

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS QUE
CONDICIONAN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO
SABOYA (*Holcus lanatus*) EN SUELOS NO INTERVENIDOS DE LAS
VEREDAS CUALAPUD, ARVELA Y SANTA ROSA DEL MUNICIPIO DE
GUACHUCAL - NARIÑO, CON ALTITUDES ENTRE 3050 – 3300 MSNM.**

**ROSA FLORINDA BENAVIDES MIÑO
ROBERTO JAVIER BELTRAN CEBALLOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO-COLOMBIA
2009**

**DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS QUE
CONDICIONAN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO
SABOYA (*Holcus lanatus*) EN SUELOS NO INTERVENIDOS DE LAS
VEREDAS CUALAPUD, ARVELA Y SANTA ROSA DEL MUNICIPIO DE
GUACHUCAL - NARIÑO, CON ALTITUDES ENTRE 3050 – 3300 MSNM.**

**ROSA FLORINDA BENAVIDES MIÑO
ROBERTO JAVIER BELTRAN CEBALLOS**

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

**Presidente
OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPÍNDOLA
Zootecnista, MSc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO-COLOMBIA
2009**

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

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

Nota de aceptación:

OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPÍNDOLA Zoot. MSc.
Presidente

HERNÁN OJEDA JURADO. Zoot., Esp.
Jurado Delegado

ARTURO GÁLVEZ CERÓN. Zoot., M.Sc.
Jurado

San Juan de Pasto, Junio de 2009

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por haberme dado la vida y por permitirme contemplar y descubrir todo lo maravilloso que hay en ella.

A mis padres: Pablo Absalón Benavides y Blanca Irene Miño por la confianza puesta en mí, por su sacrificio y amor incondicional y por ser ellos la fuerza que tuve para lograr que un sueño se haga realidad.

A mis hermanos: José Gabriel y Simón Pedro por el apoyo brindado todo este tiempo.

A mis familiares y amigos que de una u otra forma han contribuido para poder llegar a esta meta.

ROSA FLORINDA BENAVIDES MIÑO

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido vivir esta experiencia tan gratificante de culminar mis estudios universitarios.

A mi padre Roberto Antonio Beltrán, por ser mi ejemplo, mi guía y apoyo en todo momento, por su confianza y cariño.

A mi madre Ana Luisa Ceballos, por su cariño incondicional, por sus consejos y por su amor único e irremplazable.

A mis hermanos José Luis y Mónica Elizabeth por su compañía y apoyo en los momentos mas difíciles.

A mis compañeros y amigos, quienes presenciaron esta lucha y este trayecto y de una u otra manera hicieron posible el cumplir este sueño.

ROBERTO JAVIER BELTRAN CEBALLOS

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

OSCAR FERNANDO BENAVIDES	Zoot. MSc.
ARTURO GALVEZ CERÓN	Zoot. MSc.
HERNÁN OJEDA JURADO	Zoot. Esp.
EFRÉN INSUASTY SANTACRUZ	Zoot. Esp
EDMUNDO APRAEZ GUERRERO	Zoot. MSc. PhD.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zoot.
ALBERTO CAYCEDO VALLEJO	I. A. MSc.
SANDRA ESPINOZA NARVAEZ Bromatología. Universidad de Nariño.	Auxiliar de Laboratorio de
MARIA DEL ROSARIO CARREÑO Universidad de Nariño.	Auxiliar de Laboratorio de Suelos.
MAURICIO RODRÍGUEZ. Entomología Universidad de Nariño.	Biólogo. Auxiliar de Laboratorio de
ROBERTO GARCÍA CRIOLLO. Ingeniería Hidráulica. Universidad de Nariño.	Ingeniero. Auxiliar de Laboratorio de
ALVARO ARMANDO SANTACRUZ	Ganadero (Finca La Cabaña)
HANS DIETER VOLLES STAMBLER	Ganadero (Finca San Antonio)
LUIS ANTONIO BURBANO	Ganadero (Finca La Providencia)

Todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.	23
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	24
3. OBJETIVOS.	25
3.1. OBJETIVO GENERAL.	25
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	25
4. MARCO TEÓRICO.	26
4.1. GENERALIDADES SOBRE EL PASTO SABOYA (<i>Holcus lanatus</i>).	26
4.1.1. Origen y Adaptación.	26
4.1.2 Descripción del pasto Saboya.	26
4.1.3. Aptitudes.	28
4.1.4. Calidad del forraje.	28
4.1.5. Requerimientos ecológicos del pasto Saboya.	28
4.2. FACTORES CLIMÁTICOS.	28
4.2.1. Temperatura.	29
4.2.2. Luminosidad.	30
4.2.3. Precipitación Pluvial.	30
4.2.4. Humedad Relativa.	31

4.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.	31
4.3.1. Densidad.	32
4.3.2. Porosidad.	32
4.3.3. Textura.	33
4.3.4. Capacidad de campo e Infiltración.	34
4.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO.	35
4.4.1. Materia orgánica.	36
4.4.2. pH.	36
4.4.3. Capacidad de intercambio catiónico.	37
4.4.4. Nutrientes.	38
4.4.4.1. Nitrógeno.	39
4.4.4.2. Fósforo.	40
4.4.4.3. Potasio.	40
4.4.4.4. Calcio.	41
4.4.4.5. Magnesio.	41
4.4.4.6. Azufre.	41
4.5. FACTORES BIOLÓGICOS DEL SUELO.	41
4.6. TAXONOMÍA DE SUELOS.	43
5. DISEÑO METODOLÓGICO	45
5.1. LOCALIZACIÓN	45
5.2. MATERIALES Y MÉTODOS.	45
5.3. EVALUACIONES GENERALES.	46

5.3.1. Variables Climáticas.	46
5.3.2 Variables edáficas.	46
5.3.2.1. Variables químicas.	46
5.3.2.2. Variables físicas.	47
5.3.3. Variables biológicas.	48
5.3.4. Variables bromatológicas.	48
5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	49
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	51
6.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.	51
6.2 VARIABLES AGRONÓMICAS.	52
6.2.1. Periodo de recuperación.	52
6.2.2. Producción de biomasa.	52
6.3. VARIABLES BROMATOLÓGICAS.	54
6.3.1. Materia seca.	54
6.3.2. Proteína bruta.	54
6.3.3. Proteína verdadera.	55
6.3.4. Fibra cruda.	56
6.3.5. Fibra detergente ácido (FDA).	56
6.3.6. Nutrientes digestibles totales (NDT).	57
6.3.7. Minerales.	57
6.3.7.1. Calcio.	57

6.3.7.2. Fósforo.	57
6.3.7.3. Magnesio.	58
6.4. VARIABLES EDÁFICAS.	58
6.4.1. Química de suelos.	58
6.4.1.1. pH.	58
6.4.1.2. Materia orgánica.	58
6.4.1.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	59
6.4.1.4. Nitrógeno total.	59
6.4.1.5. Relación carbono/nitrógeno.	59
6.4.1.6. Bases intercambiables.	60
6.4.2. Física de suelos.	62
6.4.2.1. Densidad aparente (DA)	62
6.4.2.2. Infiltración.	62
6.4.2.3. Penetrabilidad.	63
6.4.2.4. Porosidad.	63
6.4.2.5. Capacidad de campo.	64
6.5. FAUNA DEL SUELO	64
6.6. TEXTURA VS FAUNA DEL SUELO.	71
6.7 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y DEL VECINO MÁS CERCANO.	72
6.7.1. Componente 1: Mejor producción de biomasa y calidad nutritiva	74
6.7.2. Componente 2: Contenido de azufre en el pasto.	76

6.7.3. Componente 3: Bajo contenido de lignina	78
6.8. Agrupación por Clústers.	81
6.9. PLAN DE MANEJO DEL PASTO SABOYA EN LA ZONA DEL ALTIPLANO DE GUACHUCAL EN UN RANGO DE ALTURA DE 3050 - 3300 msnm.	83
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	85
7.1. CONCLUSIONES.	85
7.2. RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA.	87
ANEXOS	93

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Condiciones climáticas presentes en la zona de estudio.	51
Tabla 2. Datos promedios de las variables productivas.	53
Tabla 3. Valores promedio del análisis bromatológico, porcentaje en base seca.	55
Tabla 4. Valores promedio del análisis de suelos de los tres lugares estudiados.	60
Tabla 5. Densidad de organismos n°/m ² de suelo.	65
Tabla 6. Principales variables que influyen sobre la fauna edáfica.	70
Tabla 7. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la colección (variables cuantitativas).	72
Tabla 8. Peso de los tres primeros componentes principales.	73
Tabla 9. Peso de las variables de los tres cluster.	82

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Participacion relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m^2) en la vereda ARVELA.	66
Figura 2. Participacion relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m^2) en la vereda CUALAPUD.	67
Figura 3. Participacion relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m^2) en la vereda SANTA ROSA.	68
Figura 4. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde a la mejor producción de biomasa y calidad nutritiva.	74
Figura 5. . Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo factor corresponde al contenido de azufre en el pasto.	78
Figura 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer factor que corresponde a un Bajo Contenido de Lignina.	80

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Datos de las variables productivas.	94
Anexo B. Datos del análisis bromatológico, porcentaje en base seca.	95
Anexo C. Datos del análisis de suelos de los tres lugares estudiados	96
Anexo D. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas	97
Anexo E. Datos recolectados de las condiciones climáticas de las tres veredas.	98
Anexo F. Coeficientes de variación para las variables productivas.	98
Anexo G. Coeficientes de variación para las variables Edáficas.	99
Anexo H. Coeficientes de variación para las variables Bromatológicas.	100
Anexo I. Coeficientes de variación para las variables Climáticas.	100
Anexo J. Coeficientes de Correlación de las variables cuantitativas evaluadas.	101
Anexo K. Peso de los 6 componentes principales que arrojó el ACP.	105
Anexo L. Pesos de las variables del cluster 1.	106
Anexo M. Pesos de las variables del cluster 2.	107
Anexo N. Pesos de las variables del clúster 3.	108

Anexo O. Conformación de grupos basados en un análisis jerárquico de las variables cuantitativas de los factores edafoclimáticos que afectan el pasto Saboya (Dendrograma).	109
Anexo P. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas	110
Anexo Q. Peso de las variables analizadas en el ACM	111

GLOSARIO

BROMATOLOGÍA: se refiere al análisis de las propiedades químicas de los diferentes tipos de alimentos que se lleva a cabo en un laboratorio.

ANÁLISIS PROXIMAL: combinación de los diferentes procesos analíticos utilizados para cuantificar el contenido de proteína, lípidos, materia seca, cenizas y carbohidratos de los alimentos, tejidos o excretas.

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP): técnica estadística de síntesis de información o reducción del número de variables perdiendo la menor cantidad de información posible. Los componentes serán una combinación lineal de las variables originales, y serán independientes entre sí.

ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIA MÚLTIPLE (ACM): técnica estadística que se utiliza para analizar desde un punto de vista gráfico, las relaciones de dependencia e independencia de un conjunto de variables categóricas.

MATERIA SECA: resultado obtenido de restar la cantidad de humedad de un material analizado, en este caso un alimento, y que se presenta generalmente en términos de porcentaje.

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

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

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIÓNICO: capacidad del suelo de retener e intercambiar cationes. De la carga del catión depende la fuerza de la carga positiva del catión, lo que permite que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente.

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.

INFILTRACIÓN: medición de la velocidad con la que el agua penetra en el suelo.

RESUMEN

Debido a la introducción de nuevas especies forrajeras, que se han obtenido para desarrollarse en condiciones diferentes a las zonas del departamento de Nariño, las especies naturalizadas y adaptadas a estas condiciones climáticas como es el caso del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) han sido rezagadas y muy poco estudiadas, además de la introducción de paquetes tecnológicos de otros países que se han implementado en nuestra región; es por esto que se inició la propuesta de determinar los factores edáficos y climáticos que condicionan su producción y calidad nutritiva en zonas no intervenidas del municipio de Guachucal, con un rango de altura de 3050 – 3300 msnm, y de esta manera encontrar cuales son las condiciones óptimas en las que se desarrolla.

Para dar inicio a este proyecto se partió de la escasa información acerca del manejo y producción del pasto Saboya, especialmente en las regiones frías del departamento de Nariño, con un rango de altura entre 3050 – 3300 msnm.

Es por esto que se escoge el municipio de Guachucal para llevar a efecto la determinación de los factores edáficos y climáticos que condicionan la producción y calidad nutritiva del pasto Saboya en zonas no intervenidas de este municipio y de esta manera encontrar cuales son las condiciones óptimas en las que se desarrolla la especie en esta altitud.

Para iniciar el trabajo se identificaron 3 zonas de estudio, que fueron las veredas Arvela, Cualapud y Santa Rosa, y dentro de cada una de ellas se seleccionó 3 sitios (muestras) sin intervención, en donde la apariencia externa del pasto denotaba una buena calidad productiva.

Se determinaron variables climáticas como: temperatura, humedad relativa, luminosidad, precipitación y altitud cuyos valores fueron:

Para temperatura: 8 – 12°C; humedad relativa: 86.28%; luminosidad: 35 – 135 kluxes; precipitación: 923 mm anuales y altitud: 3094 – 3244 msnm.

Posteriormente en cada uno de los 3 sitios se hizo 3 cortes del pasto en prefloración para determinar el periodo de recuperación, el cual fue de 51 días en promedio. De igual manera se hizo para determinar la producción de biomasa, para la cual se obtuvo un promedio de 5.3 ton MS/ha.

La calidad del pasto se verificó mediante un análisis bromatológico en el que se obtuvo, entre otros, los siguientes valores promedio:

Para materia seca: 21.94%; fibra cruda: 28.06%; proteína cruda: 14.55%; proteína verdadera: 11.27%; nutrientes digestibles totales: 67.52%.

Las variables edáficas evaluadas fueron químicas, físicas y biológicas. Dentro de las variables químicas se obtuvo, entre otros, los siguientes promedios:

pH: 5.34; materia orgánica: 13.51%; capacidad de intercambio catiónico: 30.45 meq/100g; nitrógeno total: 0.51%; fósforo: 13.25 mg/kg; potasio: 2.79 meq/100g; calcio 5.7 meq/100g; magnesio: 2.38 meq/100g; azufre disponible: 13 mg/kg; carbono orgánico: 7.8% y relación carbono/nitrógeno: 15.32.

Las variables físicas evaluadas presentaron los siguientes datos promedios:

Densidad aparente: 0.80g/cc; capacidad de campo: 48.4%; penetrabilidad: 1.08 Mpa/cm²; infiltración: 9.42 cm/h y porosidad 65.54%.

Se determinó también las variables biológicas del suelo, para lo cual se tuvo que cuantificar la población de fauna edáfica por metro cuadrado y se encontró que el mayor número de individuos fue del orden Oligochaetas (lombriz de tierra), seguido por el orden coleóptera (escarabajos), los cuales son un indicador de alta materia orgánica.

Los datos cuantitativos obtenidos se sometieron a un análisis multivariado de componentes principales (ACP), y los cualitativos a un análisis de correspondencias múltiples (ACM). El ACP permitió expresar el 67% de toda la variabilidad de las variables cuantitativas en tres componentes, los cuales fueron: mejor producción de biomasa y calidad nutritiva, contenido de azufre en el pasto y bajo contenido de lignina en el pasto.

Se recolectó un total de 9 sitios o réplicas, las cuales se agruparon en 3 clústers, sobresaliendo el segundo grupo el cual se identifica por tener alta producción de biomasa en forraje verde, siendo las variables más representativas las propiedades físicas del suelo, materia orgánica, pH y luminosidad.

En cuanto al ACM, se obtuvo que individuos del género Oligochaeta (lombrices de tierra) son parte fundamental en la condición del suelo, lo que repercute en la producción del pasto, además se obtuvo que, para efectos de un mejor crecimiento del pasto, se considera que el suelo franco-arcilloso es el más adecuado.

ABSTRACT

Due to the introduction of new species forrajeras that you/they have been obtained to be developed under conditions different to the areas of the department of Nariño, the naturalized species and adapted to these climatic conditions as it is the case of the grass Saboya (*Holcus lanatus*) they have been left behind and very little studied, besides the introduction of technological packages of other countries that you/they have been implemented in our region; it is for this reason that the proposal began of determining the factors edáficos and climatic that condition its production and nutritious quality in not intervened areas of the municipality of Guachucal, with a range of height of 3050. 3300 msnm, and this way to find which are the conditions óptimas in those that it is developed.

To give beginning to this project he/she left of the scarce information about the handling and production of the grass Saboya, especially in the cold regions of the department of Nariño, with a range of height among 3050. 3300 msnm.

It is for this reason that one chooses the municipality of Guachucal to take to effect the determination of the factors edáficos and climatic that condition the production and nutritious quality of the grass Saboya in not intervened areas of this municipality and this way to find which are the good conditions in those that the species is developed in this altitude.

To begin the work 3 study areas they were identified that they were the sidewalks Arvela, Cualapud and Santa Rosa, and inside each one of them was selected 3 places (samples) without intervention where the external appearance of the grass denoted a productive good quality.

Climatic variables were determined as: temperature, relative humidity, brightness, precipitation and altitude whose values were:

For temperature: 8. 12°C; relative humidity: 86.28%; brightness: 35. 135 kluxes; precipitation: annual 923 mm and altitude: 3094. 3244 msnm.

Later on in each one of the 3 places it was made 3 courts of the grass in prefloración to determine the period of recovery, which was on the average of 51 days. In a same way it was made to determine the production of biomass, for the one which an average of 5.3 rhyme MS was obtained / there is.

The quality of the grass was verified among other by means of an analysis bromatológico in which was obtained, the following values average:

For dry matter: 21.94%; raw fiber: 28.06%; raw protein: 14.55%; true protein: 11.27%; total nutritious digestibles: 67.52%.

The evaluated variable edáficas was chemical, physical and biological. Inside the chemical variables it was obtained, among other, the following averages:

pH: 5.34; organic matter: 13.51%; capacity of exchange catiónico: 30.45 meq/100g; total nitrogen: 0.51%; match: 13.25 mg / kg; potassium: 2.79 meq/100g; calcium 5.7 meq/100g; magnesium: 2.38 meq/100g; it sulfurates available: 13 mg / kg; organic carbon: 7.8% and relationship carbon / nitrogen: 15.32.

The physical evaluated variables presented the following data averages:

Apparent density: 0.80g / cc; field capacity: 48.4%; penetrability: 1.08 Mpa/cm²; infiltration: 9.42 cm / h and porosity 65.54%.

It was also determined the biological variables of the floor, for that which one had to quantify the population of fauna edáfica for square meter and it was found that the biggest number of individuals was of the order Oligochaetas (earth worm), continued by the order coleóptera (scarabs), which are an indicator of organic high matter.

The quantitative obtained data underwent a multivariate analysis of main (ACP) components, and the qualitative ones to an analysis of multiple (ACM) correspondences. ACP allowed to express 67% of all the variability of the quantitative variables in three components, which were: better production of biomass and nutritious quality, content of sulfur in the grass and contained first floor of lignina in the grass.

It was gathered a total of 9 places or replicas, which grouped in 3 clústers, standing out the second group which is identified to have high production of biomass in green forage, being the most representative variables the physical properties of the floor, organic matter, pH and brightness.

As for ACM, it was obtained that individuals of the gender haplotaxida (earth worms) are fundamental part in the condition of the floor, what rebounds in the production of the grass, was also obtained that, for effects of a better growth of the grass, it is considered that the franc-loamy floor is the most appropriate.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Nariño se ha caracterizado por basar su economía en la agricultura y la ganadería, siendo la segunda uno de los renglones más importantes en el sector rural, en donde predomina la producción minifundista.

En el 2004, el área cubierta por pastos y otras especies dedicadas a la ganadería era cercana a las 500 mil hectáreas¹, de las cuales en ganadería especializada la gran mayoría son manejadas con paquetes tecnológicos foráneos que se han tratado de adoptar pero los resultados obtenidos han contribuido al deterioro del terreno y a una alta dependencia de recursos externos, lo cual contradice el concepto de sostenibilidad en el sistema finca y ha repercutido en una disminución progresiva de la rentabilidad del negocio pecuario debido a los altos costos de los insumos, todo esto debido a la introducción de variedades forrajeras extranjeras que se ha tratado de adaptar a los medios del trópico alto nariñense, haciendo a un lado especies nativas ya adaptadas a las condiciones edafoclimáticas, como la Saboya (*Holcus lanatus* L.), la cual se desarrolla espontáneamente produciendo buenas cantidades de biomasa sin exigir suelos de excelente calidad.

Siendo las gramíneas uno de los principales componentes de las pasturas, se ve la necesidad de rescatar los recursos propios como el pasto Saboya, el cual se ha utilizado como fuente alimenticia en diversas especies, pero no se ha prestado atención a sus características nutritivas ni a sus requerimientos tanto en suelos como en condiciones climáticas, por considerarse en muchos casos como una maleza. Cualidades como su fácil propagación de semilla, su resistencia a condiciones de páramo y su buena calidad de forraje lo hace una especie muy promisoría para mejorar la producción y productividad en las zonas frías del departamento de Nariño.

Considerando lo anterior, este trabajo se ha enfocado a investigar aquellos factores climáticos, físicos, químicos y biológicos que conllevan a una buena producción y calidad nutritiva del pasto Saboya en condiciones de no intervención, con lo cual se llegó a establecer un plan de manejo adecuado para esta zona y de esta manera difundir este pasto y motivar a que se continúe con investigaciones de este tipo para recuperar estos recursos.

¹ VILORIA DE LA HOZ, Joaquín, Economía Del Departamento De Nariño: Ruralidad Y Aislamiento Geográfico. Colombia: Banco de la República. [en línea]consultado el: 02/03/2009. Disponible en internet en: <http://www.banrep.gov.co/documentos/publicaciones/regional/documentos/DTSER-87.pdf>.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Desde siempre se ha contado con distintos recursos forrajeros disponibles en la zona, como pastos naturales y naturalizados, con los cuales se ha proporcionado alimento a los distintos animales, de forma constante, a través de todo el año; no obstante, el afán de introducir especies que supuestamente brindan mejores resultados en el comportamiento productivo, ha desplazado a especies como la Saboya hasta el punto de denigrarla y catalogarla como maleza, lo cual ha influido en escasa investigación sobre sus bondades agronómicas y nutritivas.

En las pocas regiones donde este pasto es manejado como cultivo, se le aplica el mismo tratamiento que a las especies introducidas, debido a la carencia de información en cuanto a sus requerimientos de macro y micro nutrientes, y de los distintos factores que condicionan su óptima producción. Los factores de manejo que influyen en la calidad del forraje son, principalmente, el sistema de pastoreo, que determina la edad de la planta al momento de ser cosechada, y la fertilización. En síntesis, no se conocen aquellos factores edáficos y climáticos que influyen en la óptima producción y valor nutritivo del pasto Saboya.

Es por esto que la ganadería nariñense ha estado limitada a seguir modelos o paquetes tecnológicos que aparentemente muestran buenos resultados pero que, al llevarse a la práctica, incurren en un aumento de los costos de producción y por ende una notable baja en la rentabilidad.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El pasto Saboya (*Holcus lanatus*) ha estado permanentemente presente en las praderas del altiplano nariñense, mostrando su extraordinaria adaptación a la zona, sin la necesidad de una exigente fertilización; lamentablemente, por la introducción de otras especies de origen e investigación extranjera para la alimentación animal, se ha dejando a un lado las investigaciones y aportes que se pueda hacer a este pasto, el cual posee un significativo valor nutritivo pero posee unas condiciones propias para su producción.

Por consiguiente, es prioritario rescatar estos recursos propios de la zona, y esto sólo se puede hacer dándole la importancia que se merece; es por esto que se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles son las condiciones climáticas y edáficas que determinan la producción y calidad nutritiva del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en suelos no intervenidos del municipio de Guachucal, con altitudes entre 3050 y 3300msnm?

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los factores climáticos y edáficos que condicionan la producción y calidad nutritiva del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en suelos no intervenidos del municipio de Guachucal, con altitudes entre 3050 - 3300msnm.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, luminosidad, precipitación, altitud) que inciden en la producción y composición bromatológica del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en las regiones no intervenidas de Nariño con altitudes entre los 3050 - 3300msnm.
- Establecer los factores físicos del suelo (textura, penetrabilidad, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración) que afectan el rendimiento y composición del pasto Saboya.
- Determinar las variables químicas del suelo (materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, fósforo disponible, potasio de cambio, Ca, Mg, S, B) que condicionan la productividad y calidad del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) en alturas entre los 3050 - 3300msnm.
- Identificar algunos indicadores biológicos del suelo (macro y meso fauna) condicionantes de la producción y calidad del forraje objeto de este estudio
- Plantear un plan de manejo del pasto Saboya, adecuado a esta región de Nariño.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. GENERALIDADES SOBRE EL PASTO SABOYA (*Holcus lanatus*)

4.1.1. Origen y Adaptación: según la Biblioteca Agropecuaria Volvamos al Campo:

Fue una especie introducida desde Europa, siendo probablemente su punto de partida la península Ibérica, para luego extenderse al resto del mundo. Se adapta muy bien a alturas comprendidas entre 2500 y 3200msnm; crece muy bien en suelos pobres, ácidos, como también en los ricos en materia orgánica y de variada textura, desde los arenosos hasta los francos y pesados o arcillosos. Se le encuentra como plantas aisladas o formando pequeños grupos perennes. Sus tallos pueden alcanzar alturas hasta de 60 – 70 cm. Su inflorescencia es una panícula compacta y densa que se desarrolla durante todo el año².

