

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS QUE
GARANTIZAN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO
BRASILERO (*Phalaris sp*), EN CONDICIONES DE NO INTERVENCIÓN, EN UN
RANGO DE ALTITUD COMPRENDIDA ENTRE 3050 – 3300 m.s.n.m. EN EL
MUNICIPIO DE GUACHUCAL, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**FREDDY ANTONIO BURBANO TARAPUES
WILSON ARTURO CADENA SALAZAR**

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

**DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS QUE
GARANTIZAN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DEL PASTO
BRASILERO (*Phalaris sp*), EN CONDICIONES DE NO INTERVENCIÓN, EN UN
RANGO DE ALTITUD COMPRENDIDA ENTRE 3050 – 3300 m.s.n.m. EN EL
MUNICIPIO DE GUACHUCAL, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**FREDDY ANTONIO BURBANO TARAPUES
WILSON ARTURO CADENA SALAZAR**

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

Presidente

**OSCAR FERNANDO BENAVIDES ESPINDOLA
Zootecnista, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE 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 1996 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

OSCAR FERNANDO BENAVIDES E. Zoot., M.Sc.
Presidente

HERNÁN OJEDA JURADO. Zoot., Esp.
Jurado Delegado

JESÚS CASTILLO FRANCO. I.A., M.Sc., PhD.
Jurado

San Juan de Pasto, Abril de 2009

DEDICATORIA

El tiempo es el mejor maestro, es quien proporciona las herramientas para construir un anhelo, es ahí donde los sueños dejan de serlo para convertirse en acontecimientos que hacen que el ser humano sea grande, alcanzando sus objetivos junto a los seres que quiere. Gracias a:

Mi papá Luis Antonio, por pronunciar mis primeras palabras juntos, por ser mi punto de apoyo, brindándome amor a cambio de una simple sonrisa, por enseñarme todo cuanto se a base de sus experiencias, por creer en mí y darme la posibilidad de soñar.

Mi mamá María Celia, por acompañarme a crecer, ser fiel en mis primeros pasos, gracias por darme la vida, por las lágrimas y sonrisas del arduo camino para salir adelante, por la dulzura y la ternura, por cada instante junto a mí.

Mi hija Liseth Camila, por ser parte fundamental de mi vida, motivo de lucha al levantarse y sinónimo de inspiración poética al acostarse, por su brillo inconfundible, por ser como una mariposita de mil colores.

La memoria de mi tío Segundo, por contarme las historias de cuando era un niño, por inculcarme el significado de perseverancia, por guiarme mostrando siempre el norte, desde lo lejos sigues en mi corazón.

Mi amigo del alma Oscar Fernando Benavides, que más que eso mi maestro, un motivo de inspiración, por confiar en mi familia, por confiar en mí, por cada palabra, por cada sonrisa, por pretender hacer de un niño un gran profesional y simplemente lograrlo.

Todos mis familiares y amigos, que me vieron crecer, me conocen y comparten este triunfo conmigo.

Freddy Antonio

DEDICATORIA

La mente de un niño suele ser noble con muchas cosas que explorar a medida que crece, como una rosa que surge de un planta adquiere belleza desarrollándose conjuntamente con la vida, lo mismo pasa con el conocimiento algún día parte de una meta queriendo alcanzar la victoria, como una leyenda épica que muestra su magia o como el brillo de una estrella en la inmensidad, de igual manera se describe un triunfo, este triunfo, gracias a:

Dios, por ser el gran artesano de moldearme y darme la vida, por ser el mejor consejero en todos los momentos, el gran inspirador para luchar y triunfar, por ser el gran mago, quien hace que las maravillas existan.

Mi mamá Mariana, por ser Ella la fuente de mi vida, uno a uno los latidos de mi corazón, por ser mi mas grande apoyo, en los momentos de risas y llanto, por su dedicación para sacarme adelante, verme caer y levantarme, por estar allí siempre y sin condiciones, esperando que llegue este momento para una vez mas sentirse orgullosa del hijo que educó, al que le regaló todo cuanto sabe, Gracias por ser como eres mamá. Eres como una rosa roja cuyos pétalos designan una a una tus cualidades. Gracias por ser la artífice de mis ilusiones.

La memoria de mi abuelo Segundo, por ser El ese gran candil y el libro que ilumino uno a uno mis pasos, quien me enseñó a no rendirse nunca pese a la magnitud de los obstáculos, por brindarme su mano y guiarme por el camino del bien. Gracias por ser el papá que nunca tuve, gracias por ser el cómplice de mis sueños. Por estar conmigo hasta la sustentación privada de este trabajo.

La memoria de mi abuela Rosario, aún desde el cielo colma de bendiciones el hogar que construyó, Gracias por depositar la confianza y el cariño en mí cuando niño, por comprar una que otra risa camuflada en un detalle, estoy seguro los ángeles existen.

Todos mis familiares y amigos, por ser los artistas de mi entorno y regalarme veinte o treinta minutos de su tiempo para escucharme y un inmenso cariño incondicional para que sea quien hoy soy.

Gracias por dejarme ser ese soñador iluso, por ser un personaje mágico de la realidad, por ser su hijo, su nieto, su amigo y su compañero.

Wilson Arturo

AGRADECIMIENTOS

Con sincero aprecio y admiración por su colaboración, los autores a:

| | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| OSCAR FERNANDO BENAVIDES E. | Zoot., M.Sc. |
| HERNÁN OJEDA JURADO | Zoot., Esp. |
| JESÚS CASTILLO FRANCO | I.A., M.Sc., PhD. |
| EDMUNDO APRAEZ GUERRERO. | Zoot., M.Sc., PhD. |
| ARTURO LEONEL GÁLVEZ CERON. | Zoot., M.Sc. |
| EFRÉN INSUASTY SANTACRUZ | Zoot., Esp. |
| HANS DIETER VOLLES STAMLER | Ganadero (Finca San Antonio) |
| ÁLVARO ARMANDO SANTACRUZ | Ganadero (Finca La Cabaña) |
| LUÍS ANTONIO BURBANO | Ganadero (Finca La Providencia) |
| DANNY GUERRERO GELPUD | Monitor Aula Inf. Zootecnia |
| LUÍS ALFONSO SOLARTE PORTILLA | Zoot. |

Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño

Todas aquellas personas que creyeron en nosotros y que con su gran apoyo e incondicionalidad, participaron en alguno u otro momento para que el logro de este trabajo sea satisfactorio.

CONTENIDO

| | Página |
|--|---------------|
| INTRODUCCIÓN | 22 |
| 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION 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. PASTO BRASILEIRO (<i>Phalaris sp</i>) | 26 |
| 4.1.1. Género <i>Phalaris</i> | 26 |
| 4.1.2. Características Agronómicas | 28 |
| 4.2. FACTORES CLIMÁTICOS | 30 |
| 4.2.1. Temperatura | 30 |
| 4.2.2. Humedad | 31 |
| 4.2.3. Luz | 31 |
| 4.2.4. Precipitaciones | 32 |
| 4.3. FACTORES EDÁFICOS | 33 |
| 4.3.1. Factores Físicos del suelo | 33 |
| 4.3.1.1. Textura | 33 |
| 4.3.1.2. Estructura | 34 |
| 4.3.1.3. Penetrabilidad | 35 |
| 4.3.1.4. Pendiente | 36 |
| 4.3.1.5. Densidad aparente | 36 |
| 4.3.1.6. Densidad real | 37 |
| 4.3.1.7. Porosidad | 37 |
| 4.3.1.8. Capacidad de campo | 38 |
| 4.3.2. Factores Químicos del suelo | 39 |
| 4.3.2.1. pH | 39 |
| 4.3.2.2. Capacidad de intercambio de cationes | 39 |
| 4.3.2.3. Materia orgánica | 40 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 4.3.2.4. | Macroelementos | 40 |
| 4.3.2.5. | Nitrógeno Total | 41 |
| 4.3.2.6. | Fósforo | 41 |
| 4.3.2.7. | Potasio | 42 |
| 4.3.2.8. | Magnesio | 42 |
| 4.3.2.9. | Calcio | 42 |
| 4.3.2.10. | Azufre | 43 |
| 4.3.2.11. | Boro | 43 |
| 4.3.2.12 | Microelementos | 43 |
| 4.4. | FACTORES BIOLÓGICOS DEL SUELO | 44 |
| 4.4.1. | Microorganismos | 44 |
| 4.5. | PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS DEL PASTO | 46 |
| 4.6. | ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR | 47 |
| 5. | DISEÑO METODOLÓGICO | 48 |
| 5.1. | LOCALIZACIÓN | 48 |
| 5.2. | METODOLOGÍA DE TRABAJO | 49 |
| 5.3. | ANÁLISIS DE LABORATORIO | 50 |
| 5.3.1. | Climáticos | 50 |
| 5.3.2. | Físicos | 50 |
| 5.3.2.1. | Textura | 50 |
| 5.3.2.2. | Densidad Aparente | 50 |
| 5.3.2.3. | Densidad Real | 50 |
| 5.3.2.4. | Porosidad | 51 |
| 5.3.2.5. | Capacidad de Campo | 51 |
| 5.3.2.6 | Infiltración | 51 |
| 5.3.3. | Químicos | 52 |
| 5.3.3.1. | pH | 52 |
| 5.3.3.2. | Materia orgánica y Carbono orgánico | 52 |
| 5.3.3.3 | Capacidad de intercambio de cationes (CIC) | 52 |
| 5.3.3.4. | Determinación de Ca y Mg | 52 |
| 5.3.3.5. | Determinación de fósforo, potasio, manganeso, cobre, zinc, hierro (método de Olsen modificado) | 53 |
| 5.3.3.6. | Determinación de Azufre | 53 |
| 5.3.4. | Biológicos | 53 |
| 5.3.4.1. | Trabajo de campo | 53 |
| 5.3.4.2. | Trabajo de laboratorio | 54 |

| | | |
|----------|--|----|
| 5.3.4.3. | Procesamiento de datos | 54 |
| 5.3.5. | Bromatológicos | 54 |
| 5.3.5.1. | Determinación de la humedad. | 54 |
| 5.3.5.2. | Determinación de la MS con estufa | 54 |
| 5.3.5.3. | Determinación de cenizas | 54 |
| 5.3.5.4. | Determinación del Nitrógeno | 55 |
| 5.3.5.5. | Determinación de la proteína cruda, Método Kjeldahl | 55 |
| 5.3.5.6. | Determinación de fibra | 55 |
| 5.3.5.7. | Análisis de fibra con detergentes | 55 |
| 5.3.5.8. | Determinación de minerales | 55 |
| 5.4. | MATERIALES Y EQUIPOS | 56 |
| 5.4.1. | Luxómetro | 56 |
| 5.4.2. | Higrómetro | 56 |
| 5.4.3. | Picnómetro | 56 |
| 5.4.4. | Penetrometro | 57 |
| 5.4.5. | Altímetro | 57 |
| 5.5. | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 58 |
| 6. | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 59 |
| 6.1. | CONDICIONES PRODUCTIVAS DEL PASTO BRASILEIRO | 59 |
| 6.1.1. | Periodo de recuperación | 59 |
| 6.1.2. | Producción de Biomasa | 59 |
| 6.1.3. | Relación periodo de recuperación y producción de biomasa | 60 |
| 6.2. | CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS DE TRABAJO | 62 |
| 6.2.1. | Temperatura | 62 |
| 6.2.2. | Brillo solar | 62 |
| 6.2.3. | Precipitaciones y humedad relativa | 65 |
| 6.3. | CONDICIONES EDÁFICAS DEL SUELO | 65 |
| 6.3.1. | Variables Físicas | 65 |
| 6.3.1.1. | Estructura | 65 |
| 6.3.1.2. | Textura | 66 |
| 6.3.1.3. | Densidad Aparente | 67 |
| 6.3.1.4. | Densidad Real | 67 |
| 6.3.1.5. | Infiltración | 69 |
| 6.3.1.6. | Porosidad | 70 |
| 6.3.1.7. | Penetrabilidad | 71 |
| 6.3.1.8. | Capacidad de Campo | 71 |
| 6.3.2. | Variables Químicas | 71 |
| 6.3.2.1. | Materia orgánica | 71 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 6.3.2.2. | pH del suelo | 73 |
| 6.3.2.3. | Capacidad de intercambio de cationes (CIC) | 74 |
| 6.3.2.4. | Carbono orgánico | 76 |
| 6.3.2.5. | Nitrógeno Total | 76 |
| 6.3.2.6. | Relación Carbono - Nitrogeno | 77 |
| 6.3.2.7. | Macronutrientes | 77 |
| 6.3.2.8. | Micronutrientes | 79 |
| 6.4. | VARIABLES BROMATOLÓGICAS | 80 |
| 6.4.1. | Materia seca | 80 |
| 6.4.2. | Proteína | 81 |
| 6.4.3. | Extracto etéreo | 83 |
| 6.4.4. | Carbohidratos | 83 |
| 6.4.5. | NDT | 84 |
| 6.4.6. | Fibra cruda | 84 |
| 6.4.7. | Minerales | 84 |
| 6.5. | VARIABLES BIOLÓGICAS: (VARIABLES CUALITATIVAS) | 86 |
| 6.5.1. | Textura – Fauna (Relación) | 91 |
| 6.6 | ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES | 95 |
| 6.6.1 | Primer componente principal: Alto valor proteico del pasto Brasilero | 95 |
| 6.6.2. | Segundo componente principal: Alto contenido de fibra en el pasto | 99 |
| 6.6.3. | Tercer componente principal: Deficiente Calidad Nutritiva (MS). | 102 |
| 6.6.4. | Agrupación por clúster | 103 |
| 6.7. | GUÍA DE ESTABLECIMIENTO PASTO BRASILEIRO. | 106 |
| 7. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 108 |
| 7.1. | CONCLUSIONES | 108 |
| 7.2. | RECOMENDACIONES. | 109 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 110 |
| | ANEXOS. | 117 |

