Porosidad total. Soriano y Pons definen que “la porosidad como el cociente entre el volumen de poros de una muestra y su volumen total aparente; es pues un índice que nos da una idea de la cantidad de poros que tiene un terreno y del volumen relativo que ocupan los mismos y, como tal, informa del estado de la tierra, de la disponibilidad de ésta para dejar paso a las raíces o de la mayor o menor permeabilidad hidráulica y gaseosa de la misma”⁴³.

4.3.2. Factores Químicos

4.3.2.1. pH. Cepeda afirma que,

³⁸ ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. Vida y Recursos Naturales. Vol. 1. Bogotá. 1995. p. 81.

³⁹ RITAS, J. y MELIDA, J. El diagnóstico del suelo y plantas, métodos de campo y laboratorios. 3ra Edición. Ediciones Mundiprensa. Madrid 1978. p. 174.

⁴⁰ BIBLIOTECA DEL CAMPO Manual Agropecuario. Bogotá Colombia: Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002. p. 30.

⁴¹ SORIANO SOTO, María y PONS MARTÍ, Vicente. Prácticas de Edafología y Climatología. México: Alfaomega, 2004. p. 33

⁴² Ibid., p. 35

⁴³ Ibid., p. 35

El pH del suelo depende de diversos factores: la estación del año, las prácticas de cultivo, el horizonte muestreado, el contenido hídrico en el momento del muestreo, la técnica para determinar el pH, incluyendo los factores que intervienen en la formación del suelo⁴⁴.

Garavito *et al.* sostienen que,

El pH es una de las propiedades físico-químicas más importantes de los suelos; de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya sea porque determina su solubilidad, como porque controla la clase y tipo de actividad microbiológica y, por lo tanto, la mineralización de la materia orgánica⁴⁵.

Según Mila, el pH:

Afecta la solubilidad de los elementos nutrientes, esto ha hecho que en el diagnóstico de la fertilidad de un suelo el pH sea una determinación importante. En términos generales, se considera que un pH de 5 a 7 es el óptimo para la mayoría de cultivos; sin embargo, hay especies que se desarrollan mejor dentro de un rango específico de pH⁴⁶.

El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos. Influye sobre los siguientes aspectos:

- Disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Solubilidad de los nutrientes.
- Controla la clase y tipo de actividad microbiana.
- Actúa sobre la mineralización de la materia orgánica.
- Regula la concentración de iones tóxicos en el suelo como aluminio, sodio y sales.
- Controla la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.
- Presencia de enfermedades plagas e insectos, plagas en el suelo⁴⁷.

4.3.2.2. Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Según Mila :

El primer fenómeno biológico importante es la fotosíntesis, el segundo vital para el desarrollo vegetal, especialmente en las pasturas, es la CIC del suelo que se constituye para la planta en: (1) Reserva inmediata de nutrientes; (2) la producción vegetal depende de los nutrientes cambiables que pasan a la solución del suelo y alimentan la planta; (3) la

⁴⁴ CEPEDA, D. Juan M. química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2da edición. México, Trillas, 1991. p. 48

⁴⁵ GARAVITO, Fabio *et al.* Propiedades químicas de los suelos. Bogotá, Colombia, INAC, 1974. 413p

⁴⁶ MILA, A. Op. cit., p. 32

⁴⁷ Ibid., p. 32.

CIC controla pérdidas de nutrientes por lavado debido a la fuerza de retención de las arcillas”⁴⁸. Burbano y Viveros⁴⁹ mencionan que el canje de cationes en los suelos tiene importancia en un gran número de sus características: estructura, actividad microbial, régimen hídrico y gaseoso, procesos genéticos y en la nutrición vegetal.

4.3.2.3. Materia Orgánica. De acuerdo con Fassbender y Bornemisza,

El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable, se encuentran desde trazas en los suelos desérticos hasta un 90-95% en los turbosos. El horizonte A de los suelos explotados agrícolamente, por lo general, presenta valores entre 0.1 y 10% de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo⁵⁰.

Cepeda define,

La materia orgánica como 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 suelo⁵¹.

Para Burbano,

La materia orgánica, en razón de su naturaleza, tiene múltiple efectos en el suelo, como que actúa sobre las características físicas, químicas y biológicas del mismo. Por eso es que pretender reducir la importancia de la materia orgánica a la adición de nutrimentos, cuando menos, resulta desacertado. En el mismo sentido, se tiene que visualizar la adición de materiales orgánicos al suelo, ya que estos progresivamente se van incorporando a las diversas fracciones de la materia orgánica⁵².

⁴⁸ Ibid., p. 32.

⁴⁹ BURBANO, Hernán y VIVEROS, Miguel. Op.cit., p. 10.

⁵⁰ FASSBENDER H. y BORNEMISZA, E. Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. 2ª ed. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1994. p. 73

⁵¹ CEPEDA, Op. cit., p. 43 – 48.

⁵² BURBANO, Hernán. Enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. 2 ed. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988. p.334.

Según Graetz,

La materia orgánica del suelo representa una acumulación de plantas frescas, de vegetales parcial o completamente descompuestos y de residuos animales. Su contenido es inestable por acción de los microorganismos del suelo. Por lo tanto, se debe mantener constante el contenido de materia orgánica⁵³.

4.3.2.4. Nitrógeno. Mila afirma que,

El nitrógeno forma parte de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos (DNA, RNA), vitaminas, fosfolípidos, reguladores de crecimiento, etc. El nitrógeno es un macro nutriente altamente móvil dentro de la planta. Los síntomas de deficiencia se manifiestan primero en las hojas y órganos más viejos de los vegetales. Una deficiencia de nitrógeno en las plantas indica una pérdida de vigor y clorosis (amarillamiento) generalizado en las plantas, hay floración prematura y reducción en el tamaño de la planta. El exceso de nitrógeno favorece un desarrollo vegetativo exagerado y retarda la floración y fructificación⁵⁴.

Según Salamanca,

El Nitrógeno forma parte de las proteínas, clorofila, alcaloides y enzimas responsables de regular el crecimiento y formación del material vegetal. La planta absorbe N del suelo en forma de nitrato (NO₃⁻) o en forma de amonio (NH₄⁺). Este elemento es muy móvil dentro de la planta⁵⁵.

Graetz afirma,

Fácilmente soluble al agua del suelo y es sólo parcialmente retenido por las partículas de éste. Se pierde fácilmente por lixiviación. El nitrógeno alimenta a los microorganismos y favorece así la descomposición de la materia orgánica fresca.

El nitrógeno le da color verde sano a las plantas. Favorece un crecimiento rápido y aumenta la producción. Forma la proteína en cultivos alimenticios y forrajeros⁵⁶.

⁵³ GRAETZ, H. A. Suelos y Fertilización. México: Trillas, 2002. 2da edición. p. 23

⁵⁴ Mila. Op. cit., p. 22

⁵⁵ SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá: USDA, 1990. p.

89

⁵⁶ GRAETZ, Op. cit., p. 29

4.3.2.5. Fósforo: Wallace afirma,

El fósforo desempeña funciones vitales en el desarrollo de las plantas, siendo constituyente esencial del núcleo y de los ácidos nucleicos, interviene en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas, e incide directamente en la formación de semillas y en la maduración de los frutos⁵⁷.

Para Salamanca,

El fósforo desempeña un importante papel metabólico en la respiración y fotosíntesis (fosforilación), en el almacenamiento y transferencia de energía (NAD, NADP y ATP) y en la división y crecimiento celular. Es determinante para el desarrollo de las raíces y de los tejidos meristemáticos, por lo cual es importante durante el desarrollo vegetativo de los pastos⁵⁸.

Fassbender y Bornemisza encontraron que,

El contenido total de P también depende de la textura de los suelos, tanto en áreas de clima templado como tropical, ya que cuanto más fina la textura, mayor es el contenido de P total.

De manera general, el contenido de P total disminuye con la profundidad del suelo, lo que es explicable por la disminución de la materia orgánica y de los fosfatos orgánicos⁵⁹.

4.3.2.6. Calcio (Ca). Según Mila: “Estimula el desarrollo de raíces y hojas, hace activar la amonificación y la oxidación del azufre; la nitrificación también exige la presencia de Ca, sin éste el proceso sería lento o casi nulo”⁶⁰.

Clavijo argumenta: “La ausencia de un suministro adecuado de Ca afecta el crecimiento de órganos y tejidos. La influencia que el Ca ejerce sobre el alargamiento celular puede inhibir el crecimiento de las raíces debido a que no hay incorporación de materiales a las paredes celulares”⁶¹.

⁵⁷ WALLACE, C.B. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3ra. ed London, Curwen Press. 125p

⁵⁸ SALAMANCA. Op. cit., p. 89 - 90

⁵⁹ FASSBENDER, H. Y BORNEMISZA, E. Op. cit., p. 258

⁶⁰ *Ibid.*, p. 68

⁶¹ CLAVIJO, Op. cit., p. 21.

4.3.2.7 Magnesio (Mg). Clavijo⁶²: “El Mg hace parte de la clorofila, activa varios sistemas enzimáticos en las rutas metabólicas de la planta involucrando la respiración, fotosíntesis y transformación de lípidos”.

4.3.2.8 Azufre (S). Mila argumenta:

El azufre es básico para la síntesis de aminoácidos y proteínas, participa en la formación de grasas, aceites, carbohidratos, vitaminas. Hace parte de la clorofila, interviene en las reacciones sobre la utilización de P en el desarrollo de semillas. La deficiencia ocasiona formación de tallos cortos, delgados y leñosos, de tal manera que se restringe el crecimiento de la planta, los frutos no llegan a su completa madurez y quedan verdes⁶³.

4.3.3. Factores Biológicos

De acuerdo con Bernal,

Agentes bióticos pueden ser favorables o desfavorables para la producción de pastos. Son benéficos aquellos que intervienen en reacciones del suelo que conducen a la liberación de nutrientes contenidos en la materia orgánica, o los que fijan nitrógeno del aire ya sea simbiótica o autotróficamente. Pueden ser perjudiciales si son patógenos como los virus, bacterias y hongos, que causan enfermedades⁶⁴.

Para Burbano,

La salud biológica de un suelo puede ser estimada por medio de ciertas especies indicadoras, las que se escogen por su sensibilidad al cambio de condiciones o por su papel en la fertilidad del suelo, para el último caso, son grupos funcionales claves las termitas, lombrices y nematodos, los ácaros y colémbolos; sin embargo, pueden ser más fáciles de estandarizar debido a su gran ubicuidad⁶⁵.

Cortés menciona que:

Cada suelo tiene su propio abanico de organismos vivos, el cual está determinado por las condiciones edáficas y ecológicas del medio; los factores más determinantes para su desarrollo son la presencia o ausencia de oxígeno, la disponibilidad de alimento, el contenido de humedad y la acidez del suelo. Los suelos bien drenados, ricos en materia orgánica, con buen contenido de humedad y fertilidad alta son un medio excelente para la

⁶² *Ibíd.*, p. 27.

⁶³ MILA, P. A. *Op.*, cit p. 23.

⁶⁴ BERNAL, J. *Op.* cit. p. 26.

⁶⁵ BURBANO, Hernán. *Op cit.* p. 209.

vida en todas sus manifestaciones; la fauna edáfica de un suelo bien drenado es muy diferente a la de un suelo con drenaje pobre⁶⁶. Cepeda, citado por Erazo, “las actividades de la macrofauna tienen influencia sobre el crecimiento de las plantas, a través de su influencia sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo”⁶⁷.

Aguirre y Angulo manifiestan que,

La presencia de la macrofauna del suelo está asociada a las condiciones de hábitat así como la disponibilidad de materia orgánica la que le suministra sombra, temperatura y humedad adecuada para su desarrollo. La calidad del suelo está íntimamente ligada al mantenimiento o incremento de los niveles de materia orgánica y a su vez está determinada por la acción de la fauna del mismo⁶⁸.

⁶⁶ CORTÉS, Abdón. Suelos Colombianos, Una mirada desde la academia. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Recursos Naturales. 2004. p. 20.

⁶⁷ ERAZO ROSERO, H. Estudio de la macrofauna del suelo bajo plantaciones de pino *Pinus patulasschlecc* Etcham y eucalipto *Eucalyptus globulus* Labil en un suelo del altiplano de Pasto. San Juan de Pasto, 1999, p. 96. Trabajo de Grado (Ingeniero agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

⁶⁸ AGUIRRE, Andrea y ANGULO, Feder. Evaluación de algunas propiedades físicas, químicas y la macro fauna en tres épocas del año, bajo un sistema silvopastoril en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. San Juan de Pasto: 2005. p. 62. Trabajo de Grado (Ingeniero agroforestal) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. LOCALIZACIÓN:

Esta investigación se realizó en tres zonas del Municipio de Pasto, a una altura comprendida entre 2500-2650 msnm, en cada lugar se ubicaron tres localidades, cada una con tres réplicas, para determinar qué factores influyen en la producción del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en condiciones de no intervención.

Tabla 2. Caracterización zonas de estudio

	MOCONDINO	SAN FERNANDO	PASTO
Localización	Sur Oriente	Oriente	Casco Urbano
Tº Promedio	9	8	12
Precipitación Pluvial mm/año	1300	844,9	800 - 1000
Humedad Relativa	77%	79%	83%

Fuente:(Cabrera Álvaro. 2007)

5.2. MATERIALES E INSUMOS

Para realizar el trabajo de campo, se utilizaron los siguientes equipos:

- Anillos infiltrómetros
- Luxómetro Extech modelo EA30
- Penetrógrafo de pistón marca Eijkelkamp.
- Termómetro
- Cuadrante para aforo de 25x25 cm.
- Manguera
- Bolsas plásticas y de papel
- Palas
- Palendras

5.3. VARIABLES EVALUADAS

5.3.1. Producción de forraje verde. Los factores que influyen en la producción del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) fueron determinados ubicando tres áreas de excelente producción, en cada área se procedió a tomar tres muestras de pasto,

teniendo en cuenta su periodo de floración y densidad. Para fijar el periodo de recuperación, se hicieron dos cortes consecutivos a una altura de 10cm del suelo y los factores físicos, químicos, climáticos y biológicos se evaluaron por medio de pruebas de laboratorio y trabajo de campo.