Menéndez presenta la siguiente clasificación:

Reino: plantae
División: spermatophyta
Clase: monocotiledoneae
Subclase: commelinidae
Orden: poales
Familia: poaceae
Género: holcus
Especie: lanatus³

4.1.2. Descripción del pasto Saboya (*Holcus lanatus*). El mismo autor la describe como:

Planta perenne ligeramente pilosa tanto en nudos como en 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 a 4 mm. Las flores se reúnen en una panícula de 3 – 20 x 1 – 8cm, de bastante laxa a muy densa y de color blanquecino a púrpura oscuro. Las espiguillas, de 4 a 6cm, están comprimidas lateralmente y tienen 2 o 3 flores, la inferior hermafrodita y la superior generalmente masculina. Las glumas son subyugales, lanceoladas,

² BIBLIOTECA AGROPECUARIA Volvamos al Campo. Colombia: Grupo Latino, 2006. v2, p. 777

³ MENÉNDEZ VALDERREY, Juan Luís. "Holcus lanatus L.". *Asturnatura.com* [en línea]. Num. 86, 02/08/06 [consultado el: 13/08/2008] Disponible en <http://www.asturnatura.com/especie/holcus-lanatus.html>. ISSN 1887-5068

agudas, pilosas en la quilla y venas, escábridas o puberulentas a pilosas 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 1mm. La lema tiene 3 – 5 nervios, es coriácea, brillante, y la de la flor superior con una arista ganchuda de casi 2mm justo bajo el ápice que no o apenas sobrepasa las glumas⁴.

Rodas⁵ plantea que posee una excelente capacidad de adaptación y rusticidad, produce forraje de buena calidad, considerándose una de la especies más adecuadas para mejorar la producción y productividad en el trópico alto en donde las especies nativas tienen un lento desarrollo y su producción de forraje es baja; su crecimiento puede ser continuo en zonas localizadas por encima de los 3000msnm.

Bernal afirma que “se utiliza en pastoreo principalmente, en zonas de más de 2800msnm 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 calidad”⁶.

El mismo autor señala:

Se reproduce por semilla sexual a razón de 15 kg/ha (10 kg/fanegada o cuadra) regándola al voleo sobre terreno preparado. Se puede pastorear en forma continua, pero el forraje disponible no es siempre abundante. Si se encuentra en mezcla con tréboles se debe pastorear en rotación. No se debe dejar madurar, pues las variedades nativas producen gran cantidad de tallos florales que no son consumidos por el ganado y se pierde mucho forraje por pisoteo. El crecimiento de las variedades nativas es lento y la producción de forraje es baja; el crecimiento ocurre principalmente en el invierno y puede ser continuo por encima de 3000 m. Sus requerimientos nutricionales son bajos. Su producción de forraje es baja en condiciones naturales, pero puede mejorarse con fertilización. Su calidad nutritiva es aceptable cuando se maneja bien y se fertiliza⁷.

Por otra parte, Sierra hace la siguiente afirmación:

⁴ Ibid.

⁵ RODAS, Alvaro. Producción Verde – Especies forrajeras de clima frío. En: Seminario de Gestión de Empresas Ganaderas. (1º : 2007 Pasto). Memorias del I Seminario de Gestión de Empresas Ganaderas. Pasto: Universidad de Nariño, 2007 p. 58.

⁶ BERNAL EUSSE, Javier. Pastos y Forrajes Tropicales. Colombia: Indeagro, 2003. 549 p

⁷ Ibid., p. 549

El pasto Saboya se asocia muy bien con trébol blanco en suelos que han sido intervenidos con cultivos de papa. Se puede manejar en pastoreo continuo con ajuste estacional de carga, pero los mejores resultados se logran cuando se utiliza bajo pastoreo rotacional con periodos de recuperación entre 35 a 42 días. Su punto de cosecha debe ser en prefloración, frustrándole la semilla para mantener la pastura en estado vegetativo⁸.

4.1.3. Aptitudes. De acuerdo con Duthil⁹, ésta es una gramínea vivaz y precoz, pero que tiene una lignificación bastante rápida y por esta razón es poco productivo, este pasto es característico de suelos húmedos y pobres.

Berlijn manifiesta 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”.¹⁰

4.1.4. Calidad del forraje. Duthil¹¹ establece que el pasto Saboya en prefloración contiene mayor cantidad de carbohidratos 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 nutricionales del ganado.

4.1.5. Requerimientos ecológicos del pasto Saboya: Menéndez, J. plantea los siguientes requerimientos ecológicos para el pasto Saboya:

Luz: crece a plena luz aunque soporta sombra.

Temperatura: calor moderado. Piso montano principalmente.

Humedad: suelos de moderadamente secos a húmedos.

Acidez: suelos ácidos; pH 3.5 – 5.5; indicadora de acidez.

Nitrógeno: suelos moderadamente pobres o ligeramente ricos; no está presente en suelos muy fertilizados¹².

4.2. FACTORES CLIMÁTICOS

Según Mila¹³, existen factores que afectan la calidad y producción del pasto y, en su conjunto, son el clima y el suelo; variables como la humedad, temperatura e intensidad de luz determinan la composición química de los forrajes. Los pastos

⁸ SIERRA P. Jose Oscar. “Principales Especies Forrajeras de Clima Frío”. *Cundinamarca.gov.co* [en línea] [consultado el 03/09/2007] Disponible en <http://www.cundinamarca.gov.co/organismos/sagicultura/documentos/ESPECIES%20FORRAJERAS%20CLIMA%20FRIO.pdf>

⁹ DUTHIL, Jean. Producción de forrajes. 3ª Ed. Madrid: Mundi prensa, 1980. p. 37.

¹⁰ BERLIJN, Johan. Pastizales naturales. Barcelona: Trillas, 1998. p. 18.

¹¹ DUTHIL, Op. Cit., p. 37

¹² MENENDEZ, Op. cit.

¹³ MILA, Alberto. Suelos, pastos y forrajes: Producción y manejo. Bogotá: UNISUR, 2001. p.88.

que se desarrollan en climas secos y en fuertes sequías son de inferior calidad, la luz y temperaturas intensas aumentan el contenido de fibra y bajan la digestibilidad.

Según Charry:

El clima es uno de los factores más influyentes en la formación del suelo, porque determina el tipo de meteorización que puede ocurrir en la zona y porque en cierta forma, ejerce control sobre otros factores como los organismos, el relieve y el tiempo. El efecto del clima sobre los organismos se manifiesta en el aumento o disminución de la flora y la fauna, por los cambios en condiciones ambientales, los cuales determinan un efecto regulador de las poblaciones; sobre el relieve el efecto se manifiesta a través de los procesos de erosión y/o descomposición de materiales según la configuración del terreno¹⁴.

4.2.1. Temperatura: De acuerdo con Guzmán:

La temperatura tiene un efecto notable sobre el crecimiento y es uno de los factores más importantes que determinan la distribución de la vegetación en la superficie del planeta; además tiene un efecto importante sobre las transformaciones biológicas y químicas que se producen en el suelo. Estas transformaciones están estrechamente relacionadas con la actividad de la raíz, como lo ejemplifica la absorción reducida de fósforo a partir de un suelo frío. De igual manera, al aumentar la temperatura del suelo, liberan nutrientes de los residuos vegetales y la materia orgánica del suelo¹⁵.

Mila ha demostrado que “la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, como también la actividad enzimática, entre otras. La temperatura afecta el crecimiento y metabolismo de los pastos”¹⁶.

Según Campos:

La temperatura del aire tiene una influencia determinante en todos los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo, que ocurren en la parte aérea de las plantas. Tales procesos, en su mayoría, se desarrollan entre 0 y

¹⁴ CHARRY, Jairo. Naturaleza y Propiedades Físicas de los Suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1987. P. 244.

¹⁵ GUZMAN ORTIZ, Manuel. Manual de Fertilizantes para Cultivos de Alto Rendimiento. México: Limusa, 2004. p.60

¹⁶ MILA PRIETO. Op. Cit., p. 132

40°C. Las plantas para su crecimiento y desarrollo requieren del régimen de temperatura básicamente lo siguiente:

- Que no presenten valores extremos de temperatura (máximos o mínimos) que impidan su crecimiento y, en última instancia la supervivencia.
- Que las temperaturas medias diarias sean tales que la acumulación de temperatura (calor) por las plantas sea satisfecha en un lapso razonable, de manera que su rendimiento no disminuya¹⁷.

4.2.2. Luminosidad: Pirela establece que:

La radiación solar se encuentra muy relacionada con procesos fisiológicos fundamentales, vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes a través de su desarrollo. Influye en los procesos metabólicos de la planta que determinan su composición química, por cambios en la intensidad y en la calidad de la luz. El aumento en la intensidad de la luz favorece los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles en la planta, mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes.¹⁸

Mendoza también la define como “la cantidad de horas en las cuales el sol está sobre el horizonte; sin embargo, ella puede variar por razones astronómicas y por la nubosidad. La importancia de este elemento climático se debe a la acción que puede ejercer sobre el desarrollo de los pastos”.¹⁹

Guzmán menciona que:

Casi todas las plantas tienen la capacidad de alcanzar el crecimiento máximo a un nivel por debajo de la intensidad solar total; la cantidad de luz solar disponible suele ser modificada por la densidad del dosel vegetal y la sombra que proyectan las plantas.

La calidad de la luz afecta directamente el crecimiento de las plantas; por ejemplo, ciertas longitudes de onda de luz desencadenan la germinación²⁰.

4.2.3. Precipitación pluvial: según Vide:

¹⁷ CAMPOS ARANDA, Daniel Francisco. Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos. México: Trillas, 2005. p 46.

¹⁸ PIRELA, Manuel F. “Valor Nutritivo de los Pastos Tropicales.”. *Avpa.ula.ve* [en línea] [consultado el 05/09/2007] Disponible en: <http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf>

¹⁹ MENDOSA DE ARMAS, Cesar. La Agroclimatología su Importancia en el Desarrollo Agrícola. Caracas – Venezuela: Ministerio de Agricultura y Cría Dirección General de Desarrollo Agrícola, 1981. p 60.

²⁰ GUZMAN. Op. Cit., p. 83.

La precipitación es la caída de partículas de agua, en estado sólido o líquido, al suelo, a donde llega con una velocidad apreciable. Por tanto, los productos de la precipitación caen a través del aire, al contrario de los de la condensación y sublimación atmosféricas (nubes), que “flotan” en él. Pero aún descendiendo, las partículas acuosas que constituyen las nubes, por su pequeño tamaño y débil velocidad, no alcanzan el suelo, evaporándose o sublimándose antes. Si constituyen una cortina visible, que no llega al suelo, se habla de virga, mientras que cuando lo alcanza, es *praecipitatio*, o sea, auténtica precipitación. En el caso de la niebla, o nube al ras de suelo, sus gotículas tocan el suelo, humedeciéndolo o mojándolo, pero no tienen una velocidad de caída apreciable.²¹

Estrada afirma que:

Los suelos fértiles deben suministrar agua y oxígeno a las raíces de las plantas. El suelo recibe agua en forma de precipitación pluvial o riego y la pierde mediante el drenaje del perfil, la evaporación de la superficie del suelo y la absorción y transpiración de las plantas. La mayoría de los pastos están sometidos a estrés por escasez de agua en algunas épocas del año. Fenómeno que afecta su potencial de producción.²²

De acuerdo con Bernal: “la cantidad y distribución de la precipitación determinan en gran parte la adaptación de una especie forrajera a un medio dado”.²³

4.2.4. Humedad Relativa. Bernal menciona que: “La humedad determina en parte la calidad del forraje porque durante las épocas de sequía la planta tiende a lignificarse más pronto y por consiguiente a disminuir más rápidamente su valor nutritivo”.²⁴

De acuerdo con Infoagro²⁵, existe una relación inversa de la temperatura con la humedad, por lo que a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta.

4.3. PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

De acuerdo con Brack y Mendiola:

²¹ VIDE, Javier Martín. Fundamentos de Climatología Analítica. Madrid – España: Síntesis, 1999. p. 115.

²² ESTRADA ALVAREZ, Julián. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Manizales: Universidad de Caldas, 2001. p. 36.

²³ BERNAL, Javier. 4 ed. Op cit., p. 24.

²⁴ Ibid, p. 104.

²⁵ INFOAGRO. Nuevo curso agricultura ecológica. On line, www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.asp

El suelo es una mezcla de materiales sólidos, líquidos (agua) y gaseosos (aire). La adecuada relación entre estos componentes determina la capacidad de hacer crecer las plantas y la disponibilidad de suficientes nutrientes para ellas. La proporción de los componentes determina una serie de propiedades que se conocen como propiedades físicas o mecánicas del suelo: textura, estructura, consistencia, densidad, aireación, temperatura y color.²⁶

Según Gavande, las propiedades físicas del suelo, junto con las químicas, biológicas y mineralógicas, determinan, entre otras, la productividad de los suelos. El conocimiento de las propiedades físicas permite conocer mejor las actividades agrícolas vitales, como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y aguas y el manejo de los residuos de las cosechas.²⁷

4.3.1. 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”²⁸.

- ✓ **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”²⁹.
- ✓ **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, que es desplazada por la muestra de suelo”³⁰.

4.3.2. Porosidad. Mila Prieto establece que:

Es una característica física que se refiere al volumen del suelo que está ocupado por aire y agua y por lo tanto no determina las partículas sólidas. La porosidad se relaciona directamente con la retención y movimiento del agua en el perfil del suelo. Es una propiedad física esencial ya que la

²⁶ BRACK, Antonio y MENDIOLA, Cecilia. Enciclopedia Ecológica del Perú. Disponible en internet: www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t03.htm

²⁷ GAVANDE, S. Física de suelos, principios y aplicaciones. México: Limusa, 1987. p.257

²⁸ BIBLIOTECA DEL CAMPO Manual Agropecuario. Bogotá Colombia: Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002. p. 30.

²⁹ SORIANO SOTO, María y PONS MARTÍ, Vicente. Prácticas de Edafología y Climatología. México: Alfaomega, 2004. p. 33

³⁰ Ibid., p. 35

aireación y transporte de oxígeno al sistema radicular de las plantas garantizan la facilidad con que las raíces pueden anclar y sostenerse en el suelo y permitir así la rápida absorción de nutrientes de la fase solución del suelo³¹.

Según Soriano y Pons:

La porosidad del suelo se define 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. Una porosidad relativamente alta nos da una idea de una tierra más esponjosa y, en consecuencia, menos compacta. Sus valores medios para suelos se sitúan entre el 40 y 60%.³²

Según Gispert, “la porosidad se define como el porcentaje de volumen real de suelo que está ocupado por espacios de aire. Puede calcularse a partir de la relación entre densidad aparente y densidad real según la fórmula:

$$\text{Porosidad (\%)} = [1 - (D_a / D_r)] \times 100^{33}$$

4.3.3. Textura. Según Graetz³⁴, la textura del suelo se refiere a la composición del mismo en grupos de partículas de diferentes tamaños. Estos grupos de diferentes tamaños se identifican como sigue:

Descripción del tamaño	Nombre común	Identificación
Muy grueso	Piedras y grava	A simple vista
Grueso	Arena	A simple vista
Fino	Limo	Con microscopio
Muy fino	Arcilla	Con microscopio

Seguido a esto, Cobo hace la siguiente afirmación:

Se refiere a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose los separados de la siguiente manera: arenas, con tamaños entre 2 a 0.5mm de diámetro; limos entre 0.05 a

³¹ MILA, Alberto. Op Cit., p. 16

³² SORIANO y PONS. Op. Cit., p. 38

³³ GISPERT, Carlos *et al.* Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Barcelona: Oceano/Centrum, 1999. p. 58.

³⁴ GRAETZ, H. A. Suelos y Fertilización. México: Trillas, 2002. 2da edición. p. 15

0.002mm de diámetro, y las arcillas con tamaños menores a 0.002mm de diámetro. De acuerdo con el separado que domine en el suelo, éste recibe un nombre especial o textural, por ejemplo: si domina la arena, el suelo se llama arenoso o liviano; si es la arcilla, se denomina arcilloso o pesado, y si dominan los limos, se llama limoso o medio. Si hay una mezcla adecuada de los 3 separados se denomina franco o mediano³⁵.

Por su parte, Bernal afirma que:

La clase textural se utiliza como guía para determinar el tipo de manejo más adecuado para cada suelo y cuáles son sus posibles problemas que este puede presentar. Entre algunas propiedades del suelo que están relacionadas con su textura, se pueden citar la facilidad de laboreo o preparación, susceptibilidad a la erosión, facilidad de germinación de las semillas y penetración de las raíces, contenido y retención de nutrientes; contenido, retención y penetración de agua y aireación³⁶.

Castro sostiene que “esta propiedad se usa comúnmente como criterio para determinar en un suelo la permeabilidad o infiltración, la capacidad de retención de humedad, la plasticidad o adhesividad, la aireación, las condiciones de labranza, la CIC y la fertilidad.”³⁷.

4.3.4. Capacidad de campo e Infiltración. Campos Aranda da el siguiente concepto:

La cantidad de agua retenida después de que un suelo saturado se ha drenado natural o artificialmente es llamada capacidad de campo. CC. En CC cada partícula del suelo está completamente rodeada con una partícula delgada de agua; sin embargo, la mayor cantidad de agua está localizada en forma de cuñas entre las partículas del suelo. Es de tales cuñas que las plantas obtienen la mayoría del agua que necesitan. La humedad retenida por el suelo contra la gravedad puede expresarse en términos de tensión de humedad o succión necesaria para extraerla. Los valores de la tensión pueden expresarse en equivalentes de atmósferas o altura de la columna de agua en centímetros. Para convertir tensión de humedad del suelo a equivalentes de atmósferas se establece que una atmósfera es igual a la succión o presión negativa de una columna de agua de 1000cms. A CC un suelo franco (proporciones semejantes de arcilla, limo y arena) o arcilloso retiene humedad contra una tensión de 1/3 de atmósfera, es decir, con una altura de columna de agua de

³⁵ COBO LEMOS, José. El Suelo y el Agua en la Producción de Pastos. Cali – Colombia: Feriva, 2003. p. 39.

³⁶ BERNAL, Op. Cit., p. 59

³⁷ CASTRO FRANCO, Hugo Eduardo. Fundamentos para el Conocimiento y Manejo de Suelos Agrícolas. Tunja: Instituto Universitario Juan de Castellanos, 1998. p. 115

333cms, mientras que en un suelo arenoso puede ser tan baja dicha tensión como 0.10 atmósferas o 100cms de columna de agua³⁸.

De acuerdo con Porta³⁹, la infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de la superficie y como todo movimiento de agua en el suelo, ésta se produce al haber diferencias de potencial hídrico entre la superficie y el suelo.

De acuerdo con Rosas, “al ser el suelo más arcilloso, los espacios porosos son más pequeños y retienen mayor humedad, pero con menor posibilidad de hacerla disponible para las plantas. La infiltración es la velocidad del movimiento vertical que tiene el agua en el perfil del suelo”.⁴⁰

4.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO. Sierra afirma:

En el departamento de Nariño, el 18% de su área corresponde a piso térmico frío, que constituye la zona más explotada y con una estructura agraria altamente minifundista. El piso térmico de páramo cubre el 9% de la superficie del departamento. La zona papera está localizada entre los 2500 y 3200msnm. Se caracteriza por ser montañosa, con topografía quebrada, fuertemente ondulada y en algunos casos plana, especialmente en los altiplanos de Túquerres e Ipiales, con predominio de pHs ácidos; el 24% son pobres en materia orgánica (menos del 5% MO), la tercera parte tiene valores medios y el 46% presenta valores altos (más del 15% MO). El 59% de estos suelos tienen valores bajos en fósforo, el 19% niveles medios y el 22% se encuentran bien abastecidos de este elemento. El potasio se encuentra en cantidades apreciables. Las frecuencias de los niveles bajo, medio y alto de los contenidos del calcio son similares. En cambio, hay una frecuencia del 67% con bajos contenidos de Mg y 72% con una alta relación Ca/Mg, agregándose que estos suelos presentan altos contenidos de potasio y, por lo tanto, se tienen frecuencias altas de valores bajos de la relación (Ca+Mg)/K. Por lo anterior, se considera que en estos suelos hay altas probabilidades de respuestas de los cultivos a las aplicaciones de magnesio⁴¹.

De acuerdo con Cobo, “Las propiedades químicas pueden modificar las propiedades físicas, la naturaleza química del suelo y controlar el suplemento y disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de las plantas.”⁴²

³⁸ CAMPOS ARANDA, Daniel Francisco. Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos. México: Trillas, 2005. p. 298.

³⁹ PORTA CASANELLAS, Jaime. Introducción a la Edafología, Uso y Protección del Suelo. Madrid: Ediciones Mundiprensa, 2008. p. 301.

⁴⁰ ROSAS ROA, Antonio. Agricultura Orgánica Práctica: Alternativas Tecnológicas para la Agricultura del Futuro. Bogotá: Aristides Gómez S, 2002. p. 51.

⁴¹ SIERRA, Op. cit.

⁴² COBO, Op. Cit., p. 43.

4.4.1. Materia orgánica. Según Cobo:

Resulta de la acumulación de residuos de plantas y animales; cuando están bien descompuestos, reciben el nombre de HUMUS. En un suelo de buena fertilidad, las partículas minerales están cubiertas por una capa de humedad capilar que contiene humus. Esta es una especie de gelatina que retiene agua al expandirse. La materia orgánica es fuente de N, P y S, y tiene influencia sobre la estructura, porosidad, retención de agua, retención de cationes, población de microorganismos y fijación de fósforo⁴³.

Según Graetz, “un suelo rico en materia orgánica con buena estructura permite que las raíces penetren mejor. El contenido de materia orgánica varía con el tipo y profundidad del suelo”⁴⁴.

Burbano presenta la siguiente descripción:

La materia orgánica del suelo es sin duda uno de los materiales más complejos que existen en la naturaleza, complejidad que se refleja en su composición química. Se afirma por eso, que la materia orgánica del suelo contiene probablemente no la mayor parte, sino todos, los compuestos orgánicos que ocurren naturalmente, en razón de que se deriva u origina de los productos metabólicos y tejidos de plantas, animales y microorganismos. Esencialmente todos los residuos de plantas y animales retornan al suelo y son sometidos a la descomposición por los microorganismos. Como resultado de este proceso microbiológico, los elementos que son consumidos originalmente por las plantas para la síntesis orgánica retornan para su circulación a fin de ser reutilizados⁴⁵.

4.4.2. pH. De acuerdo con Guzmán Ortiz:

La reacción del suelo (ácido, neutro o alcalino) se refiere a la concentración relativa de iones hidrógeno (H^+) e hidroxilo (OH^-) en la solución del suelo. En un suelo ácido la concentración de iones hidrógeno es mayor que la de los iones hidroxilo, mientras que en un suelo alcalino sucede lo contrario. Un suelo neutro posee igual concentración de ambos iones. Las concentraciones reales de iones hidrógeno o hidroxilo en la solución del suelo son extremadamente bajas. Un suelo con un pH de 7.0

⁴³ Ibid., p. 45.

⁴⁴ GRAETZ, H. A, Op. Cit., p. 24

⁴⁵ BURBANO ORJUELA, Hernán. El Suelo: Una Visión Sobre sus Componentes Bioorgánicos. Pasto – Colombia: Universidad de Nariño, 1989. p. 14.

tiene apenas 0.0000001 moles (10^{-7}) de iones hidrógeno por litro de solución del suelo. Esta es una forma poco práctica de reportar la acidez del suelo, por lo que se utiliza el término pH. La escala del pH va de 0 a 14, y el pH igual a 7 es neutro; los valores de pH menores a 7 son ácidos y los mayores de esta cifra son alcalinos. Cuanto menor es el valor del pH, más ácido es el suelo y, por el contrario, cuanto mayor es el pH por arriba de 7, el suelo es más alcalino. La reacción del suelo es importante en vista de que influye en la disponibilidad de los nutrientes, la solubilidad de los iones tóxicos y la actividad microbiana. La disponibilidad de los nutrientes varía a diferentes valores de pH. La disponibilidad máxima de los nutrientes primarios (N-P-K) es mayor a un valor de pH entre 6.5 y 7.5. la solubilidad de algunos elementos fitotóxicos, como el aluminio, aumenta a valores bajos de pH (menos de 5.5), lo cual disminuye el rendimiento de los cultivos.⁴⁶

Según Estrada:

La aptitud de un suelo como medio para el crecimiento de las plantas y microorganismos deseables dependen notablemente de la reacción de éste. El pH es una medida de su acidez o alcalinidad.

Esta propiedad del suelo afecta el crecimiento de las plantas a través de su efecto en la disponibilidad de los elementos esenciales y actividad de los microorganismos; el pH está influenciado por el contenido de materia orgánica, los cationes intercambiables, actividad respiratoria de las plantas y microorganismos, aplicación de enmiendas y fertilizantes, porcentaje de saturación de bases, etc. En el suelo, la acidez depende de la presencia de Hidrógeno y de Aluminio en forma intercambiable.⁴⁷

4.4.3. Capacidad de intercambio catiónico. Según Guzmán:

La capacidad de intercambio catiónico es una medida importante de la fertilidad potencial de los suelos. Gracias a su estructura química, las partículas de arcilla y la materia orgánica del suelo tienen carga negativa. Esto significa que los cationes (iones con carga eléctrica positiva) son atraídos y retenidos sobre la superficie de estos materiales del suelo. Los cationes de la solución del suelo están en equilibrio dinámico con los cationes atraídos sobre la superficie de la arcilla y la materia orgánica.⁴⁸

Cobo señala que:

⁴⁶ GUZMAN. Op. Cit., p. 11 – 12.

⁴⁷ ESTRADA. Op. Cit., p. 49.

⁴⁸ GUZMAN. Op. Cit., p. 13.