LISTA DE TABLAS

| | Página |
|---|---------------|
| Tabla 1. Valor nutritivo del pasto Brasileiro en sus distintos estados de desarrollo. | 27 |
| Tabla 2. Localización de las zonas de trabajo, y sus principales datos climáticos. | 48 |
| Tabla 3. Datos de las condiciones productivas del pasto Brasileiro. | 60 |
| Tabla 4. Datos recolectados de las Condiciones Climáticas de las zonas de trabajo. | 63 |
| Tabla 5. Análisis de Suelos de las zonas de trabajo con sus respectivas submuestras y promedios. | 68 |
| Tabla 6. Análisis bromatológico pasto Brasileiro, porcentaje en base seca y sus respectivos promedios. | 81 |
| Tabla 7. Densidad de organismos individuos/m ² de suelo. | 86 |
| Tabla 8. Distribución en porcentaje de los organismos en los tres lugares. | 87 |
| Tabla 9. Medidas de tendencia central y de dispersión. | 90 |
| Tabla 10. Análisis de correspondencias múltiples (ACM), Histograma de frecuencias para variables categorizadas. | 92 |
| Tabla 11. Peso de las variables biológicas con respecto al tipo de suelo. | 94 |
| Tabla 12. Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la correlación (variables cuantitativas). | 95 |
| Tabla 13. Peso de los tres primeros componentes principales. | 96 |

Tabla 14. Agrupación por clúster. 104

Tabla 15. Peso de las variables de los tres clúster. 104

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 1. Promedio periodo de recuperación en días del pasto en las 3 zonas. | 61 |
| Figura 2. Promedio producción de biomasa ton MS/ha/corte en las 3 zonas. | 61 |
| Figura 3. Promedio Luminosidad en Kluxes en las 3 zonas. | 64 |
| Figura 4. Promedio pH rango 0- 14, en las 3 zonas. | 75 |
| Figura 5. Promedio propiedades del suelo (%) en las 3 zonas. | 75 |
| Figura 6. Promedio Elementos del suelo (ppm) en las 3 zonas. | 79 |
| Figura 7. Promedio Nutrientes del Pasto. (%) en las 3 zonas. | 85 |
| Figura 8. Participación relativa de los organismos del suelo de Santa Rosa. | 87 |
| Figura 9. Participación relativa de los organismos del suelo de Cualapud. | 88 |
| Figura 10. Participación relativa de los organismos del suelo de Arvela. | 88 |
| Figura 11. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde Alto valor proteico del pasto. | 96 |
| Figura 12. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde Alto contenido de fibra del pasto. | 100 |
| Figura 13. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde Deficiente Calidad nutritiva (MS). | 102 |

LISTA DE ANEXOS

| | Página |
|--|---------------|
| Anexo A. Datos del análisis bromatológico del pasto Brasileiro en las tres zonas. | 118 |
| Anexo B. Coeficientes de variación para las variables productivas. | 118 |
| Anexo C. Coeficientes de variación para las variables Climáticas. | 118 |
| Anexo D. Coeficientes de variación para las variables Edáficas | 119 |
| Anexo E. Coeficientes de variación para las variables Bromatológicas | 120 |
| Anexo F. Coeficientes de Correlación de las variables cuantitativas evaluadas. | 121 |
| Anexo G. Peso de los 6 componentes principales que arrojo el ACP. | 125 |
| Anexo H. Pesos de las variables del clúster 1. | 125 |
| Anexo I. Pesos de las variables del clúster 2. | 126 |
| Anexo J. Pesos de las variables del clúster 3. | 126 |
| Anexo K. Análisis de correspondencia múltiple (ACM). Histograma de frecuencias para variables categorizadas | 127 |
| Anexo L. Peso de las variables analizadas en el ACM | 128 |

GLOSARIO

ACTINOMICETOS: organismos microscópicos del suelo, intermedio entre las bacterias y los hongos. Están vinculados al proceso de descomposición de la materia orgánica.

AGREGADOS: conjunto de partículas minerales del suelo que forman una masa que es unida por una sustancia o elemento cementante, como el humus de la materia orgánica, el calcio, la humedad y los laboreos.

AGROECOLÓGICA: ciencia que aplica los principios y conceptos ecológicos en el diseño y manejo de los agroecosistemas sostenibles

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO: determinación que permite establecer el contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos en una muestra determinada.

ANUAL: planta con ciclo de vida de un año.

ARTRÓPODOS: animales invertebrados que se caracterizan por poseer extremidades articuladas y esqueleto externo. Entre ellos se incluyen los insectos, los arácnidos y los crustáceos.

AUTÓTROFO: organismo que convierte moléculas inorgánicas a moléculas orgánicas utilizando energía solar, o la oxidación de sustancias inorgánicas, para satisfacer sus propias necesidades de moléculas orgánicas alimenticias.

BIOMASA: volumen o peso total de todos los seres vivos de una determinada especie, presente simultáneamente en un ecosistema.

CAPACIDAD CATIONICA DE CAMBIO: cantidad de cationes que puede adsorber un suelo y se expresa en mili equivalentes por 100 gramos de suelo. Proceso reversible de intercambio de cationes y aniones entre la fase sólida y líquida del suelo y entre las fases sólidas en estrecho contacto.

CAPACIDAD DE CAMPO: Cantidad de agua retenida en un suelo después de un exceso de agua gravitacional se ha drenado.

CARBOHIDRATOS: compuestos inorgánicos que incluyen azúcares sencillos, almidones y celulosas, los cuales la planta utiliza como fuente de energía.

CELULOSA: hidrato de carbono que forma la pared de las células vegetales.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN: expresión cuantitativa de la magnitud y la dirección de una relación.

CLIMA: conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región

DÍPTERO: insecto que tiene un par de alas. A este orden pertenecen organismos como las moscas y los mosquitos.

DRENAJE: técnica para eliminar el agua sobrante del suelo que llega a ocupar todos los poros y a eliminar el aire. El buen drenaje es una condición característica de los suelos arenosos.

EDÁFICO: relación agua – suelo – planta.

EROSIÓN: pérdida de la capa superficial del suelo por acción del viento o por acción del agua de lluvia que corre sobre él y que arrastra el humus o materia orgánica.

ESTRUCTURA: disposición y fuerza con que se agregan las partículas del suelo.

HUMUS: materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales. Es de color oscuro, inodora y se forma por acciones ambientales, químicas y bacterianas sobre el suelo.

LIGNINA: carbohidrato que se encuentra en las paredes celulares de las plantas. Su presencia incrementa la resistencia de los tejidos.

METABOLISMO: actividad bioquímica que ocurre en los seres vivos para llevar a cabo los procesos esenciales para su supervivencia.

MICROORGANISMO: organismo vivo que vive en diferentes medios.

NUTRIENTE: elemento mineral a partir del cual la planta sintetiza compuestos más complejos.

POROSIDAD: espacios que se encuentran entre las partículas del suelo, los cuales permiten la circulación del agua y el aire

PROTEINA: compuesto orgánico formado por una o más cadenas de aminoácidos

RESUMEN

En el presente trabajo, se analizaron las características edáficas, climáticas y biológicas, que garantizan la producción y valor nutritivo del pasto Brasileiro (*Phalaris sp*), dicho estudio se realizó en el municipio de Guachucal, en tres veredas o localidades, dentro de estas se incluyeron tres submuestras, con el fin de aumentar el porcentaje de confiabilidad así:

- Santa Rosa. (Santa Rosa1, Santa Rosa2, Santa Rosa3).
- Cualapud. (Cualapud1, Cualapud2, Cualapud3).
- Arvela. (Arvela1, Arvela2, Arvela3).

Donde se evaluaron las siguientes características:

- Características Edáficas:
 - Físicas del suelo: textura, estructura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración.
 - Químicas del suelo: pH, Capacidad de intercambio cationico (CIC), materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio de cambio, magnesio, calcio, azufre, boro.
- Características climáticas: Temperatura, humedad relativa, horas de brillo solar, precipitación, altitud
- Características Bromatológicas: Materia seca, proteína cruda, energía, nitrógeno total, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa, lignina, minerales: Ca, P, Mg, S.
- Características Biológicas: Microorganismos del suelo. (macro y mesofauna).

Se realizó un corte preliminar del pasto en cada submuestra, con el fin de determinar con exactitud el periodo de recuperación y producción de biomasa, de los mismos lugares se tomaron muestras de pasto, suelo y organismos vivos, para su posterior envío a los laboratorios de la Universidad de Nariño.

Por último se realizó un análisis multivariado de componentes principales (ACP), que permitió expresar el 68 % de toda la variabilidad de los datos, donde se concluyó que el clúster uno es el que le provee las condiciones al pasto Brasileiro, para que brinde una excelente producción y calidad nutritiva; en este clúster se identificaron los lugares de Santa Rosa muestra 1 ,2 ,3 y Arvela muestra 2.

Las condiciones ideales fueron Climáticas: temperatura de 8 – 12 °C, humedad relativa 80 – 87 %, luminosidad en día soleado 105 – 120 Klux, luminosidad en día nublado de 6 – 15 Klux. Físicas: infiltración 8 – 11 cm/h, penetrabilidad 1.10 –

1.20 Mpa/cm², porosidad 60 – 67%. Químicas: pH 5.6 – 6.1, materia orgánica 10-18 %, hierro 210 – 338 ppm, manganeso 2.6 – 9.0 ppm.

Para los datos de las características cualitativas se utilizó un análisis de correspondencias múltiples (ACM) obteniendo que el orden Oligochaetas (lombriz de tierra), fue el de mayor participacion en todos los lugares.

ABSTRACT

In this work, analyzed the soil characteristics, climatic and biological weapons, which guarantee the production and nutritive value of the Brazilian grass (*Phalaris* sp), this study was conducted in the municipality of Guachucal in three villages (towns) within these included three subsamples, with the aim of increasing reliability as:

- Santa Rosa. (Santa Rosa1, Rosa2 Santa, Santa Rosa3).
- Cualapud. (Cualapud1, Cualapud2, Cualapud3).
- Arvela. (Arvela1, Arvela2, Arvela3).