5.3.2 Variables edáficas: estas variables fueron analizadas a través de los procedimientos descritos en el Manual de Métodos químicos para el análisis de suelos (Laboratorios Universidad de Nariño) así:

5.3.3. Físicas

- La textura fue determinada por el método del hidrómetro, específicamente a las proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la “tierra fina” del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con un diámetro inferior a 2 mm.
- La penetrabilidad se determinó por medio del penetrógrafo, ya que brinda un índice integrado de la compactación del suelo, contenido de humedad, textura y tipo de mineral de arcilla, por lo cual, es un índice de resistencia del suelo en las condiciones de la medición.
- La capacidad de campo por el método de columnas de Chapingo, se define como el porcentaje de humedad que permanece en el suelo 2 o 3 días después de haber sido saturado y después que el drenaje libre prácticamente ha cesado. Esta definición se aplica a los suelos bien drenados.
- La densidad aparente por el método de terrón parafinado, es la relación existente entre el peso de un volumen dado de suelo seco a la estufa (105-110°C) incluyendo su grado estructural y el volumen de agua desalojado por él.
- La densidad real se determinó de acuerdo al peso de las partículas sólidas de los suelos, y por lo tanto puede definirse como la relación entre el peso de las partículas sólidas y secas a la estufa y el volumen de agua desalojado por ellas.
- Porosidad total se determinó con la relación entre las densidades real y aparente aplicando la siguiente fórmula:

$$PT\% = 100 (1 - D_a / D_r)$$

PT: Porosidad total

Da: Densidad aparente

Dr: Densidad real

5.3.4. Químicas

- El análisis de materia orgánica se hizo por calorimétrica, método que se basa en una solución de Dicromato de Potasio que actúa como oxidante en un medio de ácido sulfúrico, reaccionando en ácido crómico, el cual es proporcional a la materia orgánica.
- El pH se evaluó por determinación potenciométrica (suelo-agua 1:1), se fundamenta en determinar la concentración y la actividad iónica del H⁺ en una suspensión del suelo en agua.
- La determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) consiste en la saturación del suelo con soluciones salinas de un determinado catión, eliminación del exceso de solución saturada y por último la determinación del catión indicador extraído por unidad de peso seco del suelo.
- El fósforo disponible por fluoruro-ácido (Bray y Kurtz N° 2), utiliza ácido clorhídrico (HCl) con el fin de incluir una mayor cantidad de fósforo. El ión flúor puede solubilizar los fosfatos de hierro y aluminio por su propiedad de formar complejos con estos cationes en una solución ácida con la consecuente liberación de fósforo retenido en el suelo.
- El potasio de cambio, Ca y Mg se determinaron extrayendo su fracción cambiante con una solución de sal neutra. Esto explica la “universalidad” del uso del acetato de amonio normal y neutro para extraer la fracción disponible de estos elementos, ya que desplazan de las posiciones de intercambio a los cationes retenidos por las cargas negativas del complejo coloidal.
- La determinación de azufre disponible se basa en una solución de sal neutra, como el fosfato monocalcico, que extrae el sulfato soluble más el absorbido en la fracción coloidal del suelo.
- El contenido de Cu, Fe, Zn, y Mn se analizó en base a su tamaño iónico, el cual permite que estos elementos puedan sustituir isomórficamente a los elementos principales en los minerales.

5.3.5. Variables bromatológicas

Las variables bromatológicas se analizaron de acuerdo con los procedimientos descritos por el análisis químico de alimentos (laboratorios UDENAR), de la siguiente manera:

- Para materia seca, se utilizó análisis proximal o de Weende, este método sirve para determinar únicamente la cantidad de materia seca presente en una sustancia; no es una medida exacta del contenido de humedad puesto que en desecación ocurren una serie de reacciones químicas que ocasionan variaciones en esta determinación.
- El análisis de WEENDE para la determinación de la humedad, este método se basa en tres factores: presión, tiempo y temperatura, y depende del tipo del pasto.
- Se determinó la ceniza a través del análisis proximal, este no es un indicativo del valor o la calidad mineral solamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral del pasto.
- El extracto etéreo se realizó mediante el análisis proximal o de WEENDE, el cual utiliza solventes que generalmente son éter, cloroformo, benceno, entre otros, que a su vez arrastran consigo en el proceso otras sustancias diferentes a las grasas, por esto es un valor generalizado.
- La fibra cruda (FC) y el extracto libre de nitrógeno (ELN) se determinaron por análisis proximal, se basa en la ebullición alterna de la muestra con un ácido y álcali débiles. El residuo que queda libre de componentes solubles se llama fibra cruda, descontando la ceniza, y el extracto libre de nitrógeno de determina por diferencia de la proteína, fibra, ceniza y grasa.
- FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina por Van Soest, el cual utiliza detergentes que se combinan con la proteína para solubilizarla, así como un agente quelante (EDTA) que remueve los metales pesados y los iones alcalinos contaminantes.
- Nitrógeno total y proteína verdadera por Kjeldahl, se basa en tres pasos fundamentales: digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y a elevada temperatura, para transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. La solución se alcaliniza y el amoniaco liberado se destila para su posterior titulación.
- La disponibilidad de los minerales como Ca, P, Mg, S se estimaron multiplicando la cantidad del elemento extractado durante el análisis por un factor de dilución (FD) y los cálculos se hicieron en forma de porcentaje.

- El porcentaje de nutrientes digestibles totales se determinó a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{NDT} = (0.0504(\% \text{PC}) + 0.077(\% \text{EE}) + 0.02(\% \text{FC}) + 0.011(\% \text{ELN}) + 0.000377(\text{ENN}) - 0.152) / 4,38 * 100$$

NDT: Nutrientes digestibles totales

PC: Proteína cruda

EE: Extracto etéreo

FC: Fibra Cruda

ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

5.3.6. Variables climáticas: se recurrió a datos históricos reportados por el IDEAM desde el año 2002 hasta el 2008. Además de utilizar equipos como altímetro para determinar la altitud, luxómetro para la luminosidad e higrotermógrafo para la temperatura y humedad relativa.

5.3.7. Variables biológicas: Para la evaluación de la mesofauna, en cada uno de los lugares seleccionados se realizó un bloque de 25 cm x 25cm x30 cm, posterior a esto se usó una bandeja para retirar los animales y así poder evaluar el número de individuos por metro cuadrado. Basado en el técnica descrita por el manual de distribución vertical de macro invertebrados.

5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Se utilizó un análisis de componentes principales (ACP), para determinar las variables cuantitativas y se tomaron las variables que obtuvieron un coeficiente de variación mayor al 20%, para eliminar las variables que se encontraron altamente correlacionadas se realizó un análisis de correlación de Pearson, dejando para el análisis de componentes principales (ACP) tan solo una de ellas. Para este procedimiento se utilizó el software SASS.

Las variables que se incluyeron al análisis de componentes principales son:

- Proteína
- Biomasa
- Ceniza
- Extracto Etéreo
- Lignina
- Celulosa
- Calcio del forraje
- Azufre del forraje
- Proteína Verdadera
- pH

- Materia Orgánica
- Capacidad de campo
- Infiltración
- Calcio del suelo
- Magnesio del suelo
- Potasio
- Manganeso
- Boro
- Azufre disponible
- Temperatura
- Precipitación

Para las variables cualitativas se utilizó un análisis de correspondencia múltiple (ACM). Para este procedimiento se manejó el software SPSS.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. VARIABLES AGRONÓMICAS

Con respecto a las variables analizadas, es relevante indicar que para la realización de la toma de muestras del pasto en estudio se seleccionaron sitios donde se observó una alta cantidad de biomasa, por lo que las variables productivas y bromatológicas no presentaron diferencias muy significativas.

Como se indica en la Tabla 3, los datos de producción de biomasa seca encontrados son 16,79; 14,14 y 9,3 T MS/ha/corte para Pasto, Mocondino y San Fernando, respectivamente; con un promedio general de 13,41 T MS/ha/corte, donde se puede observar que hay diferencias significativas entre Pasto y San Fernando, debido posiblemente al intervalo que presentan estos lugares en cuanto al periodo de recuperación.

Este comportamiento productivo fue similar al reportado por Cárdenas⁶⁹, quien obtuvo rendimientos en condiciones naturales para Saboya de 10 a 15 T MS/ha/corte.

Los periodos de recuperación que se encontraron para San Fernando, Pasto y Mocondino son de 53,00, 44,00 y 42,33 días, respectivamente. Según estos datos se observa que en Mocondino y Pasto no existe una variación significativa, mientras que para la zona de San Fernando se presenta un periodo de recuperación mayor, es posible que esta diferencia esté relacionada con la precipitación, pues de acuerdo a Lascano y Spain:

La cantidad, frecuencia e intensidad de precipitación pluvial son cruciales en la distribución de las plantas sobre la tierra. La importancia ecológica del agua deriva del efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que actúa en ellas como contribuyente, solvente, reaccionante y reguladora de su temperatura⁷⁰.

⁶⁹ CARDENAS, A. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. Universidad Nacional de Colombia: Bogotá. 2001. p. 8

⁷⁰ LASCANO, Carlos y SPAIN, James. Establecimiento y Renovación de Pasturas. Cali: CIAT.p. 104-105.

Estos datos de periodo de recuperación son mayores a los que reporta Estero⁷¹, quien indica para el pasto Saboya un rango de periodos de recuperación de 28 – 42 días. Es posible que esto se deba a la diferencia de alturas de la zona de estudio y a los demás factores climáticos, edáficos y químicos que influyen en el crecimiento del pasto.

En cuanto a las condiciones climáticas, se obtuvo un promedio general para temperatura de 9,66 °C, para precipitación 1048,3 mm/año, y una humedad relativa de 79,6%, valores muy estrechos en todas las zonas de estudio.

⁷¹ ESTERO. *Holcus lanatus* L., Hoja técnica No. 10. 2004. (consultado el: 03/03/09), [disponible en internet] <http://www.estero.com.uy/wp-content/uploads/2008/08/holcus.pdf>

Tabla 3. Datos de las variables productivas

LUGARES		P.REC.1 (Días)	PX BIOMASA (kg/m ²)	P.REC.2 (Días)	PX BIOMASA (kg/m ²)	P.REC.3 (Días)	PX BIOMASA (kg/m ²)	P. RECUP (Días)	PX BIOMASA (Kg/m ²)	PX BIOM MS (ton/ha)
MOCONDINO	M1	44	5,6	43	6,8	48	5,6	45	6	16,386
	M2	41	4,8	37	5,2	42	5,0	40	5	13,075
	M3	43	4,9	42	5,0	41	5,1	42	5	12,97
								42,33	5,33	14,14
SAN FERNANDO	SF1	53	5,2	48	4,9	49	4,9	50	5	9,235
	SF2	55	4,2	55	5,3	52	5,5	54	5	9,175
	SF3	55	5,1	55	4,7	55	5,2	55	5	9,52
								53,00	5,00	9,31
PASTO	P1	47	5,9	42	5,6	46	6,5	45	6	16,032
	P2	45	5,7	47	5,6	43	5,6	45	6	15,886
	P3	42	5,6	45	5,8	39	6,5	42	6	18,45812
								44,00	5,86	16,79

6.2. VARIABLES BROMATOLÓGICAS

Como se puede observar en la Tabla 4, el porcentaje de materia seca es de 28.63, 26.47 y 18.62 % para Pasto, Mocondino y San Fernando respectivamente, y como promedio general se obtuvo un valor de 24.53%, en comparación con los datos reportados por el ICA⁷², se considera que esta dentro del rango medio para este pasto.

En la misma Tabla se observa un promedio general para fibra cruda de 37.67%, que es considerado como un valor alto, negativo para la alimentación animal; debido a que este alto valor indica que el pasto es menos digestible.

Al respecto, Church y Pond⁷³ mencionan que se considera un nivel alto de fibra en un pasto cuando éste es mayor a 18%, lo cual le confiere una menor digestibilidad, siendo estas 2 características inversamente proporcionales.

Además, se encontró un promedio general de 11.53% considerado como alto para proteína cruda, este valor se debe posiblemente a que las muestras de forraje se tomaron en época de prefloración, momento en el cual los niveles de nitrógeno son mayores.

Además, es posible que haya una relación directa entre este valor y el periodo de recuperación ya que como se mencionó anteriormente, se obtuvieron valores altos de periodo de recuperación. Al respecto, Urbano, Arriojas y Dávila⁷⁴ afirman que, el porcentaje de las proteínas de las gramíneas declina rápidamente entre los 40 a 60 días.

En este sentido, Apráez, Burgos y Caycedo⁷⁵ reportan que el valor nutritivo de los pastos no permanece constante. Una vez que llega a cierto estado vegetativo, los nutrientes empiezan a descender. Generalmente, cuando los pastos han completado su floración y empieza a madurar y lignificarse, disminuye el contenido de proteína, la digestibilidad y palatabilidad.

En la Tabla N° 4 se observa un promedio general de 38.04% para fibra detergente ácida (FDA), con valores de 41.26, 40.91 y 31.96 % para Pasto, Mocondino y San Fernando respectivamente; según el ICA⁷⁶, estos porcentajes son considerados como altos.

⁷² INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Programa de pastos y forrajes, 1994. 3 p.

⁷³ CHURCH, D. C. y POND, W. G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. México: Limusa, 1998. p. 311.

⁷⁴ URBANO, Diannelis; ARRIOJAS, Isamael y DÁVILA, Ciro. Efecto de la fertilización en la asociación Kikuyo-Alfalfa (*Pennisetum clandestinum* – *Medicago sativa*).

⁷⁵ APRÁEZ, E. BURGOS, A y CAYCEDO, A. Digestibilidad aparente de los pastos alfalfa, imperial, maíz y Saboya en cuyes. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1991. p 26.

⁷⁶ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Op. cit., p. 3.

El valor obtenido para FDA es cercano al reportado por Laredo y Cuesta (1988), citado por Estrada, el cual indica un % de FDA de 36,1 para el pasto Saboya en estado de prefloración.

Al respecto, Cheeke afirma: “Los porcentajes de FDA generalmente dan una visión de la fracción indigerible, sin embargo, la mayor o menor digestibilidad de estos componentes depende en gran medida de las características de los enlaces donde está presente la lignina”⁷⁷.

Además, se encontró un promedio general para la fibra detergente neutra (FDN) de 63,38%, en donde se reportan valores de 69,05, 66,37 y 54,7% para Mocondino, Pasto y San Fernando respectivamente, de acuerdo a las tablas reportadas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)⁷⁸, son valores altos y considerados como buenos porque ésta representa la parte digestible de la planta.

Los resultados de esta investigación se asemejan a lo reportado por Bernal⁷⁹, quien afirma que los componentes de la pared celular incluidos en la fracción fibra detergente neutro constituyen el 40-80 % de la pared celular de la materia seca, siendo esta mayor en pastos maduros con deficiencia de nutrientes en el suelo.

Para la lignina se indican valores medios de 7.7% como promedio general entre las tres localidades, este valor corrobora lo dicho anteriormente en el presente estudio, el pasto Saboya tiene un valor de lignina medio relacionado directamente con el periodo de recuperación.

Situación que respalda Duthil⁸⁰, argumentando que ésta es una gramínea vivaz y precoz, pero que tiene una lignificación bastante rápida y por esta razón es poco productiva.

En cuanto a los valores energéticos del pasto, se reporta un valor de nutrientes digestibles totales (NDT) de 54.86% en promedio; que según datos reportados por el ICA⁸¹, este porcentaje se considera bajo; sin embargo, de acuerdo a lo reportado por Apráez, este valor suele oscilar entre 55-58%. Este NDT pudo deberse principalmente a los contenidos de nitrógeno en los suelos que le permitió a la planta tener mejores reservas de carbohidratos solubles; así mismo, se debe al contenido de nutrientes, valores de pH y materia orgánica del suelo.

⁷⁷ CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. 1ra edición. Zaragoza, España: Acribia, 1995. p. 127.

⁷⁸ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Op. cit., p. 3.

⁷⁹ BERNAL, Op.cit., p.89

⁸⁰ DUTHIL, Op. cit., p. 37.

⁸¹ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Op. cit., p. 3.