Esta propiedad se refiere a la cantidad total de cationes que un suelo puede absorber por el fenómeno de intercambio de cationes. Este valor usualmente se expresa como miliequivalente (m.eq)/100g de un suelo seco. Un miliequivalente es el peso equivalente dividido por mil. A mayor capacidad de intercambio de cationes mayor potencial de fertilidad del suelo, aunque otros factores, tales como clase de cationes presentes, acidez y alcalinidad también están involucrados.⁴⁹

De acuerdo con Castro⁵⁰, se estima que la capacidad de intercambio catiónico es baja cuando es menor a 10 meq/100g; media cuando sus valores están entre 10 – 20 meq/100g y alta cuando su valor es mayor de 20 meq/100g.

El mismo autor argumenta que “es deseable que un suelo presente una CIC alta, asociada con una buena saturación de bases , ya que esto indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de Calcio, Magnesio y Potasio. Cuando un suelo presenta baja CIC es índice de baja fertilidad.”⁵¹

4.4.4. Nutrientes. Porta *et al* afirman que:

Los componentes inorgánicos pueden ser muy distintos de unos suelos a otros, dependiendo de las condiciones del medio y del material originario. Dado que en los materiales originarios el número de especies minerales no es demasiado elevado, los suelos frecuentemente no presentan más de 20 a 25 minerales diferentes. Los más abundantes suelen ser los minerales de la clase de los Silicatos: arcillas, feldespatos, anfíboles, piroxenos, micas, cuarzo.⁵²

De acuerdo con FUNACH-ASCAPAM:

Los nutrientes que las plantas necesitan en mayor cantidad para su crecimiento y fructificación son:

NITRÓGENO
FÓSFORO
POTASIO
CALCIO
MAGNESIO

⁴⁹ COBO., Op. Cit., p. 44.

⁵⁰ CASTRO., Op. Cit., p. 163.

⁵¹ Ibid., p. 163.

⁵² PORTA CASANELLAS, Jaime. LOPEZ ACEVEDO, Marta y ROQUERO DE LABORU, Carlos. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Madrid – España: Ediciones Mundi-Prensa, 1994. p. 132

Estos nutrientes se llaman MAYORES y se deben aplicar a los cultivos varias veces al año porque son los que más rápido se acaban.

Hay otros nutrientes que las plantas necesitan en menor cantidad para vivir y producir buenas cosechas.

Estos nutrientes se llaman MENORES, son los siguientes:

BORO (B)
ZINC (Zn)
HIERRO (Fe)
MANGANESO (Mn)
COBRE (Cu)
MOLIBDENO (Mo)
COBALTO (Co)
AZUFRE (S)

Estos nutrientes se encuentran en la mayor parte de los suelos en pequeñas cantidades, suficientes para las plantas.⁵³

4.4.4.1. Nitrógeno. De acuerdo con Castro:

Las plantas, como todos los organismos, requieren nitrógeno para su crecimiento y su reproducción. El Nitrógeno es un constituyente de todas las proteínas, de todas las enzimas y de muchos productos metabólicos intermedios. Es el elemento mineral que mas consumen los cultivos.

Las plantas utilizan o absorben el nitrógeno en dos estados a saber:

- Estado amoniacal (NH_4^+)
- Estado nitrato (NO_3^-)
- El ion nitrito (NO_2^-) puede ser tóxico en pequeñas cantidades para la mayoría de las plantas.

Las funciones generales del nitrógeno en la planta son:

- Formar parte esencial del proceso de fotosíntesis generando el verde a las plantas.

⁵³ FUNACH-ASCAPAM (2002), "Capacitación En Obtención De Nuevos Productos Derivados De La Caña Y El Manejo Adecuado De La Agroindustria Panelera, Municipio De Mocoa" *Agronet.gov.co* [en línea] [consultado el: 13/11/2007] Disponible en http://www.agronet.gov.co/.../20061024153344_Características%20del%20suelo%20propiedades%20fisico-químicos.pdf

- Promover su crecimiento rápido.
- Aumentar el contenido de proteínas en los productos de las cosechas alimenticias.
- Es nutrimento de los microorganismos del suelo que actúan en la descomposición de la materia orgánica.
- El exceso de nitrógeno favorece excesivamente el crecimiento vegetativo, disminuye la absorción de potasio y retarda la maduración⁵⁴.

4.4.4.2. Fósforo. Salamanca afirma que:

Con la posible excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas como el fósforo. Una carencia de este elemento evita que las plantas aprovechen otros nutrientes. El fósforo contribuye favorablemente sobre: división celular y crecimiento, floración y fructificación, formación de semillas, maduración de cosechas, desarrollo de las raíces, calidad de la cosecha (forrajes y hortalizas) y resistencia a ciertas enfermedades⁵⁵.

Seguido a esto, Durán establece que “la materia orgánica y la actividad biológica muchas veces son las principales fuentes de Fósforo. El Fósforo descargado por los residuos orgánicos está a disponibilidad de las plantas y cualquier fósforo atrapado por organismos del suelo está a disposición según éstos mueren y decaen”⁵⁶.

4.4.4.3. Potasio. De acuerdo con Durán:

La incorporación del Potasio es crítica durante las primeras etapas del crecimiento de la planta. El potasio regula las actividades de 40 o más enzimas. Es responsable de la producción de celulosa y del fortalecimiento de las paredes de las células, lo que da como resultado una resistencia de las plantas a las enfermedades. Facilita la formación y el desplazamiento de almidones, azúcares y aceites. Es importante en la conversión del nitrógeno a proteínas y es necesario para que las plantas adquieran resistencia a las sequías⁵⁷.

⁵⁴ CASTRO., Op. Cit., p. 272.

⁵⁵ SALAMANCA, Rafael. Suelos y Fertilizantes. Bogotá: Universidad Santo Tomás. 1990. p. 41

⁵⁶ DURAN RAMIREZ, Felipe. Volvamos al Campo: Manual de Cultivos Orgánicos y Alelopatía. Bogotá – Colombia: Grupo Latino, 2003. p. 74.

⁵⁷ Ibid., p. 77.

4.4.4.4. Calcio. De acuerdo con Graetz “el calcio promueve la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes. A la vez, mejora la estructura del suelo y la retención del agua. Sin embargo, un exceso provoca una deficiencia de potasio, fósforo, magnesio, zinc y hierro. El calcio tiene una influencia sobre la reacción del suelo”⁵⁸.

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 nutriente”⁵⁹.

4.4.4.5. Magnesio. De acuerdo con Estrada,⁶⁰ este elemento es esencial para el desarrollo de las plantas debido a que constituye el núcleo de la molécula de clorofila; además es importante porque fomenta la absorción y transporte del Fósforo, ayuda al almacenamiento de azúcares dentro de la planta, también es el activador más común de enzimas asociadas con el metabolismo energético, participa en el proceso fisiológico de la absorción de CO₂.

4.4.4.6. Azufre. Estrada⁶¹ argumenta que el Azufre es uno de los 6 elementos mayores de la nutrición vegetal, por lo que las plantas lo necesitan para sintetizar aminoácidos esenciales para el crecimiento vegetal, para llevar a cabo la actividad enzimática, los procesos fotosintéticos y la constitución de vitaminas. En general para los pastos, los requerimientos de Azufre son análogos a los de Fósforo y su deficiencia se manifiesta de la misma manera que la de Nitrógeno.

4.5. FACTORES BIOLÓGICOS DEL SUELO.

Burbano argumenta que:

La población microbial del suelo se encuentra en un medio que por su propia naturaleza es complejo y dinámico a la vez, lo que significa que estos organismos se verán obligados a interactuar entre sí con resultados favorables para las especies que protagonizan la interacción, con resultados negativos para uno de los componentes involucrados y, en algunos casos, con resultados poco evidentes. La presencia de las plantas en el suelo y más directamente del sistema de raíces de las mismas, da lugar a modificaciones sustanciales de las condiciones en las que los microorganismos presentes se desenvuelven, llevando por tanto a la generación de unas relaciones que, en determinadas ocasiones, son

⁵⁸ GRAETZ, H. A, Op. Cit., p.29.

⁵⁹ GUZMAN, Op. Cit. p. 98.

⁶⁰ ESTRADA, Op. Cit. p 105.

⁶¹ Ibid. p. 104.

favorables o benéficas tanto para el microbio como para la plata, resultados que tienen interés de carácter práctico para el establecimiento y el manejo de los cultivos, de las especies forestales y de las especies forrajeras⁶².

Gizzi *et al* señalan que:

La mesofauna participa activamente en los procesos de descomposición y mineralización de los residuos orgánicos, modificando directa o indirectamente la actividad de la flora descomponedora (hongos y bacterias). La macrofauna constituye el grupo de animales del suelo de mayor efecto sobre sus propiedades, puesto que interviene no solamente en los procesos de desintegración y distribución de los restos orgánicos, sino que también modifica la estructura del suelo mediante la formación de macroporos y agregados⁶³.

González Cairo *et al* mencionan que:

La acción que ejerce la mesofauna (organismos que presentan un tamaño entre 0.2 y 2 mm de longitud) es considerado como indirecto, ya que mediante la fragmentación de los residuos vegetales exponen un área mayor de superficie a la acción de los microorganismos descomponedores. La constitución física del suelo se ve influida favorablemente por los microartrópodos, pues sus excrementos constituyen partículas sólidas de forma y dimensiones características que le dan una textura grumosa. Asimismo, mediante la locomoción de estos invertebrados se diseminan las esporas de los microorganismos descomponedores, ya sea internamente en el intestino o mediante un transporte forético.⁶⁴

Figueredo y Medina, afirman:

La fauna del suelo está compuesta por invertebrados, entre los cuales sobresalen: la lombriz de tierra y otros gusanos, termitas, hormigas, arañas, cien pies, babosas, cochinillos (marranitos), tijeretas, huevos y larvas de lombrices e insectos.

⁶² BURBANO ORJUELA, Op cit., p 127.

⁶³ GIZZI, Antonio Honorio; ÁLVAREZ CASTILLO, Héctor Alberto; MANETTI, Pablo Luis; et al. "Caracterización de la meso y de la macrofauna edáficas en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense". *Inta.gov.ar* [en línea] Num. 37 [consultado el: 12/09/2007] Disponible en: www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/37/Gizzi.htm

⁶⁴ GONZÁLEZ CAIRO, Vivian; DÍAZ AZPIAZU, Magali; PRIETO TRUEBA, Dania. "Comunidades de la mesofauna edáfica en el ciclo de caña-planta (*Saccharum* spp.)". Dpto. Biología Animal y Humana, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. *Dict.uh.cu* [en línea] 2001, vol. 15, No. 2 [consultado el: 06/09/2008] Disponible en www.dict.uh.cu/Revistas/Bio%202001/Vol.15%20%20No.2/Bi15201-8.doc

Entre todos los invertebrados se destaca la lombriz de tierra, animal inofensivo que al cavar sus túneles contribuye a la aireación del suelo. Se alimentan de materia vegetal en descomposición y en su extraordinario sistema digestivo la convierten en excrementos enriquecidos con nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y más húmus.

En general, los invertebrados que viven en el suelo, ya sean lombrices e insectos como las termitas, ejercen una doble acción benéfica sobre el suelo: una acción química que consiste en agregar nitrógeno al suelo con sus deposiciones y una acción física de remoción del suelo, facilitando su ventilación y modificando su textura.⁶⁵

4.6. TAXONOMIA DE SUELOS.

Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi:

La taxonomía de los suelos debe entenderse como una clasificación específica y fundamentada en relaciones naturales, con clases y jerarquización generadas mediante la selección de aquellos criterios que en mayor grado, permiten entender y explicar las relaciones diferentes entre los suelos, es decir, referidas a las interacciones entre los factores y procesos formativos y la morfología resultante de ellos, ya sea esta actual o pretérita.

Los suelos del municipio de Guachucal, en su mayoría, se encuentran en el orden de los Inceptisoles y Andisoles:

- **Inceptisoles:** son suelos minerales con un desarrollo genético no muy avanzado (de baja evolución) pero lo suficiente para desarrollar horizontes genéticos y diagnósticos. Las características diagnósticas necesarias para su clasificación son variadas; sin embargo, en el departamento de Nariño, la mayoría de los suelos clasificados como inceptisoles se caracterizan por presentar un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico.
- **Andisoles:** son suelos minerales de evolución media, desarrollados a partir de materiales piroclásticos (cenizas, pómez, lapilli, lava) y que tienen propiedades ándicas. Cumplen además con algunas propiedades

⁶⁵ FIGUEREDO DE URREGO Edith y MEDINA URREGO Carlos Julio. Prácticas Agroecológicas: Experiencias de Campo y de Laboratorio, Conceptos Fundamentales, Aplicaciones a nivel Industrial, Familiar y Comunitario. Colombia: Fondo FEN Colombia, 1994, p 101.

químicas y físicas relacionadas con altos contenidos de aluminio y hierro activos y baja densidad aparente.⁶⁶

Según el IGAC, el municipio de Guachucal posee diversas calidades de suelos que por sus características geomorfológicas, físico - químicas, fisiográficas y ecológicas, se clasifican así:

- **Vereda Arvela:** Clase VI: Agrupa los suelos localizados en clima frío y húmedo, presentando limitaciones para la actividad agropecuaria por la alta susceptibilidad a la erosión, y baja fertilidad. La vegetación natural ha sido talada en su totalidad, lo cual aumenta la erosión de los suelos, reducción de la fauna y fuentes de agua. Estas tierras se deben dedicar a la actividad ganadera, reforestación en algunos sectores y en general protección de la vegetación natural en donde el establecimiento de la ganadería es inapropiado.
- **Vereda Culapud:** Clase IV : Comprende suelos derivados de material lacustre, sepultado por cenizas volcánicas. Estas tierras presentan un drenaje pobre, nivel freático fluctuante, se encuentra presencia de gravilla, pH bajo y escaso contenido de fósforo y bases. Mediante drenajes se pueden adecuar para cultivos de papa, haba o para pastos mejorados.
- **Vereda Santa Rosa:** Clase II: Comprende suelos de relieve ligeramente ondulado con pendientes simples 1-3%, y 3-7%, con un clima frío y húmedo, con suelos moderadamente profundos bien drenados con textura franco - arcillosa; presentan buena retención humedad, permeabilidad e infiltración, alta porosidad total y buena estructura.

Químicamente son suelos de baja fertilidad, reacción ligeramente ácida, bajo contenido de bases, de bajo a medio contenido de aluminio y bajo contenido de fósforo disponible. Esta clase de suelos es la de mayor aptitud para cultivos y pastos. Entre los pastos que se adaptan a las condiciones de esta clase de suelos se tienen el saboya, kikuyo, tréboles, raygrass, azul, alfalfa y avena, en general pastos diploide y tetraploides y sus variaciones. Cuando esta tierra se mantiene en cultivos continuos, se necesitan prácticas que conserven su fertilidad, tales como aplicación de fertilizantes y abonos orgánicos⁶⁷.

⁶⁶ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. República de Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2004. Tomo I, p. 203, 204, 205.

⁶⁷ IGAC, Op cit., p. 318.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. LOCALIZACIÓN.

El presente trabajo de investigación se realizó en 3 veredas comprendidas entre los 3050 – 3300 msnm del municipio de Guachucal, el cual está ubicado al suroccidente del departamento de Nariño y al norte de la provincia del Carchi (República del Ecuador), a 87 km de San Juan de Pasto; a una altura de 3180 msnm, la región se halla integrada al altiplano de Túquerres e Ipiales y se encuentra localizado geográficamente entre 0° 53' 55" y 1° 05' 25" de latitud norte y una longitud de 77°32'24" al occidente del meridiano de Greenwich. Con una precipitación pluvial promedio de 1200mm anuales y una temperatura que oscila entre 8 – 12°C, lo cual ubica a este municipio en la zona de vida Bosque Húmedo Montano (bh-M). (UMATA – Guachucal, 2008).

Las 3 localidades objeto de estudio fueron las veredas Arvela, Cualapud y Santa Rosa, en cada una de las cuales se ubicaron 3 sitios (réplicas).

	ARVELA	CUALAPUD	SANTA ROSA
Altitud (msnm)	3094	3244	3113
T° Promedio	10°C	8°C	10°C
Precipitación pluvial mm/anual	923.34	923.34	923.34
Humedad relativa	86.28%	86.28%	86.28%

5.2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para la obtención de algunas mediciones a nivel de campo, se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Luxómetro Extech modelo EA30.
- Penetrógrafo de pistón marca Eijkelkamp.
- Altimetro.
- Juego de anillos infiltómetros.
- Cuadrante para aforo de 25x25 cm.
- Palas.

- Bolsas plásticas.
- Hoz.
- Frascos desechables.
- Laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño.
- Laboratorio de Suelos, Universidad de Nariño

5.3. EVALUACIONES GENERALES.

En cada una de las tres veredas encontradas dentro del rango de altura requerido se procedió a ubicar 3 áreas homogéneas en donde se presente una óptima producción del pasto Saboya (*Holcus lanatus*), de manera espontánea y que no haya sufrido ningún tipo de intervención ni física ni química; se tomó una muestra de pasto por réplica, teniendo en cuenta que tenga buenas características de color, altura y peso por m².

Se realizó un primer corte de pasto por réplica, entre 10 a 15 cm del suelo, y con el segundo y tercer corte se estableció el periodo de recuperación; posteriormente se determinaron las variables químicas, físicas y biológicas mediante pruebas de laboratorio y de campo.

5.3.1. Variables Climáticas. Las mediciones de temperatura y humedad relativa se hicieron con el higrotermógrafo, la altura y luminosidad con el altímetro y luxómetro respectivamente. Tanto para la obtención de estos datos como para la precipitación, se recurrió a los datos históricos reportados por el IDEAM desde el año 2002 hasta el 2008.

5.3.2 Variables edáficas. Las variables edáficas se analizaron de acuerdo a los procedimientos descritos por el Manual de Métodos químicos para el análisis de suelos (Laboratorios UDENAR), de la siguiente manera:

5.3.2.1. Variables químicas:

- La evaluación de materia orgánica se realizó por colorimétrica, 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 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 saturadora y por último la determinación del catión indicador extraído por unidad de peso seco del suelo.

- El Fósforo disponible por fluoruro-ácido diluidos (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 desplaza 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 monocálcico, 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 pueden sustituir isomórficamente a los elementos principales en los minerales.

5.3.2.2. Variables físicas.

- La textura se determinó mecánicamente 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 2mm.
- La penetrabilidad se determinó por lectura y análisis 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 la resistencia del suelo en las condiciones de la medición. .
- La capacidad de campo, por el método de las 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 de que el drenaje libre prácticamente ha cesado. Esta definición se aplica a los suelos bien drenados.
- La densidad aparente por el método del 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.

- La 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

5.3.3. Variables biológicas. Se realizó la evaluación de la mesofauna en cada una de las réplicas descritas en un bloque de 25cm x 25cm x 30cm. Después de obtener el bloque se procedió a colocarlo en una bandeja para retirar todos los animales y evaluar el número de individuos por metro cuadrado basándose en 0.0625 m² de la muestra.

5.3.4. 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:

- La materia seca (MS) se determinó mediante análisis proximal o de Weende, este método sirve para determinar únicamente la cantidad de materia seca presente en una sustancia y 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.
- La determinación de la humedad por análisis de Weende se basa en tres factores: presión, tiempo y temperatura, y dependen del tipo de pasto.
- La determinación de la ceniza por el análisis proximal, únicamente sirve para conocer de forma aproximada el contenido mineral, más no es un indicativo claro del valor o calidad mineral de ella.
- El extracto etéreo se realizó mediante 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) determinado por análisis proximal, se basa en la ebullición alterna de la muestra con un ácido y un álcali débiles. El residuo que queda libre de componentes solubles se llama FC, descontando la ceniza, y el ELN se determina por diferencia de la fibra, proteína, grasa y ceniza.
- Para fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), 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 librado se destila para su posterior titulación.
- La disponibilidad de los minerales como Ca, P, Mg y S se estimaron multiplicando la cantidad de 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 (NDT) se determinó aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{NDT} = \frac{(0,0504(\% \text{PC}) + 0,077(\% \text{EE}) + 0,02(\% \text{FC}) + 0,011(\% \text{ENN}) + 0,000377(\text{ENN})^2 - 0,152)}{4,38} * 100$$

NDT: Nutrientes digestibles totales FC: Fibra Cruda

PC: Proteína cruda ENN: Extracto no nitrogenado

EE: Extracto etéreo

5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de los datos que correspondieron a variables cuantitativas se aplicó un análisis de componentes principales (ACP), el cual es una técnica estadística de síntesis de la información o reducción del número de variables perdiendo la menor cantidad de información posible, los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí, para esto se utilizó el software SAAS.

Las variables cualitativas se evaluaron mediante un análisis de correspondencia múltiple (ACM), el cual es una técnica estadística que se utiliza para analizar, desde un punto de vista gráfico, las relaciones de dependencia e independencia de un conjunto de variables categóricas a partir de los datos de una tabla de contingencia. Este procedimiento se lo realizó mediante el software SPSS.

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

Se eliminaron algunas de las variables cuantitativas por su baja variabilidad y por estar altamente correlacionadas, éstas fueron: temperatura, humedad relativa, altura, textura, penetrabilidad, densidad aparente, densidad real, porosidad total, penetrabilidad, carbono orgánico, azufre disponible, cobre, zinc, nitrógeno, humedad, extracto etéreo, fibra cruda, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro, nitrógeno total del pasto, fósforo del pasto, magnesio del pasto, nutrientes digestibles totales.

Seguido a esto, los datos se agruparon construyendo clusters o grupos, en los grupos que presentaron una mayor producción de biomasa se determinó cuáles variables estaban presentes como aportantes y posteriormente se pudo hacer el análisis para explicar de una forma clara la respuesta obtenida.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS.

En cuanto a las condiciones climáticas se presentaron rangos muy estrechos entre cada localidad, obteniéndose un rango de temperatura de 8 – 10°C, precipitación de 923.34 mm/anuales, luminosidad de 89.7 – 92.73 Klux y una humedad relativa de 86.28% (Tabla 1)

Con respecto a condiciones climáticas Rodas⁶⁸ menciona que el pasto saboya presenta una Moderada tolerancia a la sequía; resistente a las heladas y es muy resistente al frío; es una especie muy valiosa en las condiciones de páramo ya que se obtienen producciones constantes en zonas por encima de los 3000msnm en zonas de ladera.

Tabla 1. Condiciones climáticas presentes en la zona de estudio.

	ARVELA	CUALAPUD	SANTA ROSA
Altitud (msnm)	3094	3244	3113
T° Promedio	10°C	8°C	10°C
Precipitación pluvial mm/anual	923.34	923.34	923.34
Humedad relativa %	86.28%	86.28%	86.28%
Luminosidad (Klux)	94.71	92.73	89.07

⁶⁸ RODAS. Op cit., p 42.

6.2 VARIABLES AGRONÓMICAS.

Es importante mencionar que las muestras del pasto Saboya (*Holcus lanatus*) se tomaron en sitios donde se observó que su comportamiento productivo era el mejor debido a la alta cantidad de biomasa encontrada y a sus similares características, por lo que las variables productivas y bromatológicas no presentaron diferencias muy significativas (Tabla 2).

6.2.1. Periodo de recuperación.

Con respecto al periodo de recuperación, se hicieron tres cortes en cada sitio para determinar un valor promedio para cada vereda. Cabe resaltar que los datos obtenidos no presentaron diferencias significativas pues el comportamiento fue similar en todos los lugares estudiados, obteniéndose valores de 49 días para Arvela, 51 días en Cualapud y 52 días en Santa Rosa, es decir, que el promedio general fue de 51 días.

Los datos que se obtuvieron en este estudio son mayores a lo reportado por Estero⁶⁹, quien presenta un rango de periodos de recuperación en pasto Saboya de 28 – 42 días. Esto debido posiblemente a la altura promedio de la zona de estudio, ya que se presentó un rango de 3094 – 3244msnm.

Cabe resaltar que el pasto Saboya presenta un periodo vegetativo en el que su floración es muy temprana, por lo que su corte y aprovechamiento debe hacerse previo a su maduración completa, con lo cual su periodo de recuperación se reduce notablemente.

6.2.2. Producción de biomasa.

En cuanto a los resultados de producción de biomasa en materia seca, se obtuvo un promedio general de 5.34T/MS/hectárea/corte, y para cada vereda se encontró valores que corresponden a: 6.13T/MS/hectárea/corte en Arvela, 4.80T/MS/hectárea/corte en Cualapud, y 5.11T/MS/hectárea/corte en Santa Rosa, todo esto en condiciones de no intervención.

De esta manera, Rodas⁷⁰ reporta una producción en Zipaquirá-Cundinamarca de 3.23T/MS/hectárea/corte en praderas de pasto Saboya con labranza cero; siendo este forraje más apropiado para ganado vacuno ya que no se registran efectos tóxicos por el consumo del mismo.

⁶⁹ 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>

⁷⁰ RODAS, Alvaro. Producción verde. Memorias tierra pastos y ganado. Seminario Gestión de empresas ganaderas. Pasto. Abril 12 – 13 2007. p 41.

Puede apreciarse en la Tabla 2 que la mejor producción de forraje verde por hectárea fue en la localidad de Arvela, con un promedio de 28.3 ton FV/hectárea, teniendo Cualapud un promedio de 23.1 ton FV/hectárea y 22 ton FV/hectárea para Santa Rosa.

Con respecto a la producción de forraje verde, Medina⁷¹ reporta que se encontraron producciones para el pasto Saboya de 12 – 15 ton FV/hectárea, que se pueden mantener con un manejo técnico. Sin embargo, los resultados obtenidos superan ampliamente estos valores.

Tabla 2. Datos promedios de las variables productivas.