Where were assessed the following characteristics:

- Edáficas Features:
 - Physical soil texture, structure, penetrability, slope, bulk density, real density, total porosity, field capacity and infiltration.
 - Chemical soil pH, cation exchange capacity (CEC), organic matter, total nitrogen, available phosphorus, potassium exchange, magnesium, calcium, sulfur, boron.
 - Features weather: temperature, relative humidity, sunshine hours, rainfall, altitude
 - bromatological characteristics: dry matter, crude protein, energy, total nitrogen, NDF, ADF, hemicellulose, cellulose, lignin, minerals Ca, P, Mg, S.
 - Biological characteristics: soil microorganisms. (macro and mesofauna).

We performed a preliminary cut of the grass in each subsample, in order to accurately determine the period of recovery and biomass production of the same sites were sampled on grass, soil and living organisms, for onward shipment to the laboratories University of Nariño.

Finally we conducted a multivariate principal component analysis (PCA), which allowed to express for 68% of the variability of the data, which concluded that the cluster is the one that provides the Brazilian grass so as to obtain an excellent production and nutritional quality, in this cluster were identified locations in Santa Rosa sample 1, 2, 3 and sample 2 Arvela.

Climatic conditions were ideal temperature of 8-12 ° C, relative humidity 80 - 87%, bright sunny day in 105 - 120 Klux, light on cloudy days in 6-15 Klux. Physical: infiltration 8-11 cm / h, penetrability 1.10 - 1.20 Mpa/cm², porosity 60 - 67%.

Chemical: pH 5.6 - 6.1, organic matter 10-18%, iron 210 - 338 ppm, manganese 2.6 - 9.0 ppm.

For the qualitative data we used a multiple correspondence analysis (MCA) by the order Oligochaeta (earthworm), the highest participation in all places.

INTRODUCCIÓN

La nutrición animal es uno de los pilares más importantes en los sistemas de producción pecuaria, los cuales implican un manejo adecuado, armonioso y racional entre cada uno de sus componentes; como lo son el suelo, la planta y el animal; La Zootecnia como ciencia del campo tiene que hoy en día basarse en el concepto de sostenibilidad.

Es entonces que haciendo un análisis de un árbol genealógico, los abuelos quienes utilizaron la tierra, la preservaron con una gran prudencia, para heredársela a sus hijos y nietos, pero bajo el esquema moderno se ha venido rompiendo ese equilibrio, si eso sigue así en un tiempo no habrá sino una historia que contar.

El flujo de la tecnología ha dado grandes pasos, para transformarse en sofisticadas maquinas, mas sin embargo para que dicha mecanización funcione se debe tener en claro que tanto los insumos y protocolos de producción están enmascarados en un mismo manual de operación, proveniente del exterior. El modelo evolucionista de alguna manera trae consecuencias negativas.

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

Tomando en claro el concepto de idiosincrasia y de armonía, se puede decir que tras varias generaciones, se tenía muy en claro el concepto de recursos alimenticios dentro de la producción, puesto que se incluían recursos naturales disponibles en las dietas animales obteniendo maravillosos resultados, como es el caso de las gramíneas, en especial el pasto Brasileiro (*Phalaris sp.*), que en los sitios sobre los 3000 m.s.n.m. es muy común.

Es pues, que el objetivo primordial de este trabajo, hace referencia a determinar las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva de este pasto, que además de brindar una excelente fuente de alimentación, reduce los costos en los sistemas de producción.

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

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA.

Debido a que la introducción de pastos mejorados ha sido masiva, los costos en el establecimiento y manejo de praderas se han incrementado notablemente, convirtiéndose así en uno de los mayores egresos dentro de la finca, con rentabilidades muy bajas, además que se atenta contra el suelo y el ambiente en general.

Cabe la conclusión de poner mucha atención en las técnicas que desde generaciones atrás han sido un fiel ejemplo de producción en el campo, por llevar aun sin tanta atención los ideales conservacionistas, a lo mejor la ciencia ha evolucionado y con ello procesos y técnicas de producción han sobresalido y se han ido reemplazando sustantivamente.

El hombre en su gran afán de lograr la mayor producción, ha olvidado los costos que genera mantener el suelo como principal recurso, ha convertido a los animales en verdaderas maquinas elaboradoras de productos, mas aun sin brindar las condiciones apropiadas.

Para McIlroy, R. J. “Los pastos permanentes deteriorados o abandonados se renuevan mediante la aradura del terreno y la resiembra con especies superiores de pastos y leguminosas”².

Esta teoría de mejoramiento de pastos se ha extrapolado a nuestras condiciones, se ha olvidado recursos los recursos adaptados y disponibles en la zona, que ofrecen unas ventajas enormes en cuanto a producción forrajera, y persistencia.

Según Arteaga, C, “La fuente primordial de la alimentación del ganado siempre ha sido los pastos, y en especial las gramíneas, siendo éstas desde el punto de vista económico las más importantes”³.

² McLLROY, R.J. Introducción al cultivo de los pastos tropicales: Mejoramiento de los pastizales. México: Limusa, 1987. p. 97.

³ ARTEAGA, Carlos. Establecimiento y manejo de pastos y forrajes: modulo 3. Pasto. Colombia. s.n. 1998 p.39.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Con el transcurso del tiempo la producción agraria ha experimentado una serie de cambios muy notorios en la incorporación de tecnología proveniente de otros países, cuyas características y condiciones ambientales son muy distintas a las que se registran en Colombia y, más específicamente en el departamento de Nariño, por encontrarse en la zona ecuatorial.

De ahí que la transferencia de tecnología e información extranjera conduzca hacia sistemas de producción con poca rentabilidad, cada vez más dependientes de insumos externos y de conocimientos importados, donde se obtienen así resultados poco favorables que representan una amenaza no sólo ambiental sino cultural.

El principal error radica en que no se supo valorar los recursos disponibles en la zona, especies vegetales adaptadas a las condiciones locales y prácticas ancestrales.

Al hacer las puntuales anotaciones y al comparar las generaciones anteriores con las actuales se ve mucha diferencia, y no se tiene la respuesta que porque los modelos y protocolos supuestamente avanzados han llegado y han convertido casi totalmente lo tradicional, la alimentación con el pasto Brasileiro ha dejado de ser importante, luego de allí para volver a retomar la manera antigua e incluirla en la dieta animal surge una pregunta:

¿Cuáles son las características edáficas y climáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto brasileiro (*Phalaris sp*), en condiciones de no intervención, en un rango de altitud comprendida entre 3050 – 3300 m.s.n.m en el municipio de Guachucal, departamento de Nariño?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características edafoclimáticas que garantizan la producción y calidad nutritiva del pasto Brasileiro (*Phalaris sp*), en suelos no intervenidos en un rango de altitud comprendido entre 3050 – 3300 m.s.n.m en el municipio de Guachucal, Departamento de Nariño.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las condiciones climáticas (temperatura, humedad relativa, horas de brillo solar, precipitación, altitud) que garantizan la producción y composición bromatológica del pasto Brasileiro en tres zonas dentro del rango comprendido entre los 3050 - 3300 m.s.n.m.
- Determinar las variables químicas del suelo (pH, CIC, MO, N, P, K y Mg, Ca, S, B) que condicionan la producción y calidad del pasto en tres zonas dentro del rango comprendido entre 3050 – 3300 m.s.n.m.
- Establecer los factores físicos del suelo (textura, estructura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración.) que afectan el rendimiento y composición nutritiva del pasto.
- Identificar algunos indicadores biológicos del suelo principalmente la macro fauna observable que pueden ser condicionantes de la producción y calidad del forraje.
- Dar a conocer a la comunidad en general las pautas de establecimiento y manejo de dicho forraje.

4. MARCO TEÓRICO:

4.1 PASTO BRASILEIRO (*Phalaris sp*).

4.1.1 Genero *Phalaris*. Según estudios realizados, Paunero Ruiz ha encontrado que:

Ha sido dividido el género *Phalaris* en dos secciones: *Baldingera* y *Euphalaris*. A la primera se le atribuyen los caracteres de panoja difusa y glumas con quilla no alada, mientras que para la segunda se indican los de panoja espiciforme y glumas con la quilla alada. Como perteneciente a la sección *Baldingera* no se indica entre las especies más que el *Ph. arundinacea* L., quedando incluidas en la sección *Euphalaris* todas las demás. Entre ellas la *Phalaris tuberosa*.⁴

Por otro lado Berlinj y Bernardon. “aseguran que el género más importante de la tribu *Phalaridae* es el *Phalaris*, al que pertenece la especie *phalaris arundinacea*, la cual alcanza una altura de hasta 100 cm, tiene un alto valor nutritivo por su composición química, su estructura y alta digestibilidad”⁵.

La empresa SOLLA, menciona las siguientes generalidades:

Género: *Phalaris*

Especie: *arundinacea*

Nombre científico: *Phalaris arundinacea*

Nombre común: Brasil o brasileiro, también conocido como Alpiste en el Perú y Bolivia

Este es un pasto de crecimiento erecto de tallos muy delgados y huecos, con una macolla conformada por abundantes tallos en su base. Presenta hojas cortas y delgadas pero en abundante cantidad. Altura media entre 90 cm y 1,2 metros. Adaptabilidad por encima de los 3000 m.s.n.m. Es un pasto suculento de muy fácil digestión. Su inflorescencia es una pequeña espiga con abundante grano. Su madurez fisiológica EMF, (EMF = edad a la que se registra su mayor tasa de crecimiento), se da entre los 30 y 40 días de edad mientras su madurez de cosecha EMC, (EMC = edad a la que alcanza su floración, fructificación o semillamiento) se da por encima de los 60 días. Su

⁴ PAUNERO RUIZ, Elena. Revisión de las especies españolas del género PHALARIS, Madrid, España, [on line], [citado febrero 6 de 2009]. En: [http://www.rjb.csic.es/pdfs/Anales_08\(1\)_475_522.pdf](http://www.rjb.csic.es/pdfs/Anales_08(1)_475_522.pdf)

⁵ BERLINJ. D, Johan y BERNARDON. E. Álvaro. Cultivos Forrajeros, Área de producción vegetal. México. Editorial Trillas, 1983, p.16.

punto verde óptimo PVO (PVO = edad en la que debe ser cosechado el pasto) se presenta entre el día 45 y 60. Su producción por unidad de área de cultivo o rendimiento de cosecha está tasada en un rango que varía según la región y época del año entre 25 y 50 toneladas de pasto fresco por hectárea. Su color predominante es el verde intenso sólido.⁶

Molina, C. denota las siguientes características de esta gramínea:

Es un pasto originario de California, Estados Unidos de Norteamérica, por un cruce al azar entre dos especies: ***Phalaris tuberosa*** y ***Phalaris arundinacea***. Es una planta perenne, que crece en macollas y que puede alcanzar hasta 3 m. de altura. Se adapta muy bien a las zonas altas de los Andes, resistente a la sequía, exigente en fertilidad de suelos, tolerante a pH bajo (4.5).

Es un pasto para corte, en ensayos evaluados durante tres (3) años, con buena fertilización, produjo un promedio 45 ton. De materia seca por ha, y por año, en tres (3) cortes sin riego, y con riego complementario, hasta 60 ton de materia seca por ha por año. Es una especie de valor nutritivo excelente, en la fase de floración este pasto puede alcanzar hasta un 15% de proteína y en la fase de prefloración hasta el 18% de proteína, siendo de bajo contenido en fibra.

Se hicieron pruebas de henificación con pasto Brasileiro, obteniéndose buenos resultados con un consumo de 11 a 12 kg. de heno/ vaca/día, con una producción de 15 litros de leche por día. En el siguiente cuadro se resumen sus características bromatológicas:⁷

Tabla 1. Valor nutritivo del pasto Brasileiro en sus distintos estados de desarrollo.

| Especie | Estado de desarrollo | MS % | Proteína % | Fibra % | Grasa% | Carbohidratos % |
|------------|----------------------|------|------------|---------|--------|-----------------|
| Brasileiro | Prefloración | 19 | 18 | 25 | 4 | 63,8 |
| | Floración | 23 | 15 | 26 | 2,6 | 54,7 |
| | Maduración | 30 | 9 | 28 | 2 | 53,7 |

⁶ SOLLA. Pastos de Corte para el trópico, Colombia, [on line], Martes 19 de Agosto de 2008. [citado febrero 6 de 2009]. En: http://www.solla.com/index.php?option=com_content&task=view&id=542&Itemid=3242

⁷ MOLINA, Cesar. *et al.* Avances de la investigación en pastizales en las zonas altas de los Andes. Mérida: FONAIAP divulga. n.7. [on line], noviembre – diciembre. 1982. [citado febrero 6 de 2009]. En: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd07/texto/avances.htm> 2.