Tabla 4. Variables bromatológicas del pasto Saboya (*Holcus lanatus*)

	MOCONDINO				SAN FERNANDO				PASTO			PROM	
	M1	M2	M3	X	SF1	SF2	SF3	X	P1	P2	P3	X	GEN
MS %	27,31	26,15	25,9	26,47	18	18,4	19	18,62	26,7	28,2	31	28,63	24,57
Ceniza %	10,38	10,7	9,1	10,06	10	9,89	9,84	10,04	10,2	6,95	9,5	8,88	9,66
EE%	2,06	1,94	1,97	1,99	2,4	2,47	2,82	2,57	2,37	1,31	1,87	1,85	2,14
FC%	37,42	44,63	39,3	40,43	31	31,6	24,1	29,03	38,2	39,88	34,7	37,56	35,67
P.CRUDA%	9,8	11,05	9,92	10,26	15	15,1	17,7	15,92	10,1	8,17	7	8,43	11,54
ENN%	40,33	31,68	39,8	37,26	41	40,9	45,6	42,44	39,2	43,7	46,2	43,02	40,91
FDN%	68,84	69,05	69,3	69,05	57	57,3	49,7	54,72	64,9	67,87	66,4	66,37	63,38
FDA%	41,18	39,47	42,1	40,91	33	31,5	31,8	31,96	38,3	44,15	41,3	41,26	38,04
LIGNINA%	7,61	7,1	8,44	7,72	4,9	5,12	8,49	6,18	7,91	10,76	8,99	9,22	7,71
CELULOSA%	33,57	32,28	33,6	33,16	28	26,4	23,3	25,78	30,4	33,38	32,3	32,04	30,33
HEMICEL%	27,67	29,68	27,2	28,18	25	25,8	18	22,79	26,5	23,72	25,1	25,11	25,36
CALCIO%	0,22	0,21	0,16	0,2	0,2	0,25	0,27	0,25	0,23	0,15	0,25	0,21	0,22
FOSFORO%	0,26	0,2	0,23	0,23	0,5	0,45	0,4	0,44	0,31	0,28	0,2	0,26	0,31
MAGNESIO%	0,18	0,16	0,14	0,16	0,1	0,12	0,13	0,12	0,18	0,11	0,16	0,15	0,14
AZUFRE%	0,12	0,17	0,11	0,13	0,2	0,16	0,2	0,18	0,1	0,12	0,08	0,1	0,14
N. TOTAL %	1,57	1,77	1,59	1,64	2,4	2,41	2,83	2,55	1,62	1,31	1,24	1,39	1,86
PROT. V	7,36	7,47	7,14	7,32	10	8,72	12,8	10,62	7,61	5,89	5,82	6,44	8,13
NDT%	53,59	49,62	52,9	52,04	57	57,4	62,2	58,81	52,8	53,85	54,6	53,73	54,86

6.3. VARIABLES EDÁFICAS

6.3.1. Química de suelos: En el presente estudio, se encontró que el suelo tiene un pH promedio de 5,25. Según Osorio y Roldán⁸², las plantas tienen un desarrollo normal cuando el suelo presenta un pH de 5 – 8.

Respecto al pH, Berlijn indica que: “El pasto Saboya es una especie perenne, alta de clima templado. Crece en diversos tipos de suelo y bajo condiciones secas o húmedas, particularmente cuando el suelo es ácido”⁸³.

En el mismo sentido, Osorio y Roldán⁸⁴ mencionan que el pasto Saboya crece muy bien en suelos pobres, ácidos, como también en ricos en materia orgánica.

Los suelos estudiados presentan una materia orgánica promedio de 8,07%, donde el valor más alto fue para Pasto con 12.11%, seguido de San Fernando con 7,57% y Mocondino con 4,53%, para los casos de Pasto y San Fernando estos contenidos de materia orgánica posiblemente se debieron a la influencia del pH, ya que cuando el suelo presenta acidez, la materia orgánica tiende a aumentar debido a que se disminuye su descomposición por parte de los organismos del suelo.

Estos datos corroboran el estudio de Bernal⁸⁵, donde indica que en Colombia se encuentra que la materia orgánica tiende a aumentar con la altura sobre el nivel del mar.

De acuerdo con Sanint, citado por Estrada⁸⁶, este valor obtenido de materia orgánica para clima frío es estimado como un porcentaje medio.

En este sentido, García reporta un comportamiento similar para la materia orgánica argumentando que: “En clima frío, se puede observar una frecuencia de valores medios de M.O, debido posiblemente a las bajas temperaturas y menor descomposición y acción de los microorganismos del suelo, acompañado en muchos casos por un pH bajo”⁸⁷.

Los resultados obtenidos de Nitrógeno fueron en general de 0,33%. Según Sanint, citado por Estrada⁸⁸, se encuentra en una clasificación media para clima frío.

⁸² OSORIO Y ROLDAN. Op. cit. P. 17

⁸³ BERLIJN, Op. cit., p. 18.

⁸⁴ OSORIO y ROLDAN. Op. cit. p.66

⁸⁵ ESTRADA ALVAREZ. Op. cit., p. 50.

⁸⁶ Ibid. p. 50

⁸⁷ GARCIA, B. Características químicas y la fertilidad de los suelos con énfasis en el departamento de Nariño. CORPOICA. Pasto, Obonuco, 2000. p.15.

⁸⁸ Ibid. p. 58

Este valor de Nitrógeno se relaciona con el valor de nutrientes digestibles totales (NDT), reportado en este estudio, ya que los dos valores son considerados medios y es de conocimiento que al aumentar el contenido de nitrógeno en el suelo es posible que aumente la energía del pasto.

La anterior afirmación es corroborada por Benitez, quien afirma que: “El nitrógeno presente en el suelo puede mejorar sustancialmente los niveles energéticos del mismo por el incremento en los extractos libres de nitrógeno, que se constituyen como reservas potenciales de energía para la planta”⁸⁹.

Para capacidad de intercambio catiónico (CIC) se encontró un promedio de 27.54 meq/100g, catalogado por el ICA⁹⁰ como un valor alto, lo cual es corroborado por Salamanca⁹¹, quien afirma que valores superiores a 20 meq/100g indican una capacidad de intercambio catiónico alta. Esto se debe posiblemente a que en las zonas de estudio predominó el tipo de suelo franco arcilloso, además de una cantidad media de materia orgánica, por lo que se puede afirmar que estas dos propiedades están relacionadas de manera directa e influyen de forma positiva en la fertilidad del suelo, esto se debe principalmente a que la materia orgánica y la arcilla presentan cargas negativas que genera que los cationes sean atraídos a estos materiales del suelo.

El mismo autor⁹² afirma que la CIC es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos y está estrechamente relacionada con la fertilidad del mismo. Esta capacidad de intercambio catiónico depende de la naturaleza y de la cantidad de coloides presentes en el suelo, por tanto los que tienen gran cantidad de arcillas y materia orgánica tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico que los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica.

Bernal *et al* aseguran que “la capacidad de intercambio de cationes depende principalmente del contenido y naturaleza de la arcilla, contenido de materia orgánica y pH”⁹³.

Al respecto, Mila argumenta que:

El primer fenómeno biológico importante es la fotosíntesis, el segundo vital para el desarrollo vegetal, especialmente en las pasturas es la CIC del suelo que se constituye para la planta en: (1) Reserva inmediata de nutrientes; (2) la producción vegetal depende de los nutrimentos

⁸⁹ BENITEZ, C. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1983. p. 676.

⁹⁰ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Op. cit., p. 3.

⁹¹ SALAMANCA. Rafael. Op cit. p. 133

⁹² Ibid., p. 109

⁹³ BERNAL, Javier *et al*. Factores ecológicos en la producción de forrajes. En: Establecimiento y manejo de pastos y forrajes. 2 ed. Bogotá. 1983. p. 32.

cambiables que pasan a la solución del suelo y alimentan la planta; (3) la CIC controla pérdidas de nutrientes por lavado debido a la fuerza de retención de las arcillas⁹⁴.

En el estudio se encontró, en general, valores altos de minerales, para fósforo de 38.77 mg/kg, potasio de 2.08 cmolcarga/kg y para calcio de 8.93 cmolcarga/kg, estos altos contenidos de minerales posiblemente se deben a que los suelos estudiados son de origen volcánico y además a los niveles medios de materia orgánica.

6.3.2. Física de suelos: Se encontró un valor de densidad aparente promedio de 0,91 g/cc (Tabla 5), obteniendo resultados menores a 1 en todos los lugares estudiados. Según Montenegro y Malagón, “la densidad aparente es afectada por el contenido de materia orgánica, los valores más bajos (menores a 1g/cm²) se obtienen en suelos orgánicos. En estos mismos suelos, en la medida que el contenido de materia orgánica disminuye, se incrementan los valores de densidad aparente”⁹⁵.

Castro⁹⁶ menciona que la densidad aparente del suelo varía generalmente entre 1.0 y 1.8 g/cm². Los suelos orgánicos y los suelos minerales con altos contenidos de materia orgánica, tienen una densidad aparente menor debido a su gran porosidad y liviandad. En suelos derivados de ceniza volcánica (negros con alta materia orgánica) los valores de densidad aparente llegan en algunos casos a ser menores que la unidad, con la disminución de la materia orgánica aumenta el valor de densidad aparente.

Los resultados obtenidos, en general, para porosidad fue de 60,7%; Goriyenko, citado por Castro⁹⁷, asegura que el rango óptimo para la porosidad total se considera entre 50 y 55%. Valores extremos para esta variable puede ocasionar impedimento para la profundización de raíces o lixiviación de nutrientes.

En cuanto a la infiltración, se encontró un valor general de 7,24 cm/h, y para la penetrabilidad de 17,66 que, de acuerdo con Montenegro y Malagón, son calificados como rápida y leve respectivamente.

Para Mila, lo deseable es que los suelos tengan mayor infiltración para su propia conservación, ya que en suelos desnudos la infiltración disminuye notablemente, incidiendo en la degradación y grandes pérdidas de suelo⁹⁸.

⁹⁴ MILA. Op. cit. p. 32.

⁹⁵ MONTENEGRO, G.H. Y MALAGÓN, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: INAC, 1990, 813p

⁹⁶ CASTRO FRANCO, Hugo E. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Tunja: Produmedios, 1998. p. 124

⁹⁷ Ibid. p. 125

⁹⁸ MILA. Op.cit. p. 16.

Tabla 5. Datos del análisis edáfico de las zonas de estudio.

	MOCONDINO				SAN FERNANDO				PASTO				PROM
	M1	M2	M3	X	SF1	SF2	SF3	X	P1	P2	P3	X	GEN
pH	5,4	5,5	5,1	5,33	5,3	5	5	5,1	4,9	5,6	5,5	5,33	5,25
MAT. ORG%	2,1	9,7	1,8	4,53	7,2	7,4	8,1	7,57	9,5	12,1	14,7	12,11	8,07
DA (g/cc)	0,98	1	1,06	1	0,95	0,86	0,82	0,88	0,89	0,87	0,79	0,85	0,91
Dens. Real g/cc	2,52	2,4	2,41	2,43	1,95	1,32	2,34	1,87	2,36	2,42	2,25	2,34	2,21
Capac. Campo %	35,5	69	40,1	48,03	38,03	47,3	46	43,78	54,2	48,9	45,2	49,43	47,08
Penetr. Kgf/cm2	20	23	20	21	15	17	22	18	12	15	15	14	17,67
Infiltración (cm/h)	10,9	12	11,2	11,3	3,5	4,2	12,3	6,67	2	3,2	6,1	3,77	7,25
Porosidad %	61,11	59	56,02	58,76	51,28	62,9	64,96	59,72	62,29	64,1	64,89	63,74	60,74
Fosforo (mg/Kg)	15,4	19	10,4	14,97	63,3	71,9	72,9	69,37	52,3	22,5	21,1	31,97	38,77
CIC (cmolcarga/Kg)	19,2	29	15,2	21,17	26,4	32,5	29,4	29,43	29,8	34,9	31,4	32,03	27,54
Ca (cmolcarga/kg)	5,87	12	4,28	7,37	10,68	9,36	9,57	9,87	6,35	11,5	10,86	9,57	8,94
Mg (cmolcarga/kg)	1,86	2,2	1,31	1,78	1,54	1,14	1,21	1,3	1,51	1,14	1,21	1,29	1,46
K (cmolcarga/kg)	1,2	1,3	2,21	1,56	2,09	1,53	0,77	1,46	2,33	4,7	2,67	3,23	2,08
Al (meq/100g)	0,1	0	0,1	0,07	0,1	0,21	0,31	0,21	0,54	0	0	0,18	0,15
Fe (mg/Kg)	173	316	139	209,33	274	260	314	282,67	351	370	436	385,67	292,56
Mn (mg/Kg)	3,7	26	6,4	12,17	10,1	7,9	25,8	14,6	8,2	9,9	10,5	9,53	12,10
Cu (mg/Kg)	1,17	3,2	0,74	1,7	4,45	4,22	3,97	4,21	2,54	3,69	4,64	3,62	3,18
Zinc (mg/Kg)	1,95	2,8	1,69	2,13	2,55	2,32	2,4	2,42	1,95	2,61	2,49	2,35	2,30
Boro (mg/Kg)	0,08	0,1	0,06	0,09	0,13	0,17	0,18	0,16	0,13	0,08	0,09	0,1	0,12
N total	0,11	0,4	0,09	0,2	0,31	0,32	0,34	0,32	0,39	0,47	0,55	0,47	0,33
C Orgánico	1,23	5,6	1,02	2,62	4,19	4,3	4,69	4,39	5,51	0,07	0,0854	1,89	2,97
S disp. (ppm)	5,89	7,8	13,53	9,08	3,37	8,6	3,07	5,01	6,95	4,03	3,94	4,97	6,35

6.4. FAUNA DEL SUELO

Como se indica en la Tabla 6, el valor más alto del número de individuos se encuentra en Mocondino con 1536 ind/m², seguido por San Fernando con 1376 ind/m² y en último lugar Pasto con 1104 ind/m².

Tabla 6. Densidad de organismos ind/m² de suelo.

ORDEN: FAMILIA	MOCONDINO			SAN FERNANDO			PASTO					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
OLIGOCHAETAS	96		48	144	64	48	48	160	32	32	16	80
COLEOPTERA	320	288	112	720	128	96	352	576	96	240	64	400
ORTHOPTERA	48		32	80	32			32			16	16
DIPLOPODO	48			48			96	96		64		64
HEMIPTERA	64	32	48	144	64	80		144		32	80	112
DIPTERA	80	32	16	128	16			16	16			16
ARACNIDA	48		16	64	16		64	80	32	64		96
GASTEROPODA	32	32		64			16	16	32			32
LEPIDOPTERA		48	32	80							16	16
COLLEMBOLA		32		32								
ACARI			32	32		96		96	32	32		64
CHILOPODA					32	32		64	32	112		144
HIMINOPTERA							96	96		32		32
DERMAPTERA									32			32
				1536				1376				1104

En Mocondino se encontró que la mayor participación de individuos son del orden Coleóptera (cucarrones), correspondiente al 47%, seguido por las Oligochaetas (lombrices de tierra), Hemípteras (chinchas), Dípteras (moscas) con el 9%, y en una menor participación del 5% se encuentran los individuos del orden Orthoptera (saltamontes), Diplopodo (mil pies), Aracnida (arañas), Lepidóptera (polillas), Gasterópoda (babosas) y Acari (acaros), Collembola. Como se indica en la Figura 1.