LUGARES		PROMEDIOS VARIABLES PRODUCTIVAS		
		PERIODO RECUPERACIÓN (Días)	PX BIOMASA FV (ton/ha)	PX BIOMASA MS (ton/ha)
ARVELA	A1	49,3	25.3	6,067
	A2	48,7	30.6	6,12
	A3	49,7	29	6,21
	Promedio	49	28.3	6.13
CUALAPUD	C1	48,3	19.8	4,17
	C2	51,7	25.9	5,44
	C3	52,7	23.6	4,8
	Promedio	51	23.1	4.80
SANTA ROSA	S1	52	21.3	4,81
	S2	50,7	22.7	5,64
	S3	53	22	4,89
	Promedio	52	22	5.11
Promedio general		51	24.4	5.34

⁷¹ MEDINA, H. Cátedra recursos forrajeros. Universidad de Nariño. Pasto: Colombia. 2004. p.25.

6.3. VARIABLES BROMATOLOGICAS.

6.3.1. Materia seca. El pasto Saboya que se evaluó de cada sitio en estudio presentó una calidad nutritiva muy buena puesto que se encontró valores de materia seca del 21.80% en Arvela, 20.82% en Cualapud y 23.22% en Santa Rosa, estos datos arrojan un valor promedio de 21.94% como se indica en la Tabla 3.

Es importante tener en cuenta el estado vegetativo del pasto en el momento del corte, ya que de éste depende su grado de materia seca. De acuerdo con McDonald *et al*⁷², el contenido de humedad del pasto es alto en los primeros grados de crecimiento, generalmente del 75 al 85% y a medida que avanza la edad de la planta éste decrece; además de la edad de la planta, las condiciones climáticas tienen también mucha influencia sobre el contenido de materia seca.

Según Apraez, Burgos y Caycedo⁷³, 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.

6.3.2. Proteína Bruta. En cuanto a la proteína, los valores fueron, para proteína cruda un promedio de 15.23 % en Arvela, 13.44 en Cualapud y 14.98 en Santa Rosa, obteniendo un promedio general de 14.55%, como se muestra en la Tabla 3, esto indica un valor de 145.83 g/kg de Proteína Cruda. Según McDonald *et al*⁷⁴, el contenido de proteína bruta puede oscilar desde 30g/kg en un forraje muy maduro, hasta una cifra tan elevada como 300g/kg en la hierba joven muy abonada. Por su parte, Bernal⁷⁵ indica un 11.95% de proteína cruda para el pasto Saboya en prefloración y el ICA, citado por Osorio⁷⁶, reporta un valor de 11.67% de proteína en el pasto Saboya con un 10% de floración, con lo cual se puede concluir que los promedios encontrados en el estudio son mayores, esto debido a la edad del pasto en el momento del corte y a los altos niveles de nitrógeno encontrados en los suelos, lo cual está correlacionado con el nivel de proteína del pasto.

⁷² MCDONALD, P. EDWARDS, R. A. y GREENHALFH, J. F. D. Nutrición Animal. Zaragoza – España: Acribia S. A, 1981. p. 384.

⁷³ 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.

⁷⁴ Ibid., p 384.

⁷⁵ BERNAL. Op cit., p. 550

⁷⁶ OSORIO DIAZ, Doris Liliana. Volvamos al Campo, Cultivo de pastos y forrajes. Colombia: Grupo Latino Ltda, 2003, p. 66.

Tabla 3. Valores promedio del análisis bromatológico, porcentaje en base seca.

	ARVELA	CUALAPUD	SANTA ROSA	X Total
MS %	21,80	20,82	23,22	21.94
CENIZA %	10,66	9,48	9,72	9.95
EE (%)	2,68	2,47	2,62	2.59
FC %	29,10	29,46	25,62	28.06
P. CRUDA %	15,23	13,44	14,98	14.55
ENN %	42,99	45,15	47,07	45.07
FDN %	58,07	57,13	55,59	56.93
FDA %	31,32	33,37	30,52	31.73
LIGNINA%	4,43	7,57	5,27	5.75
CELULOSA %	26,90	25,79	25,25	25.98
HEMICEL %	26,76	23,77	24,73	25.08
CALCIO %	0,19	0,22	0,21	0.20
FOSFORO %	0,28	0,21	0,32	0.27
MAGNESIO %	0,15	0,14	0,16	0.15
AZUFRE %	0,14	0,13	0,17	0.14
N. TOTAL %	2,44	2,15	2,40	2.33
PROT. VERD %	11,38	10,95	11,48	11.27
NDT %	67.10	67.12	68.36	67.52

6.3.3. Proteína verdadera. Para proteína verdadera se obtuvo un promedio de 11.38%, 10.95% y 11.48% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente, lo que nos da un promedio de 11.27% (Tabla 3). Este valor se obtiene de la diferencia del NNP al valor de proteína bruta y se puede apreciar que no se presentan diferencias significativas entre los 3 promedios, siendo el más alto en la vereda Santa Rosa; con lo cual se puede deducir que el pasto Saboya presentó un adecuado nivel de proteína verdadera, debido a que la toma de las muestras se hizo en el estado de prefloración, en el cual la planta expresa su mayor potencial nutritivo y la cantidad de NNP fue baja; con ello pueden suplirse los requerimientos

nutritivos para el mantenimiento de los animales ya que, de acuerdo con las tablas de requerimientos nutricionales presentadas por Goyes⁷⁷, una vaca lechera de 500 kg de peso vivo con un consumo diario de 8kg de MS requiere 300g de proteína digestible por día para mantenimiento y 40g de proteína digestible por cada litro de leche producida.

Al consumir 8 kg de MS de pasto Saboya, el aporte sería de 880g de proteína verdadera, de los cuales 300g se aprovechan para mantenimiento, y los 580g restantes pueden sostener una producción de hasta 14 litros sin suplementación.

6.3.4. Fibra Cruda. En cuanto a la fibra cruda, el promedio por vereda fue de 29.10%, 29.46% y 25.62% (Tabla 3) para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente. Los resultados de FDN para las zonas de estudio fue de 58.07%, 57.13% y 55.59% para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente.

En base a esto, Church y Pond⁷⁸ plantean 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.

Apraez, Burgos y Caycedo⁷⁹ encontraron un valor de digestibilidad aparente para la Fibra Cruda del pasto Saboya de 53.95% en cuyes, siendo éste valor muy similar al de la alfalfa, maíz e imperial con 50.16%, 52.79% y 47.43% respectivamente, lo cual indica que la calidad de la fibra del pasto Saboya es similar a la de los otros 3 pastos, en lo que a la alimentación de cuyes se refiere.

Los promedios generales que se obtuvo para lignina, celulosa y hemicelulosa fueron de 5.75%, 25.98% y 25.08% respectivamente, los cuales son muy similares a los valores reportados por Bernal, quien presenta un 29.64% para celulosa, 24.84% para hemicelulosa y 3.4% para lignina del pasto Saboya en prefloración, lo cual sugiere que la calidad de la fibra del pasto Saboya en el estado en que se cortó se presentó de manera adecuada, lo que le permite tener una palatabilidad y digestibilidad mayor.

6.3.5. Fibra detergente ácido (FDA). Los valor de FDA fueron de 31.32%, 33.37% y 30.52% (Tabla 3) respectivamente para Arvela, Cualapud y Santa Rosa, los cuales indican que la calidad de la fibra del pasto Saboya es alta, ya que su bajo nivel de FDA especialmente repercute en un alto contenido de hemicelulosa, el cual es un carbohidrato de mayor solubilidad y fuente de fibra aprovechable. Estos resultados se debieron probablemente a la edad de corte (periodo de recuperación promedio de 51 días), el efecto de la fertilidad del suelo, y

⁷⁷ GOYES, Blanca. Nutrición animal. Bogotá: Universidad Santo Tomás, 1988. p 302.

⁷⁸ CHURCH, D. C. y POND, W. G. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. México: Limusa, 1998. p. 311.

⁷⁹ APRAEZ, BURGOS Y CAYCEDO. Op cit., p. 58.

condiciones ambientales como una adecuada precipitación y una luminosidad media que repercute en una baja lignificación del pasto.

De acuerdo con lo anterior, Cheeke afirma que “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 esta presente la lignina”⁸⁰

6.3.6. Nutrientes digestibles totales (NDT). Al hablar del contenido energético se puede apreciar que en este pasto el valor es alto, puesto que se encontró un promedio de NDT del 67.52%, siendo para Arvela un 67.10%, para Cualapud y Santa Rosa un 67.12% y 68.36% respectivamente. Como se puede apreciar en la Tabla 3, estos valores son similares en las tres veredas y no se presentaron diferencias significativas entre las mismas. Delavega⁸¹ argumenta que una res para su mantenimiento requiere un 56% de NDT en base a la materia seca suministrada, lo cual indica que el pasto Saboya puede llenar estos requerimientos de manera satisfactoria.

Benitez afirma: “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”⁸².

6.3.7. Minerales. En cuanto a los minerales primarios como el Calcio, Fósforo y Magnesio, sus niveles en el pasto se presentaron de la siguiente manera:

6.3.7.1. Calcio. Para Calcio se obtuvo un 0.19% en Arvela, 0.22% en Cualapud y 0.21% en Santa Rosa, presentándose un promedio de 0.20% (Tabla 3), valores que no presentan diferencias significativas pero que están por debajo del requerimiento medio de una vaca en producción que, según Alvarez⁸³, es del 0.80% de Calcio, aunque este requerimiento varía de acuerdo al nivel de producción del animal.

6.3.7.2. Fósforo. El Fósforo presentó un promedio de 0.28% en Arvela, 0.21% en Cualapud y 0.32% en Santa Rosa, con un promedio general de 0.27% (Tabla 3), lo cual, según Guerrero⁸⁴, es un contenido medio en el pasto y además está por debajo del 0.38% requerido por una vaca en producción.

⁸⁰ CHEEKE, Peter. Alimentación y nutrición del conejo. 1ra edición. Zaragoza, España: Acribia, 1995. p. 127.

⁸¹ DELAVEGA LOZANO, Jorge Alejandro. Alimentación de Bovinos. México:[on line]: <http://www.mexicoganadero.com/boletin/numero0510/articulo.html> consultado el: 03/03/09.

⁸² BENITEZ, C. Los pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1983. p. 676.

⁸³ ALVAREZ, Jose. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Medellín: Universidad de Antioquia, 2004. p. 70

⁸⁴ GUERRERO, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: Monómeros colombo-venezolanos, 1998. p. 289.

En cuanto a los contenidos de Calcio y Fósforo, Álvarez⁸⁵ menciona que tiene funciones vitales en casi todos los tejidos corporales y su disponibilidad para el ganado debe estar en cantidades y proporciones adecuadas; además juntos componen más del 70% del total de los minerales del cuerpo.

6.3.7.3. Magnesio. El contenido de Magnesio fue de 0.15% para Arvela, 0.14% para Cualapud y 0.16% en Santa Rosa, con un promedio general de 0.15%, valor que se asemeja mucho a lo reportado por Laredo, citado por Guerrero⁸⁶, quien presenta un contenido de Magnesio del 0.16% a los 45 días y 0.14% a los 60.

6.4. VARIABLES EDAFICAS

6.4.1. Química de suelos.

6.4.1.1. pH. Los suelos estudiados en las tres veredas de Guachucal presentaron valores de pH de 5.40, 5.17 y 5.47 para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente (Tabla 4), lo cual indica que no hay diferencias significativas entre el pH, presentándose en las 3 localidades suelos ácidos con un promedio de pH 5.34. De acuerdo a esto, Estrada⁸⁷ menciona que este valor de pH corresponde a suelos fuertemente ácidos según la clasificación que él presenta.

Los datos obtenidos se encuentran dentro del rango reportado por Estero⁸⁸, quien afirma que el nivel óptimo de adaptación del pasto Saboya es de valores de pH entre 5 – 7.5, pero prospera en suelos más ácidos.

6.4.1.2. Materia orgánica. Los resultados obtenidos para materia orgánica presentaron promedios de 14.70% para Arvela, 14.07% para Cualapud y 11.77% para Santa Rosa, presentándose el más bajo en la vereda Santa Rosa (Tabla 4), pero esto no indica que el valor sea bajo, ya que, de acuerdo con Durán⁸⁹, en climas fríos los valores superiores al 10% de materia orgánica se consideran altos, presentándose en este caso un promedio general de 13.52%. Estos altos valores están explicados por la altura y temperatura de la zona de estudio, esto lo explica Charry⁹⁰, quien menciona que a mayor altitud la materia orgánica se incrementa debido al lento proceso de humidificación y mineralización de la misma por la baja actividad de los microorganismos del suelo, razón por la cual la materia orgánica se acumula.

⁸⁵ ALVAREZ. Op cit., p. 71

⁸⁶ Ibid. p. 289.

⁸⁷ ESTRADA. Op cit., p. 49.

⁸⁸ ESTERO. Op cit.

⁸⁹ DURAN. Op cit., p. 100.

⁹⁰ CHARRY. Op cit. p. 226.

6.4.1.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC). Para la capacidad de intercambio catiónico se obtuvo un promedio de 30.45meq/100g. (Tabla 4), el cual es un valor importante, pues, de acuerdo con Salamanca⁹¹, valores superiores a 20meq/100g indican una capacidad de intercambio catiónico alta. Esto debido posiblemente a la alta cantidad de materia orgánica presente, ya que estas dos variables están altamente correlacionadas. Frente a esto, Gavilán⁹² sostiene que los materiales orgánicos presentan una elevada capacidad de intercambio catiónico y una alta capacidad tampón frente a cambios rápidos en la disponibilidad de nutrientes y en el pH, una CIC elevada constituye un depósito de reservas para los nutrientes, lo cual favorece el comportamiento productivo del pasto Saboya en este tipo de suelos, ya que la disponibilidad de nutrimentos será la adecuada.

6.4.1.4. Nitrógeno total. Los valores promedio de nitrógeno total para las 3 veredas fueron de 0.54% para Arvela, 0.53% para Cualapud y 0.46 en Santa Rosa, con un promedio general de 0.51% para las 3 zonas (Tabla 4), presentándose que el mayor promedio fue para Arvela, lo cual pudo repercutir en el mayor valor de nitrógeno total del pasto, el cual fue también el más alto para esta zona (2.44% de N total).

Con respecto a esto, Salamanca⁹³ sostiene que para clima frío valores mayores a 0.50% como el caso de Arvela y Cualapud se consideran altos en Nitrógeno total, mientras que el valor de Santa Rosa, según el mismo autor, se encuentra en un rango medio.

6.4.1.5. Relación carbono/nitrógeno. En cuanto a la relación carbono nitrógeno, Alvarez⁹⁴ menciona que ésta nos informa sobre la facilidad con que los restos orgánicos se van a descomponer. Los resultados obtenidos presentaron un promedio de 15.69 para Arvela, 15.45 para cualapud y 15.32 para Santa Rosa, presentándose un promedio general de 15.32 en todo el estudio (Tabla 4); este resultado, según el mismo autor, nos indica que la relación C/N está en un rango medio y esto quiere decir que los microorganismos del suelo necesitan una cantidad media de nitrógeno por cada gramo de carbono que convierten en biomasa (humus) y esto explica una mineralización media de la materia orgánica en clima frío.

⁹¹ SALAMANCA, Rafael. Tecnología Agrícola. Bogotá: UNISUR. 1990. p 133.

⁹² GAVILAN, Miguel. Tratado de cultivo sin suelo. España: Mundi-prensa, 2004. p 122.

⁹³ SALAMANCA. Op cit., p 133.

⁹⁴ ALVAREZ ROGEL, José. Edafología y Climatología, constituyentes Orgánicos del Suelo: Origen, Tipología y Comportamiento. Universidad Politécnica de Cartagena (consultado el 03/03/09) [disponible en internet] <http://www.upct.es/~dcta/edafologia/DOCENCIA/asignaturas/DIAPOSITIVAS/edafo%20tema2.pdf>

Tabla 4. Valores promedio del análisis de suelos de los tres lugares estudiados

	ARVELA	CUALAPUD	SANTA ROSA	X Total
<i>pH</i>	5,40	5,17	5,47	5.34
<i>MAT. ORG. %</i>	14,70	14,07	11,77	13.51
<i>DA (g/cc)</i>	0,76	0,85	0,81	0.80
<i>Dens. Real g/cc</i>	2,31	2,33	2,40	2.34
<i>Capac. Campo %</i>	47,63	47,97	49,63	48.41
<i>Penetrabilidad (Mpa/cm²)</i>	1,17	1,07	1,00	1.08
<i>Infiltración (cm/h)</i>	7,40	11,30	9,57	9.42
<i>Porosidad %</i>	66,96	63,42	66,26	65.54
<i>Fosforo (mg/kg)</i>	6,77	5,57	27,43	13.25
<i>CIC (cmolcarga/kg)</i>	39,00	38,20	14,17	30.45
<i>Ca (cmolcarga/kg)</i>	5,73	6,78	4,71	5.74
<i>Mg (cmolcarga/kg)</i>	2,46	2,24	2,46	2.38
<i>K (cmolcarga/kg)</i>	2,82	2,89	2,67	2.79
<i>Al (cmolcarga/kg)</i>	0,50	0,37	0,10	0.32
<i>Fe (ppm)</i>	372,67	384,00	693,33	483.33
<i>Mn (ppm)</i>	5,47	3,00	10,47	6.31
<i>Cu (ppm)</i>	1,49	2,05	3,85	2.46
<i>Zinc (ppm)</i>	4,07	3,39	9,13	5.53
<i>Boro (ppm)</i>	0,12	0,10	0,23	0.15
<i>N total %</i>	0,54	0,53	0,46	0.51
<i>C Organico %</i>	8,53	8,17	6,82	7.84
<i>Relación C/N</i>	15.69	15.45	14.83	15.32
<i>S disp. (mg/kg)</i>	6,35	7,53	25,12	13.0

6.4.1.6. Bases intercambiables. Siguiendo con las bases intercambiables, como Calcio, Magnesio y Potasio, éstas se presentaron de manera variable en cada vereda:

- **Calcio.** La presencia de Calcio en los suelos estudiados se comportó de la siguiente manera: 5.73 meq/100g como promedio en Arvela, 6.78 meq/100g en Cualapud y 4.71 meq/100g en Santa Rosa, mostrándose un promedio general de 5.74 meq/100g. Estos valores presentaron diferencias significativas, encontrándose la menor cantidad de calcio en Santa Rosa.

Los datos se consideran valores medios en Arvela y Santa Rosa y altos en Cualapud, según lo reportado por Salamanca⁹⁵, quien menciona que un valor < 3 es bajo, 3-6 medio y >6 meq/100g es alto. Además, estos niveles de calcio en el suelo se comportaron de igual manera en el pasto, en donde también los valores más altos fueron para Cualapud.

Este medio y bajo contenido de calcio en los suelos está relacionado altamente con el pH, que para todas las zonas fue ácido (Tabla 4), ya que la cantidad de éste y de otros elementos desciende al incrementarse la acidez, lo cual también repercutió en un bajo nivel de calcio en el forraje.

- **Magnesio.** Los promedios obtenidos para el Magnesio fueron de 2.46 meq/100g en Arvela, 2.24 meq/100g en Cualapud y 2.46 meq/100g en Santa Rosa, los cuales no presentaron diferencias significativas y se calcula un promedio general de 2.38 meq/100g (Tabla 4), valor que se considera medio para este tipo de suelos, ya que, de acuerdo con Mosquera⁹⁶, valores menores a 1.5 son bajos, de 1.5 – 2.5 son medios y mayores a 2.5 meq/100g son altos.

Donald⁹⁷ manifiesta que, la disponibilidad de magnesio está controlada por factores como el clima, el pH, la temperatura, la humedad y su interacción con otros cationes; en este caso, la acidez de los suelos y la baja temperatura influyen en una menor disponibilidad de este elemento para el pasto Saboya, razón por la cual el nivel de magnesio en el forraje fue bajo (menor a 0.20%).

Parra⁹⁸ menciona que el Calcio y Magnesio tienen un comportamiento muy similar en el suelo y que del conjunto de nutrientes esenciales en el suelo, estos 2 elementos son los que se encuentran generalmente en concentraciones más altas. La concentración y la disponibilidad de ambos elementos está controlado generalmente por la Capacidad de Intercambio Catiónico de manera directa.

- **Potasio.** El Potasio en los suelos estudiados se comportó de la siguiente manera: 2.82 meq/100g en Arvela, 2.89 en Cualapud y 2.67 en Santa Rosa, con un promedio general de 2.79 meq/100g (Tabla 4).

En cuanto al Potasio, Salamanca⁹⁹ señala que valores superiores a 0.4 corresponden a una alta concentración de este elemento en el suelo, situación que se presenció claramente en cada una de las muestras.

⁹⁵ SALAMANCA. Op cit., p 133.

⁹⁶ MOSQUERA, Carlos, Tabla de niveles de elementos en el suelo. 1997

⁹⁷ DONALD, C. Fertilidad de suelos. México: Euned, 2007. p 16.

⁹⁸ PARRA, M. A. Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Andalucía: Mundiprensa, 2003. p. 45.

⁹⁹ SALAMANCA. Op cit., p 133.

Urbano¹⁰⁰ sostiene que el Potasio que se encuentra combinado con la materia orgánica puede ser liberado en forma de K^+ mediante el proceso de mineralización de la misma, siendo éste reutilizado por la población microbiana, situación que puede asociarse con el alto contenido de materia orgánica presente en los suelos.

El antagonismo que presenta el Potasio con el Calcio, Magnesio y Cobre, disminuye la absorción de estos elementos por parte del pasto, lo cual se corrobora con los bajos porcentajes de Calcio y Magnesio encontrados en los análisis bromatológicos del pasto, con lo que se disminuye su calidad en lo correspondiente a minerales.

6.4.2. Física de suelos.

6.4.2.1. Densidad aparente (DA). La densidad aparente (DA) presentada en los suelos de estudio arrojó los promedios de 0.76, 0.85 y 0.82 g/cc para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente (Tabla 4), presentándose un promedio general de 0.80; de acuerdo con Garavito¹⁰¹, valores de densidad aparente inferiores a 1g/cc corresponden a suelos livianos, en donde hay una lenta incorporación de la materia orgánica, siendo la proporción de materia orgánica inversamente proporcional a la densidad.

Lopez, citado por Ortega y Chavarro¹⁰², determinó que los suelos de Guachucal presentan una densidad aparente por debajo de 1.0g/cc, su porcentaje de porosidad es alto, al igual que su materia orgánica.

Seguido a esto, Thompson¹⁰³ manifiesta que la materia orgánica hace disminuir la densidad aparente (DA), ya que por equivalencia de volumen es mucho mas ligera que la materia mineral e incrementa la estabilidad de los agregados del suelo, siendo este segundo efecto el más importante en la mayoría de los suelos.

6.4.2.2. Infiltración. En cuanto a la infiltración, se presentó un promedio de 7.40, 11.30 y 9.57cm/h para Arvela, Cualapud y Santa Rosa respectivamente, con lo que se obtuvo un promedio general de 9.42 cm/h (Tabla 4), el cual, según la clasificación de Malagón, citado por Erasso y Paz¹⁰⁴, corresponde a una infiltración rápida, lo que indica una alta facilidad del agua en penetrar el suelo, de tal manera

¹⁰⁰ URBANO, Pedro. Tratado de Fitotecnia General. Zaragoza: Mundi-prensa. 1992. p.544.

¹⁰¹ GARAVITO NEIRA, Fabio. Propiedades Químicas de los Suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1974. p 222.

¹⁰² ORTEGA, Fredy y CHAVARRO, German. Estudio de algunas propiedades Físico Químicas y de Fertilidad de los Suelos de Leiva, Nariño – Colombia. 1990. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 5.

¹⁰³ THOMPSON, L. Los suelos y su fertilidad. 4ª edición, Texas: Reverté, 1988. p. 80.

¹⁰⁴ ERASSO GUERRERO, E. M. y PAZ SALAS, A. E. Determinación de la Tasa Básica de Infiltración en algunos suelos del altiplano de Pasto- Nariño. 1975. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 13.

que se disminuye la erosión del suelo en terrenos de ladera y el encharcamiento en terrenos planos.

Morgan *et al*¹⁰⁵ afirman que generalmente los suelos con textura gruesa como los arenosos y franco-arenosos poseen una velocidad de infiltración más elevada que los suelos arcillosos, debido al mayor tamaño de los espacios entre las partículas del suelo (poros), esta capacidad de infiltración puede variar de 20cm/h para suelos arenosos a 0.5cm en suelos arcillosos compactados.

Berlijn¹⁰⁶ afirma que 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 suelo por aguas de escorrentía. En un suelo con una buena cobertura permanente, la infiltración y la retención de humedad son mayores, y por ende el desarrollo vegetal será normal.

6.4.2.3. Penetrabilidad. La penetrabilidad calculada para las diferentes veredas fue de 1.17 Mpa/cm² en Arvela, 1.07 Mpa/cm² en Cualapud y 1.00 Mpa/cm² en Santa Rosa, con lo que se obtuvo un promedio total de 1.08 Mpa/cm² (Tabla 4), comportándose de manera similar en todos los lugares de estudio. Bernal¹⁰⁷ afirma que un suelo tiene buena penetrabilidad cuando su resistencia es menor a 6 kg/cm² que son iguales a 0.59 Mpa/cm²; si existen fuerzas que hacen que el suelo esté compactado, su resistencia a la penetración será alta, mayor de 6 kg/cm², y habrá menos poros de tamaño grande. A medida que el suelo se compacta, sus propiedades físicas se van deteriorando, lo que tiene como consecuencia severos casos de encharcamiento, escorrentía, pérdidas de agua y nutrientes e impedimento para que las raíces de las plantas tengan un desarrollo normal por deficiencia de agua y oxígeno con el resultado final de una baja producción.

Lo anterior indica que, en general, en las diferentes zonas de estudio se presentó una alta penetrabilidad, lo que obedece a una mayor cantidad de poros por la baja densidad aparente encontrada, con lo cual se facilita la penetración de las raíces del pasto Saboya en los suelos, lo que le permitirá tener un mejor desarrollo radicular y por ende tener fácil acceso a los nutrientes y al agua.