Según Arteaga, C. “Cuando fue introducido a Nariño, llenó expectativas de los ganaderos, pero debido a un mal manejo sobre todo en la época de utilización, no ha tenido gran aceptación, en las condiciones de pastoreo. Con sistemas de conservación el Brasileiro es una buena alternativa. Crece bien entre los 2500 y 3200 m.s.n.m”⁸.

4.1.2. Características Agronómicas. Urbano, D. acerca de las características agronómicas señala:

- **Adaptación.** Este pasto crece bien en altitudes que van desde 2600 a 3500 msnm. En estudio realizado por el FONAIAP-Mérida esta especie presentó un excelente comportamiento en zonas de páramo alturas superiores a los 3000 msnm), donde es muy difícil cultivar otras gramíneas. En altitudes inferiores a los 2500 msnm su crecimiento es lento.

Requiere precipitaciones promedio anuales superiores a 1000 m m y en épocas de sequía potencial. Es resistente a las heladas y requiere suelos fértiles, de textura franco a franco-arcillosa, con buena retención de humedad, pero con excelente drenaje.

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

- **Establecimiento.** Su propagación se realiza por vía vegetativa, ya que por ser un híbrido, su semilla es infértil. Existen dos métodos de siembra:

Siembra por tallo. Se recomiendan tallos vigorosos con tres nudos, la distancia de siembra es de 80 cm. a 1 m entre surcos y en forma continua entre plantas.

Otra manera de sembrar es en forma inclinada, dejando dos yemas dentro del suelo y una superficial. Se necesita de 1 a 2 toneladas de tallos para sembrar una hectárea.

Siembra de cepas. Este material tiene que poseer raíces, tallos y hojas y

⁸ ARTEAGA, Op.cit., p.48.

se debe mantener con bastante humedad. La distancia de siembra es de 80 a 100 cm. entre macolla y se debe cubrir con una capa delgada de tierra.

La cantidad de material que se requiere es de 10000 a 15000 cepas por hectárea. La mejor época de siembra es al comienzo del período de lluvias.

- **Valor nutritivo.** Posee una excelente calidad nutritiva. El contenido de proteína varía desde 17,53; 12,20 y 9,86%, los cuales corresponden a los estados de prefloración, floración y maduración, respectivamente.
- **Manejo** El pasto brasilero se puede usar para pastoreo, pero es más recomendable como pasto de corte. El primer corte se debe efectuar a los tres meses después de sembrado. Los cortes o el pastoreo se pueden realizar cada 60 a 90 días. La altura de corte apropiado está entre 10 a 15 cm sobre el nivel del suelo.⁹

Bernal Eusse, discute de la siguiente manera las características de esta gramínea:

Es un pasto de porte alto que macolla abundantemente. Es muy buen productor de semilla, pero esta presenta baja viabilidad. Se multiplica vegetativamente, utilizando cepas a 50 cm en cuadro. Se utiliza básicamente como pasto de corte, aunque en algunos casos se puede pastorear. Muy utilizado en la alimentación de especies menores como cuyes y conejos.

Se adapta muy bien a alturas superiores a los 2800 metros. Muy exigente en humedad y nitrógeno. Responde poco a la fertilización química y muy bien a las aplicaciones de materia orgánica, por esta razón se desarrolla muy bien cerca de los establos y porquerizas, donde recibe las aguas residuales de estas instalaciones. Es altamente tolerante a las heladas y para un buen desarrollo exige temperaturas nocturnas promedias alrededor de 3° C.

Puede producir tres a cuatro cortes por año, pero no se debe dejar madurar demasiado debido a la tendencia que presenta de producir demasiados tallos de baja gustosidad y digestibilidad. El corte se debe hacer a una altura entre 5 y 10 cm, sobre la superficie del suelo.

Se adapta muy bien a las zonas altas de Boyacá, cercanas a los paramos y a la zona sur de Nariño, especialmente los alrededores de Tuquerres, donde constituye un valioso recurso forrajero. No se adapta bien en la Sabana de

⁹ URBANO, Diannelis. Uso del pasto brasilero en las zonas altas merideñas. Mérida. Centro de investigaciones agropecuarias: FONAIAP. [on line]. Julio 1982. [citado febrero 6 de 2009]. En: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/pasto2.htm> 1.

Bogotá y sus alrededores ni en las zonas lecheras de Antioquia y el Eje Cafetero.¹⁰

En cuanto a los factores que inciden en la producción forrajera, Vargas Bonilla se refiere a.

- **Factores climáticos:** O sea los componentes del clima, a saber: altitud expresada en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), temperatura media, vientos, distribución de las lluvias y precipitación anual en mm.
- **Factores edáficos:** De los factores edáficos del suelo, tienen importancia los siguientes: acidez o alcalinidad expresadas como pH, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C), materia orgánica, macro nutrientes (N, P, K, Ca, S, Mg), micro nutrientes u oligoelementos, topografía, capacidad de retención de agua, textura y drenajes.
- **Factores biológicos o bióticos:** Son la macrofauna, la microfauna, las enzimas y el agua presentes en el suelo, las cuales influyen en las reacciones químicas y disponibilidad de nutrientes.

Es necesario entender que todos y cada uno de los factores enumerados varían de una región a otra y aun dentro de la misma región y dentro de una misma finca, lo cual hace que unas especies se adapten mejor que otras, y que la producción de pastos varíe en las épocas de lluvias y sequía.¹¹

4.2. FACTORES CLIMÁTICOS.

4.2.1. Temperatura. Monsalve, S. *et al*/expone que:

Las reacciones bioquímicas que ocurren en las plantas están afectadas, como toda reacción química, por la temperatura ambiental. Se ha demostrado que la temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividad de las enzimas, etc. de los cuales depende la producción de materia seca, y en esta forma la temperatura afecta el crecimiento y metabolismo de los pastos¹².

¹⁰ BERNAL EUSSE, Javier, Pastos y Forrajes tropicales, Producción y Manejo. Cuarta edición. Ángel Agro, Ideagro, Colombia 2003. p.619.

¹¹ VARGAS BONILLA, Ricaurte, Tecnología Agropecuaria: Pastos y Forrajes, Sexta edición. Bogota. Colombia. ICFES 1987. p.71

¹² MONSALVE, Sigifredo. *et al*, Factores ecológicos en la producción de forrajes: Pastos y forrajes. Antioquia. Colombia: Ministerio de Agricultura, ICA. 1979. p. 23.

También, Bernal Eusse,¹³ aclara que la temperatura influye en la absorción de agua y nutrientes, transporte de compuestos, actividad de las enzimas y coagulación de las proteínas.

4.2.2. Humedad. Monsalve, S. *et al.* Detallan que: “El agua es uno de los factores ecológicos de mayor importancia en la producción de plantas. La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo, cuando la disponibilidad es limitada, está relacionada con la profundidad y extensión del sistema radicular”¹⁴.

Para Bernal Eusse, la humedad es muy importante porque:

Las especies varían notablemente en su tolerancia a la sequía. La capacidad de las plantas para obtener agua del suelo, cuando la disponibilidad es limitada, es una característica importante de cada especie; esta capacidad esta relacionada con la profundidad y extensión del sistema radical. Las gramíneas con un sistema radical profuso pero superficial, pueden aprovechar muy bien el agua de los horizontes superiores, pero cuando esta se agota pueden ser seriamente afectadas por una sequía prolongada.¹⁵

4.2.3. Luz. Monsalve, S. *et al.* definen que:

La producción de las plantas es el resultado de los factores ambientales actuando sobre el proceso fotoquímico llamado fotosíntesis. La cantidad de luz interceptada por la superficie foliar determina la eficiencia de utilización de la misma. Debido que a la cantidad de follaje que poseen las plantas forrajeras es muy variable de acuerdo con el grado de corte o pastoreo, el manejo está íntimamente relacionado con la velocidad de crecimiento de las plantas forrajeras¹⁶.

Campos Aranda, D, con respecto a la luz dice que:

Las plantas sintetizan materias orgánicas utilizando la energía de la luz y el carbono del dióxido de carbono, durante el proceso de la fotosíntesis y al mismo tiempo respiran, quemando carbono para cumplir con sus funciones vitales.

¹³ BERNAL, Op.cit., p.23

¹⁴ MONSALVE, Op.cit., p. 23.

¹⁵ BERNAL, Op.cit., p. 24.

¹⁶ MONSALVE, Op.cit., p. 24

La diferencia entre la fotosíntesis y la respiración es en general positiva durante el día y negativa durante la noche, por otra parte la influencia general de la luz en las plantas se conoce desde la antigüedad, cuando se observó que las plantas que crecen a la sombra son altas pero delgadas, se ramifican poco, sus hojas son menos verdes y envejecen y caen rápidamente; el sistema radicular se desarrolla poco, en cambio las plantas que crecen a la luz presentan características opuestas.¹⁷

4.2.4. Precipitaciones. Acerca de las precipitaciones Pirela, M. argumenta que:

El volumen de agua caída por las precipitaciones y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y la calidad de los pastos, debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos de gran complejidad. Tanto el exceso como el déficit de precipitaciones pueden provocar estrés en los cultivos forrajeros. En el caso del primero, generalmente ocurre en los suelos mal drenados durante la estación lluviosa o en las regiones donde las precipitaciones son altas durante todo el año. Su efecto fundamental radica en que causa anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua¹⁸.

En esta parte Campos Aranda hace su aporte y refiere:

Cuando la planta no se puede abastecer de agua necesaria para transpirar los estomas se cierran parcial o totalmente y la transpiración; se reduce, desafortunadamente al cerrarse los estomas también se impide la entrada de dióxido de carbono y en consecuencia se reduce la fotosíntesis. Puede indicarse que la producción vegetal no depende tanto de la luz, la cual en general es abundante, sino del agua que mantiene los estomas abiertos. Por ello, la vegetación frondosa y los más altos rendimientos de los cultivos se obtienen bajo riego.¹⁹

¹⁷ CAMPOS ARANDA, Daniel Francisco. Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos. México. Editorial Trillas, 2005. p. 16, 17.

¹⁸ PIRELA, Manuel. Valor nutritivo de los pastos tropicales: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela. Manual Ganadería Doble Propósito. [on line].2005. [citado febrero 6 de 2009]. En: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf.

¹⁹ CAMPOS ARANDA, Op.cit., p. 18

4.3. FACTORES EDÁFICOS

4.3.1. Factores Físicos del suelo. Son considerados dentro de esta clasificación los siguientes:

4.3.1.1. Textura. Cavazos, T y Rodríguez, O. La consideran como:

Una de las más importantes de las características físicas, pues a través de ella se puede inferir el movimiento de agua en el perfil del suelo, la facilidad de manejo y los nutrientes que la planta ha de utilizar en su desarrollo. La textura expresa la proporción relativa del contenido de arena, limo y arcilla; y con ello se puede obtener un gran número de combinaciones que dan origen a las clases texturales, la determinación de la clase textural, se basa en el tamaño de la partícula, arena de 2 a 0.05 mm de diámetro, limo de 0.05 a 0.002 mm de diámetro y, arcilla menor diámetro que 0.002mm.²⁰.

Figueredo y Urrego plantean que:

Todos los suelos están compuestos por pequeñas partículas, producto de la descomposición de las rocas, según su tamaño, estas partículas se llaman arcillas las más pequeñas, limos los de tamaño intermedio, y arenas las más grandes.

La mezcla de arenas, limos y arcillas en cantidades relativas, se llama textura.

Cuando los tres componentes; arenas, limos y arcillas, están en cantidades relativamente iguales, se dice que el suelo tiene una textura franca.

Cuando las partículas de arena están en mayor proporción se dice que el suelo tiene una textura arenosa.

Cuando el suelo tiene mayor proporción de partículas de arcilla se dice que tiene textura arcillosa o gredosa, son suelos que se encharcan.