En la zona de San Fernando la participación más sobresaliente es la del orden Coleópteras (cucarrones) con el 42%, seguidas por Oligochaetas (lombrices de tierra) con 12%, Hemiptera (chinchas) con el 10%, y los ordenes Orthopteras (saltamontes), Diplópodos (mil pies), Dipteras (moscas), Aracnida (arañas), Gasteropoda (babosa), Acari (acaros), Chilopoda (cien pies) e Himenóptera (hormigas) con valores inferiores al 7% (Figura 2).

Figura 1. Participación relativa (%) de los organismos del suelo de Mocondino.

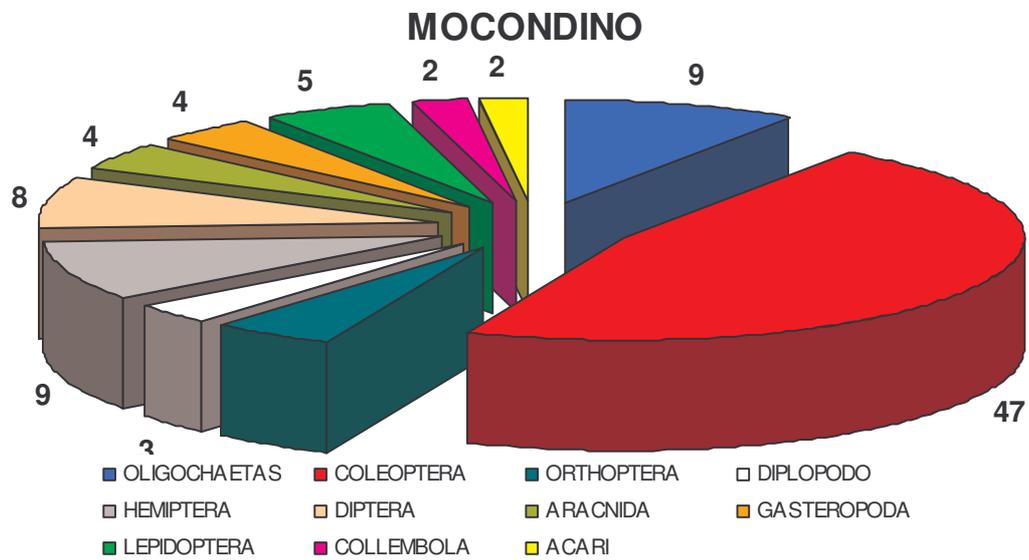
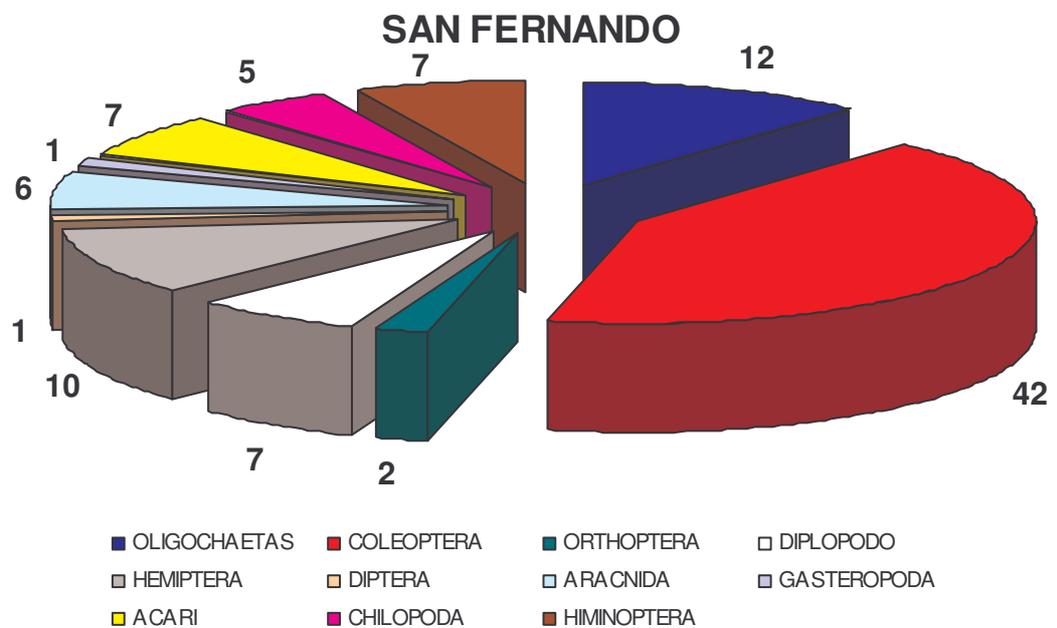
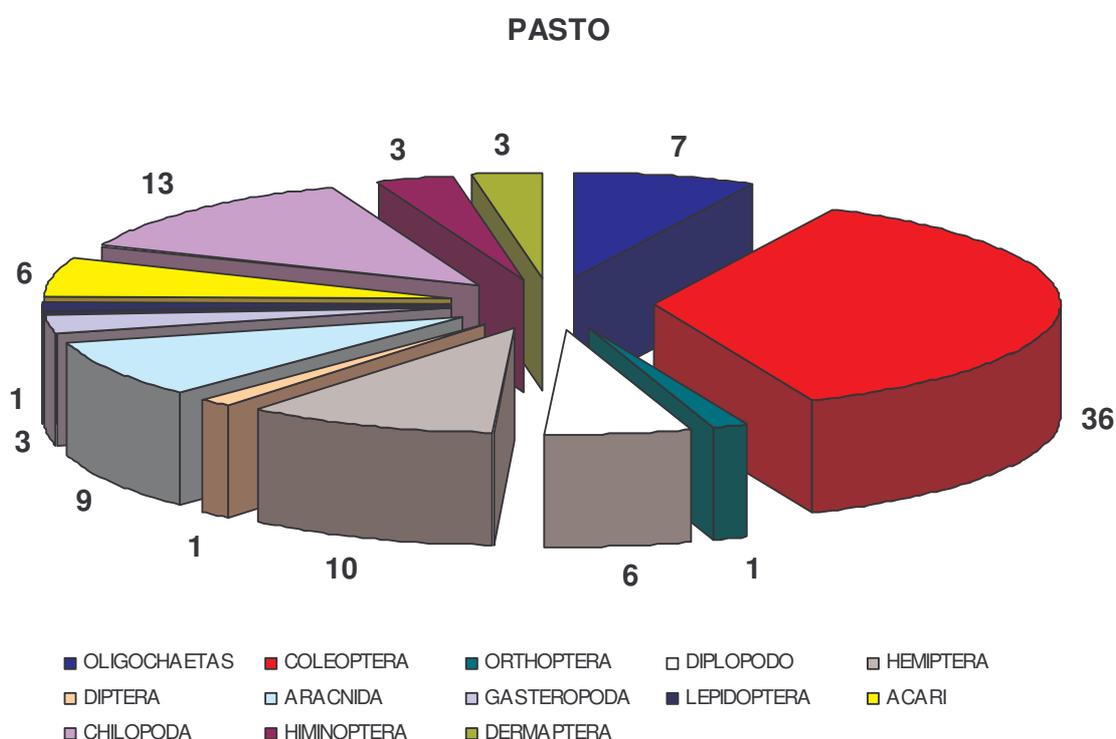


Figura 2. Participación relativa (%) de los organismos del suelo de San Fernando.



Como se indica en la Figura 3, en Pasto la mayor cantidad de individuos es del orden Coleóptera (cucarrones) con una participación del 36%, seguida por individuos del orden Chilopoda (cien pies) con un 13 %, el orden Hemíptera (chinchas) con el 10%, y los órdenes con participación relativa más baja son las Oligochaetas (lombrices de tierra), Orthopteras (saltamontes), Diplopodo (mil pies), Diptera (moscas), Arácnida (arañas), Gasterópoda (babosa), Lepidóptera (polilla), Acari (ácaros) y Dermáptera (tijeretas) con valores inferiores al 9%.

Figura 3. Participación relativa (%) de los organismos del suelo de Pasto



Los individuos de mayor participación en todos los lugares, fueron los del orden coleóptera, importantes ya que favorecen la aireación y en general mejoran las condiciones físicas del suelo, haciendo que los nutrientes estén disponibles para las plantas.

Malangón afirma que los insectos de coleóptera en sus estados inmaduros y adulto modifican el suelo al abrir canales y túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación; la construcción de crotovinas por dichos organismos incorpora materia orgánica (estiércol y restos vegetales) en los horizontes

vegetales; además, los niveles de fósforo y potasio aprovechables en la reacción suelo- planta⁹⁹.

El IGAC sustenta que:

Los coleópteros coprófagos son sin duda alguna muy importantes en la descomposición del estiércol y su posterior incorporación al suelo. Sus estados inmaduros y adultos modifican el suelo al abrir canales y túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación; la construcción de canales por dichos organismos incorpora materia orgánica (estiércol y restos vegetales) en los horizontes inferiores; además los elementos excretados por los escarabajos aumenta los niveles de fósforo y potasio aprovechables en la relación suelo planta¹⁰⁰.

Rodriguez afirma que, "los organismos del orden coleóptera alcanza su mayor representación en los suelos de la región andina, por encima de los 2800 metros así como los bosques húmedos tropicales"¹⁰¹.

Además, como se aprecia en la Tabla 7, en Mocondino, San Fernando y Pasto, se puede observar que existe una relación inversa entre el número de individuos, con relación a la materia orgánica y nitrógeno total, ya que, medida que aumentan los valores de nitrógeno total y materia orgánica disminuye el número de organismos en el suelo.

Según Estrada,

La actividad biológica es también mayor a niveles de pH 7, de manera que se incrementa la descomposición de la materia orgánica del suelo y la liberación de nutrientes como N, P, S hacia formas asimilables por las plantas.

Además, el mismo autor menciona que, del 97 al 98% del nitrógeno aprovechable por la planta proviene de la materia orgánica y ésta tiene que ser descompuesta por microorganismos, para producir amonio y nitratos que son la fórmula más utilizada por las plantas; a pH bajo la actividad de los microorganismos se restringe seriamente¹⁰².

⁹⁹ MALAGON, Dimas. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. 1995, p. 258.

¹⁰⁰ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santa Fé de Bogotá. 1995. p. 257-25.

¹⁰¹ RODRÍGUEZ, Claudia. Caracterización físico química del suelo en tres coberturas vegetales y su relación con la macro fauna del suelo en la vereda la Josefina del Municipio de Pasto, Nariño. San Juan de Pasto. 2005. p. 75. Trabajo de Grado (Ingeniero agroforestal) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

¹⁰² ESTRADA ÁLVAREZ, Julián. Op. cit. p. 50-51.

Como se observa en la Tabla 7, existe una relación inversa entre la materia orgánica y el número de organismos presentes en el suelo, es posible que esto se deba a que hay un menor número de organismos que descomponen la materia orgánica, por lo tanto ésta se encuentra presente en mayor cantidad en el suelo.

Según Bernal¹⁰³, el alto contenido de materia orgánica que se encuentra en la región andina se debe posiblemente a las bajas temperaturas, precipitaciones adecuadas para mayor producción de biomasa y menor descomposición por acción de los microorganismos, esta menor actividad microbiana se puede deber a las bajas temperaturas y pH bajo.

Tabla 7. Medidas de tendencia de dispersión de organismos del suelo.

VARIABLES	MOCONDINO			SAN FERNANDO			PASTO		
	MED	SD	CV	MED	DESV	CV	MED	DESV	CV
pH	5,33	0,17	3,19	5,10	0,14	2,77	5,33	0,31	5,80
Materia orgánica	4,53	3,66	80,63	7,57	0,39	5,10	12,13	2,12	17,5
Nitrógeno Total	0,20	0,14	70,83	0,32	0,01	3,86	0,47	0,07	13,9
Carbono Orgánico	0,03	0,02	80,84	0,04	0,00	4,88	0,07	0,01	17,57
Organismos	512	166,79	32,58	458,67	150,85	32,8	368	175,76	47,7

Cabe resaltar que, en promedio, la relación C/N fue de 15%, lo que significa que es un indicativo de que existe una alta mineralización. A pesar que en Pasto existe menor número de individuos, es uno de los lugares donde se encuentra mayor contenido de materia orgánica activa, posiblemente se deba a que se encuentra mayor número de individuos transformadores de materia orgánica en humus.

Estrada afirma que la relación C/N da una idea de los procesos que están regulando el estado de nitrógeno en el suelo, cuando es mayor de 12, es alta, con una mineralización lenta y el aporte de nutrimentos por la materia orgánica es poco eficiente¹⁰⁴.

6.5. TEXTURA vs FAUNA DEL SUELO

Este análisis tiene dos dimensiones, una que es el suelo franco-arcilloso y la otra el tipo franco; dada esta circunstancia, los resultados que se obtuvieron son tan sólo un indicativo, por lo cual no se puede tomar estos datos como una base real

¹⁰³ BERNAL, Javier. Op cit.,p.66.

¹⁰⁴ ESTRADA, Op. cit., p.59.

para próximos estudios, sino que se debe ampliarlo con los diferentes tipos de suelos.

Guerrero¹⁰⁵ afirma que los suelos francos son suelos ideales porque tienen una proporción equilibrada entre arena, limo y arcilla. Presentan propiedades físicas y químicas óptimas para el crecimiento de las plantas.

El mismo autor afirma que el suelo franco arcilloso, al ser poco permeable y retener mayor proporción de agua, puede proporcionarle a la planta mayor cantidad de nutrientes.

El análisis de correspondencia múltiple (ACM) se realizó con el fin de comparar la textura del suelo con la cantidad de individuos presentes, donde se encontró para el tipo de suelo Franco un porcentaje del 41% de Coleópteras, le sigue las Oligochaetas y Hemípteras con un porcentaje alrededor del 11%, y los ordenes Orthoptera, Diplopodo, Gasterópoda, Díptera, Lepidóptera, Acari, Chilopoda y Dermáptera, con un valor inferior al 7%, como se indica en la Tabla 8.

Para el suelo Franco arcilloso se encontró que el 42% del total de individuos en este tipo de suelo son Coleópteras, le siguen las Oligochaetas y Hemípteras con un porcentaje entre el 9 al 10% y las Orthopteras, Diplopodo, Díptera, Gasterópoda, Lepidóptera, Collembola, Acari, Chilopoda y Dermáptera con un valor inferior al 6%.

Como se mencionó anteriormente y de acuerdo a este análisis, se observa que el mayor número de organismos lo representa el orden coleóptera; debido a que la diferencia no es significativa, se puede afirmar que los individuos del orden coleóptera tienen preferencia por habitar en suelos de textura franca.

¹⁰⁵ GUERRERO ERAZO. Omar, Biblioteca del campo, suelos, granja integral autosuficiente. Bogotá: Printer colombiana. 2008.p.7.

Tabla 8. Analisis de correspondencias multiples (ACM), Histograma de frecuencias para variables categorizadas.