6.4.2.4. Porosidad. El promedio general de la porosidad fue de 65.54%, encontrándose un valor de 66.96% para Arvela, 63.42 en Cualapud y 66.26 en Santa Rosa (Tabla 4). En base a esto, Castro¹⁰⁸ afirma que los suelos con alta porosidad son aquellos que superan el 50% y que además presentan bajas

¹⁰⁵ MORGAN, R. URBANO J y URBANO M. Erosión y conservación del suelo. España: Mundi-prensa, 1997. p. 37.

¹⁰⁶ BERLIJN, Johan D. Cultivos Forrajeros. Manual para Educación Agropecuaria. Mexico: Trillas, 1990. p 16.

¹⁰⁷ BERNAL. Op cit., p 65.

¹⁰⁸ CASTRO. Op cit., p 133.

densidades aparentes, es decir que la porosidad del suelo es una característica inversamente proporcional a la densidad aparente. Lo cual indica que el pasto Saboya presenta un buen desarrollo en condiciones de alta porosidad y baja densidad del suelo, características propias de los suelos ricos en materia orgánica presentes en Guachucal.

6.4.2.5. Capacidad de campo. El promedio general para la Capacidad de Campo fue de 48.41% (Tabla 4), esto nos da una idea de la capacidad del grado de absorción que tiene el suelo y sus reservas de agua en caso de un verano muy prolongado.

Zeiger¹⁰⁹ afirma que los suelos arcillosos y aquellos con una cantidad elevada de humus tienen una gran capacidad de campo, ya que estos pueden retener hasta un 40% de agua en volumen, situación contraria a los suelos arenosos típicos, los cuales en la mayoría de veces alcanzan a retener solo el 3% del agua en volumen tras una saturación.

Teniendo en cuenta el anterior concepto, puede deducirse que el valor de capacidad de campo obtenido en el estudio es bastante alto, lo que indica una alta retención de agua como consecuencia del tipo de suelo y a su alta presencia de materia orgánica.

6.5. FAUNA DEL SUELO

Como se indica en la Tabla 5, el valor más alto del número de individuos se encontró en Arvela, con 1200 ind/m², seguido por Santa Rosa con 896 ind/m² y en último lugar Cualapud con 688 ind/m².

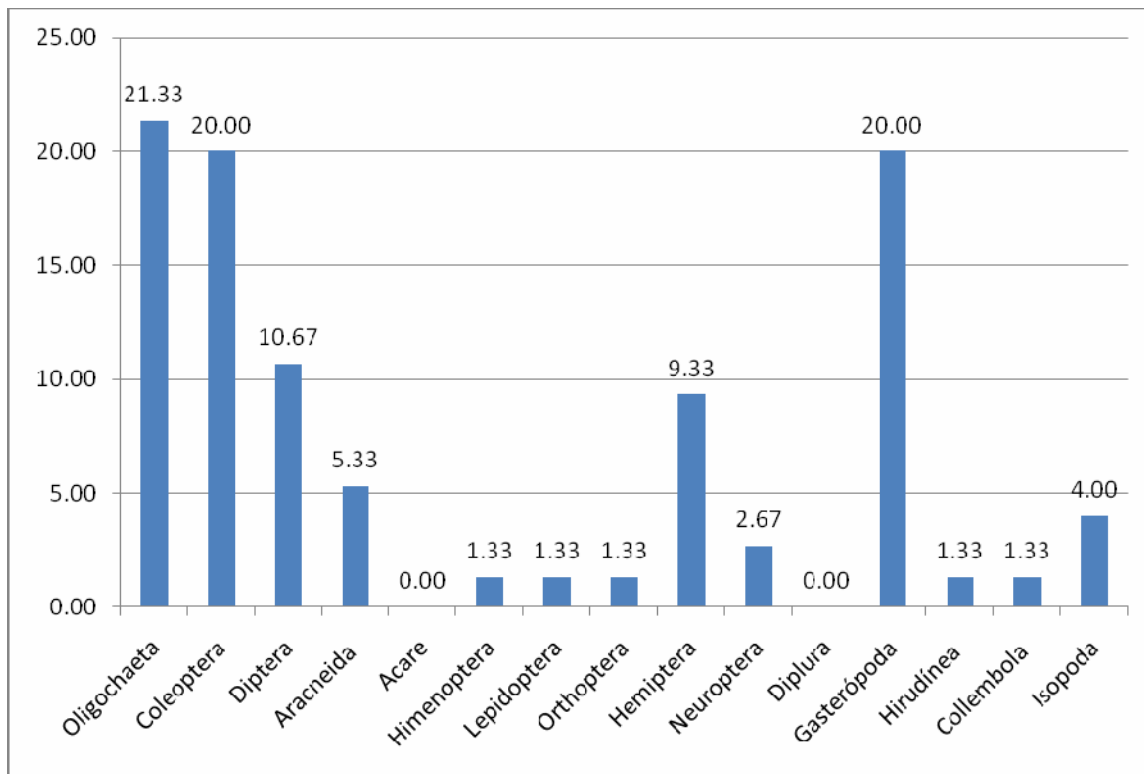
¹⁰⁹ ZEIGER, Eduardo. Fisiología Vegetal. España: Universidad Jaume I, 2006. p. 80.

Tabla 5. Densidad de organismos n°/m² de suelo

	ARVELA				CUALAPUD				S. ROSA			
	A1	A2	A3	Total	C1	C2	C3	Total	S1	S2	S3	Total
Oligochaeta (lombriz de tierra)	144	16	96	256	128	48	48	224	48	32	144	224
Coleoptera (escarabajos)	32	160	48	240	128			128	32	64	48	144
Diptera (mosca común)	64	64		128	16	32	64	112	48	48	16	112
Aracneida (arañas)		48	16	64	16	32	16	64	48	16	32	96
Acare (ácaros)					16			16				
Himenoptera (avispa, hormigas)		16		16	16			16				
Lepidoptera (mariposas)		16		16		16		16				
Orthoptera (saltamontes)			16	16		16		16	32	16		48
Hemiptera (pulgon, chinches)		96	16	112			96	96	32	64	144	240
Neuroptera (loritos verdes)		32		32							16	16
Diplura (doble cola)											16	16
Gasterópoda (babosas)	32	48	160	240								
Hirudínea (sanguijuelas)	16			16								
Collembola (colémbolos)	16			16								
Isopoda (cochinillos)	48			48								
TOTAL INDV				1200				688				896

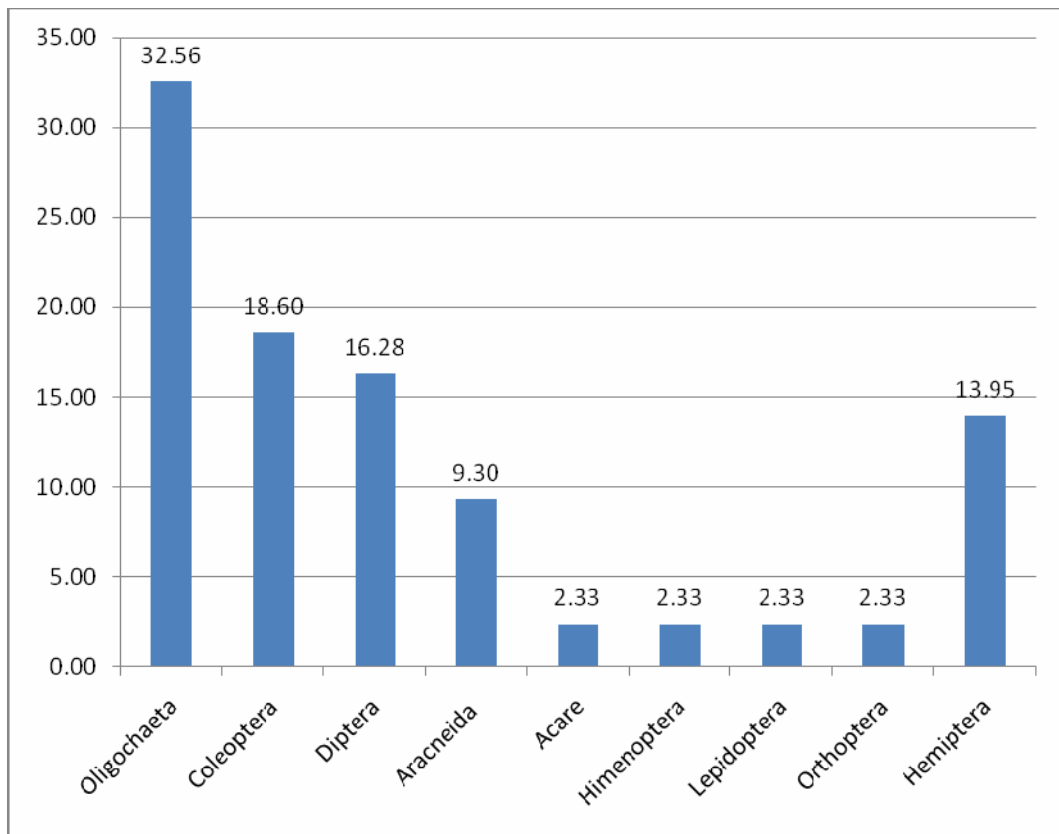
En la Figura 1 se presenta que en Arvela la mayor cantidad de individuos son del orden Oligochaeta (lombriz de tierra) con el 21.33%, le siguen las Coleópteras (escarabajos) y Gasterópoda (babosas) con el 20%, continúan Diptera (mosca común) con el 10.67%, Hemíptera (pulgon, chinches) con 9.33% y los órdenes que están por debajo del 5 % son Himenoptera (avispa, hormiga), Lepidoptera (mariposa), Orthoptera (saltamontes), Hirudínea (sanguijuela) y Collembola (colembolos), Neuróptera (loritos verdes) e Isópoda (cochinillos).

Figura 1. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m²) en la vereda ARVELA.



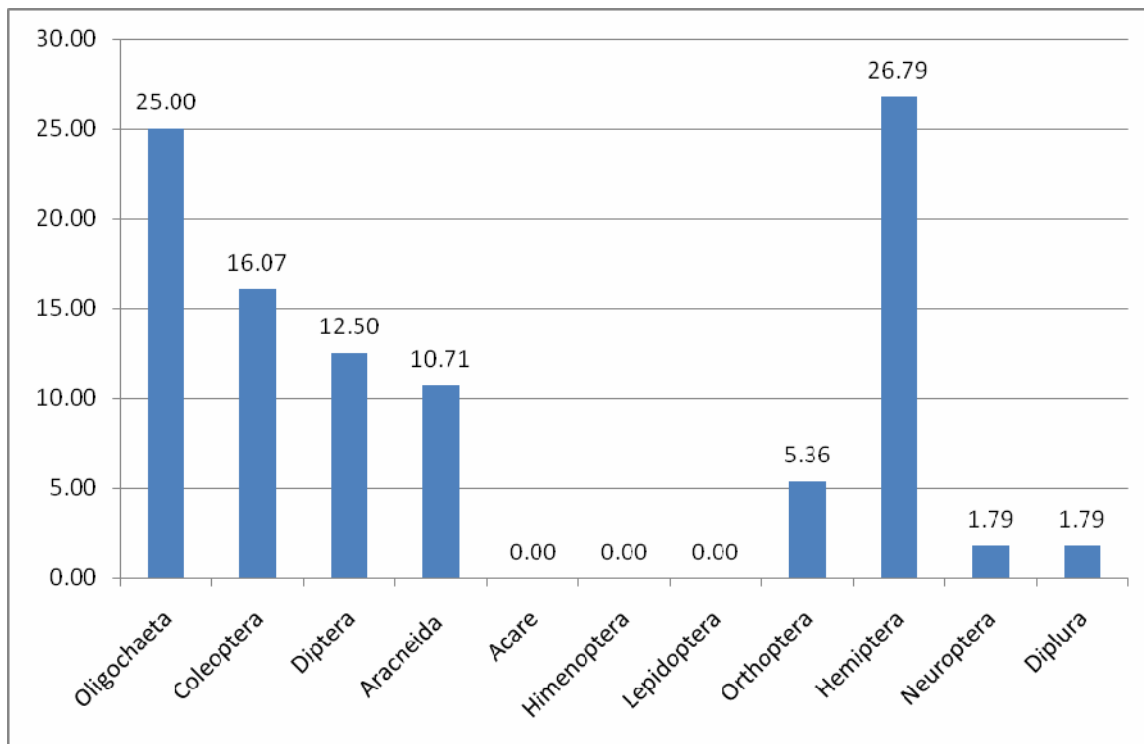
En la zona de Cualapud la participación más representativa es la del orden Oligochaeta (lombriz de tierra) con 32.56%, le siguen Coleoptera (escarabajos), con 18.60, Diptera (mosca común) con 16.28%, Hemiptera (pulgonos y chinches) con un 13.95% y Aracneida (arañas) con un 9.30%. Los porcentajes mas bajos fueron los de Himenoptera (avispa hormiga), Lepidoptera (mariposas), Orthoptera (saltamontes) y Acare (ácaros) con un valor del 2.33%, como se indica en la Figura 2.

Figura 2. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m²) en la vereda CUALAPUD.



Como se indica en la Figura 3, en Santa Rosa la mayor cantidad de individuos es del orden Hemíptera (pulgones, chinches) con el 26.79%, le sigue las Oligochaeta (lombriz de tierra) con 25%, el orden Coleóptera (escarabajos) con 16.07%, Díptera (mosca común), Aracneida (arañas) y Orthóptera (saltamontes) con un valor inferior al 15%, y los mas bajos fueron Dipluria (doble cola) y Neuróptera (loritos verdes) con el 1.79%.

Figura 3. Participación relativa (%) de los organismos del suelo con base en la densidad (N°/m²) en la vereda SANTA ROSA.



En general, el orden que mayor participación tuvo en todos los lugares fue la lombriz de tierra, con un porcentaje alto en cada uno de los mismos. Esta especie puede ser un indicativo de que en estos sitios existe un alto contenido de materia orgánica y con una alta mineralización, además puede ser un indicativo de que en el suelo donde habitan tiene un pH ligeramente ácido, ya que los suelos de la investigación se caracterizaron por tener un pH promedio cercano a 5,4.

Según Durán¹¹⁰, su actividad influye positivamente sobre la aireación, infiltración y distribución del agua en el suelo por la gran cantidad de canales que construyen durante su desplazamiento. Mezclan los materiales orgánicos con los materiales minerales del suelo, constituyéndose en una extraordinaria fábrica de fertilizantes naturales, sin costo alguno para el hombre.

Charry¹¹¹ argumenta además que el organismo más importante desde el punto de vista de los suelos, lo constituyen las lombrices, no sólo por su gran número, sino

¹¹⁰ DURAN. Op cit., p 97.

¹¹¹ CHARRY. Op cit., 211

también, por la enorme actividad que desarrollan en la transformación de sustancias inorgánicas, las que al ser ingeridas experimentan una acción enzimática originándose compuestos de fácil aprovechamiento para los cultivos; además, las lombrices forman galerías o conductos por medio de los cuales tiene lugar el intercambio gaseoso entre la atmósfera del suelo y la externa, como también el movimiento del agua.

Ademas, como se aprecia en la Tabla 6, se mostró claramente que la altitud tiene una relacion inversa con el numero de individuos, ya que a una altura de 3094 msnm que corresponde a Arvela se obtuvieron 400 ind/m², y a una altura de 3244 msnm en la vereda Cualapud el valor más bajo de individuos por metro cuadrado, siendo de 229, lo cual se corrobora con lo mencionado por Charry¹¹², quien sostiene que a mayor altitud la descomposición de la materia orgánica procederá una velocidad menor por la poca presencia de macro y microfauna descomponedora.

Existió también una relación directa entre el número de individuos y la materia orgánica, teniendo en cuenta que esta última fue activa, ya que sus relaciones Carbono Orgánico - Nitrógeno total fue en promedio para los tres lugares de 15,3% (Tabla 6), de esta forma los individuos pueden aprovechar mejor todos los nutrientes del suelo, esto concuerda con lo citado con Charry¹¹³, quien reporta como valores óptimos de relación C/N a los menores de 17, presentándose una adecuada mineralización.

En este punto también hay que tener en cuenta que el pH tiene una relación directamente proporcional con el número de individuos del suelo, ya que a un pH de 5,4 se obtuvo 400 ind/m² y para un pH de 5,27 existió 229 ind/m², siendo éste un pH propicio para la proliferación de estos individuos (Tabla 6). Con respecto a esto, Ferrera¹¹⁴ afirma que los anélidos (lombrices) requieren que el pH de su sangre sea ligeramente alcalino, ya que la acidez del suelo provoca un efecto desfavorable en estos individuos por la falta de iones calcio. Una alternativa de adaptación que presentan las lombrices es su característica de poseer glándulas calcíferas con lo cual regulan el pH. Lo cual indica que pueden sobrevivir a cambios de pH y a condiciones menos favorables del mismo.

Como se observa en la Tabla 6, en la medida en que disminuye la materia orgánica y el carbono orgánico, se presenta también una menor cantidad de nitrógeno total, debido a la alta correlación que existe entre estos elementos.

¹¹² Ibid., p 224.

¹¹³ Ibid., p 232.

¹¹⁴ FERRERA CERRATO, Ronald. Microbiología Agrícola: Hongos, Bacterias, Micro y Macrofauna, Control Biológico planta-microorganismo. México: Trillas. 2007, p 314.

La Tabla 6 muestra además que el promedio más alto en cuanto a organismos por m² fue para Arvela, sitio en el cual se obtuvo la mayor producción de biomasa, debido posiblemente a una mayor humidificación y mineralización de la materia orgánica que repercutió en una mejor disponibilidad de los nutrientes para el pasto Saboya.

Tabla 6. Principales variables que influyen sobre la fauna edáfica

VARIABLES	ARVELA	CUALAPUD	SANTA ROSA
Altitud msnm	3094	3244	3112
Carbono Orgánico (%)	8,53	8,17	6,82
pH	5,40	5,17	5,47
Materia orgánica (%)	14,7	14,07	11,77
Nitrógeno Total (%)	0,54	0,53	0,46
Organismos (ind/m ²)	400	229	299

Charry¹¹⁵ menciona que el valor de materia orgánica tiene una relación directamente proporcional con la altitud, como se explica con los resultados obtenidos en el estudio, ya que en las zonas más altas del municipio de Guachucal los resultados de materia orgánica fueron mayores al 10%, lo que se cataloga como altos y tiene una estrecha relación con la fauna presente en el suelo.

Para concluir, los valores de materia orgánica en los 3 sitios presentaron valores altos, y además una relación Carbono orgánico/Nitrógeno adecuada, lo que indica que la humidificación y mineralización de nutrientes se lleva a cabo de forma apropiada.

Nigoul¹¹⁶ afirma 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

¹¹⁵ CHARRY. Op cit., p 226.

¹¹⁶ NIGOUL, Martin. Función de la materia orgánica en el suelo. [consultado el 25/03/2009] disponible en internet: <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>

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).

Forero¹¹⁷ manifiesta que la materia orgánica determina la estructura, capacidad de retención de agua, porosidad, fijación de fósforo, población de microorganismos y retención de cationes intercambiables del suelo, influyendo en el mejoramiento de sus propiedades físicas, ya que une las partículas minerales que forman agregados estables ricos en nitrógeno, fósforo, azufre, potasio y otros elementos que sirven a las plantas.

6.6. TEXTURA VS FAUNA DEL SUELO.

Se presentaron únicamente 2 tipos de suelos en el estudio, por lo tanto el análisis realizado sólo es de dos dimensiones, la del suelo Franco-arcilloso y arenoso-franco, por lo cual los resultados que se obtuvieron son un indicativo y no se puede asegurar lo discutido por que falta ampliar el estudio con respecto a esta parte, debido a que se presentaron únicamente 2 tipos de suelos en el estudio.

En base a esto, se puede concluir que el pasto Saboya se desarrolla mucho mejor en suelos con proporciones adecuadas de arena, limo y arcilla, como son los suelos francos, con tendencia hacia los franco-arcillosos, en los cuales el movimiento del agua no es lento, de tal modo que produzca encharcamiento, ni muy rápido, que produzca el lavado de los nutrientes¹¹⁸.

El ACM se realizó con el fin de comparar la textura del suelo con la cantidad de individuos del mismo, donde se encontró para el tipo de suelo Franco-arcilloso un porcentaje del 29,4% de Oligochaeta, le sigue las Coleópteras y Hemípteras con el 16,2% y los más bajos se encuentran Heminoptera, Himenóptera y Neuróptera con 7%, como se indica en el Anexo D. Esto indica que el comportamiento de la fauna tiende a preferir estos tipos de suelos por su mayor estabilidad en cuanto al contenido de agua, minerales y valor de pH.

El conocimiento de la textura es de gran importancia porque ella es una guía, cuando se trata de evaluar a los suelos en base a su capacidad de uso o su manejo, y además porque al conocer esta propiedad, se tendrá una idea más clara y amplia, de la velocidad con que pueden ocurrir las reacciones químicas, el movimiento del agua, la circulación de aire y de los gases, factores que son de gran importancia en el desarrollo vegetal¹¹⁹.

¹¹⁷ FORERO, Gilma. Manual granja integral autosuficiente. Bogotá: San Pablo, 2004. p. 33.

¹¹⁸ CHARRY. Op cit., p 94

¹¹⁹ Ibid., p 89.

De igual manera, el comportamiento de la fauna mostró que las lombrices de tierra tienden a preferir este tipo de suelos, ya que son los menos propensos a cambios de pH.

Siguiendo con el análisis de correspondencia múltiple, puede identificarse que órdenes como gasterópoda, hemíptera y coleóptera pueden ser indicador del tipo de suelo, por su presencia activa en la textura Franco Arcillosa, como lo indica el Anexo D, pero esto no puede tomarse como una regla estricta por la falta de datos en cuanto a la variabilidad de textura de los suelos, ya que solo 2 tipos de suelos estuvieron presentes en este estudio.

6.7 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y DEL VECINO MÁS CERCANO

El análisis de componentes principales agrupa las variables que están cerca o que son similares para formar una variable sintética con características propias en comparación con las demás; de acuerdo con este análisis, se obtuvieron 6 componentes principales (o variables sintéticas), de los cuales hasta el tercer componente se explica el 67% de la variabilidad de todas las variables introducidas a la matriz (Tabla 7).

Tabla 7. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la colección (variables cuantitativas)

The SAS System

The FACTOR Procedure

Initial Factor Method: Principal Components

Eigenvalues of the Correlation Matrix: Total = 21 Average = 1

	Eigenvalue	Difference	Proportion (%)	Cumulative (%)
1	6.562	2.176	31.25	31.25
2	4.386	1.326	20.89	52.14
3	3.059	0.622	14.57	66.71
4	2.436	0.484	11.60	78.31
5	1.952	0.620	09.30	87.61
6	1.332	0.457	06.35	93.95
7	0.875	0.480	04.17	98.12
8	0.394	0.394	01.88	100

Es importante mencionar que cada componente determina una característica específica y, que a su vez, ésta tiene sus propios valores para aquellas variables que lo identifican, con lo que se logra establecer lo que influye en dicha característica.

Los pesos de las variables de los tres primeros componentes están indicados en la Tabla 8 y con ésta se puede explicar cada componente de la siguiente manera:

Tabla 8. Peso de los tres primeros componentes principales

	<i>Mejor producción de biomasa y calidad nutritiva</i>	<i>Contenido de azufre en el pasto</i>	<i>Bajo contenido de lignina</i>
pH	0.086	0.966	0.080
MO	0.418	-0.179	0.826
CC	-0.488	-0.199	0.551
Infiltración	-0.400	-0.480	0.343
CIC	0.696	-0.516	0.430
Fosforo	-0.460	0.366	-0.335
(suelo)			
Calcio	0.099	0.043	0.059
(suelo)			
Magnesio	0.040	0.539	0.211
(suelo)			
Potasio	0.218	0.453	0.601
(suelo)			
Hierro	-0.659	0.421	-0.535
(suelo)			
Manganeso	-0.500	-0.648	-0.036
(suelo)			
Azufre	-0.719	0.364	0.360
disponible			
Luminosidad	-0.719	0.364	0.361

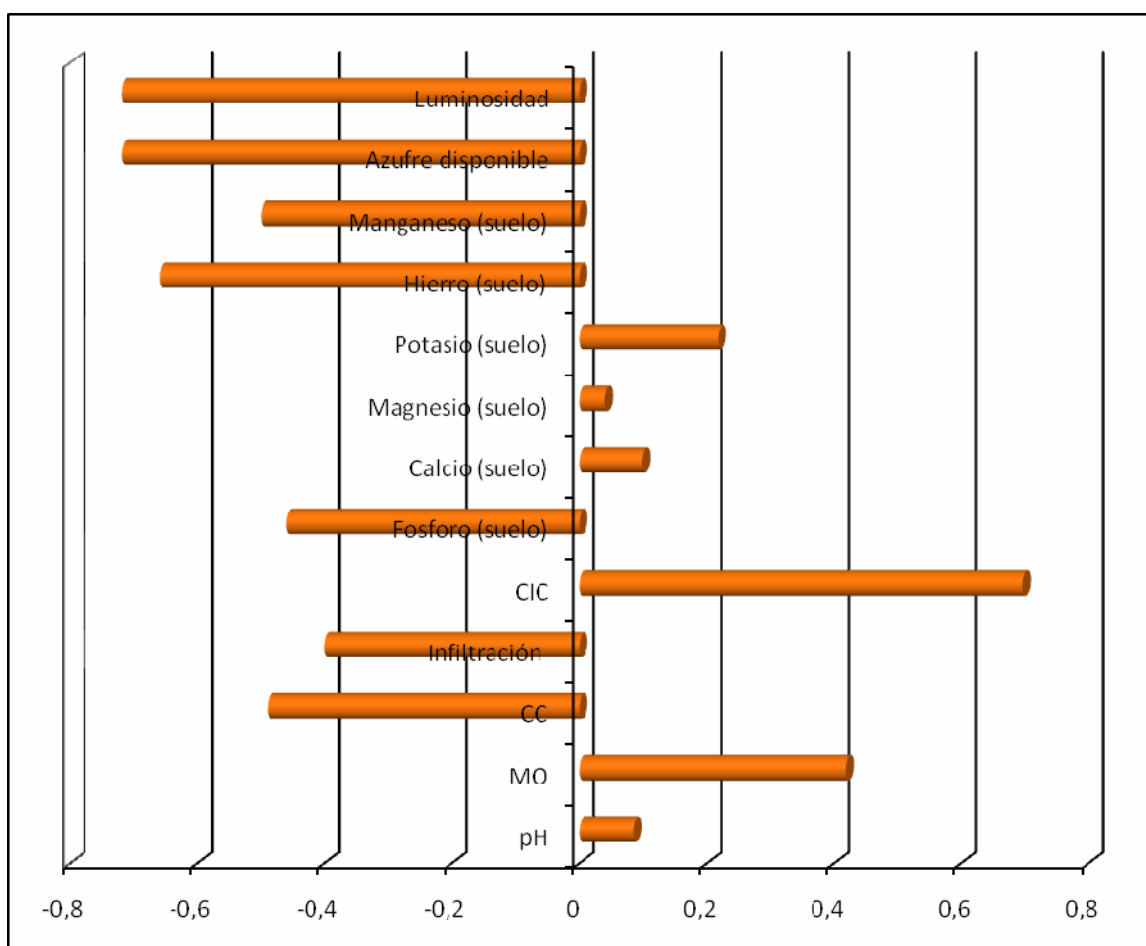
En este análisis de los componentes, también se analiza unas agrupaciones de los lugares, para que de esta manera se pueda identificar con datos reales los rangos para obtener una mayor producción de biomasa y calidad del pasto Saboya.