Cuando los suelos tienen mayor proporción de partículas de limo se dice que tiene una textura limosa, son suelos suaves al tacto²¹.

²⁰ CAVAZOS, Teresita y RODRIGUEZ, Octavio. Manual de prácticas de física de suelos. México: Trillas. 1992. p. 19.

²¹ FIGUEREDO DE URREGO, Edith y URREGO MEDINA, Carlos Julio. Practicas agroecológicas. Colombia: fondo FEN. 1994. p.34.

Morales Estupiñán, afirma que:

Un suelo arenoso permanece arenoso y uno arcilloso continua siéndolo. Por esta razón, la proporción de las partículas de diversos tamaños en el suelo dado (la textura), adquiere una gran importancia. Esta no puede ser alterada, sino es por el desarrollo del mismo suelo. De esta forma se considera que la textura es una propiedad fundamental del suelo, que determina en grado apreciable, el valor económico de la superficie.

Se puede decir entonces que la textura se refiere al tamaño de las partículas minerales que se encuentran en el suelo.²²

4.3.1.2. Estructura. Con este término Monsalve S *et al.* “Denominan el arreglo de las partículas sólidas de un suelo. Una estructura bien desarrollada, indica generalmente la presencia de arcilla y M.O, las cuales tienen propiedades aglutinantes. Los distintos arreglos estructurales se denominan granular, en placas, en bloques y prismáticos; el más deseable es el tipo granular”²³.

Para la estructura del suelo Morales Estupiñán, le da importancia con el siguiente aporte:

Mientras la textura es indudablemente de gran importancia en la determinación de ciertas características de un suelo, es evidente que el tipo especial de los grupos de partículas que predominan, debe ejercer también considerable influencia. El termino estructura se usa para referirse a tales grupos y describir, sobre el terreno, la agregación aparente o disposición de los sólidos en el suelo.

La estructura influye en un grupo de características del suelo, tales como: el movimiento del agua, transferencia de calor, aireación, densidad aparente, porosidad, etc. Los cambios que se producen en los suelos, debido al laboreo, cultivo, drenaje, encalado, aplicación de materia orgánica y fertilización son más bien estructurales, ya que la textura no es modificada por estas condiciones²⁴.

Así mismo para la estructura de los suelos Figueredo y Urrego determinan que:

Esta propiedad física de los suelos se refiere a la manera como se unen las

²² MORALES ESTUPIÑÁN, Juan Pastor. Compendio de Agronomía. Segundo Año. Segunda Parte. s.n. Ciudad de La Habana, Cuba. 2002. p.40.

²³ MONSALVE, Óp. cit. p. 23.

²⁴ MORALES ESTUPIÑÁN, Op.cit., p. 50

partículas para formar terrones.

Hay varios tipos de estructuras en los suelos:

- **Laminar:** Cuando las partículas están unidas en forma de laminas o lajas.
- **Columnar:** Cuando las partículas se unen en formas de columnas con bordes redondeados.
- **Prismática:** Cuando las columnas que forman las partículas tienen bordes angulosos.
- **Blocosa:** Si las partículas se unen formando bloques de distintos tamaños con bordes redondeados o angulosos.
- **Granular:** Cuando las partículas forman terrones pequeños y redondeados como gránulos.
- **Sin estructura:** Cuando las partículas del suelo no forman terrones, como los suelos arenosos.²⁵

4.3.1.3. Penetrabilidad. Pírela, M. Expone que: “Es la rapidez con la cual se mueve el agua desde la superficie del suelo al interior de éste, y a través de los poros. Depende principalmente de la textura, estructura y espacio poroso; por lo tanto, se puede mejorar con la aplicación de M.O”²⁶.

Figueredo y Urrego proponen que, “Es una de las propiedades físicas que tienen los suelos. Se refiere a la rapidez con que el agua y el aire circulan a través del suelo lógicamente que depende de la cantidad y el tamaño de los poros, la permeabilidad puede ser, muy lenta, lenta, moderada, rápida o muy rápida”²⁷.

Bernal Eusse, aclara que “la resistencia a la penetración de un suelo, medida con un penetrometro, se utiliza como índice de compactación del mismo. Bajo condiciones de uso normal, un suelo tiene buena penetrabilidad cuando su resistencia es menor a 6kg/cm^2 . si existen fuerzas que hacen que el suelo este compactado, su resistencia a la penetración será alta y habrá menos poros de tamaño grande”²⁸

²⁵ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p.37.

²⁶ PIRELA, Op. cit., [on line].

²⁷ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p. 41.

²⁸ BERNAL, Op.cit., p.64.

4.3.1.4. Pendiente. León, R. la formula como:

Tanto por ciento de pendiente al número de metros de caída por cada cien metros de distancia o su proporción. Así, un suelo con 8 por ciento de pendiente, tiene 8 metros de caída en 100 metros de distancia u 8 centímetros en un metro.

La longitud de una pendiente tiene tanta importancia en la conservación de suelos como el porcentaje de declive. En una pendiente corta, el agua que corre por la superficie será poca, limitando así la erosión. Las pendientes largas permiten que el agua se acumule en pequeños surcos que se unen, hasta formar zanjones; en éstos, muchas veces es necesario construir canales de desviación a distancias apropiadas, lo que sirve para reducir la velocidad y volumen del agua y llevarla a sitios o mediante cauces protegidos donde cause menos daño²⁹.

4.3.1.5. Densidad aparente. Cavazos, T y Rodríguez, O, plantean que:

La densidad expresa la masa por unidad de volumen de una sustancia. Cuando se aplica a los suelos se denomina densidad aparente porque se incluye el espacio poroso. Los cambios en la porosidad reflejan valores de densidad aparente variable. La densidad aparente tiene un valor máximo en suelos de textura gruesa porque tienden a la menor porosidad, aun cuando el tamaño de sus poros es grande. Inversamente, el espacio poroso total de un suelo con textura fina tiende a ser mayor y por tanto, su densidad aparente baja³⁰.

Morales Estupiñán define que:

La densidad aparente (d_a), o también como peso volumétrico de la masa o peso de una unidad de volumen de suelo seco. Este volumen incluye, desde luego, tanto los sólidos como los espacios porosos.

También se puede definir como la medida de una masa en la cual se determina el volumen total del suelo.

Por lo anteriormente mencionado los suelos arenosos tendrán mayor densidad aparente que los arcillosos. El resto de las densidades de las

²⁹ LEON, Regulo. Permeabilidad y Pendiente: El Movimiento de Aire y de Agua en el suelo. España. [on line]. 22 de febrero de 2007. [citado febrero 6 de 2009]. En: <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/02/22/59780.aspx>).

³⁰ CAVAZOS y RODRIGUEZ, Op.cit., p. 35.

clases texturales tendrá los valores entre 1,6g/cm³ de las arenas y 1,1 g/cm³ de las arcillas³¹

4.3.1.6. Densidad real. Cavazos, T y Rodríguez, O comentan que:

La densidad real de las partículas es la masa (peso) por unidad de volumen de las partículas sólidas de un suelo. Generalmente se expresa en g/cm³. La densidad de partículas, o densidad real, varía de 2.5 a 2.7 g/cm³. El tamaño y arreglo de las partículas del suelo no afecta la densidad real; sin embargo, en la M.O si tiene influencia debido a que posee menor peso en el mismo volumen de sólidos³².

Morales Estupiñán explica que:

Para calcular la densidad real o también llamada peso específico (Pe), se utiliza la misma fórmula que se utiliza para la densidad aparente, pero solo considerando solo el volumen ocupado por las partículas, por lo que siempre es un valor mayor.

La densidad real de la mayoría de las rocas solidas es aproximadamente de 2,65 g/cm³. Aunque existen muchas variaciones en los suelos estrictamente minerales, por lo general la densidad real está comprendida entre los valores de 2,6 y 2,7 g/cm³. Esto se debe a que gran parte del volumen del suelo está compuesto de cuarzo, feldespato, y arcillas silicatadas, que contienen pesos específicos próximos a los valores indicados.³³

4.3.1.7. Porosidad. Soriano, M y Pons, V lo postulan así: “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”³⁴.

³¹ MORALES ESTUPIÑÁN, Op.cit., p.57.

³² CAVAZOS y RODRIGUEZ, Op.cit., p. 36

³³ MORALES ESTUPIÑÁN, Op.cit., p. 58

³⁴ SORIANO, Maria y PONS MARTI, Vicente. Prácticas de edafología y climatología. México: Alfaomega, Universidad Politécnica de Valencia, 2004. p.38.

Según Bernal Eusse la porosidad se calcula así:

La porosidad total se calcula con base en las densidades real y aparente, usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de porosidad total} = 100 - \frac{\text{Densidad Aparente}}{\text{Densidad Real}} \times 100$$

Una adecuada porosidad del suelo es importante para el almacenamiento de agua, aireación y crecimiento normal de las plantas. El laboreo frecuente tiende a reducir su porosidad.³⁵

Figueredo y Urrego, constatan “que la porosidad de los suelos, consiste en la presencia, de poros o pequeñas cavidades entre las partículas del suelo. Se pueden reconocer tanto por su tamaño como por su cantidad. Los poros son muy importantes ya que por ellos penetran y circulan el agua y el aire, sustancias indispensables para la vida de las plantas y la salud del suelo”³⁶

4.3.1.8. Capacidad de campo. A propósito de la capacidad de campo, Cavazos, T y Rodríguez, O, la establecen como:

La cantidad de agua que un suelo retiene contra la gravedad cuando se deja drenar libremente. En un suelo bien drenado esta condición de humedad se alcanza a los dos o tres días de riego o lluvia intensa, según las características físicas del suelo. En condiciones normales, el gran contenido de humedad que se pierde en el suelo es causado por el consumo de las plantas y la evaporación³⁷.

Bernal Eusse, se refiere a esta propiedad cuando afirma que:

La capacidad del suelo para retener agua, depende principalmente de su textura, estructura, permeabilidad y contenido de materia orgánica. Se considera que el agua del suelo es aprovechable para el crecimiento de las plantas es la que se encuentra en los poros capilares y su contenido varía entre la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente.

³⁵ BERNAL, Op.cit., p.64.

³⁶ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p.41.

³⁷ CAVAZOS y RODRIGUEZ, Op.cit., p. 55.

Capacidad de campo es la cantidad de agua que permanece en un suelo bien drenado 24 horas después de un aguacero fuerte.³⁸

4.3.2. Factores Químicos del suelo. Dentro de este grupo están:

4.3.2.1. pH. Para el pH del suelo Monsalve, S. *et al* concluyen que:

Es una medida de su acidez o alcalinidad, un pH de 7 es neutro; valores más bajos indican acidez y valores más altos alcalinidad. La reacción del pH tiene influencia sobre algunas propiedades del suelo, disponibilidad de nutrientes para las plantas y crecimiento de éstas, entre los principales efectos se pueden mencionar:

- Disponibilidad de P, Ca, Mg, K y Mo, en pH bajos, porque el P es precipitado por el Fe y Al que se encuentran en solución.
- Nitrógeno aprovechable; del 97 al 98% de N es aprovechado por las plantas de la materia orgánica y ésta tiene que ser descompuesta por microorganismos, los cuales a pH bajo se restringen seriamente.
- Efectos tóxicos, el Al y el Mn a pH bajo, y suelos saturados con Na a pH alto³⁹.

Figueredo y Urrego, plantean, “se llama pH (potencial de Hidrogeno), a la medición de la acidez o basicidad de una sustancia. El pH es una de las propiedades químicas más importantes de los suelos, ya que de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas, bien porque influyen en su solubilidad, como por que controlan la actividad microbiológica.”⁴⁰

4.3.2.2. Capacidad de intercambio de cationes. Monsalve *et al*. Especifican que:

Es la cantidad total de cationes (Ca, Mg, K, Na) que un suelo puede absorber por el fenómeno de intercambio. Usualmente se expresa m.e.q. por 100g de suelo seco. A mayor CIC, mayor potencial de fertilidad del suelo, también se involucran la acidez y alcalinidad. La CIC depende principalmente del contenido y naturaleza de la arcilla, contenido de MO y pH⁴¹.