Perfiles de fila

Textura	Individuos													
	oligochaetas	coleoptera	orthoptera	diplopodo	hemiptera	diptera	gasteropda	lepidoptera	collembola	acarí	chilopoda	hymenoptera	dermaptera	Margen activo
Franco-arcilloso	,085	,424	,036	,042	,097	,061	,036	,036	,012	,036	,055	,012	,012	1,000
franco	,116	,419	,023	,070	,105	,058	,012	,000	,000	,070	,047	,070	,000	1,000
Masa	,096	,422	,032	,052	,100	,060	,028	,024	,008	,048	,052	,032	,008	

Perfiles de columna

Textura	Individuos													
	oligochaetas	coleoptera	orthoptera	diplopodo	hemiptera	diptera	gasteropda	lepidoptera	collembola	acarí	chilopoda	hymenoptera	dermaptera	Masa
Franco-arcilloso	,583	,660	,750	,538	,640	,667	,857	1,000	1,000	,500	,692	,250	1,000	,657
franco	,417	,340	,250	,462	,360	,333	,143	,000	,000	,500	,308	,750	,000	,343
Margen activo	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	

Ademas, de acuerdo a la Tabla 9, se observó que el tipo de suelo franco-arcilloso le confiere las condiciones óptimas para que se desarrollen los individuos del suelo que pertenecen al orden Díptera, Hemíptera, Coleóptera; y para el tipo de suelo Franco es el medio adecuado para el orden Himinoptera, Dermáptera, Lepidóptera y Collembola; por tal razón, si se encuentran estos individuos en el suelo de la pradera se puede hablar de que son un indicativo para definir de algún modo el tipo de suelo al que pertenecen.

Tabla 9. Peso de las variables biológicas con respecto al tipo de suelo

Confianza para Puntos de columna

	Desviación típica en la dimensión
Individuos	1
oligochaetas	,044
coleoptera	,033
orthoptera	,047
diplopodo	,056
hemiptera	,034
diptera	,033
gasteropda	,081
lepidoptera	,132
collembola	,132
acarí	,069
chilopoda	,035
hyminoptera	,158
dermaptera	,132

6.6. ANÁLISIS POR COMPONENTES PRINCIPALES. El objetivo del análisis de componentes principales es formar una variable sintética, a partir de variables que estén cerca o que tengan similitud entre ellas; en este análisis se obtuvieron 6 factores o componentes, de los cuales hasta el tercero se explica el 69.26% de la variabilidad de la información introducida al análisis, como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la correlación (variables cuantitativas)

The SAS System

The FACTOR Procedure

Initial Factor Method: Principal Components

	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
1	6.69	2.28	0.31	0.31
2	4.4	0.88	0.209	0.52
3	3.52	0.65	0.16	0.69
4	2.86	1.42	0.13	0.83
5	1.44	0.21	0.06	0.9
6	1.2	0.63	0.05	0.96
7	0.59	0.35	0.02	0.98
8	0.24	0.24	0.01	1

La Tabla 11 muestra los pesos de las variables de los tres primeros componentes, los cuales permiten que cada componente sea explicado de la siguiente forma:

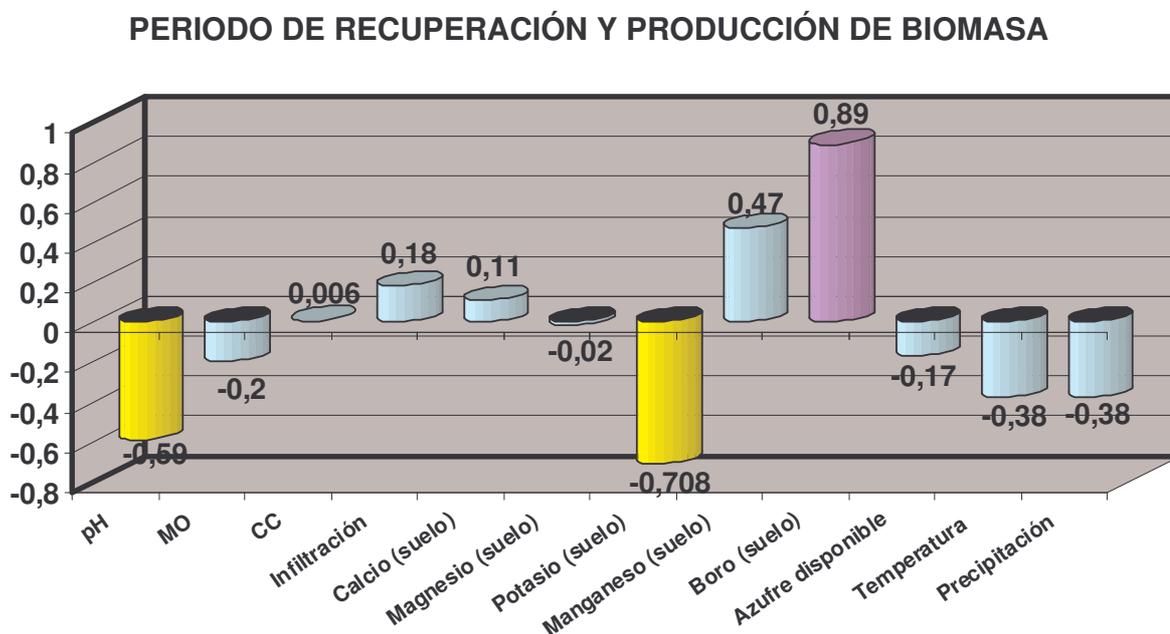
6.6.1. Componente N° 1: Periodo de recuperación y producción de biomasa.

El primer componente representa un largo periodo de recuperación y producción de biomasa; que se ve influenciado inversamente por el pH y el potasio del suelo. En cuanto a los minerales del suelo, el boro influye de manera directa, básicamente esto se debe al efecto que tiene el pH sobre estos elementos del suelo. Cabe destacar que se aprecia una relación muy estrecha y directa entre el periodo de recuperación y el contenido de proteína verdadera, como se indica en la Figura 4, Tabla 1.

Tabla 11. Peso de los tres primeros componentes principales

	<i>Periodo de recuperación y pcc de biomasa</i>	<i>Calcio del forraje</i>	<i>carbohidratos estructurales</i>
pH	-0.59	0.05	0.53
MO	-0.20	0.8	0.42
CC	0.006	0.04	0.53
Infiltración	0.18	-0.6	0.057
Calcio (suelo)	0.11	0.5	0.78
Magnesio (suelo)	-0.02	-0.5	0.08
Potasio (suelo)	-0.708	0.3	0.3
Manganeso (suelo)	0.47	0.04	0.59
Boro (suelo)	0.89	0.3	0.1
Azufre disponible	-0.17	-0,3	-0.16
Temperatura	-0.38	0.61	-0.33
Precipitación	-0.38	-0.82	-0.03

Figura 4. Grado de relación de las variables del componente 1.



- **Producción de biomasa y pH:**
Este componente nos muestra que cuando existen pH fuertemente ácidos la producción de biomasa tiende a disminuir. Es posible que esto se deba, a que el pH tiene influencia sobre algunas propiedades del suelo, disponibilidad de nutrientes para las plantas y crecimiento de las mismas, ya que cuando el pH es fuertemente ácido se presenta un punto crítico, debido a que desaparece el fósforo, el hierro se vuelve tóxico, igualmente el aluminio y el boro, teniendo en cuenta la importancia de todos los minerales para el desarrollo de la planta, bajo estas condiciones en que los minerales no están presentes en el suelo o son tóxicos impiden el crecimiento de la planta y por consiguiente la producción de biomasa. De la misma manera cuando existen pH de estos valores la actividad de los microorganismos se restringe seriamente.

Al respecto, Guzmán¹⁰⁶ menciona que la disponibilidad máxima de los nutrientes primarios es mayor a un valor de pH cercano a la neutralidad, lo cual repercute en el contenido de minerales en el pasto.

Figueredo y Urrego plantean “se llama pH (potencial de Hidrógeno) a la medición o basicidad de una sustancia. El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos ya que de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, bien porque influyen en su solubilidad, como porque controlan la actividad microbiológica”¹⁰⁷.

Para Buckman y Brady, el pH influye en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas a través del efecto directo del ion H⁺ y su influencia sobre la asimilación de los nutrientes, así como la disponibilidad y solubilidad de elementos (Fe, Mn, Zn, B y Cu)¹⁰⁸.

- **pH y periodo de recuperación:** Este componente indica que para tener un corto periodo de recuperación se requiere que el pH este cercano a la neutralidad, ya que de esta manera se aumenta la disponibilidad de elementos minerales necesarios para el desarrollo de las raíces, tejidos y hojas, generando un mayor crecimiento y un adecuado desarrollo vegetativo. Es decir que esta gramínea, al tener mayor disponibilidad de minerales del suelo, incrementa su producción y crecimiento.

En este sentido, Rojas¹⁰⁹ menciona que la planta toma del suelo los elementos químicos necesarios para su vida, con excepción del carbono. De aquí, pues la

¹⁰⁶ GUZMÁN ORTIZ, Manuel. Manual de Fertilizantes para Cultivos de Alto Rendimiento. México: Limusa, 2004, p 12.

¹⁰⁷ FIGUEREDO, Edith y URREGO, Op. cit., p 34.

¹⁰⁸ BUCKMAN, H.O y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. México: UTHEA, 1965, 540p.

¹⁰⁹ ROJAS, Manuel. Fisiología vegetal aplicada. Monterrey: México. Instituto tecnologico y estudios superiores. 1979. p.108.

gran importancia de la presencia y disponibilidad o accesibilidad a la planta de los diversos elementos. El pH del suelo es un factor muy importante en la nutrición y en general en la vida de planta.

Bernal afirma “que la reacción del suelo o pH afecta la disponibilidad de nutrimentos y el desarrollo de las plantas”¹¹⁰.

Para Burbano¹¹¹, el efecto indirecto del pH en la vida de la planta afecta la disponibilidad de los elementos en el suelo y la utilización de los mismos por parte de éste.

Por su parte, Ortega y Chavarro¹¹² sostienen que el pH tiene una influencia directa sobre la disponibilidad y solubilidad de nutrientes para la planta, influye en la clase y actividad biológica del suelo y por lo tanto en la mineralización de la materia orgánica y su efecto sobre la capacidad de intercambio catiónico.

- **Potasio y producción de biomasa:** la participación del potasio en este componente se presenta de manera indirecta, puesto que a bajas cantidades de potasio se reduce la producción de biomasa, debido a que este mineral es vital para el proceso de fotosíntesis, además si hay deficiencia de potasio se reduce la fotosíntesis y la acumulación de carbohidratos y por lo tanto la planta no se provee de energía necesaria para su crecimiento. Cabe anotar la relación existente entre el pH que caracteriza este componente y las bajas cantidades de potasio ya que la acidez en el suelo ocasiona disminución de la disponibilidad de algunos nutrimentos tales como el potasio, calcio y magnesio.

Figueredo y Urrego determinan las siguientes funciones para el potasio:

- Ayuda a la planta a la formación de tallos fuertes y vigorosos.
- Ayuda a la formación de azúcares, almidones y aceites.
- Protege la planta de enfermedades.
- Mejora la calidad de las cosechas.¹¹³

¹¹⁰ BERNAL, Javier. Op cit.,p.164.

¹¹¹ BURBANO, Hernán. Diagnóstico de la acidez del suelo y criterios para la recomendación de cal. En: Diagnóstico fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia: Monómeros Colombo venezolanos. 1988. 34 p

¹¹² ORTEGA, F. Y CHAVARRO, G. Estudio de algunas propiedades físico químicas y de fertilidad de los suelos de Leiva. Nariño- Colombia, 1990. p. 52.

¹¹³ FIGUEREDO Y URREGO, Op. cit., p. 50.

- **Potasio y periodo de recuperación:** este componente nos indica que el periodo de recuperación tiene una relación inversa con el potasio del suelo, esto quiere decir que para que el periodo de recuperación sea menor, el suelo debe tener cantidades adecuadas de potasio. La influencia del potasio hacia el periodo de recuperación se debe principalmente a la importancia de este elemento dentro del proceso de la fotosíntesis, ya que ésta se reduce frente a la deficiencia del potasio, bajo estas condiciones disminuye la acumulación de carbohidratos, generando consecuencias adversas sobre el crecimiento y valor nutritivo del pasto.

Además, una función importante del potasio en el crecimiento de las plantas es la influencia de este elemento en el uso eficiente del agua.

Bernal sostiene que:

El potasio es activador de enzimas involucrado en la fotosíntesis, el metabolismo de proteínas y carbohidratos, participa en la translocación de los carbohidratos, síntesis de proteínas y mantenimiento de su estabilidad, permeabilidad de membranas y control de pH¹¹⁴.

Según Castro:

El potasio le imparte a la planta vigor y resistencia a las enfermedades. Ofrece un carácter de turgencia a las hojas; ayuda a la planta a la producción de proteínas, es esencial en la producción de azúcares, almidones y aceites; mejora la calidad de la cosechas; controla y regula la actividad de varios elementos minerales, especialmente el nitrógeno¹¹⁵.

- **Boro, producción de biomasa y periodo de recuperación:** este componente indica que para tener una alta producción de biomasa y un periodo de recuperación corto no se necesitan cantidades altas de boro en el suelo, ya que la planta toma únicamente la cantidad necesaria de este elemento para su desarrollo. La relación entre la producción de biomasa, el periodo de recuperación y el boro se debe principalmente a que si en el suelo hay deficiencia de boro la planta no absorbe la cantidad requerida, por lo cual sus raíces no tendrán un buen desarrollo, generando que no se puedan asimilar otros nutrientes y como consecuencia se detenga el crecimiento de la planta.

El boro es parte constituyente de algunas plantas, en la actualidad se sabe que es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de estas, y está ampliamente

¹¹⁴ BERNAL, J.4ª edición. Op Cit.,p 81

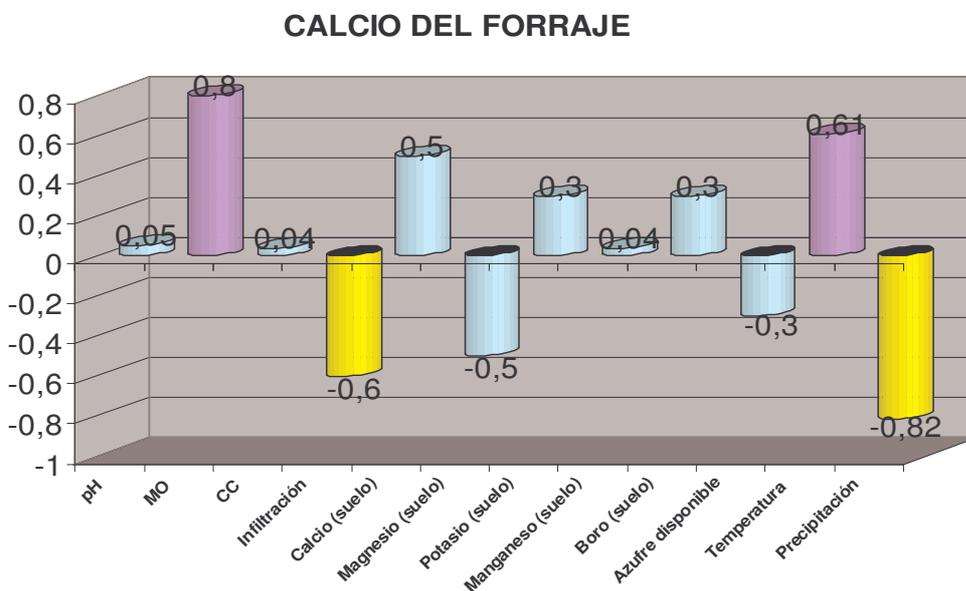
¹¹⁵ CASTRO, F, Hugo. Op. cit., p. 276 – 277.

distribuido en la naturaleza. Su deficiencia causa destrucción de los tejidos jóvenes, de los meristemos apicales, coloración roja o amarilla de las hojas en la zona de destrucción, inhibición de floración, trastornos en los tejidos leñosos que provocan obstrucción en los sistemas de conducción, mal desarrollo del sistema radicular, decoloración de las paredes celulares, especialmente en el floema¹¹⁶. Bernal¹¹⁷ menciona que el boro aumenta la permeabilidad de la membrana y por lo tanto facilita el transporte de carbohidratos, involucrado en la síntesis de lignina, esencial en la división celular y síntesis de proteína, regula la relación potasio – calcio en las plantas.