6.7.1. Componente 1. Mejor producción de biomasa y calidad nutritiva. (Figura 4)

El primer componente está determinado por una alta producción de biomasa, actuando de la misma manera la materia seca y la proteína verdadera, lo cual está influenciado directamente por la capacidad de intercambio catiónico y, de forma indirecta, los minerales del suelo, tales como azufre disponible y el hierro, y la luminosidad. De acuerdo a las variables que sobresalen en este componente, se identifica como calidad del pasto Saboya. (Tabla 8).

Figura 4. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde a la mejor producción de biomasa y calidad nutritiva.

Mejor producción de biomasa y calidad nutritiva.



Esto quiere decir que la capacidad de intercambio catiónico es favorable para obtener un alta producción de biomasa y calidad nutritiva, debido a que el pasto está recibiendo adecuadamente los elementos necesarios de parte de la solución del suelo y en este caso se obtuvo una CIC alta, con un valor promedio de 30.45meq/100g (Tabla 4). De acuerdo con Castro¹²⁰, es deseable que un suelo presente una CIC alta, asociada con una buena saturación de bases, ya que esto indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de nutrientes.

Guzmán¹²¹ menciona además que la CIC es una medida importante de la fertilidad y la productividad de los suelos, la materia orgánica tiene una CIC alta, por lo que los suelos con un alto contenido de ésta presentan por lo general una CIC mayor que la de los suelos con bajo contenido de materia orgánica.

Se encontró una influencia negativa del azufre dentro de este componente, esto debido a su alta presencia en los suelos estudiados, el cual presenta un promedio de 13meq/100g. Morales¹²² menciona que no es fácil detectar deficiencias de azufre en los cultivos, debido probablemente a su alta presencia en diversos tipos de abonos, en el estiércol y además también por la incorporación de azufre por el agua de lluvia y de riego, como también el azufre atmosférico. García¹²³ argumenta que su exceso se manifiesta con tonalidades bronceadas en las hojas.

Guzmán¹²⁴ manifiesta que el azufre forma parte de 3 aminoácidos (cistina, metionina y cisteína) y es, en consecuencia, esencial para la síntesis de proteínas azufradas.

Este primer componente presentó una influencia negativa de la alta presencia de hierro sobre la producción de biomasa en FV, lo que indica que altos niveles de hierro en los suelos repercuten en una disminución de la biomasa y de la calidad del pasto Saboya, si bien es cierto que el hierro es necesario como constituyente esencial de varias enzimas, catalizador y elemento clave en reacciones de óxido reducción como la respiración y la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos, el pasto saboya lo requiere en bajas cantidades y su exceso presentó efectos contraproducentes, esto probablemente por las altas cantidades de este elemento en los suelos estudiados.

Otro factor que tuvo una participación indirecta sobre este componente fue la intensidad lumínica, esto quiere decir que la mayor producción de FV y la mejor calidad se obtiene cuando el pasto no se expone a una luminosidad alta; Bernal¹²⁵

¹²⁰ CASTRO. Op cit., p 163.

¹²¹ GUZMAN, Op cit., p. 13.

¹²² MORALES ESTUPIÑAN, Juan Pastor. Compendio de Agronomía. Cuba: Pueblo y Educación. 2002. p. 216.

¹²³ GARCIA FERNANDEZ, José. Edafología y Fertilización Agrícola. Barcelona: AEDOS. 1982. p 115.

¹²⁴ GUZMÁN. Op cit., p. 99.

¹²⁵ BERNAL. Op cit., p21

menciona que muchas especies de pastos no responden muy bien a densidades de luz mayores de 1/3 de la máxima luz solar, de manera que sufren de saturación de estomas al sufrir una excesiva exposición a la misma, la respuesta de las plantas a la luz no es lineal, es decir, al aumentar la intensidad lumínica, la fotosíntesis no aumenta proporcionalmente, ya que los aumentos en la fotosíntesis se deben a la luz que logran penetrar hasta las células interiores de las hojas.

Estrada¹²⁶ menciona que es dudoso que los niveles de intensidad lumínica *per se* restrinjan seriamente la producción de biomasa de muchas de las praderas tropicales, excepto cuando se presenta cielo permanentemente nublado como en los trópicos húmedos. Las pasturas establecidas debajo de los árboles son un caso específico en que el sombrío es importante para la producción y persistencia de la pradera.

6.7.2. Componente 2. Contenido de azufre en el pasto (Figura 5).

El segundo componente se identifica por el contenido de azufre en el pasto, el cual está directamente relacionado con el pH y el manganeso del suelo y de manera inversa con la infiltración. Esto quiere decir que la cantidad de azufre en el forraje se verá favorecida cuando el pH incremente su valor y el manganeso esté presente en cantidades aprovechables por la planta y cuando se presente una infiltración moderada.

En cuanto al pH del suelo, en este estudio el valor más bajo que se presentó fue de 5.0 y el más alto de 5.7 (Anexo C), estos valores están dentro del rango de pH ácido a fuertemente ácido. Este componente se ve favorecido por el pH en la medida en que éste se acerca a 5.7, posiblemente porque los microorganismos fijadores de azufre incrementan su actividad y la materia orgánica, que es fuente de este elemento, incrementa su descomposición y se liberan los nutrientes, entre ellos el azufre, para que la planta lo pueda utilizar.

La participación del pH en este componente se presenta de manera directa, puesto que un aumento en el pH repercute en un aumento de los contenidos de azufre en el pasto; al respecto, Guzmán¹²⁷ 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, caso contrario ocurre con el contenido de azufre en el pasto, el cual es asimilable a pH ácido, por esta razón el pasto Saboya está muy bien adaptado a pHs ácidos, con alta capacidad de intercambio catiónico debido al contenido de materia orgánica de los suelos.

Lo anterior muestra que el pasto, a pesar de que está muy bien adaptado a suelos ácidos, puede mejorarse su composición en cuanto a minerales al corregir el pH

¹²⁶ ESTRADA. Op cit., p 37.

¹²⁷ GUZMÁN. Op cit., p 12.

del suelo tendiendo hacia la neutralidad. Cepeda¹²⁸ argumenta que la vegetación ejerce una compleja influencia sobre el pH del suelo, al producir materia orgánica y al influir en el proceso de lavado.

Referente al manganeso, Castro¹²⁹ menciona que los suelos con pH alto como los calizos y arenosos muy lavados son deficientes en manganeso. Por su parte, Duran¹³⁰ sostiene que la disponibilidad del manganeso es mayor a pH menor de 6.5. Además, Castro¹³¹ menciona que la toxicidad del manganeso se puede presentar en suelos ácidos con concentraciones altas de este elemento; a su vez, este elemento es requerido por las plantas en pequeñísimas cantidades y cualquier exceso es tóxico para ellas.

El mismo autor señala que la importancia de este elemento radica en que tiene varias funciones en las plantas, pues es requerido para el desarrollo del Ciclo de Krebs, además tiene influencia en los fenómenos de oxidorreducción, interviene en diversas acciones enzimáticas y en la síntesis de clorofila.

De acuerdo con lo anterior, se puede interpretar que el manganeso es requerido por las plantas para llevar a cabo procesos vitales relacionados con la obtención de su energía. Esto está relacionado con este componente por la razón de que la asimilación de azufre por parte de la planta implica para ella un gasto de energía. Es por esto que el nivel de pH debe mantenerse en un rango óptimo de acidez en el que las concentraciones de manganeso no sean tan bajas que haya deficiencia ni tan altas que se presente toxicidad, es decir, que haya un equilibrio entre el pH y la concentración de manganeso.

La participación de la infiltración en este componente ocurre de manera inversa, siendo deseable para un óptimo aprovechamiento de minerales del suelo por el pasto Saboya que se mantengan valores medios, de tal manera que haya un movimiento adecuado de agua en el suelo para una movilización óptima de nutrientes, siendo limitantes para este pasto los suelos muy sueltos (arenosos y franco-arenosos) en los cuales los minerales se pierden por lavado.

¹²⁸ CEPEDA DOVALA, Juan Manuel. Química de Suelos. Mexico: Trillas. 1991., p 109.

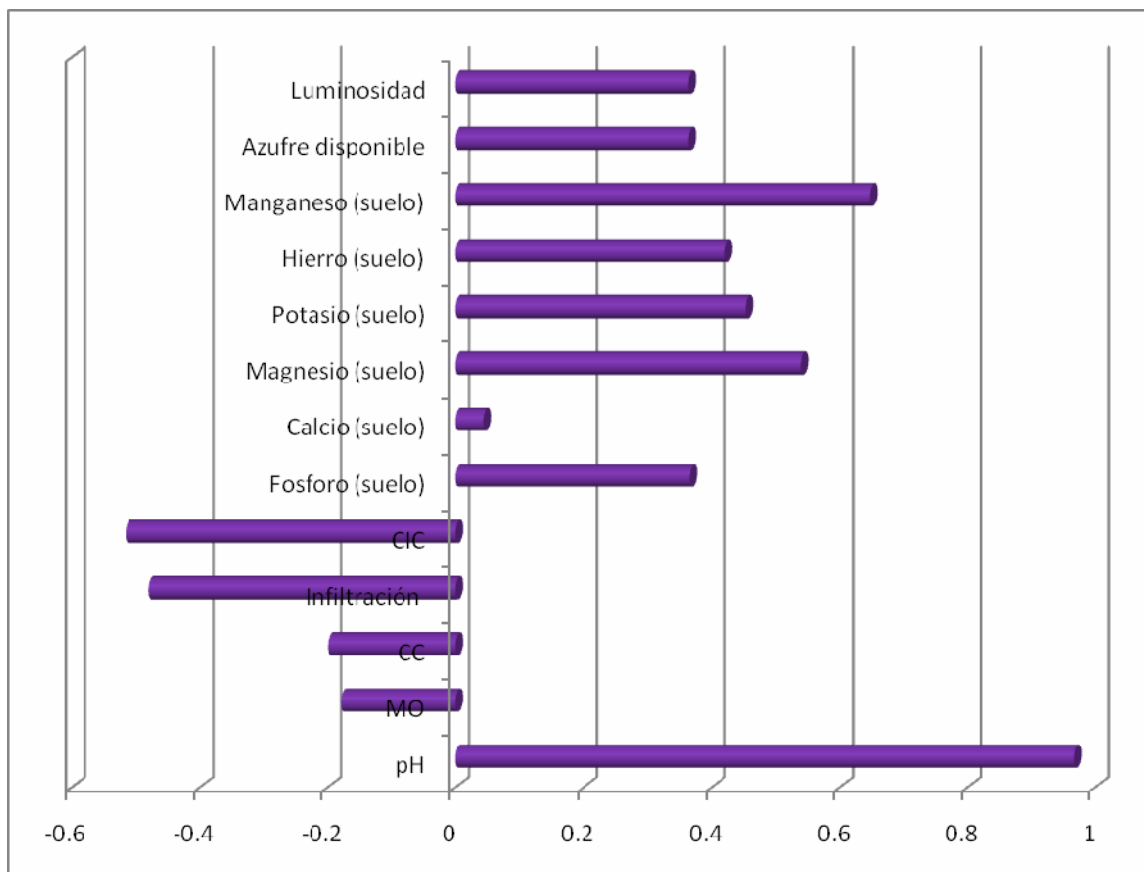
¹²⁹ CASTRO POLANCO, Jorge Daniel. Formas de manganeso en suelos de clima medio en el Departamento de Nariño, Nariño – Colombia. 1990. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía p 45.

¹³⁰ DURAN. Op cit., p 114.

¹³¹ CASTRO. Op cit., p 48.

Figura 5. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del segundo factor corresponde al contenido de azufre en el pasto.

Contenido de azufre en el pasto.



6.7.3. Componente 3. Bajo contenido de lignina.

El tercer componente está representado por una baja cantidad de lignina en el forraje, el cual está afectado directamente por el contenido de materia orgánica, el potasio del suelo y la capacidad de campo (CC). Esto significa que el contenido de lignina será menor en la medida en que estas variables incrementen su valor.

Al respecto, Guzmán¹³² menciona que la materia orgánica del suelo es una fuente de nitrógeno, fósforo y azufre, útiles para la nutrición de las plantas. A su vez, Cobo manifiesta que la materia orgánica influye sobre la retención de agua, sobre

¹³² GUZMÁN. Op cit., p 95.

la estructura, porosidad, retención de cationes, población de microorganismos y fijación de fósforo.

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. Se menciona además que la materia orgánica es fuente de nitrógeno, el cual según Castro¹³³, es el elemento mineral que más consumen los cultivos; este elemento es el constituyente de todas las proteínas, forma parte del proceso de fotosíntesis, generando el color verde de las plantas, promueve el rápido crecimiento, y cuando su contenido es muy alto, retarda la maduración.

Con lo anterior, se puede decir que el forraje que crece donde hay altos contenidos de materia orgánica se verá más tierno y la maduración tardará un poco más en comparación con los suelos pobres, donde la planta tiende a florecer, fructificar y lignificarse más rápido, con la consecuente deficiencia en la calidad del forraje.

Otro de los elementos que intervinieron de manera directa en este componente es el potasio del suelo; de acuerdo con Hardy¹³⁴, el potasio ayuda a mantener la permeabilidad de las células, es esencial en la formación de almidones, azúcares y aceites, estimula el desarrollo de las raíces y tubérculos, aumenta el vigor de las plantas y su resistencia al frío, al acame y a las enfermedades. También desempeña un papel importante en el movimiento del agua dentro de la planta.

Además, Salamanca¹³⁵ sostiene que el potasio es necesario para la formación de la clorofila.

De acuerdo con lo anterior, se puede decir que el papel del potasio es participar en la síntesis de carbohidratos solubles, como los almidones y azúcares en la planta; por lo tanto, mientras las concentraciones de potasio sean altas, el contenido de lignina será bajo en el forraje, lo cual es favorable para la alimentación animal pues la digestibilidad del pasto será mayor.

Otro de los factores que actuaron directamente en este componente fue la capacidad de campo (CC), ya que su correlación indica que a medida que esta aumenta, el contenido de lignina disminuye.

Charry¹³⁶ manifiesta que por regla general los suelos de gran poder retentivo son arcillosos y poco permeables, pero tienen buena cohesión; alargan la duración del

¹³³ CASTRO. Op cit., p 272.

¹³⁴ HARDY. Op cit., p 23.

¹³⁵ SALAMANCA. Op cit., p 45.

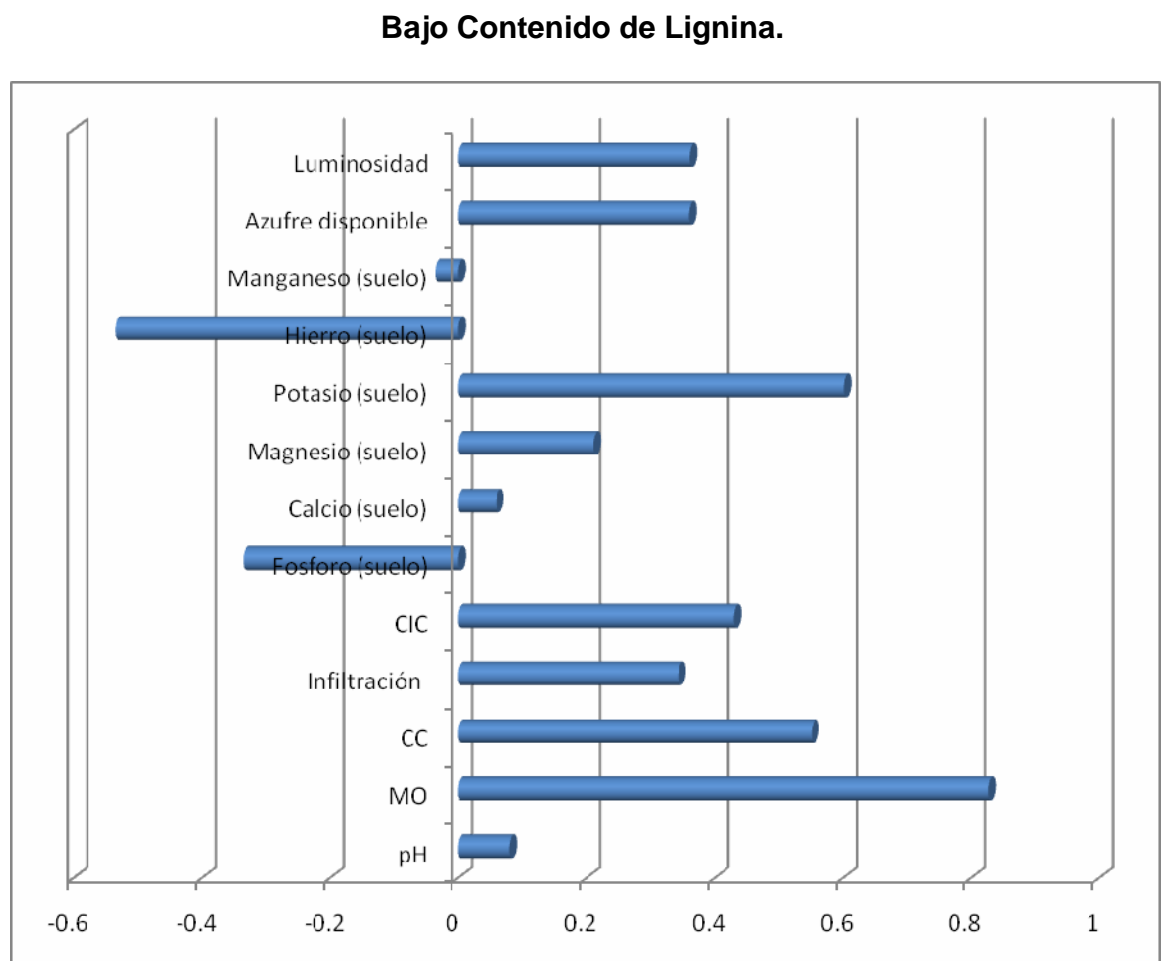
¹³⁶ CHARRY. Op cit., p 244.

riego y son grandes depósitos de agua. Los suelos de poco poder retentivo son arenosos, se empapan muy de prisa, pero rápidamente se desecan.

En este caso, la mayoría de suelos estudiados corresponden a texturas franco-arcillosas, que se caracterizan por presentar una alta retención de agua y por tener una menor pérdida de nutrientes por lixiviación y, por ende, las raíces tendrán mayor acceso al agua y a los minerales disueltos en la misma.

Es por esta razón que posiblemente la planta acumula mayor cantidad de agua y elementos nutricionales en sus tejidos y por lo tanto los valores de lignina sean bajos.

Figura 6. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del tercer factor que corresponde a un Bajo Contenido de Lignina.



6.8. AGRUPACIÓN POR CLUSTERS.

En este análisis, además de agrupar los valores y para que haya mayor comprensión, se agrupó los lugares con características similares, para así presentar con datos específicos las variables que influyen sobre la calidad y producción del pasto Saboya, a estas agrupaciones se les llamó cluster y, como se aprecia en la Tabla 9, se asociaron en 3 grupos.

Teniendo en cuenta la Tabla 9, se puede deducir que el cluster 2 es el que le provee las condiciones propicias al pasto Saboya para, de esta manera, obtener una excelente producción y calidad nutritiva; a este cluster pertenecen los lugares de Arvela sitio 1 y Cualapud sitios 1 y 3.

Este cluster se identifica por tener alta producción de biomasa en forraje verde ($2,85 \text{ Kg/m}^2$), y en materia seca ($592,3 \text{ g/m}^2$), además un pH de 5,4, el cual es fuertemente ácido, una materia orgánica alta del 15%, una capacidad de campo del 46%, con una velocidad de infiltración de 8,6 cm/h, y una luminosidad de 85.51 luxes. Todos estos datos comprueban las relaciones ya mencionadas para cada componente.

El primer cluster corresponde a los sitios Arvela 2 y 3 y Cualapud 2. Y el tercer cluster está conformado por Santa Rosa 1, 2 y 3.

De acuerdo con lo anterior, se determinó que la producción de biomasa y la calidad nutritiva en materia seca se ven afectadas directamente por la CC, CIC, la MO y minerales como el manganeso y el potasio, e indirectamente fueron afectados por la infiltración, luminosidad y minerales como el azufre y hierro.

Tabla 9. Peso de las variables de los tres cluster.

	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
Biomasa	2,2	2,85	2,29
MS	511,292	592,274	501,6567
Ceniza	213,61	291,911	143,6153
ENN	1036,6	1243,23	1013,154
Lignina	117,346	131,973	169,357
Calcio (pasto)	4,53967	5,313	5,202333
Azufre (pasto)	3,66433	4,372	2,687667
Prot. Verd.	251,833	326,32	250,2287
pH	5,46667	5,46667	5,1
MO	11,767	15,033	13,7333
CC	49,633	46,533	49,0667
Infiltración	9,54369	8,60337	10,05939
CIC	14,1667	40,1333	37,06667
Fosforo (suelo)	27,4333	7,06667	5,266667
Calcio (suelo)	4,71333	6,10333	6,403333
Magnesio (suelo)	2,45667	2,53667	2,163333
Potasio (suelo)	2,66667	3,54667	2,156667
Hierro (suelo)	693,333	332	424,6667
Manganeso (suelo)	10,4667	4,46667	4
Azufre disponible	25,1167	5,76333	8,116667
Luminosidad	86.93	85.51	89.07

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 un pH ligeramente ácido, un contenido alrededor del 15% de materia orgánica, una alta CIC, bajos contenidos de hierro y azufre disponible. De las condiciones físicas del suelo, una capacidad de campo cercana a 46% y una velocidad de infiltración próxima a 8,6 cm/h, y por último, de las condiciones climáticas, una luminosidad alrededor de 85.51 luxes.

6.9 PLAN DE MANEJO DEL PASTO SABOYA EN LA ZONA DEL ALTIPLANO DE GUACHUCAL EN UN RANGO DE ALTURA DE 3050 - 3300 msnm.

Los anteriores resultados nos indican que para obtener los mejores rendimientos productivos del pasto Saboya, establecido en un rango de altura de 3050 – 3300 msnm, se requieren las mejores condiciones:

- Tipo de suelo suelto, ni muy arenoso, ni muy arcilloso, sino de textura franca.
- Con un valor de materia orgánica preferiblemente alto, superior al 10%.
- Reacción del suelo ácido, con valores entre 5 – 6.

Teniendo en cuenta estos aspectos, es necesario lo siguiente:

- En caso de presentarse un suelo arenoso, aplicar materia orgánica para disminuir la lixiviación de los elementos mayores y cambios bruscos de pH.
- Para el caso de un suelo arcilloso, de fácil encharcamiento, puede aplicársele materia orgánica en forma de humus o abonos verdes con el fin de mejorar su estructura.
- Para un suelo que presente encharcamiento, se recomienda hacer drenajes con el fin de que haya una movilización de los excesos de agua, y si se presenta una excesiva compactación, se deben hacer prácticas de aireación del suelo como labranza con subsolador o rastrillado.
- 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 caven túneles y mejoren la aireación y la porosidad.
- Realizar prácticas culturales de manejo, como labranza mínima, con el fin de no atentar contra la estructura y demás propiedades físicas del suelo.
- Conjunto con la aplicación de materia orgánica, aplicar cal para agilizar su mineralización, de esta manera podrán obtenerse mejores resultados productivos en menos tiempo.
- Programar las praderas de acuerdo al desarrollo vegetativo encontrado en este trabajo, teniendo en cuenta que la maduración del pasto es muy

precoz y por ende su periodo de recuperación (51 días) es más corto que en otros pastos.

- Con el fin de mejorar la calidad nutritiva de la pradera, en cuanto a aporte de proteína, se puede sembrar en asocio con una leguminosa que se adapte a las mismas condiciones edafoclimáticas, como puede ser el trébol rojo.