³⁸ BERNAL, Op.cit., p.63.

³⁹ MONSALVE, Op.cit. p. 29.

⁴⁰ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p.86.

⁴¹ MONSALVE, Op. cit., p.28.

4.3.2.3. **Materia orgánica.** El mismo autor describe que:

La M.O del suelo resulta de la acumulación de residuos de plantas y animales; cuando está bien descompuesta, recibe el nombre de “humus”, es una fuente de nutrientes como N, S, P; La M.O tiene efectos sobre algunas propiedades del suelo, tales como estructura, porosidad, retención de agua, retención de cationes intercambiables, microorganismos y fijación de P⁴².

Figueredo y Urrego, detallan que:

Las plantas dejan caer al suelo hojas, ramas, semillas, flores, que junto con los rastrojos, las hierbas, los troncos podridos, las raicillas, las pajas y resto de los animales, como estiércol, plumas, huesos, cadáveres, constituyen una capa de materia orgánica que cubre el suelo conocida con el nombre de mantillo.

El mantillo por acción del sol, del agua, del aire y de algunos hongos y bacterias (desintegradores), empieza a descomponerse o a podrirse y se va incorporando al suelo en forma de humus. El humus resulta entonces de la descomposición de la materia orgánica⁴³.

4.3.2.4. **Macroelementos.** Según Morales Estupiñán:

Estos son llamados también elementos mayores o macronutrientes, y de ellos existen dos grupos:

- Los elementos tomados en grandes cantidades, procedentes del agua y del aire.
- Los elementos tomados en grandes cantidades del suelo.

En los tomados en grandes cantidades procedentes del aire y del agua tenemos: carbono (C), hidrogeno (H), y oxígeno (O), en la atmósfera existen las cantidades suficientes y necesarias para suplir las exigencias nutricionales de las plantas.

En los tomados en grandes cantidades del suelo están, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).⁴⁴

⁴² *Ibíd.*, p.28.

⁴³ FIGUEREDO y URREGO, *Op.cit.* p.45

⁴⁴ MORALES ESTUPIÑÁN, *Op.cit.* p.196.

4.3.2.5. Nitrógeno Total. Se detalla que:

Las formas principales del Nitrógeno en el suelo provienen generalmente de la descomposición de los residuos orgánicos, materiales frescos orgánicos, abonos orgánicos, humus etc. Estas formas, por lo general, son Nitrógeno orgánico y Nitrógeno mineral. El primero constituye la mayor parte del elemento en el suelo y suele superar el 98 %, por tanto, es posible asimilar el Nitrógeno total al Nitrógeno orgánico⁴⁵.

Para Morales Estupiñán, “La cantidad de nitrógeno en la atmósfera es abundante, pero este se encuentra libre y no es utilizado por la mayoría de las plantas superiores, el nitrógeno desempeña una función muy importante en la vida de las plantas y en el suelo”.⁴⁶

Figueredo y Urrego, presentan las siguientes funciones del nitrógeno:

- Ayuda al desarrollo de las plantas
- Da al follaje un color verde.
- Ayuda a que se produzcan buenas cosechas.
- Es el elemento químico principal para la formación de las proteínas.⁴⁷

4.3.2.6. Fósforo. Bernal, J. asegura que: “Hace parte de los aminoácidos en las plantas, es necesario para la división celular, estimula el desarrollo de raíces, es necesario para el crecimiento de los meristemos, desarrollo de frutos y semillas; estimula la floración”⁴⁸.

Figueredo y Urrego definen las siguientes funciones para el fósforo:

- Ayuda al buen crecimiento de las plantas.
- Ayuda a formar raíces fuertes y abundantes
- Indispensable en la formación de semillas
- Contribuye a la maduración de la planta.⁴⁹

⁴⁵ ÁREA DE EDAFOLOGÍA Y QUÍMICA AGRÍCOLA. Facultad de ciencias. Universidad de Extremadura: Determinación de Nitrógeno total. España [on line] abril 2005. [citado: febrero 6 de 2009]. En: <http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL4Pract8Ini.htm>.

⁴⁶ MORALES ESTUPIÑÁN, Óp. cit., p.197.

⁴⁷ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit. p.50

⁴⁸ BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. Bogotá Colombia: Banco ganadero, 1994. p.81.

⁴⁹ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p. 50.

4.3.2.7. Potasio. Bernal Eusse, con respecto a este elemento refiere que:

Es activador de enzimas involucrado en la fotosíntesis, y el metabolismo de proteínas y carbohidratos, participa en la translocación de los carbohidratos, síntesis de proteínas y mantenimiento de su estabilidad, permeabilidad de membranas y control de pH. Mejora la utilización de la luz durante periodos fríos y nublados, por lo tanto aumenta la resistencia de las plantas al frío y otras condiciones adversas⁵⁰.

Figueredo y Urrego determinan las siguientes funciones para el potasio:

- Ayuda a la planta a la formación de tallos fuertes y vigorosos.
- Ayuda a la formación de azúcares, almidones y aceites.
- Protege a la planta de enfermedades.
- Mejora la calidad de las cosechas.⁵¹

4.3.2.8. Magnesio. Bernal, J dice que: “Es un constituyente de la molécula de la clorofila, por lo tanto, esencial para la fotosíntesis. Activador de muchos sistemas enzimáticos involucrados en el metabolismo de los carbohidratos, síntesis de ácidos nucleicos, etc. Promueve la absorción y translocación de P, interviene en el movimiento de azúcares dentro de las plantas”⁵².

Figueredo y Urrego reportan las siguientes funciones para el magnesio:

- Ayuda a la formación de aceites y grasas.
- Es el elemento principal en la formación de la clorofila sin la cual las plantas no pueden formar azúcares.⁵³

4.3.2.9 Calcio. Bernal, afirma que: “Es un Constituyente de la pared celular en forma de pectato de calcio, necesario para la mitosis normal; participa en la estabilidad de las membranas y mantenimiento de la estructura cromosomita, activador de enzimas, actúa como agente detoxificante neutralizando los ácidos orgánicos en las plantas”⁵⁴.

⁵⁰ BERNAL, Op.cit., p. 81.

⁵¹ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p. 50.

⁵² BERNAL, Op.cit., p. 82.

⁵³ FIGUEREDO y URREGO, Op.cit., p. 50

⁵⁴ BERNAL, Op.cit., p. 82.

4.3.2.10. Azufre. Bernal, J. lo conceptualiza como: “Constituyente de los aminoácidos azufrados. Involucrado en las vitaminas biotina, tiamina y coenzima A. Ayuda en la estabilización de la estructura de las proteínas”⁵⁵.

4.3.2.11 Boro. Bernal, J. propone que: “Aumenta la permeabilidad de la membrana y por lo tanto facilita el transporte de carbohidratos, involucrado en la síntesis de lignina, esencial en la división celular y síntesis de proteína, regula la relación potasio – calcio en las plantas”⁵⁶.

Figueredo y Urrego exponen que, “hay otros nutrientes que las plantas necesitan en menor cantidad, por lo cual se llaman nutrientes menores y son, boro, cobalto, hierro, manganeso, molibdeno y zinc, cuando estos están en déficit las hojas muestran parches amarillentos y se deforman, pueden aparecer torcidas o arrugadas o encrespadas en los bordes.”⁵⁷

4.3.2.12. Microelementos: Morales Estupiñán Sustenta que:

Son utilizados por las plantas superiores en pequeñas cantidades y están presentes en ellas también en las mismas proporciones.

Entre los microelementos importantes para las plantas se relacionan los siguientes: hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), Zinc (Zn), molibdeno (Mo), boro (B), cloro (Cl), y cobalto (Co). Las deficiencias de de estos microelementos conocidos también como oligoelementos o elementos menores causa alteraciones de tal naturaleza en las plantas, que a veces llegan a producir la muerte de estas. En ocasiones las deficiencias de alguno de ellos es difícil diagnosticar producto de que la sintomatología de la falta de un microelemento es muy similar a enfermedades de origen microbiano o efectos meteorológicos⁵⁸.

⁵⁵ *Ibíd.*, p. 82 – 83.

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 84.

⁵⁷ FIGUEREDO y URREGO, *Op. cit.*, p.50

⁵⁸ MORALES ESTUPIÑÁN, *Op. cit.*, p.196.

4.4. FACTORES BIOLÓGICOS DEL SUELO.

4.4.1. Microorganismos. Hardy, F. acerca de los microorganismos manifiesta que:

Los microorganismos del suelo, comprenden principalmente algas, diatomeas, hongos, actinomicetos y bacterias (microflora) y protozoos, nematodos y rotíferos (microfauna). Solamente un limitado número de especies pertenecientes a estos grupos participan en la formación del suelo y su fertilidad, aunque el número total de microorganismos en el suelo es excesivamente grande⁵⁹.

Bernal, J. en cambio sostiene que:

Los factores bióticos son aquellos representados por otros seres vivos que conviven con los pastos en el mismo medio. Los agentes bióticos pueden ser favorables o desfavorables para la producción de los pastos. Los principales factores bióticos que influyen en el crecimiento y producción de los pastos son los microorganismos, los animales y otras plantas. Los microorganismos pueden ser benéficos o perjudiciales; son benéficos aquellos que intervienen en las reacciones del suelo que conducen a la liberación de nutrientes contenidos en la M.O, o los que fijan nitrógeno del aire ya sea simbiótica o autotroficamente. Pueden ser perjudiciales si son patógenos, como los virus, bacterias y hongos que causan enfermedades. Algunos animales como las lombrices ayudan a mejorar las condiciones de aireación e infiltración del suelo; los insectos, en muchos casos, ayudan a la polinización y otros ocasionan daños graves⁶⁰

Cortes Lombana, manifiesta:

Hoy se sabe con certeza que en el suelo existen organismos de todos los tamaños: la microfauna, (protozoos, nematodos, rotíferos, etc.), la mesofauna (acaros, collembolas, enchitreidos, nematodos, muchos insectos, etc.), la macrofauna (insectos, arácnidos, lumbricidos, insectívoros, quilópodos, moluscos) y la megafauna (como los reptiles y algunos

⁵⁹ HARDY, Frederick. Suelos tropicales: Pedología tropical con énfasis en América. México: Herrero hermanos, 1970. p. 79.

⁶⁰ BERNAL, Op.cit. 1994. p. 26 – 27.

mamíferos fosoriales)⁶¹.

El mismo autor discute que:

Estos organismos tienen diversas costumbres alimenticias; algunos son saprófagos, es decir se alimentan de tejidos vegetales muertos y de la microflora asociada, otros son fitófagos, porque consumen tejidos vegetales vivos, o necrófagos, cuando se alimentan de animales muertos, coprófagos en el caso de los que se alimentan de excrementos de otros animales. Algunos de ellos viven permanentemente en el suelo (*geobiontes*), y otros pasan solo parte de su vida dentro del mismo (*geofilos*), cada suelo tiene su propio abanico de organismos vivos el cual está determinado por las condiciones edáficas y ecológicas del medio, los factores más determinantes para el desarrollo son la presencia o ausencia de oxígeno, la disponibilidad de alimento, el contenido de humedad y acidez del suelo, por ejemplo en suelos bien drenados, ricos en materia orgánica, con buen contenido de humedad y fertilidad son un medio excelente para la vida en todas sus manifestaciones.⁶²

Morales Estupiñán con respecto a los organismos que se encuentran en el suelo, reporta:

- Bacterias y algas verdes azules, (autótrofas)
Aerobias
Anaerobias (algunas heterótrofas)
- Protistas: euglena, cílios, algas doradas, protozoos, animales flagelados.
- Plantas: raíces de las plantas superiores (autótrofas)
- Hongos: (heterótrofos), Myxomicota, y Eumycota.
- Animales
- Macrofauna:
Viven sobre materias vegetales (Fitófagos)
Pequeños mamíferos: insectos, miriópodos, moluscos, anélidos, arácnidos.
Predadores (Zoófagos): pequeños mamíferos, insectos, miriópodos, arácnidos.
- Microfauna:
Depredadores: (Parasitos o Saprófitos), nematodos.⁶³

⁶¹ CORTES LOMBANA, Abdón. Suelos Colombianos. Una Mirada desde la Academia, Bogotá D. C. Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. 2004. p.20

⁶² Ibíd. p., 20.