De acuerdo con Caravallo¹¹⁸, la deficiencia de boro generalmente detiene el crecimiento de la planta, primero dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes. Esto indica que el boro no se transloca fácilmente en la planta.

6.6.2. Componente Nº 2: Calcio del forraje. En el segundo componente sobresale la variable de Calcio del forraje determinado por el análisis bromatológico, el cual, se encuentra influenciado directamente por la materia orgánica (MO) y temperatura, y de manera indirecta con la velocidad de infiltración y la precipitación. Lo que quiere decir que si se aumenta el contenido de MO y temperatura, se elevarán los contenidos de Calcio en el forraje (Figura 5).

Figura 5. Grado de relación de las variables del componente 2.



¹¹⁶ MINISTERIO DE EDUCACION. CUBA, Compendio de Agronomía: Pueblo y Educación. 2002, 2da edición. pp. 227 - 228.

¹¹⁷ BERNAL, J. 4ª edición Op Cit., Pág. 84

¹¹⁸ CARAVALLO, Sandra. Boro. 2002. disponible en Internet: <http://www.ibosa.org/productos/q-ba/q-ba-manganeso.html>.

- **Materia orgánica:** la materia orgánica tiene una relación directa con el contenido de calcio del forraje, es decir, que en la medida que se aumente la cantidad de materia orgánica en el suelo, así mismo se incrementaran los valores de calcio en el forraje. El efecto de la materia orgánica radica fundamentalmente en que aumenta la capacidad de intercambio de iones cuando éstos están disponibles en el suelo y además aumenta el poder de retención de humedad con lo que disminuye la lixiviación de muchos minerales, convirtiéndose en una reserva de nutrientes. Lo anterior significa que en los suelos estudiados la materia orgánica propicia la disponibilidad de elementos importantes utilizados por las plantas para su crecimiento y desarrollo, por la alta capacidad de intercambio catiónico que presenta.

Para Rojas, “la materia orgánica, igual que la arcilla, puede retener por medio de la absorción altas cantidades de nutrimentos en forma iónica”¹¹⁹.

Según Buckman y Brady:

En relación a la actividad funcional de la materia orgánica, ésta cumple las siguientes funciones:

Aumenta el poder de retención de humedad, disminuye las pérdidas de humedad por escorrentía, mejora la aireación de los suelos pesados; aumenta la capacidad de intercambio de iones, mayor capacidad de recepción de energía solar, regula el suministro de nitrógeno a las plantas y aumenta el contenido de elementos menores¹²⁰.

Del mismo modo, Benavides menciona que:

La materia orgánica mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los suaviza; permite una aireación adecuada; aumenta la porosidad y la infiltración de agua, entre otros. Es una fuente importante de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos, especialmente. Absorbe nutrientes disponibles, los fija y los pone a disposición de las plantas. Fija especialmente nitrógeno (NO₃, NH₄), fósforo (P₀₄) calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y otros. Mantiene la vida de los organismos del suelo, esenciales para los procesos de renovación del recurso¹²¹.

¹¹⁹ ROJAS, Manuel, Op. cit. p. 41.

¹²⁰ BUCKMAN, H.O y BRADY, Op. cit., p.52

¹²¹ BENAVIDES, Adalberto. Nutrición mineral. Comunidades de divulgación científico técnica. 2005. (Disponible en Internet) <http://www.elergonomista.com/fisiologiavegetal.html>

Al respecto, Mancilla y Valvuela sostienen que:

La materia orgánica tiene efectos tanto directos como indirectos en la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas. Además de servir como fuente de N, P, S a través de la mineralización por medio de microorganismos del suelo, la materia orgánica influye en la provisión de nutrientes desde otras fuentes (por ejemplo, la materia orgánica es requerida como fuente de energía para bacterias fijadoras de N)¹²².

- **Temperatura:** De acuerdo al análisis, el calcio del forraje tiene una relación directa con la temperatura ambiental, es decir que la planta absorbe mejor el calcio a temperaturas elevadas, debido a que ésta tiene una influencia marcada sobre la absorción de agua y nutrientes que están presentes en el suelo, ya que la aprovechabilidad, el movimiento y la absorción de nutrientes son afectados por los factores climáticos, en especial por la temperatura, además las cantidades de calcio en el forraje son mayores a altas temperaturas ya que este factor hace que el suelo sea más dinámico por la suplenencia de elementos nutritivos.

Sobre este tema, Lora menciona que: “la absorción de nutrimentos está relacionada con la actividad metabólica, la cual, a su vez, es dependiente de la temperatura”¹²³.

Monsalve afirma que:

Las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas están afectadas, como toda reacción química, por la temperatura ambiental. Se ha demostrado que la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividades de las enzimas, etc. de los cuales depende la producción de materia seca, y en esta forma la temperatura afecta el crecimiento y el metabolismo de los pastos¹²⁴.

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

¹²² MANCILLA, Luis E. y VALBUENA, Nora Josefina. Respuesta de la Eficiencia Productiva y Reproductiva de los Bovinos sometidos a Pastoreo de Despunte. Programa de Ingeniería de Producción Animal, UNELLEZ- Guanare. Venezuela. 2002. p. 158.

¹²³ LORA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnóstico y control. 2ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 2001.p. 41,42.

¹²⁴ MONSALVE. *et al*, Op. cit., p. 24.

velocidad a temperaturas altas que a temperaturas bajas. Los procesos físicos de difusión, flujo viscoso, traslocación, 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 plantas¹²⁵.

Según Rojas,

En las regiones elevadas, la temperatura constituye un factor de gran significado en cuanto a la humificación ya que si los otros factores permanecen constantes, cuando más frío sea el clima mayor será el contenido de humus en los suelos. Además de la función que desempeña en cuanto a la liberación de los nutrimentos del humus, los organismos también influyen considerablemente en la tasa de solución de K, P, Ca, a partir de los minerales del suelo¹²⁶.

- **Infiltración y precipitación:** En cuanto a los valores de infiltración y precipitación, actúan en relación inversa con el contenido de calcio en el suelo, es decir a medida que aumenta la velocidad de infiltración y precipitación el contenido de calcio en el suelo tiende a disminuir, esto se puede explicar ya que la infiltración en el suelo y el aumento de la precipitación traen como consecuencia que los minerales del suelo que pueden ser aprovechados por la planta, sean lixiviados hacia el fondo, en este caso se conoce que el calcio es susceptible a la lixiviación ya que es parcialmente soluble al agua y por lo tanto la carencia de algún mineral en el suelo se verá reflejada directamente en la composición mineral de la planta.

Guerrero sostiene que:

El suelo está constituido por pequeñas partículas que tienen carga eléctrica negativa y alrededor de ella se forman verdaderos enjambres de elementos químicos (nutrientes para las plantas) con cargas eléctricas generalmente opuestas que se atraen. Estos elementos externos tienden a abandonar la partícula del suelo, arrastrados por el agua, hacia el interior del suelo, este proceso se llama lixiviación y consiste en la pérdida de nutrientes al ser arrastrados por el agua, llevándolos a profundidades donde no son alcanzados por las raíces de las plantas. Estos elementos perdidos son remplazados por hidrógeno del agua, lo cual lleva a que los suelos se tornen cada día más ácidos¹²⁷.

¹²⁵ GAVANDE, S. Op. cit., p. 131-136.

¹²⁶ ROJAS, Manuel. Op. cit. p. 45.

¹²⁷ GUERRERO ERAZO, Omar. Op. cit. p. 16.

Para Gavande:

Cuando las aguas de lluvia penetran en el suelo los elementos fácilmente solubles pasan de las capas superficiales del suelo a las más profundas. De esta manera, el nitrógeno y el calcio se lixivian fácilmente, el potasio y el magnesio moderadamente y el fósforo casi nada¹²⁸.

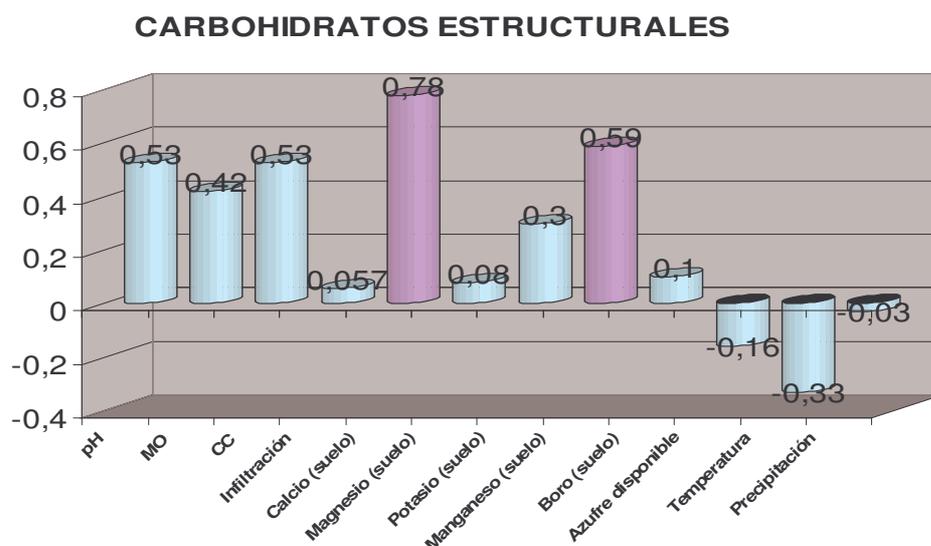
Estrada¹²⁹, asegura que el exceso de agua en las épocas en que se concentran las lluvias produce una lixiviación o pérdida de las bases de intercambio (Ca, K, Mg, Na).

El mismo autor indica

Que algunos elementos son muy solubles en el agua del suelo; por ejemplo cloros y sulfatos que aparecen en la solución del suelo, se mueven en ella tan pronto como son producidos por hidrólisis; otros elementos, como sodio, potasio, magnesio y calcio, pueden retenerse como cationes intercambiables o quedar libres, siendo fácil eliminarlos, relativamente, si el suelo está sujeto a lixiviación intensa.¹³⁰

6.6.3. Componente Nº 3: Carbohidratos estructurales. El tercer componente identifica los carbohidratos estructurales ya que las variables que sobresalieron fueron ceniza, lignina y extracto etéreo, lo cual se ve afectado directamente por los minerales calcio y manganeso del suelo, lo que significa que para obtener una mejor calidad del pasto Saboya se necesita tener bajos valores de calcio y manganeso presentes en el suelo (Figura 6).

Figura 6. Grado de relación de las variables del componente 3.



- **Calcio y Manganeso:** Este componente indica que para tener menor cantidad de carbohidratos estructurales, es necesario que los minerales calcio y manganeso tengan una baja presencia en el suelo. El calcio y el manganeso son elementos relativamente inmóviles en la planta, es por esto que éstos se distribuyen a largo del tallo y las hojas formando parte de la estructura de la planta haciendo depósitos, estos depósitos de calcio engrosan y fortalecen tallo y hojas, y es en especial en estos depósitos donde se encuentran la mayoría de los carbohidratos estructurales que conforman a la planta.

De acuerdo a Daubemire, todas las plantas absorben los minerales del suelo y los sintetizan en compuestos orgánicos complejos de los cuales están formados sus tejidos¹³¹.

Estrada menciona que:

El calcio es un elemento inmóvil dentro del tejido de las plantas, o sea que no se transloca. Su función está relacionada con la formación de paredes y membranas celulares; activa los sistemas enzimáticos y transformación de carbohidratos y aminoácidos en la reducción de los NO₃. En los cultivos la deficiencia de calcio deriva de varios contenidos de calcio en el suelo. Se correlaciona con problemas de toxicidad de alimento¹³².

Guzmán sostiene que:

El calcio, por ser un nutriente de naturaleza estructural, constituye un componente de paredes y membranas celulares y debe estar presente para la formación de nuevas células. El calcio, una vez que se deposita en los tejidos vegetales, ya no es posible removerlo, por lo que los tejidos jóvenes son los primeros en ser afectados cuando existen deficiencias de este nutriente¹³³.

Bernal afirma que:

El manganeso interviene en la síntesis de proteína. Está involucrado en diversos sistemas de oxidación-reducción dentro de la planta, es esencial en los procesos de la respiración y el metabolismo del nitrógeno y los

¹³¹ DAUBEMIRE, R.F. Ecología vegetal, tratado de autoecología de las plantas, Limusa, México: 1989. p. 38

¹³² ESTRADA ALVAREZ, Julián. Op. cit. P.106.

¹³³ GUZMAN, Op. Cit. p. 98.

azúcares. El manganeso es inmóvil dentro de la planta y se absorbe del suelo como Mn^{++} y Mn^{+++} ¹³⁴.

Al respecto, Caravallo menciona que:

El manganeso activa varias reacciones metabólicas importantes y juega un papel directo en la fotosíntesis al ayudar a la planta a sintetizar clorofila. El Mn acelera la germinación y la maduración de las plantas e incrementa la disponibilidad de P y Ca; el Mn no se transloca en la planta¹³⁵.

Lora afirma que el manganeso es absorbido como Mn^{++} y es traslocado de las raíces al tallo por el xilema como un cation divalente libre. Participa en las metaloproteínas donde actúa como componente estructural¹³⁶.

6.7. AGRUPACIONES POR CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS.

En este análisis de los componentes, también se analiza unas agrupaciones de los lugares, para que de esta manera se pueda identificar con datos reales los rangos para obtener una mayor producción de biomasa y calidad del pasto Saboya.

Como se aprecia en la Tabla 12, se puede deducir que el clúster 1 es el que le provee las condiciones propicias al pasto Saboya, para que de esta manera se obtenga una excelente producción y calidad nutritiva; a este clúster pertenecen los lugares de San Fernando muestra 1, 2 y 3.

Este clúster se identifica por un bajo periodo de recuperación con una considerable producción de biomasa en forraje verde (6 Kg/m^2), cabe resaltar que es el clúster que identifica el mayor contenido de proteína verdadera (530.83 g/m^2), además un pH de 5,12 lo que significa que el suelo es ligeramente ácido, una materia orgánica de 7.56 %, una velocidad de infiltración de 6,6 cm/h, una capacidad de campo de 43.77 % y una temperatura promedio de 12.3 °C. Todos estos datos comprueban las relaciones ya mencionadas para cada componente.