Este tipo de condiciones, en la medida de lo posible, pueden ser modificables, pero en lo concerniente a factores climáticos, como la temperatura, precipitación, intensidad lumínica y altura, aunque tengan una gran relevancia, es imposible manipularlas o modificarlas; de acuerdo con este trabajo de investigación, el pasto Saboya se adapta bien a una temperatura de 10 – 12°C, humedad relativa del 86.28% y una precipitación pluvial de 923 mm anuales.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES.

El pasto Saboya presentó una producción y calidad nutritiva aceptables en suelos con reacciones ácidas, con un pH de 5 – 6.

Debido a su rusticidad, el pasto Saboya prospera muy bien en temperaturas de 8 – 10°C, lo que lo convierten en una excelente alternativa forrajera en condiciones de páramo.

El alto valor promedio de materia orgánica encontrado en este estudio, es típico de los suelos de clima frío, los cuales tienen generalmente texturas livianas con una densidad aparente promedio de 0.8g/cc, condiciones en las cuales el pasto presentó su mejor comportamiento productivo.

La producción de biomasa en forraje verde presentó una relación directa con la capacidad de intercambio catiónico e inversa con el azufre disponible, el hierro y la luminosidad, lo que sugiere que el pasto Saboya no requiere de una radiación solar directa y prospera en condiciones de baja luminosidad.

Un bajo contenido de lignina en el pasto Saboya repercute en una mayor digestibilidad del forraje, esto se dio como consecuencia del alto contenido de materia orgánica presente en los suelos del estudio.

La presencia de una alta cantidad de fauna edáfica sugiere unas condiciones favorables de humedad, temperatura y disponibilidad de materia orgánica en el suelo, lo cual favorece su desarrollo, siendo que estos organismos buscan siempre las mejores condiciones para vivir.

La lombriz de tierra fue la especie de mayor predominancia en el suelo franco arcilloso, esto debido a sus altos niveles de materia orgánica, siendo una situación consecuencia de la otra, por lo cual la lombriz de tierra puede tomarse como referencia para identificar este tipo de suelos.

En cuanto al suelo franco arenoso, presentaron una mayor preferencia de este suelo los individuos del género coleóptera, correspondiente a escarabajos y cucarrones, por lo que puede tomarse la presencia de estos individuos como una posible referencia para identificar este tipo de suelos.

7.2. RECOMENDACIONES.

Volver a utilizar esta especie naturalizada que por mucho tiempo ha sido ignorada, tomando en cuenta sus características de rusticidad y producción, para así tener mejores alternativas para la seguridad alimentaria animal.

Teniendo en cuenta las condiciones que favorecen este pasto como: pH alrededor de 5 – 6, infiltración de 9,42 cm/hora en promedio, es recomendable tratar de mantener estos rangos en las condiciones de campo, esto con un previo análisis de suelo, para así determinar cuáles son las condiciones presentes y mejorar las falencias, siguiendo el plan de manejo ya descrito.

En cuanto a las condiciones físicas, se recomienda tener suelos sueltos, que tengan una adecuada infiltración, con un buen drenaje y aireación, para que de esta manera las plantas tengan un mejor desarrollo radicular y por ende una adecuada absorción de nutrientes.

En cuanto a las propiedades químicas, es recomendable tener valores medios de materia orgánica que favorece características como la CIC, y el desarrollo de la fauna del suelo, así como también un pH ligeramente ácido.

Para mejorar la calidad nutritiva del forraje a suministrar, se puede establecer el pasto Saboya en mezcla con una leguminosa para tener un adecuado balance de nutrientes, ya que el pasto presenta niveles altos de energía y fibra.

Debido a su rápida floración y maduración, se recomienda continuar con investigaciones en lo concerniente al mejoramiento genético de esta especie, que conlleven a mejorar esta característica.

Preservar la fauna del suelo evitando realizar labores que atenten contra ella.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ ROGEL, José. Edafología y Climatología, constituyentes Orgánicos del Suelo: Origen, Tipología y Comportamiento. Universidad Politécnica de Cartagena (consultado el 03/03/09) [disponible en internet] <http://www.upct.es/~dcta/edafologia/DOCENCIA/assignaturas/DIAPOSITIVAS/edafo%20tema2.pdf>

ALVAREZ, José. Bioquímica nutricional y metabólica del bovino en el trópico. Medellín: Universidad de Antioquia, 2004. p. 70, 71.

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, 58.

AYLLON, Teresa. Elementos de Meteorología y Climatología. Mexico D. F: Trillas, 2003. p 126.

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

BERLIJN, Johan D. Cultivos Forrajeros. Manual para Educación Agropecuaria. Mexico: Trillas, 1990. p 16.

_____. Pastizales naturales. Barcelona: Trillas, 1998. p. 18.

BERNAL EUSSE, Javier. Pastos y Forrajes Tropicales, Producción y Manejo. Bogotá – Colombia: Banco Ganadero, 1988. p 12, 19, 402 – 403.

_____. _____. Colombia: Indeagro, 2003. p 59, 60, 104, 549.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA Volvamos al Campo. Colombia: Grupo Latino, 2006. v2, p. 777

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

BRACK, Antonio y MENDIOLA, Cecilia. Enciclopedia Ecológica del Perú. Disponible en internet: www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t03.htm

BORDEMISZA, Elemer. Introducción a la Química de Suelos. Costa Rica: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. 1982. p. 21.

BURBANO ORJUELA, Hernán. El Suelo: Una Visión Sobre sus Componentes Bioorgánicos. Pasto – Colombia: Universidad de Nariño, 1989. p. 14, 127.

CAMPOS ARANDA, Daniel Francisco. Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos. México: Trillas, 2005. p 46, 298.

CASTRO FRANCO, Hugo Eduardo. Fundamentos para el Conocimiento y Manejo de Suelos Agrícolas. Tunja: Instituto Universitario Juan de Castellanos, 1998. p.115, 133. 163.

CASTRO POLANCO, Jorge Daniel. Formas de Manganeseo en Suelos de Clima Medio en el Departamento de Nariño, Nariño – Colombia. 1990. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía

CEPEDA DOVALA, Juan Manuel. Química de Suelos. Mexico: Trillas. 1991., p 109.

COBO LEMOS, José. El Suelo y el Agua en la Producción de Pastos. Cali – Colombia: Feriva S. A, 2003. p 39 – 45.

CHARRY, Jairo. Naturaleza y Propiedades Físicas de los Suelos. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1987. P. 244.

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 S. A., 1998. p. 311.

DELAVEGA LOZANO, Jorge Alejandro. Alimentación de Bovinos. México:[on line]: <http://www.mexicoganadero.com/boletin/numero0510/articulo.html> consultado el: 03/03/09.

DONALD, C. Fertilidad de suelos. México: Euned, 2007. p 16.

DUTHIL, Jean. Producción de forrajes. 3ª Ed. Madrid: Mundi prensa, 1980. p. 37.

DURAN RAMIREZ, Felipe. Volvamos al Campo: Manual de Cultivos Orgánicos y Alelopatía. Bogotá – Colombia: Grupo Latino Ltda, 2003. p. 74.

ERASSO GUERRERO, E. M. y PAZ SALAS, A. E. Determinación de la Tasa Básica de Infiltración en algunos suelos del altiplano de Pasto- Nariño. 1975.

Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 13

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 ALVAREZ, Julián. Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano. Manizales: Universidad de Caldas, 2001. p. 36.

FIGUEREDO DE URREGO Edith y MEDINA URREGO Carlos Julio. Prácticas Agroecológicas: Experiencias de Campo y de Laboratorio, Conceptos Fundamentales, Aplicaciones a nivel Industrial, Familiar y Comunitario. Colombia: Fondo FEN Colombia, 1994. p 101.

FORERO, Gilma. Manual granja integral autosuficiente. Bogotá: San Pablo, 2004. p. 33.

FUNACH-ASCAPAM (2002), "Capacitación En Obtención De Nuevos Productos Derivados De La Caña Y El Manejo Adecuado De La Agroindustria Panelera, Municipio De Mocoa" *Agronet.gov.co* [en línea] [consultado el: 13/11/2007] Disponible en http://www.agronet.gov.co/.../20061024153344_Características%20del%20suelo%20propiedades%20fisico-químicos.pdf

GARAVITO, Fabio. Propiedades Químicas de los Suelos. Bogotá: IGAC, 1974. p. 222.

GARCIA FERNANDEZ, José. Edafología y Fertilización Agrícola. Barcelona: AEDOS. 1982. p 115.

GAVANDE, S. Física de suelos, principios y aplicaciones. Mexico: Limusa, 1987. p.257

GAVILAN, Miguel. Tratado de cultivo sin suelo. España: Mundi-prensa, 2004. p 122.

GISPERT, Carlos *et al.* Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Barcelona: Oceano/Centrum, 1999. p. 58.

GIZZI, Antonio Honorio; ÁLVAREZ CASTILLO, Héctor Alberto; MANETTI, Pablo Luis; et al. "Caracterización de la meso y de la macrofauna edáficas en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense". *Inta.gov.ar* [en línea] Num. 37 [consultado el:

12/09/2007] Disponible en:

www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/posters/37/Gizzi.htm

GONZÁLEZ CAIRO, Vivian; DÍAZ AZPIAZU, Magali; PRIETO TRUEBA, Dania. "Comunidades de la mesofauna edáfica en el ciclo de caña-planta (*Saccharum* spp.)". Dpto. Biología Animal y Humana, Facultad de Biología, Universidad de La Habana. *Dict.uh.cu* [en línea] 2001, vol. 15, No. 2 [consultado el: 06/09/2008] Disponible en www.dict.uh.cu/Revistas/Bio%202001/Vol.15%20%20No.2/Bi15201-8.doc

GOYES, Blanca. Nutrición animal. Bogotá: Universidad Santo Tomás, 1988. p 302.

GRAETZ, H. A. Suelos y Fertilización. México: Trillas, 2002. 2da edición. p. 15

GUERRERO, Ricardo. Fertilización de cultivos en clima frío. Bogotá: Monómeros colombo-venezolanos, 1998. p. 289.

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

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Nariño. República de Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2004. Tomo I, p. 203, 204, 205.

IBAÑEZ, Juan José. pH del Suelo. Weblogs, un universo invisible bajo nuestros pies. [Consultado el 09/03/09], disponible en internet: <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/04/02/62776.aspx>

MCDONALD, P, EDWARDS, R. A, GREENHALFH, J. F. D. Nutrición Animal. Saragoza – España: Acribia S. A, 1981. p. 384

MEDINA, H. Cátedra recursos forrajeros. Universidad de Nariño. Pasto: Colombia. 2004. p.25.

MENDOSA DE ARMAS, Cesar. La Agroclimatología, su Importancia en el Desarrollo Agrícola. Caracas – Venezuela: Ministerio de Agricultura y Cría Dirección General de Desarrollo Agrícola, 1981. p 60.

MENÉNDEZ VALDERREY, Juan Luís. "Holcus lanatus L.". *Asturnatura.com* [en línea]. Num. 86, 02/08/06 [consultado el: 13/08/2008] Disponible en <http://www.asturnatura.com/especie/holcus-lanatus.html>. ISSN 1887-5068

MILA PRIETO, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Bogotá: Unisur, 2001. p. 16

MORGAN, R. URBANO J y URBANO M. Erosión y conservación del suelo. España: Mundi-prensa, 1997. p. 37.

NIGOUL, Martin. Función de la materia orgánica en el suelo. [consultado el 25/03/2009] disponible en internet:
<http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>

ORTEGA, Fredy y CHAVARRO, German. Estudio de algunas propiedades Físico Químicas y de Fertilidad de los Suelos de Leiva, Nariño – Colombia. 1990. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Programa de Agronomía. p. 5.

PARRA, M. A. Los suelos y la fertilización del olivar cultivado en zonas calcáreas. Andalucía: Mundiprensa, 2003. p. 45.

PIRELA, Manuel F. “Valor Nutritivo de los Pastos Tropicales.”. *Avpa.ula.ve* [en línea] [consultado el 05/09/2007] Disponible en:
<http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf>

PORTA CASANELLAS, Jaime. LOPEZ ACEVEDO, Marta. Agenda de campo de suelos. Barcelona – México: Mundi-prensa, 2005. p. 166.

_____. Introducción a la Edafología, Uso y Protección del Suelo. Madrid: Ediciones Mundiprensa, 2008. p. 301.

RODAS, Alvaro. Producción Verde – Especies forrajeras de clima frío. En: Seminario de Gestión de Empresas Ganaderas. (1º : 2007 Pasto). Memorias del I Seminario de Gestión de Empresas Ganaderas. Pasto: Universidad de Nariño, 2007 p. 58.

ROSAS ROA, Antonio. Agricultura Orgánica Práctica: Alternativas Tecnológicas para la Agricultura del Futuro. Bogotá: Aristides Gómez S, 2002. p. 51.

SALAMANCA S. Rafael. Pastos y Forrajes Producción y Manejo. Bogotá – Colombia: Universidad Santo Tomás, 1986. p 124 – 125.

_____. Suelos y Fertilizantes. Bogotá: Universidad Santo Tomás, 1990. p. 41.

_____. Tecnología Agrícola. Bogotá: UNISUR. 1990. p 133.

SIERRA P. Jose Oscar. “Principales Especies Forrajeras de Clima Frío”. *Cundinamarca.gov.co* [en línea] [consultado el 03/09/2007] Disponible en

<http://www.cundinamarca.gov.co/organismos/sagricultura/documentos/ESPECIES%20FORRAJERAS%20CLIMA%20FRÍO.pdf>

SORIANO SOTO, María y PONS MARTÍ, Vicente. Prácticas de Edafología y Climatología. México D. F: Alfaomega Grupo Editor, 2004. p 33, 35, 38.

THOMPSON, L. Los suelos y su fertilidad. 4ª edición, Texas: Reverté, 1988. p. 80.

URBANO, Pedro. Tratado de Fitotecnia General. Zaragoza: Mundi-prensa. 1992. p.544.

VIDE, Javier Martín. Fundamentos de Climatología Analítica, Madrid – España: Síntesis, 1999. p 115.

ZEIGER, Eduardo. Fisiología Vegetal. España: Universidad Jaume I, 2006. p. 80.

ANEXOS

Anexo A. Datos de las variables productivas.

		VARIABLES PRODUCTIVAS						PROMEDIOS		
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)	PERIODO RECUPERACIÓN (Días)	PX BIOMASA FV (ton/ha)	PX BIOMASA MS (ton/ha)
ARVELA	A1	46	2,62	52	2,44	50	2,52	49,3	25.3	6,067
	A2	48	2,88	47	3,32	51	2,98	48,7	30.6	6,12
	A3	47	2,85	49	2,95	53	2,9	49,7	29	6,21
	Promedio							49	28.3	6.13
CUALAPUD	C1	47	1,96	48	2,21	50	1,76	48,3	19.8	4,17
	C2	52	2,56	49	2,66	54	2,54	51,7	25.9	5,44
	C3	55	2,1	53	2,44	50	2,53	52,7	23.6	4,8
	Promedio							51	23.1	4.80
SANTA ROSA	S1	56	2,11	51	2,12	49	2,16	52	21.3	4,81
	S2	54	2,42	48	2,25	50	2,15	50,7	22.7	5,64
	S3	53	2,27	55	2,08	51	2,25	53	22	4,89
	Promedio							52	22	5.11
Promedio general								51	24.4	5.34

Anexo B. Datos del análisis bromatológico, porcentaje en base seca.

	ARVELA				CUALAPUD				SANTA ROSA				X
	A1	A2	A3	X	C1	C2	C3	X	S1	S2	S3	X	X Total
MS %	23,98	20	21,42	21,80	21,1	20,99	20,36	20,82	22,58	24,83	22,24	23,22	21.94
CENIZA %	8,5	10,52	10,97	10,66	10,06	9,1	9,28	9,48	10,59	9,29	9,29	9,72	9.95
EE (%)	2,67	2,66	2,72	2,68	2,28	2,67	2,45	2,47	2,64	2,7	2,51	2,62	2.59
FC %	29,76	29,3	28,24	29,10	28,06	27,76	32,56	29,46	26,2	27,19	23,46	25,62	28.06
P. CRUDA %	15,19	15,76	14,74	15,23	12,71	14,31	13,3	13,44	18,51	13,93	12,5	14,98	14.55
ENN %	43,88	41,76	43,32	42,99	46,89	46,16	42,41	45,15	42,06	46,9	52,24	47,07	45.07
FDN %	58,64	59,32	56,26	58,07	58,18	55,27	57,94	57,13	56,12	54,42	56,22	55,59	56.93
FDA %	32,45	30,86	30,65	31,32	31,93	31,22	36,95	33,37	29,25	30,95	31,37	30,52	31.73
LIGNINA%	3,89	4,25	5,14	4,43	5,29	4,51	12,92	7,57	2,46	8,17	5,19	5,27	5.75
CELULOSA %	28,56	26,62	25,51	26,90	26,64	26,7	24,03	25,79	26,79	22,78	26,19	25,25	25.98
HEMICEL %	26,2	28,46	25,61	26,76	26,25	24,06	20,99	23,77	25,87	23,47	24,85	24,73	25.08
CALCIO %	0,21	0,18	0,19	0,19	0,21	0,19	0,26	0,22	0,22	0,19	0,21	0,21	0.20
FOSFORO %	0,15	0,34	0,34	0,28	0,23	0,2	0,21	0,21	0,35	0,32	0,29	0,32	0.27
MAGNESIO %	0,13	0,16	0,17	0,15	0,14	0,13	0,14	0,14	0,17	0,16	0,14	0,16	0.15
AZUFRE %	0,13	0,17	0,13	0,14	0,11	0,16	0,11	0,13	0,18	0,17	0,15	0,17	0.14
N. TOTAL %	2,43	2,52	2,36	2,44	2,03	2,29	2,13	2,15	2,96	2,23	2	2,40	2.33
PROT. VERD %	11,3	11,88	10,96	11,38	10,28	11,49	11,07	10,95	13,96	11,16	9,31	11,48	11.27
NDT %	68.40	66.62	66.27	67.10	66.66	68.20	66.49	67.12	67.71	68.16	69.22	68.36	67.52

Anexo C. Datos del análisis de suelos de los tres lugares estudiados

	ARVELA				CUALALPUD				SANTA ROSA				X Total
	A1	A2	A3	X	C1	C2	C3	X	S1	S2	S3	X	
<i>pH</i>	5	5,7	5,5	5,40	5,3	5,2	5	5,17	5,4	5,5	5,5	5,47	5.34
<i>MAT. ORG. %</i>	15,2	13,9	15	14,70	14	16,2	12	14,07	9,9	10,5	14,9	11,77	13.51
<i>DA (g/cc)</i>	0,7	0,83	0,76	0,76	0,79	0,91	0,86	0,85	0,79	0,86	0,78	0,81	0.80
<i>Dens. Real g/cc</i>	2,28	2,3	2,35	2,31	2,29	2,3	2,41	2,33	2,35	2,45	2,4	2,40	2.34
<i>Capac. Campo %</i>	51,9	40,5	50,5	47,63	51,7	48,6	43,6	47,97	52,7	42,2	54	49,63	48.41
<i>Penetrabilidad (Mpa/cm²)</i>	1,1	1,2	1,2	1,17	1	1,1	1,1	1,07	0,9	1	1,1	1,00	1.08
<i>Infiltración (cm/h)</i>	9,5	6,9	5,8	7,40	10,2	13,2	10,5	11,30	8,3	9	11,4	9,57	9.42
<i>Porosidad %</i>	69,29	63,91	67,66	66,96	65,50	60,43	64,31	63,42	66,38	64,89	67,5	66,26	65.54
<i>Fosforo (mg/kg)</i>	2,8	13,6	3,9	6,77	7,9	3,7	5,1	5,57	63,2	6,9	12,2	27,43	13.25
<i>CIC (cmolcarga/kg)</i>	40,2	35	41,8	39,00	36,4	43,6	34,6	38,20	11,7	11,6	19,2	14,17	30.45
<i>Ca (cmolcarga/kg)</i>	3,58	8,02	5,59	5,73	8,55	4,7	7,08	6,78	4,79	3,76	5,59	4,71	5.74
<i>Mg (cmolcarga/kg)</i>	1,37	3,31	2,69	2,46	3,52	1,61	1,6	2,24	1,37	3,31	2,69	2,46	2.38
<i>K (cmolcarga/kg)</i>	1,88	3,6	2,97	2,82	3,72	4,07	0,87	2,89	2,66	2,94	2,4	2,67	2.79
<i>Al (cmolcarga/kg)</i>	0,5	*	*	0,50	0,1	0,6	0,4	0,37	0,1	*	*	0,10	0.32
<i>Fe (ppm)</i>	338	476	304	372,67	356	216	580	384,00	696	652	732	693,33	483.33
<i>Mn (ppm)</i>	5,4	7,6	3,4	5,47	3,4	2,4	3,2	3,00	7	10,6	13,8	10,47	6.31
<i>Cu (ppm)</i>	1,1	1,64	1,74	1,49	2,24	1,78	2,12	2,05	4,32	5,2	2,04	3,85	2.46
<i>Zinc (ppm)</i>	3,2	5,2	3,8	4,07	5	3,4	1,76	3,39	9,6	8,8	9	9,13	5.53
<i>Boro (ppm)</i>	0,08	0,17	0,11	0,12	0,16	0,1	0,04	0,10	0,27	0,12	0,31	0,23	0.15
<i>N total %</i>	0,56	0,52	0,55	0,54	0,53	0,58	0,47	0,53	0,4	0,42	0,55	0,46	0.51
<i>C Organico %</i>	8,83	8,07	8,7	8,53	8,12	9,41	6,97	8,17	5,73	6,1	8,62	6,82	7.84
<i>Relación C/N</i>	15.76	15.52	15.81	15.69	15.32	16.22	14.82	15.45	14.32	14.52	15.67	14.83	15.32
<i>S disp. (mg/kg)</i>	7,94	8,29	2,82	6,35	14,65	6,18	1,76	7,53	20,82	6,18	48,35	25,12	13.0

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

Perfiles de fila

TEXTURA	ESPECIE															Margen activo
	OLIGOC HAETA	COLEOPTERA	DIPTERA	ARACNEIDA	ACARE	HYMENOPTERA	LEPIDOPTERA	ORTHOPTERA	HEMIPTERA	NEUROPTERA	DIPLURA	GASTROPODA	HIRUDINEA	COLLEMBOLA	ISOPODA	
FRANCO ARCILLOSO	0,294	0,162	0,132	0,066	0,007	0,007	0,000	0,029	0,162	0,007	0,007	0,088	0,007	0,007	0,022	1,000
ARENOSO FRANCO	0,100	0,250	0,15	0,125	0,000	0,025	0,050	0,025	0,150	0,050	0,000	0,075	0,000	0,000	0,000	1,000
Masa	0,250	0,182	0,136	0,080	0,006	0,011	0,011	0,028	0,159	0,017	0,006	0,085	0,006	0,006	0,017	

Perfiles de columna

TEXTURA	ESPECIE															Masa
	OLIGOCHAETA	COLEOPTERA	DIPTERA	ARACNEIDA	ACARE	HYMENOPTERA	LEPIDOPTERA	ORTHOPTERA	HEMIPTERA	NEUROPTERA	DIPLURA	GASTROPODA	HIRUDINEA	COLLEMBOLA	ISOPODA	
FRANCO ARCILLOSO	0,909	0,688	0,75	0,643	1,000	0,500	0,000	0,800	0,786	0,333	1,000	0,800	1,000	1,000	1,000	0,773
ARENOSO FRANCO	0,091	0,313	0,250	0,357	0,000	0,500	1,000	0,200	0,214	0,667	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,227
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	1,000	1,000	

Anexo E. Datos recolectados de las condiciones climáticas de las tres veredas.

		FACTORES CLIMATICOS				
LUGARES		ALTURA (msnm)	LUMINOSIDAD X MAX (klux)	LUMINOSIDAD X MIN (klux)	TEMPERATURA (°C)	H. RELATIVA %
ARVELA	A1	3100	49,7	42,4	11,45	86,28
	A2	3077	38,7	35,7	11,45	86,28
	A3	3105	37,03	34,03	11,45	86,28
	x	3094	41,81	37,38	11,45	86,28
CUALAPUD	C1	3280	19,98	18,73	11,45	86,28
	C2	3220	19,2	18,8	11,45	86,28
	C3	3233	19	18,5	11,45	86,28
	x	3244	19	19	11	86
SANTA ROSA	S1	3114	46,3	40,7	11,45	86,28
	S2	3115	44,9	44,4	11,45	86,28
	S3	3111	60,3	53,1	11,45	86,28
	x	3113	50,5	46,07	11,45	86,28

Anexo F. Coeficientes de variación para las variables productivas.

ANALISIS	Media	Desviación Estándar	Coeficiente Variación
Periodo de recuperación (días)	50,68	1,76	3,47
Prod de Biomomasa	2,45	0,36	14,64

Anexo G. Coeficientes de variación para las variables Edáficas.

VARIABLE	MEDIA	DESV EST.	COEF VAR
pH	5,34	0,24	4,50
MATERIA ORGANICA	0,14	0,02	16,34
DENSIDAD REAL	2,35	0,06	2,59
DENSIDAD APARENTE	0,81	0,06	7,78
CAPACIDAD DE CAMPO	0,48	0,05	10,36
PENETRABILIDAD	1,08	0,10	9,02
INFILTRACIÓN	9,40	2,25	23,98
POROSIDAD	0,66	0,03	3,96
C I C.	30,46	12,77	41,91
FÓSFORO	13,26	19,10	144,11
CALCIO	5,74	1,79	31,11
MAGNESIO	2,39	0,90	37,68
POTASIO	2,79	0,99	35,61
ALUMINIO	0,19	0,23	121,88
HIERRO	483,33	189,03	39,11
MANGANESO	6,31	3,86	61,21
COBRE	2,46	1,36	55,21
ZINC	5,53	2,89	52,29
BORO	0,15	0,09	58,49
N Total	0,01	0,00	12,60
CARBONO ORGANICO	0,08	0,01	16,36
AZUFRE disp.	13,00	14,51	111,62

Anexo H. Coeficientes de variación para las variables Bromatológicas.