⁶³ MORALES ESTUPIÑÁN, Op. cit., p.89.

4.5. PARÁMETROS BROMATOLÓGICOS DEL PASTO.

Pirela, M. En cuanto a los componentes nutritivos de los pastos expone que son:

- **Composición química.** Indica la cantidad de nutrientes orgánicos y minerales presentes (aunque no de su disponibilidad para el animal), así como la existencia de factores o constituyentes que influyen negativamente sobre la calidad.
- **Proteína cruda.** Un contenido bajo de proteínas resulta en una disminución del consumo de forrajes. El nivel crítico de la proteína en forrajes tropicales, por debajo del cual limita el consumo está establecido en 7% (base seca).

Una característica deseable en los forrajes y otros alimentos es la de proveer una fuente adicional de proteína (proteína sobrepasante) para ser digerida y absorbida en el intestino delgado y que complemente de forma satisfactoria el suministro de aminoácidos procedentes de la proteína microbiana.

- **Extracto etéreo.** Compuestos orgánicos insolubles en agua, que pueden ser extraídos de las células y tejidos por solventes como el éter, benceno y cloroformo. En líneas generales, proveen energía y otros nutrientes y su disponibilidad para el animal es alta, aunque incluye proporciones variables de otros compuestos con poca importancia nutricional. Buena parte del material que es analizado típicamente como grasa en los pastos es, de hecho, algo distinto a las grasas verdaderas.
- **Carbohidratos.** Principales componentes de los forrajes y son responsable de las 3/4 partes del peso seco de las plantas. Un importante carbohidrato estructural lo constituye la lignina. Este compuesto complejo, heterogéneo y no digerible por los microorganismos ruminales ni por las enzimas intestinales, se encuentra incrustado en la pared celular de los tejidos vegetales. Su contenido aumenta con la madurez, siendo responsable de la digestión incompleta de la celulosa y la hemicelulosa y el principal factor limitante de la digestibilidad de los forrajes.

Los carbohidratos no estructurales están disponibles casi en 100% para el animal, al ser digeridos fácilmente por los microorganismos del aparato digestivo y enzimas segregadas por el animal.

- **Minerales.** El contenido de minerales en los forrajes es muy variable ya que depende del tipo de planta, del tipo y propiedades del suelo, de la cantidad y distribución de la precipitación y de las prácticas de manejo del sistema suelo-planta-animal.

Con algunas excepciones, los minerales para el crecimiento y producción de los animales son los mismos que los requeridos por las plantas forrajeras. Sin embargo, las concentraciones normales de algunos elementos en las plantas pueden resultar insuficientes para satisfacer los requerimientos de los animales, mientras que en otros casos, ciertos minerales se encuentran en niveles que resultan tóxicos para los animales, pero sin causar ningún daño a las plantas⁶⁴.

4.6. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR.

En cuanto a su concepto se detalla lo siguiente:

El IAF (Índice de área foliar) es la relación que existe entre el área de hoja y el área de suelo por debajo de ellas. Un valor de IAF= 4 indicaría que sobre 1 m² de suelo hay 4 m² de hojas. Es una forma de expresar la densidad de hojas presente en la pastura.

Desde un enfoque teórico, cuando una pastura alcanza los valores de IAF óptimo (equivalente a la máxima capacidad de intercepción de la luz), su velocidad de crecimiento se hace máxima. Si no se produce una defoliación y el crecimiento continúa se alcanza el IAF máximo. Esta sería una situación de equilibrio en la cual la planta alcanza su máxima cantidad de área foliar para ese momento y condiciones. Cuando la cantidad de follaje acumulada es alta, aparece otro factor importante que es el sombreado de la parte basal de la planta. Este sombreado afectará la cantidad de materia seca acumulada y la calidad de la misma. Si persiste este proceso sin ser interrumpido por una defoliación, se torna evidente la muerte del follaje, el cual puede permanecer muerto en la base de la planta como broza y/o puede dar curso su descomposición⁶⁵.

⁶⁴ PIRELA, Óp. cit. [on line].

⁶⁵ Mejor pasto: Índice de área foliar (IAF). Argentina. [on line]. Abril 2007. [citado: febrero 6 de 2009].
En:
<http://www.mejorpasto.com.ar/content/view/227/115/>.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1. LOCALIZACIÓN

El estudio fue realizado en las veredas Santa Rosa, Cualapud y Arvela, Municipio de Guachucal, 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 Tuquerres 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.

Tabla 2. Localización de las zonas de trabajo, y sus principales datos climáticos.

| DATOS | SANTA ROSA | CUALAPUD | ARVELA |
|--------------------------|------------|----------|--------|
| ALTITUD (m.s.n.m.) | 3100 | 3200 | 3150 |
| TEMPERATURA (°C) | 10 | 8 | 10 |
| H, RELATIVA % | 86,28 | 86,28 | 86,28 |
| PRECIPITACION mm/anuales | 923,34 | 923,34 | 923,34 |

Fuente: IDEAM⁶⁶

De acuerdo al sistema de zonas de vida natural de Holdridge, las localidades de trabajo se encuentran:

Bosque seco Montano Bajo (bs-MB): Arvela, se localiza entre 2500 a 3000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas comprendidas entre 12 a 18 grados centígrados y un régimen pluviométrico de 500 a 1000 milímetros en el año.

Bosque Húmedo Montano (bh-M): Santa Rosa y Cualapud, caracterizados por presentar temperaturas de 6 a 12°C y lluvias promedias anuales entre 500 a 1000 milímetros.

Las tres localidades de trabajo se encuentran en el Piso Térmico Frío: Corresponde a alturas promedio de 2000 a 3000 metros sobre el nivel del mar, la

⁶⁶ Henríquez, Maximiliano. Hurtado Gonzalo, *et al.* Bogota. [on line]. Abril 2007. [citado: febrero 6 de 2009]. En: <http://www.ideam.gov.co/infoanual/informe%20anual%20CAP2.pdf>

temperatura oscila entre 10 y 18 grados centígrados.

Por las diversas calidades de suelos que por sus características geomorfológicas, físico - químicas, fisiográficas y ecológicas (IGAC, 2000), se clasifican así:

Clase II: Arvela y Santa Rosa, comprenden 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.

Clase III: Arvela, comprende suelos originados de cenizas volcánicas y en algunos casos de arenas volcánicas. Presentan pendiente inclinadas de poca profundidad efectiva, baja fertilidad, escaso contenido de fósforo y saturación de bases, peligro de heladas, susceptibilidad a erosión.

Clase IV: Cualapud, 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.

Las zonas de trabajo en su mayoría corresponden a suelos Andisoles e Insectisoles.⁶⁷

5.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la realización del trabajo se ubico 9 submuestras, estas en un rango de altitud entre 3050 – 3300 m.s.n.m, donde se encontró pasto brasilero (*Phalaris sp*) en condiciones de no intervención, no se utilizo praderas claramente establecidas sino que se tomo como referencia pequeñas agrupaciones de material vegetativo. Una vez encontrados los lugares se procedió a hacer un corte preliminar con el fin de tomarlo como referencia para determinar el periodo de recuperación del pasto, desde el momento del corte hasta su estado de desarrollo en prefloración, en cada uno de los 9 lugares se tomaron muestras, de suelo, material vegetativo y organismos vivos, para la realización de las respectivas pruebas de laboratorio en la Universidad de Nariño.

⁶⁷ MUNICIPIO DE GUACHUCAL, COLOMBIA En:
<http://www.guachucal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m111--&m=f&s=m>

5.3. ANÁLISIS DE LABORATORIO Y DE CAMPO

Las diferentes muestras, tanto de forraje como de suelos, se procesaron en los laboratorios de nutrición animal y suelos de la Universidad de Nariño Sede Torobajo. Los parámetros químicos y físicos se determinaron siguiendo los procedimientos descritos por el Manual de Métodos químicos para el análisis de suelos (Laboratorios UDENAR), de la siguiente manera:

5.3.1 Climáticos. Temperatura, humedad relativa, luminosidad, precipitación, altitud.

Para la toma de estos datos, una vez ubicadas las zonas de trabajo se procedió a hacer la medición de la altitud con el altímetro, para constatar que estuviese dentro del rango comprendido para el estudio, para la luminosidad se determino la toma de datos con el luxómetro, la primera en un día soleado y la segunda en un día nublado, respectivamente en las tres submuestras de cada vereda, para la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones se tomo como datos de referencia, los recolectados por la estación meteorológica de Sapuyes, ya que en Guachucal específicamente no existe aun dicha estación, por lo tanto el IDEAM proporcione los datos objeto del estudio.

5.3.2. Físicos. Textura, estructura, penetrabilidad, pendiente, densidad aparente, densidad real, porosidad total, capacidad de campo e infiltración.

5.3.2.1. Textura. Se hizo por el método del hidrómetro y tarda 2h, la determinación es relativamente exacta. El principio consiste en la separación de la parte inorgánica del suelo en fracciones de diversos tamaños y la determinación de la proporción de estas fracciones; el procedimiento se aplica a muestras de menos de 2mm de diámetro. De gran importancia en el análisis es el pre tratamiento que se la da a la muestra para dispersar completamente las partículas.

5.3.2.2. Densidad aparente. Su determinación se hizo por el método del terrón parafinado, que consiste en tomar un terrón no disturbado con la humedad de campo, pesarlo y recubrirlo con una película de parafina, sumergirlo por unos instantes en un recipiente que contiene parafina liquida a una temperatura aproximada de 60°C; pesarlo, repetir la pesada pero esta vez con el terrón sumergido dentro del agua; romper el terrón y pasar una capsula tarada para hallarle el porcentaje de humedad (ρ_w) y con esto el peso del suelo (P_{ss}).

5.3.2.3. Densidad real. O densidad de las partículas del suelo, se hizo con el método con agua, que consiste en pesar 100g de suelo secado a la estufa y vaciarlo en la probeta graduada, la cual debe contener 250 ml de agua. El aumento en el volumen del agua de la probeta corresponde al volumen de las partículas que componen el suelo, (volumen de la parte solida del suelo).

5.3.2.4. Porosidad. El porcentaje de volumen de un suelo ocupado por los poros puede calcularse con:

$$\text{Porcentaje de espacio poroso} = 100\% - \frac{\text{porcentaje de espacio solido total}}{\text{Densidad aparente (100)}}$$
$$\text{Porcentaje de espacio poroso} = 100\% - \frac{\text{Densidad de partículas real}}{\text{Densidad aparente (100)}}$$

5.3.2.5. Capacidad de Campo. Consiste en saturar una columna de aproximadamente 25cm, o 200 a 300g de suelo. Esto se efectúa en un cilindro de cristal o cualquier otro material de 25 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Una vez drenada el agua libremente, la columna del suelo se extrae, se divide en tres partes iguales y se determina el contenido de humedad de la parte central por el método gravimétrico, cuyo valor será el de capacidad de campo.⁶⁸

5.3.2.6. Infiltración: La medida de la infiltración se realiza con infiltrometros, que midieron a lo largo del tiempo la velocidad de entrada de una lámina de agua en el suelo. El método estándar es el del doble cilindro o método de Muntz, a partir del cual se pueden construir curvas de infiltración.

Según Porta Casanellas, *et al*:

Existe un valor inicial de infiltración, F0. Normalmente este valor va disminuyendo a lo largo del tiempo, hasta llegar a un valor estabilizado, denominado velocidad de infiltración, y que idealmente es característica para cada tipo de suelo. Así suelos de texturas gruesas tienen velocidades de infiltración mayores, que suelos de texturas arcillosas o pesadas.

Hay otras causas por las que la infiltración va, disminuyendo como es el proceso de sellado. Consiste en la destrucción de la estructura de la superficie, ya sea por el impacto de las gotas de lluvia que desestructuran los agregados, como por disrupción de los agregados por humedecimiento y colapso. El resultado es la colmatación de poros superficiales, que tapan las vías de entrada de agua. Los sellos, aunque de espesor milimétrico, son muy eficientes en reducir la velocidad de infiltración del suelo. Cuando se producen costras superficiales cuya dureza dificulta la emergencia de plántulas.