Para concluir y para que el productor entienda con facilidad esta investigación, se debe tener en cuenta que para obtener una mayor producción y calidad nutritiva del pasto Saboya, se debe tener en el suelo unas condiciones químicas favorables, como es un pH ligeramente ácido, un contenido de materia orgánica de 7.56%; de las condiciones físicas del suelo, una velocidad de infiltración de aproximadamente 6,6 cm/h, capacidad de campo de 43.77%, y por ultimo, de las

¹³⁴ BERNAL, Javier. Op cit., p.52.

¹³⁵ CARAVALLLO, Sandra. Op cit.

¹³⁶ LORA, Rodrigo. Op cit., p. 24

condiciones climáticas, una temperatura que en promedio este alrededor de 12.3 °C y una precipitación de 778.8 ml/añual.

Tabla 12. Peso de las variables de los tres clúster.

	Clúster 1	Clúster 2	Clúster 3
P. Recuperación	53	42.3	44
Biomasa	5	5.33	6
Ceniza	502.16	537.6	535
Extracto etéreo	128.33	106.3	111.41
Lignina	309.16	411.2	555.1
Celulosa	1289	1769.9	1929.59
Calcio (pasto)	12.3	10.56	12.65
Azufre (pasto)	8.83	7.06	6.01
Proteína verdadera	530.83	390.7	387.69
pH	5.1	5.3	5.3
MO	7.56	4.53	12.1
Capacidad de campo	43.77	48.03	49.4
Infiltración	6.6	11.3	3.76
Calcio (suelo)	9.87	7.36	9.57
Magnesio (suelo)	1.29	1.77	1.28
Potasio (suelo)	1.46	1.55	3.23
Manganeso (suelo)	14.6	12.16	9.53
Boro (suelo)	0.16	0.09	0.1
Azufre disponible	5.01	9.08	4.97
Temperatura	12.33	12.6	17
Precipitación	778.8	1300	860.5

7. PLAN DE MANEJO DEL PASTO SABOYA (*HOLCUS LANATUS*) PARA LA ZONA ANDINA DEL MUNICIPIO DE PASTO EN UN RANGO DE ALTURA COMPRENDIDO ENTRE 2500-2650 msnm.

Para un óptimo desarrollo en cuanto a producción y calidad nutritiva del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en condiciones de no intervención en la zona andina del Departamento de Nariño, una altura comprendida entre 2500 a 2650 msnm, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

QUÍMICOS

- Contenido de materia orgánica de 7-8%, considerados como medios. La materia orgánica es esencial para la fertilidad y buena producción agropecuaria. Para suelos con bajos contenidos de materia orgánica se hace necesaria la adición de material orgánico como rastrojos, compost, entre otros.

- Valores de pH de 5 a 7.

Los pH cercanos a la neutralidad son los mejores para mantener las propiedades físicas de los suelos, ya que a pH muy ácidos hay una intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable, para corregir este tipo de alteraciones se debe incorporar al suelo caliza molida, CaCO_3 y CaO ; y a pH alcalinos, la arcilla se dispersa, se destruye la estructura y existen malas condiciones físicas del suelo, para disminuir el pH y liberar los nutrientes insolubilizados en el suelo se puede utilizar sulfato de hierro o azufre en polvo.

FÍSICOS

- Textura franca.

La condición ideal para el desarrollo natural del pasto Saboya se da en suelos de textura franca. Si el suelo es arcilloso, éste tiende a encharcarse, si el suelo es arenoso retiene poca cantidad de agua y nutrientes; en los dos casos el mejor correctivo es la adición de materia orgánica (estiércol, compost, humus de lombriz) para mejorar las condiciones físicas del suelo.

- Para suelos con mal drenaje, es decir que se encharcan fácilmente, es necesario mejorar esta condición aportando arena o materia orgánica al suelo ya que ésta lo esponja y lo airea.

- Para mejorar la porosidad se deben favorecer la población de individuos en el suelo, como lombrices y escarabajos, esto aplicando materia orgánica, lo cual

se constituye en la principal fuente de alimento para estos organismos, de tal manera que las lombrices cavén túneles y mejoren la aireación y la porosidad.

- Una leve resistencia a la penetrabilidad representa un suelo suelto, el cual no opone resistencia al crecimiento de la raíz del pasto y a la absorción de nutrimentos por la planta. Por tal motivo, es necesario favorecer la acumulación de materia orgánica y realizar prácticas de agricultura de conservación (rotación de cultivos, labranza mínima y utilización de abonos verdes), que mejora la infiltración, la aireación y finalmente mejora la calidad del Saboya.

Las propiedades físicas y químicas pueden modificarse, caso contrario ocurre con las condiciones climáticas que están determinadas por el rango de altura e influyen de forma indirecta en la producción y calidad del pasto Saboya, las cuales son imposibles de alterar. De acuerdo con este estudio realizado en el Municipio de Pasto, a una altura de 2500-2650 msnm, el pasto Saboya (*Holcus lanatus*) tiene un mejor desarrollo a una temperatura de 16.6°C, humedad relativa del 79%, y una precipitación anual de 700-800mm.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- El pasto Saboya (*Holcus lanatus*) expresa un potencial adecuado, en un rango de 2500 a 2650 msnm, al tener condiciones ambientales como: temperatura de 16.6°C, una precipitación anual de 700-800 mm y una humedad relativa de 79%.
- Bajo las anteriores condiciones climáticas, el periodo de recuperación para el pasto saboya es de 42 días, tiempo en el cual se debe realizar su corte o pastoreo debido, a que en este estado presenta su mejor calidad nutritiva.
- Las propiedades físicas del suelo como: capacidad de campo con 43.77%, e infiltración 6.6 cm/h, son condiciones que le proporcionan al suelo una buena retención de humedad y aireación y una leve compactación que le permiten a la planta obtener con mayor facilidad los nutrientes.
- Niveles de materia orgánica de 7-8% y un pH 5-7, posibilitan la disponibilidad de nutrientes como calcio con 9.87 meq/100g y magnesio 1.29meq/100g.
- La presencia del orden Coleóptera (cucarrones) estuvo íntimamente relacionada con los contenidos medios de MO, el pH del suelo y el grado textural en este caso el franco arcilloso, condiciones en las cuales esta población de organismos puede prosperar.

8.2. RECOMENDACIONES

- Reconocer y utilizar el pasto Saboya (*Holcus lanatus*) como una especie apta para los sistemas de producción pecuarios en el Municipio de Pasto, ya que sus características de adaptabilidad al medio ambiente y suelo, su productividad y calidad nutritiva, indican que esta es una especie naturalizada apta para ser manejada en la región.
- Establecer el pasto Saboya en zonas donde presente las siguientes variables climáticas: humedad relativa 79% y precipitación promedio anual de 700-800mm.

- Establecer el pasto Saboya preferiblemente en suelos de textura franco y franco arcilloso.
- Para una mejor productividad de esta especie se recomienda que el pH se encuentre cercano a la neutralidad, y realizar un aporte de materia orgánica (compost, estiércol) para favorecer la disponibilidad de nutrientes.
- Para las propiedades físicas, se recomienda que el suelo posea una velocidad de infiltración de 6.6 cm / hora y una capacidad de campo de 43.77%.
- Teniendo en cuenta la gran actividad que desarrolla la fauna del suelo en la transformación de sustancias orgánicas y la importancia en la mejora de las condiciones físicas del suelo, se hace necesario brindar un ambiente adecuado para el óptimo desarrollo de éstas.
- Someter a posteriores estudios de investigación el comportamiento del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) dentro de sistemas silvopastoriles en el Departamento de Nariño, para poder evaluar su producción y calidad nutritiva dentro de éstos sistemas de producción.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, Andrea y ANGULO, Feder. Evaluación de algunas propiedades físicas, químicas y la macro fauna en tres épocas del año, bajo un sistema silvopastoril en el Municipio de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia. San Juan de Pasto: 2005. p. 62. Trabajo de Grado (Ingeniero agroforestal) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.

AMEZQUITA, Edgar. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. En: SILVA, Francisco. Fertilidad de suelos diagnostico y control. Bogotá: S.C.C.S, 1994. p. 58.

APRAEZ, E. BURGOS, A y CAYCEDO, A. Digestibilidad aparente de los pastos alfalfa, imperial, maíz y saboya en cuyes. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1991. p 26.

BENITEZ, C. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1983. p. 676.

BERLIJN, Johan. Pastizales naturales. Barcelona: Trillas, 1998. 18 p.

BERNAL, Javier *et al.* Factores ecológicos en la producción de forrajes. En: Establecimiento y manejo de pastos y forrajes. 2 ed. Bogotá. 1983. p. 32.

BUCKMAN, H.O y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. México: UTHERA, 1965, 540p.

BURBANO, H y VIVEROS M. Curso sobre "Fertilidad e interpretación de análisis de suelos". Pasto-Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencia del suelo Regional Nariño, 1988. 10, 87, 88, 89, 99,174 p.

BURBANO, Hernan. Diagnóstico de la acidez del suelo y criterios para la recomendación de cal. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto, Colombia: Monómeros Colombo venezolanos. 1988. 34 p.

_____. Enmiendas orgánicas. En: Fertilización de cultivos en clima frio. 2 ed. Bogota: Monómeros Colombo Venezolanos, 1988. p.334.

CARAVALLLO, Sandra. Boro. 2002. disponible en Internet: <http://www.ibosa.org/productos/q-ba/q-ba-manganeso.html>.

- CARDENAS, A. Alternativas forrajeras para clima frío en Colombia. Universidad Nacional de Colombia: Bogotá. 2001. p. 8
- CASTRO FRANCO, Hugo E. Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Tunja: produmedios, 1998. p. 124
- CEPEDA, D. Juan M. química de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2da edición. México, editorial Trillas, 1991. p. 43 - 48.
- CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. 1ra edición. Zaragoza, España: Acribia, 1995. p. 127.
- CHURCH, D. C. y POND, W. G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. México: Limusa, 1998. p. 311.
- CORTES, Abdón. Suelos Colombianos, Una mirada desde la academia. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Recursos Naturales. 2004. p. 20.
- DAUBEMIRE, R.F. Ecología vegetal, tratado de autoecología de las plantas, Editorial Limusa, Mexico D.F: 1989. p. 38.
- DELGADO, A. Pastos y forrajes. Colombia: Universidad de Nariño, 1966. 70p.
- DUTHIL, Jean. Producción de forrajes. 3 ed. Madrid: Mundi- prensa, 1980. 37, 38p.
- ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. Vida y Recursos Naturales. Vol. 1. Bogotá. 1995. p. 81.
- ERAZO ROSERO, H, Estudio de la macrofauna del suelo bajo plantaciones de pino *Pinus patulasschlecch. Etcham* y eucalipto *Eucalyptus globulus labil* en un suelo del altiplano de Pasto. San Juan de Pasto, 1999, p. 96. Trabajo de Grado (Ingeniero agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal.
- ESTERO. *Holcus lanatus* L., Hoja técnica No. 10. 2004. (consultado el: 03/03/09), [disponible en internet] <http://www.estero.com.uy/wp-content/uploads/2008/08/holcus.pdf>
- ESTRADA, Julián. Pastos y Forrajes Para el Trópico Colombiano. Manizales: Universidad de Caldas, 2001. 392, p.

FASSBENDER H. y BORNEMISZA, E. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2ª ed . Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica: 1987. p. 45 – 77.

FIGUEREDO, Edith y URREGO, Carlos Julio. Practicas Agroecológicas: Experiencias de Campo y de Laboratorios, Conceptos fundamentales Aplicación a nivel industrial, Familiar y comunitario. Colombia: Fondo FEN Colombia, 194. p 34.

GARAVITO, Fabio *et al.* Propiedades químicas de los suelos. Bogotá Colombia, INAC, 1974. 413p.

GARCIA, B. Características químicas y la fertilidad de los suelos con énfasis en el departamento de Nariño. CORPOICA. Pasto, Obonuco, 2000. 4, 11, 13, 15,16 p.

GAVANDE, S.A. Física de suelos, principios y aplicaciones. México: Limusa, 1986. 350 p.

GRAETZ, H. A. Suelos y Fertilización. México: Trillas, 2002. 2da edición. p. 23

GUERRERO ERAZO. Omar, Biblioteca del campo, suelos, granja integral autosuficiente. Bogotá: Printer colombiana. 2008.p.7.

HARDY, Frederick. Edafología tropical. México: Herrero y Hermanos, Sucesores S.A. 1970. 55p.

GUZMÁN ORTIZ, Manuel. Manual de Fertilizantes para Cultivos de Alto Rendimiento. México: Limusa, 2004. p. 11 – 13

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Santa Fé de Bogotá. 1995. 243 p.

LASCANO, Carlos y SPAIN, James. Establecimiento y Renovación de Pasturas. Cali: CIAT, 1997. 104, 105, 115, 120, 156-157 p.

LEGARDA, L. Características y manejo de las propiedades físicas de los suelos volcánicos de Nariño. Revista de investigación Universidad de Nariño. Colombia, 1989. 116-138 p.

_____. Propiedades físicas y la productividad del suelo. En: Diagnóstico, fertilidad e interpretación de análisis de suelos. Pasto: Monómeros Colombo-Venezolanos S.A., 1988. 99p.

LORA, Rodrigo. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. En: Fertilidad de suelos: Diagnostico y control. 2ed. Bogotá: Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, 2001.p. 41,42.

MALAGON, Dimas. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. 1995, p. 258.

MANCILLA, Luis E. y VALBUENA, Nora Josefina. Respuesta de la Eficiencia Productiva y Reproductiva de los Bovinos sometidos a Pastoreo de Despunte. Programa de Ingeniería de Producción Animal, UNELLEZ- Guanare. Venezuela. 2002. 200p.

MENENDEZ, J. Pastizales xerofitos y prados, [en línea]. ASTURNATURA.COM .2007 (Última actualización junio-2007). Disponible en Internet: [URL:http://www.asturnatura.com.asturnaturadb](http://www.asturnatura.com.asturnaturadb)

MILA P, Alberto, Suelos, Pastos y Forrajes. UNAD Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá D.C: Unisur, 2001. 267. p.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN. CUBA, Compendio de Agronomía: Pueblo y Educación. 2002, 2da edición. p. 227 - 228.

MONCAYO, Oscar y ACOSTA, Wilmer. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoesch) bajo dos sistemas de labranza y diferentes niveles de fertilización orgánica y/o mineral en zonas de ladera. 2002, 110. p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

MONSALVE, Sigifredo *et al.* Factores Ecológicos en la Producción de Forrajes, Bogotá D.C: ICA, 1979. p. 24

MONTENEGRO, G.H. Y MALAGON, D. Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: INAC, 1990, 813p.

MORALES, Juan. Compendio de Agronomía. 2 ed. Madrid: Pueblo y Educación, 2002. p. 35.

ORTEGA, F. y CHAVARRO, G. Estudio de algunas propiedades físico químicas y de fertilidad de los suelos de Leiva. Nariño- Colombia, 1990. 38, 52 p.

OSORIO, D. y ROLDAN, J. Volvamos al Campo Cultivo de Pastos y Forrajes. Bogotá D.C: Grupo Latino Ltda, 2003. p. 66.

RITAS, J. y MELIDA, J. El diagnóstico del suelo y plantas, métodos de campo y laboratorios. 3ra Edición. Editorial Ediciones Mundiprensa. Madrid 1978. p. 174.