VARIABLE	MEDIA	DESV EST.	COEF VAR.
MAT SECA	535,07	71,69	13,40
CENIZA	216,38	89,39	41,31
EXTRACTO ETereo	63,27	11,84	18,72
FIBRA CRUDA	689,21	132,88	19,28
PROTEÍNA	357,30	74,43	20,83
ESTR. NO NITROGENADO	1097,66	136,86	12,47
F D N	1394,30	221,33	15,87
F D A	775,86	117,37	15,13
LIGNINA	139,56	71,84	51,48
CELULOSA	636,33	107,09	16,83
HEMICELULOSA	616,13	124,01	20,13
CALCIO	5,02	0,65	12,86
FÓSFORO	6,65	2,32	34,89
MAGNESIO	3,65	0,76	20,79
AZUFRE	3,57	0,88	24,68
NITRÓGENO TOTAL	57,16	11,91	20,83
PROTEINA VERDADERA	276,13	51,82	18,77
NDT	1,65	0,23	14,05

Anexo I. Coeficientes de variación para las variables Climáticas.

VARIABLE	MEDIA	DESV EST.	COEF. VAR.
ALTITUD	3150,33	70,73	2,25
LUMINOSIDAD	6,54	7,26	110,96
TEMPERATURA	11,45	0,00	0,00
H. RELATIVA	0,86	0,00	0,00
PRECIPITACIÓN	923,34	0,00	0,00

Anexo J. Coeficientes de Correlación de las variables cuantitativas evaluadas.

	PR	BIOM	MS	CEN	EE	FC	PC	ENN	FDN	FDA	LIG	CEL	HEMICEL	CaB	PB	MgB
PR																
BIOM	-0,3347															
MS	-0,3325	0,8579														
CEN	0,018	0,4116	0,0824													
EE	-0,2686	0,984	0,8897	0,3654												
FC	-0,3713	0,9138	0,7383	0,2784	0,8592											
PC	-0,305	0,851	0,7745	0,3445	0,891	0,7604										
ENN	-0,1921	0,8715	0,7899	0,3562	0,8662	0,6634	0,577									
FDN	-0,405	0,9834	0,8103	0,3545	0,9529	0,9346	0,8427	0,8217								
FDA	-0,2055	0,9042	0,7117	0,2795	0,8474	0,9651	0,6589	0,7461	0,9178							
LIG	0,2842	0,0945	-0,0195	0,1594	-0,0147	0,3435	-0,1977	0,0217	0,0924	0,4433						
CEL	-0,4161	0,928	0,7933	0,1997	0,9388	0,8275	0,8551	0,8036	0,9443	0,7989	-0,1851					
HEMICEL	-0,5444	0,9184	0,7891	0,3654	0,9116	0,776	0,8698	0,7921	0,9355	0,7196	-0,2288	0,9427				
CaB	0,1078	0,6292	0,4194	0,1384	0,5924	0,7976	0,5047	0,3765	0,668	0,8498	0,5702	0,5491	0,3989			
PB	-0,1871	0,6223	0,5058	0,7921	0,623	0,4106	0,666	0,5226	0,5771	0,3727	-0,0724	0,4578	0,6693	0,1711		
MgB	-0,3266	0,8581	0,7509	0,645	0,8553	0,7268	0,8549	0,6679	0,823	0,6683	0,0237	0,717	0,8371	0,4525	0,9062	
SB	-0,1119	0,7193	0,6934	0,454	0,7621	0,4956	0,814	0,6547	0,6656	0,4498	-0,2561	0,6652	0,7561	0,1503	0,7186	0,7349
NTB	-0,3031	0,8517	0,7756	0,3447	0,8919	0,7613	1	0,5779	0,843	0,6602	-0,1954	0,8549	0,8692	0,5064	0,6661	0,8555
PVERD	-0,2755	0,8516	0,74	0,3853	0,8751	0,8082	0,9821	0,5482	0,839	0,7012	-0,0787	0,8214	0,8251	0,5503	0,6267	0,8328
NDT	-0,3006	0,9948	0,8819	0,3628	0,9888	0,8888	0,8442	0,8976	0,9723	0,8891	0,0607	0,934	0,9134	0,6001	0,5931	0,8281
pH	-0,2016	0,2995	0,2406	0,6887	0,2972	0,0036	0,3258	0,3908	0,2589	-0,0122	-0,3004	0,189	0,4682	-0,3006	0,8522	0,5975
MO	-0,2542	0,4296	0,3111	-0,068	0,421	0,3011	0,0843	0,6705	0,4287	0,4	-0,187	0,5637	0,424	0,1296	-0,1183	0,0546

Anexo J. Coeficientes de Correlación de las variables cuantitativas evaluadas (continuación)

	PR	BIOM	MS	CEN	EE	FC	PC	ENN	FDN	FDA	LIG	CEL	HEMICEL	CaB	PB	MgB
DR	0,6163	-0,292	-0,1422	0,1854	-0,2987	-0,3003	-0,3674	-0,1676	-0,372	-0,183	0,5675	-0,5811	-0,4914	-0,0383	0,1398	-0,0592
DA	0,3581	0,0259	-0,1742	0,483	-0,029	0,0669	-0,0808	0,0503	-0,048	0,096	0,4243	-0,1799	-0,1692	-0,001	0,0522	-0,0276
CC	0,1314	-0,4173	-0,3323	-0,364	-0,3113	-0,544	-0,2869	-0,2609	-0,417	-0,5165	-0,6112	-0,1564	-0,273	-0,3328	-0,3489	-0,4017
PENETR	-0,2375	0,8413	0,6459	0,3044	0,7844	0,7792	0,463	0,8878	0,8469	0,8811	0,2922	0,7701	0,717	0,6384	0,3788	0,5915
INFILTR	0,499	-0,4883	-0,5107	-0,386	-0,4825	-0,4388	-0,6186	-0,2273	-0,504	-0,3195	0,0672	-0,3959	-0,5853	-0,2457	-0,7663	-0,8023
POROS	-0,1994	-0,1365	0,1085	-0,387	-0,0938	-0,1973	-0,0889	-0,0876	-0,087	-0,1795	-0,2386	-0,036	0,0102	-0,0609	0,0279	0,0154
CIC	-0,4301	0,5341	0,3012	-0,013	0,4778	0,6431	0,2634	0,4612	0,5713	0,6403	0,1224	0,6193	0,4455	0,4986	-0,1553	0,1761
PS	0,2711	-0,3196	-0,3079	0,1176	-0,2228	-0,3907	0,1838	-0,5123	-0,314	-0,4948	-0,4759	-0,2229	-0,1477	-0,2285	0,2173	0,0146
CaS	-0,3216	0,0511	-0,3927	0,4734	-0,0852	0,1625	-0,0887	-0,0499	0,159	0,1574	0,2035	0,0366	0,1458	0,15	0,1706	0,0864
MgS	-0,5082	0,0509	-0,0093	0,4369	-0,0527	-0,0591	-0,1629	0,2036	0,0598	-0,069	0,0142	-0,0845	0,1958	-0,4117	0,4248	0,2272
KS	-0,4571	0,1859	0,0851	0,4159	0,1853	-0,0295	0,1903	0,2923	0,1363	-0,1268	-0,5593	0,2361	0,3661	-0,5382	0,3098	0,2131
AlS	0,1845	0,0211	0,0142	-0,52	0,0427	0,2135	-0,0189	-0,0409	0,0281	0,2245	0,1418	0,1499	-0,1536	0,3323	-0,6929	-0,398
FeS	0,5561	-0,4497	-0,3424	0,0437	-0,4273	-0,4997	-0,2778	-0,3923	-0,444	-0,4248	0,1265	-0,5497	-0,4149	-0,1826	0,1472	-0,1606
MnS	0,3054	-0,2132	0,0015	-0,042	-0,1743	-0,4476	-0,1932	0,0653	-0,232	-0,3373	-0,1711	-0,254	-0,0982	-0,3964	0,2283	-0,0602
CuS	0,2554	-0,4814	-0,2398	0,1173	-0,4456	-0,5091	-0,2099	-0,5121	-0,556	-0,5896	-0,0024	-0,6448	-0,4641	-0,5208	0,1512	-0,0997
ZnS	0,259	-0,4387	-0,2276	0,0966	-0,3613	-0,6841	-0,1765	-0,2739	-0,485	-0,6894	-0,4614	-0,4456	-0,2437	-0,6886	0,2763	-0,0893
BS	0,2642	-0,3402	-0,3393	0,1617	-0,265	-0,6207	-0,1263	-0,15	-0,338	-0,5762	-0,61	-0,2216	-0,0877	-0,5235	0,2563	-0,0958
NTS	-0,479	0,4047	0,2794	-0,018	0,396	0,2332	0,1597	0,6057	0,4347	0,2768	-0,4318	0,5933	0,5428	-0,0322	0,0291	0,1358
COS	-0,2086	0,4142	0,3107	-0,115	0,4227	0,2796	0,1057	0,6383	0,4223	0,387	-0,2229	0,5736	0,4198	0,1888	-0,1074	0,0679
SDisp	0,4163	-0,4494	-0,4178	-0,097	-0,3897	-0,6864	-0,4117	-0,1205	-0,437	-0,546	-0,4193	-0,3165	-0,2757	-0,4528	-0,0659	-0,3731
lux	0,416	-0,449	-0,4175	-0,097	-0,3893	-0,6861	-0,4116	-0,1199	-0,437	-0,5456	-0,4194	-0,316	-0,2753	-0,4526	-0,066	-0,373

Anexo J. Coeficientes de Correlación de las variables cuantitativas evaluadas (continuación)

	SB	NTB	PVERD	NDT	pH	MO	DR	DA	CC	PENETR	INFILTR	POROS	CIC	PS	CaS	MgS
NTB	0,8139															
PVERD	0,8052	0,9823														
NDT	0,7476	0,845	0,8402													
pH	0,6134	0,3249	0,2609	0,2921												
MO	0,0575	0,0842	0,0424	0,4588	-0,081											
DR	-0,1159	-0,3651	-0,3377	-0,2883	0,1616	-0,5458										
DA	0,2418	-0,0801	0,0773	0,0274	0,0698	-0,1579	0,3064									
CC	-0,4297	-0,2876	-0,4062	-0,3998	-0,2149	0,2861	-0,3071	-0,5892								
PENETR	0,3535	0,4641	0,4519	0,8369	0,1546	0,691	-0,1999	-0,0454	-0,2744							
INFILTR	-0,3664	-0,6185	-0,5514	-0,4356	-0,5261	0,2514	0,0086	0,422	0,2029	-0,2437						
POROS	-0,3102	-0,089	-0,247	-0,1403	0,0526	0,0049	0,0458	-0,9298	0,4981	0,0052	-0,4516					
CIC	-0,0573	0,2635	0,3003	0,5135	-0,3786	0,7548	-0,6642	-0,0584	0,0262	0,6682	0,0591	-0,1712				
PS	0,1706	0,1826	0,1418	-0,3286	0,2264	-0,6466	0,0362	-0,0953	0,276	-0,6544	-0,2071	0,0647	-0,6165			
CaS	-0,182	-0,0903	-0,0522	-0,02	0,2071	0,0853	-0,2355	0,1357	-0,1957	0,2305	-0,1265	-0,1556	0,2909	-0,0952		
MgS	0,0817	-0,1641	-0,1827	0,0228	0,6901	0,0607	0,1284	0,0726	-0,3202	0,1719	-0,3178	0,0822	-0,1172	-0,2991	0,4896	
KS	0,4324	0,1885	0,1932	0,1922	0,5339	0,3254	-0,4477	0,2848	0,0005	0,022	-0,0066	-0,4017	0,1503	-0,0031	0,1677	0,4829
AlS	-0,1798	-0,0182	0,0665	0,0536	-0,8497	0,3134	-0,3672	0,1878	0,0792	0,0413	0,6212	-0,4036	0,5313	-0,2639	-0,284	-0,7327
FeS	-0,0295	-0,2776	-0,3131	-0,4398	0,2951	-0,6908	0,7251	0,0228	-0,091	-0,4445	-0,046	0,2312	-0,8973	0,5168	-0,0739	0,0653
MnS	0,2209	-0,1934	-0,288	-0,162	0,5325	-0,2121	0,5251	-0,1239	-0,0121	-0,1458	-0,0167	0,3449	-0,7497	0,1944	-0,2394	0,3222
CuS	0,0563	-0,2097	-0,1801	-0,4802	0,2883	-0,8361	0,6289	0,2935	-0,2158	-0,7346	-0,1057	-0,0898	-0,8537	0,5148	-0,3252	0,1497
ZnS	0,1974	-0,1774	-0,2591	-0,4082	0,5973	-0,4893	0,4213	-0,0527	0,1746	-0,5758	-0,0932	0,2237	-0,9066	0,6184	-0,2578	0,2642
BS	0,141	-0,1278	-0,2441	-0,3171	0,5681	-0,1474	0,0982	-0,2087	0,4592	-0,346	-0,014	0,2807	-0,6188	0,6256	0,0451	0,1779
NTS	0,1231	0,1585	0,0794	0,4231	0,1387	0,9267	-0,6855	-0,331	0,35	0,6002	0,0451	0,1519	0,6554	-0,4637	0,2226	0,2438
COS	0,0106	0,1057	0,0374	0,4412	-0,1047	0,9787	-0,5383	-0,3147	0,407	0,6868	0,1799	0,1635	0,7256	-0,5642	0,0563	-0,0235
SDisp	-0,1279	-0,4126	-0,5293	-0,4081	0,2918	0,0755	0,1761	-0,2551	0,5497	-0,2248	0,2857	0,3604	-0,4917	0,3117	-0,0041	0,0977
lux	-0,1278	-0,4125	-0,5293	-0,4077	0,2916	0,0764	0,1756	-0,2552	0,55	-0,2242	0,2859	0,3604	-0,491	0,3111	-0,004	0,0977

Anexo J. Coeficientes de Correlación de las variables cuantitativas evaluadas (continuación)

	KS	AlS	FeS	MnS	CuS	ZnS	BS	NTS	COS	SDisp	lux
AlS	-0,1949										
FeS	-0,4336	-0,5077									
MnS	-0,0898	-0,5706	0,7691								
CuS	0,0328	-0,4051	0,6138	0,393							
ZnS	0,1814	-0,6421	0,7328	0,7964	0,7183						
BS	0,2088	-0,5719	0,5904	0,6836	0,2604	0,8254					
NTS	0,4781	0,0688	-0,6322	-0,1208	-0,7803	-0,309	0,066				
COS	0,2022	0,2802	-0,6265	-0,1807	-0,8711	-0,4643	-0,0768	0,9191			
SDisp	-0,0215	-0,3619	0,5663	0,7268	0,0455	0,6531	0,8831	0,1764	0,1529		
lux	-0,0213	-0,3615	0,5656	0,7265	0,0447	0,6526	0,8829	0,1772	0,1538		1

Anexo K. Peso de los 6 componentes principales que arrojó el ACP.

	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6
BIO	0.92753	0.25904	0.01966	-0.15752	0.14876	0.15468
MS	0.77427	0.26719	-0.02096	-0.44019	0.21889	-0.20874
CEN	0.35436	0.56925	-0.11560	0.46040	-0.15115	0.31296
ENN	0.74281	0.34072	0.33805	-0.13014	0.43226	0.04279
LIG	0.22954	-0.37420	-0.57367	0.44627	0.47974	-0.02402
CaB	0.62543	-0.31224	-0.41814	-0.11971	0.28889	0.48715
SB	0.54158	0.69349	-0.05100	-0.33436	-0.03827	-0.06516
PVERD	0.79350	0.29819	-0.23769	-0.33919	-0.25087	0.15159
pH	0.08600	0.96604	0.08030	0.20126	-0.01659	0.02800
MO	0.41827	-0.17910	0.82639	-0.04024	0.30000	0.13511
CC	-0.48839	-0.19921	0.55144	-0.37292	-0.19278	0.33815
Infltr	-0.40089	-0.48094	0.34382	0.00897	0.20235	-0.14910
CIC	0.69664	-0.51661	0.43004	0.11351	-0.02466	0.20646
PS	-0.46049	0.36607	-0.33537	-0.34493	-0.56173	0.31136
CaS	0.09912	0.04317	0.05947	0.79305	-0.11226	0.50145
MgS	0.04036	0.53918	0.21153	0.71132	0.10552	-0.25080
KS	0.21815	0.45327	0.60132	0.21533	-0.47206	-0.25365
FeS	-0.65974	0.42178	-0.53556	-0.02428	0.29447	0.09839
MnS	-0.50054	-0.64886	-0.03688	-0.14881	0.52360	-0.13927
Sdisp	-0.71961	0.36466	0.36067	-0.12615	0.31859	0.31394
lux	-0.71915	0.36464	0.36154	-0.12601	0.31858	0.31402

Anexo L. Pesos de las variables del cluster 1.

variables	N	Mean	desvest	Min	Max
BIO	3	2,29	0,28160256	1,98	2,53
MS	3	501,66	96,2182686	417,78	606,69
CEN	3	143,62	113,851425	12,65	219,01
ENN	3	1013,15	91,4909865	928,42	1110,16
LIG	3	169,36	117,436663	98,42	304,91
CaB	3	5,20	0,9936329	4,16	6,14
SB	3	2,69	0,56114377	2,18	3,29
PVERD	3	250,23	42,2652498	203,54	285,89
pH	3	5,10	0,17320508	5,00	5,30
MO	3	0,14	0,01616581	0,12	0,15
CC	3	0,49	0,04735328	0,44	0,52
Infltr	3	10,06	0,52545559	9,49	10,53
CIC	3	37,07	2,85890422	34,60	40,20
PS	3	5,27	2,5540817	2,80	7,90
CaS	3	6,40	2,55316144	3,58	8,55
MgS	3	2,16	1,18052248	1,37	3,52
KS	3	2,16	1,44500288	0,87	3,72
FeS	3	424,67	134,823341	338,00	580,00
MnS	3	4,00	1,21655251	3,20	5,40
Sdisp	3	8,12	6,44681575	1,76	14,65
lux	3	39,59	7,06998114	80,87	93,65

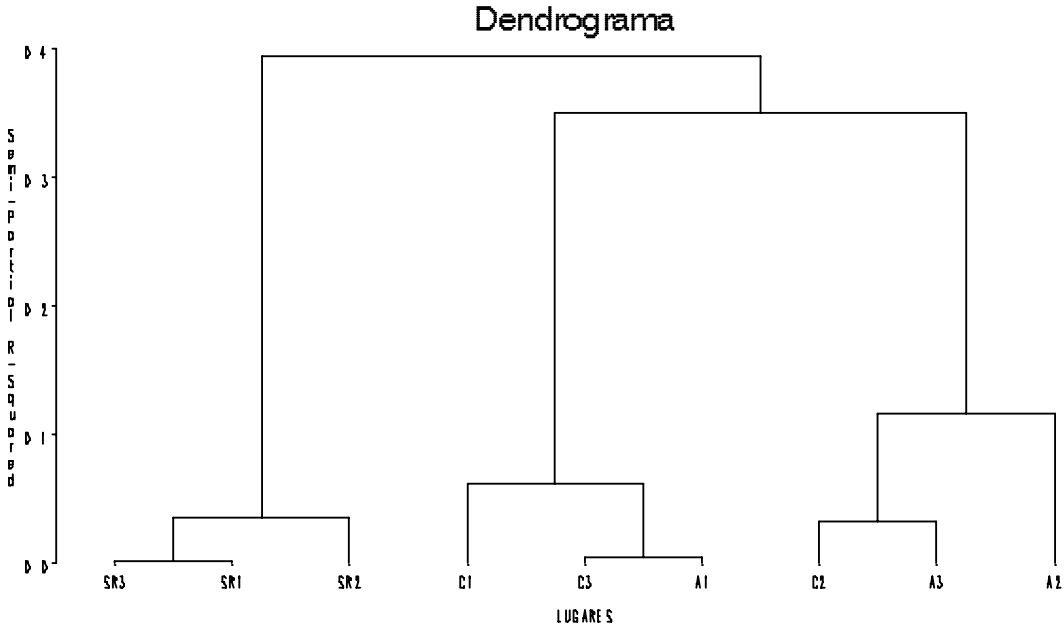
Anexo M. Pesos de las variables del cluster 2.

variables	N	Mean	desvest	Min	Max
BIO	3	2,85	0,23895606	2,59	3,06
MS	3	592,27	42,3664997	543,64	621,18
CEN	3	291,91	48,7252337	235,69	321,91
ENN	3	1243,23	42,6803054	1195,54	1277,86
LIG	3	131,97	16,2112676	116,81	149,06
CaB	3	5,31	0,33948343	4,92	5,51
SB	3	4,37	0,74272741	3,77	5,20
PVERD	3	326,32	33,7764793	297,59	363,53
pH	3	5,47	0,25166115	5,20	5,70
MO	3	0,15	0,01150362	0,14	0,16
CC	3	0,47	0,05310681	0,41	0,51
Infltr	3	8,60	3,97986634	5,78	13,16
CIC	3	40,13	4,53578365	35,00	43,60
PS	3	7,07	5,65891627	3,70	13,60
CaS	3	6,10	1,71849741	4,70	8,02
MgS	3	2,54	0,86031002	1,61	3,31
KS	3	3,55	0,55193599	2,97	4,07
FeS	3	332,00	132,242202	216,00	476,00
MnS	3	4,47	2,75922694	2,40	7,60
Sdisp	3	5,76	2,75870139	2,82	8,29
lux	3	86,94	3,12157546	83,35	89,04

Anexo N. Pesos de las variables del clúster 3.

variables	N	Mean	Desvest	Min	Max
BIO	3	2,20	0,07	2,13	2,27
MS	3	511,29	45,5265867	480,95	563,64
CEN	3	213,61	10,8535542	204,38	225,57
ENN	3	1036,60	129,006094	895,88	1149,28
LIG	3	117,35	66,586962	52,40	185,46
CaB	3	4,54	0,19905359	4,31	4,69
SB	3	3,66	0,31576943	3,30	3,86
PVERD	3	251,83	46,2822017	204,82	297,35
pH	3	5,47	0,05773503	5,40	5,50
MO	3	0,12	0,02730079	0,10	0,15
CC	3	0,50	0,06470188	0,42	0,54
Infltr	3	9,54	1,60624124	8,30	11,36
CIC	3	14,17	4,35928129	11,60	19,20
PS	3	27,43	31,0879934	6,90	63,20
CaS	3	4,71	0,91740576	3,76	5,59
MgS	3	2,46	0,99082457	1,37	3,31
KS	3	2,67	0,27006172	2,40	2,94
FeS	3	693,33	40,0666112	652,00	732,00
MnS	3	10,47	3,40196022	7,00	13,80
Sdisp	3	25,12	21,4108205	6,18	48,35
lux	3	89,07	0,41428654	88,6	89,37

Anexo O. Conformación de grupos basados en un análisis jerárquico de las variables cuantitativas de los factores edafoclimáticos que afectan el pasto Saboya (Dendrograma).



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

Examen de los puntos de fila

		Puntuación en la dimensión		Contribución		
				De los puntos a la inercia de la dimensión	De la dimensión a la inercia del punto	
				1	1	Total
TEXTURA	Masa	1	Inercia	1	1	
FRANCO ARCILLOSO	,773	,317	,026	,227	1,000	1,000
ARENOSO FRANCO	,227	-1,077	,090	,773	1,000	1,000
Total activo	1,000		,117	1,000		

a. Normalización Simétrica

Examen de los puntos de columna

ESPECIE	Masa	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	Total
OLIGOCHAETA	,250	,557	,026	,227	1,000	1,000
COLEOPTERA	,182	-,348	,008	,065	1,000	1,000
DIPTERA	,136	-,093	,000	,003	1,000	1,000
ARACNEIDA	,080	-,530	,008	,066	1,000	1,000
HEMINOPTERA	,006	,928	,002	,014	1,000	1,000
HIMENOPTERA	,011	-1,114	,005	,041	1,000	1,000
LEPIDOPTERA	,011	-3,156	,039	,331	1,000	1,000
ORTHOPTERA	,028	,111	,000	,001	1,000	1,000
HEMIPTERA	,159	,053	,000	,001	1,000	1,000
NEUROPTERA	,017	-1,794	,019	,161	1,000	1,000
DIPLURA	,006	,928	,002	,014	1,000	1,000
GASTEROPODA	,085	,111	,000	,003	1,000	1,000
HIRUDINEA	,006	,928	,002	,014	1,000	1,000
COLLEMBOLA	,006	,928	,002	,014	1,000	1,000
ISOPODA	,017	,928	,005	,043	1,000	1,000
Total activo	1,000		,117	1,000		

a. Normalización Simétrica

Anexo Q. Peso de las variables analizadas en el ACM

Confianza para puntos de fila

	Desviación típica en la dimensión
TEXTURA	1
FRANCO ARCILLOSO	,044
ARENOSO FRANCO	,134

Confianza para puntos de columna

	Desviación típica en la dimensión
ESPECIE	1
OLIGOCHAETA	,054
COLEOPTERA	,068
DIPTERA	,049
ARACNEIDA	,085
HEMINOPTERA	,085
HIMENOPTERA	,141
LEPIDOPTERA	,348
ORTHOPTERA	,040
HEMIPTERA	,042
NEUROPTERA	,209
DIPLURA	,085
GASTEROPODA	,040
HIRUDINEA	,085
COLLEMBOLA	,085
ISOPODA	,085