RODRÍGUEZ, Claudia. Caracterización físico química del suelo en tres coberturas vegetales y su relación con la macro fauna del suelo en la vereda la Josefina del

Municipio de Pasto, Nariño. San Juan de Pasto. 2005. p. 75. Trabajo de Grado (Ingeniero agroforestal) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Ingeniería Agroforestal

ROJAS, Manuel. Fisiología vegetal aplicada. Monterrey: México. Instituto tecnológico y estudios superiores. 1979. p.108.

SALAMANCA, Rafael. Pasto y forrajes tropicales: producción y manejo. Bogotá: USDA, 1990. 125p.

SORIANO, M y PONS MARTI, V. Practicas de edafología y climatología, pag 38, Alfa omega, Universidad Politécnica de Valencia. México. 2004.

URBANO, Diannelis; ARRIOJAS, Isamael y DAVILA, Ciro. Efecto de la fertilización en la asociación Kikuyo-Alfalfa (*Pennisetum Clandestinum* - *Medicago Sativa*).

WALLACE, C.B. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3ra. Ed, London: 1961. Curwen Press. 125p

ANEXOS

ANEXO A. Variables bromatológicas del pasto Saboya (*Holcus Lanatus*)

	MOCONDINO				SAN FERNANDO				PASTO			
	M1	M2	M3	X	SF1	SF2	SF3	X	P1	P2	P3	X
MS %	27,31	26,15	25,9	26,47	18	18,4	19	18,62	26,7	28,2	31	28,63
Ceniza %	10,38	10,7	9,1	10,06	10	9,89	9,84	10,04	10,2	6,95	9,5	8,88
EE%	2,06	1,94	1,97	1,99	2,4	2,47	2,82	2,57	2,37	1,31	1,87	1,85
FC%	37,42	44,63	39,3	40,43	31	31,6	24,1	29,03	38,2	39,88	34,7	37,56
P.CRUDA%	9,8	11,05	9,92	10,26	15	15,1	17,7	15,92	10,1	8,17	7	8,43
ENN%	40,33	31,68	39,8	37,26	41	40,9	45,6	42,44	39,2	43,7	46,2	43,02
FDN%	68,84	69,05	69,3	69,05	57	57,3	49,7	54,72	64,9	67,87	66,4	66,37
FDA%	41,18	39,47	42,1	40,91	33	31,5	31,8	31,96	38,3	44,15	41,3	41,26
LIGNINA%	7,61	7,1	8,44	7,72	4,9	5,12	8,49	6,18	7,91	10,76	8,99	9,22
CELULOSA%	33,57	32,28	33,6	33,16	28	26,4	23,3	25,78	30,4	33,38	32,3	32,04
HEMICEL%	27,67	29,68	27,2	28,18	25	25,8	18	22,79	26,5	23,72	25,1	25,11
CALCIO%	0,22	0,21	0,16	0,20	0,2	0,25	0,27	0,25	0,23	0,15	0,25	0,21
FOSFORO%	0,26	0,2	0,23	0,23	0,5	0,45	0,4	0,44	0,31	0,28	0,2	0,26
MAGNESIO%	0,18	0,16	0,14	0,16	0,1	0,12	0,13	0,12	0,18	0,11	0,16	0,15
AZUFRE%	0,12	0,17	0,11	0,13	0,2	0,16	0,2	0,18	0,1	0,12	0,08	0,10
N. TOTAL %	1,57	1,77	1,59	1,64	2,4	2,41	2,83	2,55	1,62	1,31	1,24	1,39
PROT. V	7,36	7,47	7,14	7,32	10	8,72	12,8	10,62	7,61	5,89	5,82	6,44
NDT%	53,59	49,62	52,9	52,04	57	57,4	62,2	58,81	52,8	53,85	54,6	53,73

ANEXO B. Datos recolectados de las condiciones climáticas de los tres lugares

LUGARES		ALTITUD <i>(msnm)</i>	LUMINOSIDAD <i>X MIN (klux)</i>	TEMPERATURA <i>(°C)</i>	H. RELATIVA
MOCOCONDINO	M1	2560	15,9	13	77%
	M2	2550	15,89	12	87%
	M3	2579	7,04	13	73%
SAN FERNANDO	SF1	2600	15,25	10	80%
	SF2	2610	11,27	12	84%
	SF3	2615	13,7	15	75%
PASTO	P1	2640	8,58	13	88%
	P2	2613	22,64	11	78%
	P3	2575	24,78	12	91%

ANEXO C. Peso de los 7 componentes principales que arrojo el ACP.

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6
PR	0.81462	0.29844	-0.09731	-0.40000	-0.15782	0.06803
BIO	-0.69549	0.49299	-0.35487	0.18044	-0.18847	0.01426
CEN	-0.03160	0.11835	-0.64857	0.67836	-0.11498	-0.29831
EE	0.64177	0.26520	-0.67718	0.20635	0.05665	-0.02676
LIG	-0.72311	0.38430	0.01453	0.04868	-0.00587	0.49864
CEL	-0.93629	0.08300	-0.18544	0.18710	-0.15270	-0.02452
CaB	0.23731	0.61215	-0.52279	0.47796	-0.00058	-0.00807
SB	0.79933	-0.03771	0.42057	0.09204	-0.31749	0.07732
ProtVerd	0.85764	0.20409	-0.19004	0.01786	-0.24375	0.23402
pH	-0.59899	0.05765	0.53618	0.25954	-0.47974	-0.00841
MO	-0.20680	0.80988	0.42669	0.20608	0.23889	-0.06821
CC	0.00672	0.04238	0.53958	0.52616	0.55658	-0.19296
Infiltr	0.18141	-0.60685	0.05781	0.42342	-0.06081	0.61783
CaS	0.11686	0.50083	0.78339	0.19438	-0.12836	-0.15697
MgS	-0.02028	-0.50025	0.08672	0.74128	-0.21990	-0.32511
KS	-0.70888	0.38006	0.30501	-0.46187	-0.01131	-0.06092

ANEXO D. Peso de las variables clúster 1.

Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
PR	3	53.0000000	2.6457513	50.0000000	55.0000000
BIO	3	5.0000000	0	5.0000000	5.0000000
CEN	3	502.1666667	15.4946227	492.0000000	520.0000000
EE	3	128.3333333	11.0717358	120.5000000	141.0000000
LIG	3	309.1666667	99.9829152	247.0000000	424.5000000
CEL	3	1289.00	112.4911108	1165.00	1384.50
CaB	3	12.3333333	1.2583057	11.0000000	13.5000000
SB	3	8.8333333	1.0408330	8.0000000	10.0000000
ProtVerd	3	530.8333333	101.8581530	436.0000000	638.5000000
pH	3	5.1000000	0.1732051	5.0000000	5.3000000
MO	3	0.0756667	0.0047258	0.0720000	0.0810000
CC	3	0.4377667	0.0501903	0.3803000	0.4730000
Infiltr	3	6.6666667	4.8911485	3.5000000	12.3000000
CaS	3	9.8700000	0.7092954	9.3600000	10.6800000
MgS	3	1.2966667	0.2136196	1.1400000	1.5400000
KS	3	1.4633333	0.6625204	0.7700000	2.0900000
MnS	3	14.6000000	9.7616597	7.9000000	25.8000000
Boro	3	0.1600000	0.0264575	0.1300000	0.1800000
SdispS	3	5.0133333	3.1097642	3.0700000	8.6000000
TEMP	3	12.3333333	2.5166115	10.0000000	15.0000000
PRECIP	3	778.8000000	0	778.8000000	778.8000000

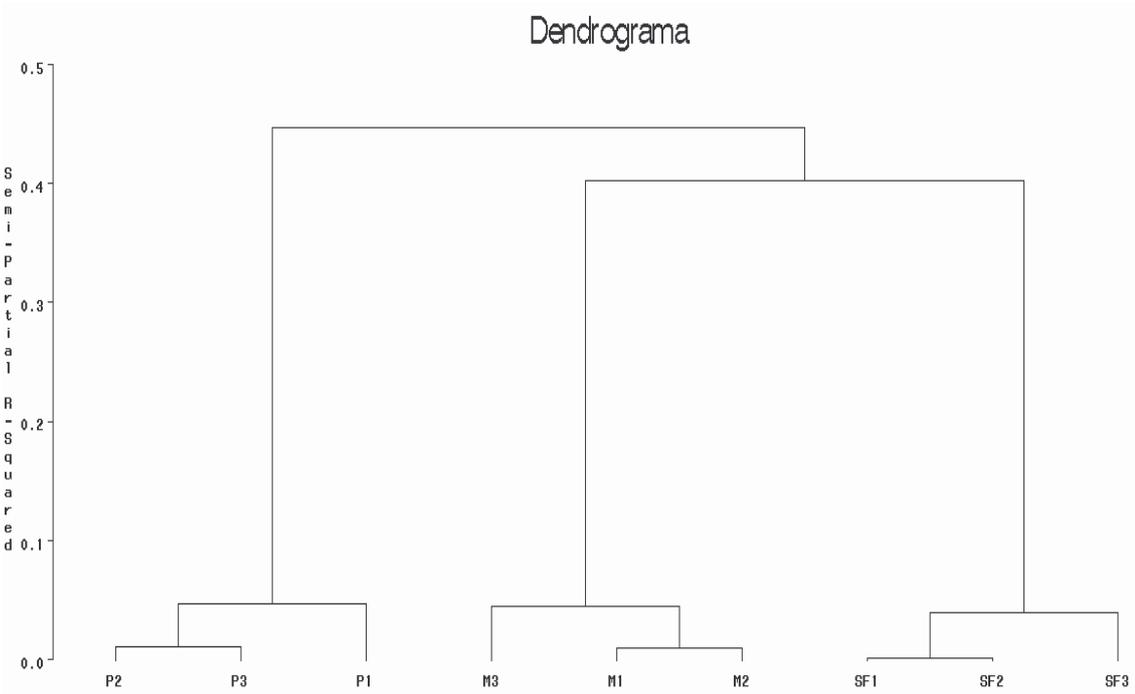
ANEXO E. pesos de las variables clúster 2.

Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
PR	3	42.3333333	2.5166115	40.0000000	45.0000000
BIO	3	5.3333333	0.5773503	5.0000000	6.0000000
CEN	3	537.6000000	83.9302091	455.0000000	622.8000000
EE	3	106.3666667	14.9433374	97.0000000	123.6000000
LIG	3	411.2000000	51.6538479	355.0000000	456.6000000
CEL	3	1769.90	214.2450233	1614.00	2014.20
CaB	3	10.5666667	2.6006409	8.0000000	13.2000000
SB	3	7.0666667	1.5044379	5.5000000	8.5000000
ProtVerd	3	390.7000000	44.8460701	357.0000000	441.6000000
pH	3	5.3333333	0.2081666	5.1000000	5.5000000
MO	3	0.0453333	0.0447698	0.0180000	0.0970000
CC	3	0.4803333	0.1787326	0.3550000	0.6850000
Infiltr	3	11.3000000	0.4582576	10.9000000	11.8000000
CaS	3	7.3666667	4.0481148	4.2800000	11.9500000
MgS	3	1.7766667	0.4310839	1.3100000	2.1600000
KS	3	1.5566667	0.5665980	1.2000000	2.2100000
MnS	3	12.1666667	12.4001344	3.7000000	26.4000000
Boro	3	0.0900000	0.0360555	0.0600000	0.1300000
SdispS	3	9.0800000	3.9727950	5.8900000	13.5300000
TEMP	3	12.6666667	0.5773503	12.0000000	13.0000000
PRECIP	3	1300.00	0	1300.00	1300.00

ANEXO F. Análisis de las variables del clúster 3

Variable	N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
PR	3	44.0000000	1.7320508	42.0000000	45.0000000
BIO	3	6.0000000	0	6.0000000	6.0000000
CEN	3	535.1100000	103.8295059	417.0000000	612.0000000
EE	3	111.4166667	31.8487179	78.6000000	142.2000000
LIG	3	555.1966667	85.9207660	474.6000000	645.6000000
CEL	3	1929.59	93.6930335	1824.00	2002.80
CaB	3	12.6566667	3.2400051	9.0000000	15.1700000
SB	3	6.0166667	1.1750886	4.8500000	7.2000000
ProtVerd	3	387.6933333	59.6751383	353.0800000	456.6000000
pH	3	5.3333333	0.3785939	4.9000000	5.6000000
MO	3	0.1213333	0.0260064	0.0950000	0.1470000
CC	3	0.4943333	0.0452364	0.4520000	0.5420000
Infiltr	3	3.7666667	2.1079216	2.0000000	6.1000000
CaS	3	9.5700000	2.8069022	6.3500000	11.5000000
MgS	3	1.2866667	0.1965536	1.1400000	1.5100000
KS	3	3.2333333	1.2814965	2.3300000	4.7000000
MnS	3	9.5333333	1.1930353	8.2000000	10.5000000
Boro	3	0.1000000	0.0264575	0.0800000	0.1300000
SdispS	3	4.9733333	1.7124349	3.9400000	6.9500000
TEMP	3	17.0000000	3.0000000	14.0000000	20.0000000
PRECIP	3	860.5000000	0	860.5000000	860.5000000

ANEXO G. Dendrograma clústers



ANEXO H. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas

Examen de los puntos de fila

		Puntuación en la dimensión	Inercia	Contribución		
				De los puntos a la inercia de la dimensión	De la dimensión a la inercia del punto	
		1		1	1	Total
Textura	Masa	1	Inercia	1	1	Total
Franco-arcilloso	,657	-,374	,025	,343	1,000	1,000
franco	,343	,718	,047	,657	1,000	1,000
Total activo	1,000		,072	1,000		

a. Normalización Simétrica

Examen de los puntos columna

		Puntuación en la dimensión	Inercia	Contribución		
				De los puntos a la inercia de la dimensión	De la dimensión a la inercia del punto	
		1		1	1	Total
Individuos	Masa	1	Inercia	1	1	Total
oligochaetas	,096	,301	,002	,032	1,000	1,000
coleoptera	,422	-,012	,000	,000	1,000	1,000
orthoptera	,032	-,377	,001	,017	1,000	1,000
diplopodo	,052	,484	,003	,045	1,000	1,000
hemiptera	,100	,071	,000	,002	1,000	1,000
diptera	,060	-,038	,000	,000	1,000	1,000
gasteropda	,028	-,812	,005	,069	1,000	1,000
lepidoptera	,024	-1,393	,012	,173	1,000	1,000
collembola	,008	-1,393	,004	,058	1,000	1,000
acarí	,048	,640	,005	,073	1,000	1,000
chilopoda	,052	-,142	,000	,004	1,000	1,000
hymenoptera	,032	1,656	,023	,326	1,000	1,000
dermaptera	,008	-1,393	,004	,058	1,000	1,000
Total activo	1,000		,072	1,000		

a. Normalización Simétrica

ANEXO I. Peso de las variables analizadas en el ACM

Confianza para Puntos de fila

	Desviación típica en la dimensión
Textura	1
Franco-arcilloso	,045
franco	,077

Confianza para Puntos de columna.

	Desviación típica en la dimensión
Individuos	1
oligochaetas	,044
coleoptera	,033
orthoptera	,047
diplopodo	,056
hemiptera	,034
diptera	,033
gasteropda	,081
lepidoptera	,132
collembola	,132
acarí	,069
chilopoda	,035
hyminoptera	,158
dermaptera	,132