Otro factor que reduce la velocidad de infiltración son las capas compactadas o la presencia de hielo.

⁶⁸ RODRIGUEZ FUENTES, Humberto y RODRIGUEZ ABSI, José. Métodos de análisis de suelos y plantas, Criterios de interpretación. México: Trillas: UANL. 2002. p. 116, 118, 121, 127, 133,

Bajas capacidades de infiltración causan mayor tendencia a formar escorrentía a partir de una lluvia. Lluvias con intensidades que excedan la capacidad de infiltración del suelo, formaran exceso de agua en la superficie que se encharcara en caso de terrenos llanos, o formara escorrentía superficial ladera abajo, aumentando el riesgo de erosión.⁶⁹

5.3.3. Químicos. pH, CIC, Materia orgánica, Nitrógeno total, Fósforo disponible, Potasio de cambio, Mg, Ca, S y B.

5.3.3.1. pH. Se determina en una solución de suelo:agua de 1:1, midiendo 20 ml de suelo y agregando 20 ml de agua destilada, agitando fuertemente durante 30 min. Se deja en reposo por 30 min y se revisa la lectura del potenciómetro con electrodo, previamente calibrado con una solución amortiguadora de pH 7.0, comprobando el ajuste con la solución amortiguadora de pH 4.0. El electrodo debe penetrar en la masa del suelo, para hacer la lectura.

5.3.3.2. Materia orgánica y Carbono orgánico. Se hizo por el método de Walkley-Black, que consiste en la combustión húmeda de la materia orgánica con una mezcla de dicromato de potasio y ácido sulfúrico. Después de la reacción, el dicromato residual se titula con una solución de sulfato ferroso.

5.3.3.3. Capacidad de Intercambio de Cationes (CIC). Se realiza por medio del método del acetato de amonio 1N a pH 7.0. Se realiza mediante un proceso de dos etapas:

- a.) El complejo coloidal del suelo se satura con un catión seleccionado (comúnmente amonio); en este proceso se eliminan todos los cationes intercambiables originalmente asociados con el complejo coloidal.
- b.) El catión saturante es desplazado cuantitativamente por otro catión seleccionado (catión reemplazante), y la cantidad desplazada se mide y expresa en términos de $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo seco.

5.3.3.4. Determinación de Ca y Mg: Se hizo con el uso de una solución extractora de acetato de amonio a pH 7. Este método utiliza una solución salina neutra para reemplazar los cationes presentes en el complejo intercambiable del suelo; por tanto, las concentraciones de cationes determinados por este método se refieren como, “intercambiables” y se expresan en $\text{meq } 100\text{g}^{-1}$ de suelo.

⁶⁹ PORTA CASANELLAS, Jaime, LOPEZ, Marta y POCH, Rosa. Introducción a la edafología, Uso y protección del Suelo. Departamento de medio ambiente y ciencias del suelo. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 2008. P.301.

5.3.3.5. Determinación de fósforo, potasio, manganeso, cobre, zinc, hierro (método de Olsen modificado). Un gran número de soluciones extractoras se utilizan para analizar los suelos y evaluar su fertilidad. La solución diluida de ácidos fuertes se usa ampliamente para suelos con un pH menor que 6.5 y la de bicarbonato de sodio. Con el extracto de Melich, se puede determinar fósforo, potasio, magnesio, calcio, manganeso y zinc. La solución extractora de Olsen generalmente ha servido para indicar el estado de disponibilidad de fósforo y potasio en el suelo.

La modificación consiste en agregar un floculante y ácido etilendiaminotetracético (EDTA), lo que permite determinar no solo fósforo y potasio, sino que también manganeso, cobre, zinc, hierro.

5.3.3.6. Determinación de azufre. 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.⁷⁰

5.3.4. Biológicos. La caracterización biológica se hizo siguiendo la metodología propuesta en lo referente a meso y macrofauna de los suelos, con el fin de determinar las características de los individuos, especificando en cada zona, y en ella las tres muestras correspondientes, en cuanto a la identificación de cada especie se tomo la familia y el orden de acuerdo a su clasificación taxonómica; la metodología de trabajo fue la siguiente.

5.3.4.1. Trabajo de campo. Esta fase de trabajo comprende las siguientes etapas:

- Identificación de las tres zonas de trabajo, y las respectivas submuestras como resultado del reconocimiento previo y realización de la medición de las demás propiedades objeto de este estudio:
- Determinación y ubicación de las unidades experimentales, para la toma de muestra, del material bioedafico, mediante la aplicación del método de muestreo de campo realizando un bloque de 25 cm x 25cm x 30 cm en el suelo.
- Estratificación del muestreo de acuerdo a los horizontes habitados por los organismos del suelo. Extracción de los macroorganismos.
- Preservación, control, registro, empaque y transporte al laboratorio.

⁷⁰ RODRIGUEZ y RODRIGUEZ ABSI, Op.cit. p., 38

5.3.4.2. Trabajo de laboratorio. En el laboratorio se procesaron las muestras colectadas así:

- Censo y conteo. El conteo muestral se determina a través del conteo de individuos de cada una de las especies caracterizadas, el censo es la sumatoria de los conteos muestrales de las especies.
- Caracterización, taxonómica con la ayuda claves específicas para diferentes grupos de animales, familia y orden.

5.3.4.3. Procesamiento de datos. El análisis de los datos bioedafológicos, permite establecer, un balance de los componentes de la comunidad a través de variables que cuantifican los atributos o características de los individuos estudiados.⁷¹

5.3.5. Bromatológicos. La valoración nutricional se realizó mediante análisis proximal o de Weende para materia seca, Nitrógeno total por Kjeldahl, proteína verdadera, FDN, FDA, Hemicelulosa, celulosa y lignina por Van Soest, minerales: Ca, P, Mg y S.

5.3.5.1. Determinación de la humedad. La determinación del contenido de humedad puede hacerse por métodos directos e indirectos. Los primeros involucran la extracción del agua mediante reacción con un compuesto químico, mientras que los segundos se basan en las diferencias de peso que se producen como resultado de exponer el material a un proceso de deshidratación.

5.3.5.2. Determinación de la MS con estufa. Entre los métodos de determinación indirecta de la MS se encuentra la deshidratación con estufa de aire forzado. Involucran la deshidratación del material (2g) a temperaturas que varían de 70°C a 100°C, hasta alcanzar un peso constante, similar a lo anterior se han sugerido temperaturas de 100 a 110°C, 135 y 103°C durante 18,2 y 4 h, respectivamente. La determinación de MS por exposición al calor es un método ampliamente utilizado.

Cualquier material secado a 100°C, no es apto para análisis posteriores (excepto cenizas).

5.3.5.3. Determinación de cenizas. La determinación de cenizas tiene como objetivos el determinar el contenido de materia orgánica y el preparar la muestra para la extracción de minerales y otros compuestos inorgánicos. El método recomendado es paralelo al de determinación de MS, con la excepción que se utilizan temperaturas altas.

⁷¹ SUELOS DE COLOMBIA, INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI Origen, Evolución, Clasificación, Distribución y Uso. Subdirección de Agrología. Bogotá D. C: s.n. 1995. p. 443 – 444.

Se pesan 3 g en un recipiente previamente tarado y que soporte altas temperaturas.

Se coloca el recipiente dentro de la mufla.

Se incinera por un mínimo de 8 horas a 550°C (de noche), se deja enfriar a 250 °C. Se hace el pesaje.

5.3.5.4. Determinación del Nitrógeno. El nivel de proteína cruda total en los alimentos se obtiene multiplicando el contenido total de N en el alimento por 6.25. Para la determinación del N total el método Kjeldahl ha mostrado ser el más adecuado.

5.3.5.5. Determinación de la proteína cruda, Método Kjeldahl. Consiste en el tratamiento de una muestra de peso conocido con ácido sulfúrico concentrado en ebullición, al cual se le ha agregado K_2SO_4 , para subir el punto de ebullición de la mezcla en digestión. La adición de un catalizador (cobre, mercurio selenio) se hace para facilitar la oxidación de la muestra.

5.3.5.6. Determinación de fibra. Se desarrolló la determinación de fibra cruda en la estación experimental de Weende en Alemania, basada en la extracción secuencial del material con soluciones ácidas y alcalinas. Todos los análisis modernos de fibra tienen como objetivo reemplazar la fibra cruda del Análisis proximal (Weende)

5.3.5.7. Análisis de fibra con detergentes. El método se basa en la capacidad de los detergentes para solubilizar proteínas y evitar así su interferencia en el aislamiento de la fibra. El análisis se realiza mediante dos extracciones; la primera, con detergente neutro, determina la fibra insoluble o total (FDN); mientras que la segunda con detergente ácido, aísla la lignina, la hemicelulosa insoluble y otros componentes indigeribles (FDA), mediante la solubilización de la hemicelulosa y la proteína de la pared celular.

5.3.5.8. Determinación de minerales. Existen numerosos procedimientos para analizar minerales. El método de espectrofotometría de absorción atómica es el más utilizado en la mayoría de los macros y trazas y el procedimiento colorimétrico para análisis de P. adicionalmente se pueden utilizar métodos basados en el uso de la absorción atómica sin llama (horno de grafito), particularmente en la determinación de Co y Mo.⁷²

⁷² RUIZ, Manuel E y RUIZ, Arnoldo. Nutrición de rumiantes: Guía metodológica de investigación. San José de Costa Rica: ICCA RISBAL, 1990. p.344.

5.4 MATERIALES Y EQUIPOS

En el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta los factores ambientales a evaluar, se utilizaron los siguientes equipos:

- Termómetro
- Luxómetro
- Higrómetro
- Picnómetro
- Penetrómetro
- Altimetro
- Palas
- Saca bocado
- Bolsas plásticas para la muestra del suelo
- Bolsas para la muestra del pasto
- Picas
- Cuadrante 1 m²
- Baldes
- Machete
- Metro

5.4.1. Luxómetro. Este aparato es un preciso medidor de nivel de iluminación. Su rango de medición es muy amplio: De 0 a 400.000 lux., por lo que se ajusta a una gran variedad de usos. Monitoriza de forma muy clara y didáctica los cambios de iluminación y ofrece datos en luxes.⁷³

5.4.2. Higrómetro. Es un instrumento que se usa para medir el grado de humedad del aire, del suelo, de las plantas o un gas determinado, por medio de sensores que perciben e indican su variación.⁷⁴

5.4.3 Picnómetro. Aparato que se utiliza para determinar las densidades de distintas sustancias. También se conoce como frasco de densidades. Consiste en un pequeño frasco de vidrio de cuello estrecho, cerrado con un tapón esmerilado, hueco y que termina por su parte superior en un tubo capilar con graduaciones. La masa del líquido se determina por diferencia entre la masa del picnómetro lleno y

⁷³ CENTRO DE RECURSOS AMBIENTALES DE NAVARRA, [on line]. Enero 2008. [citado: Febrero: 6 de 2009]. En: http://www.crana.org/archivos/quienes_somos/pool/01_01_2005/2-LUX%C3%93METRO.pdf

⁷⁴ ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA, Higrómetro, España, [on line]. Mayo 2008. [citado: Febrero: 6 de 2009]. En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Higr%C3%B3metro>

vacío, y la densidad del líquido será el cociente entre su masa y el volumen que ocupa.⁷⁵

5.4.4. Penetrografo. Los penetrografos dinámicos o pruebas o ensayos de penetración dinámica son un tipo de ensayos de penetración, empleados en la determinación de las características geotécnicas de un terreno, como parte de las técnicas de reconocimiento de un reconocimiento geotécnico.

Consisten en la introducción en el terreno de un elemento de penetración, generalmente de forma cónica, unido solidariamente a un varillaje. La hincada se realiza por golpeo de una masa con un peso definido, sobre una *sufridera* o cabezal colocado en la parte superior del varillaje.

Dicha masa se eleva a una altura fijada, y se deja caer libremente. El resultado del ensayo es el número de golpes necesario para que el penetrógrafo se introduzca a una determinada profundidad.⁷⁶

5.4.5 Altimetro. Es un instrumento de medición que indica la diferencia de altitud entre el punto donde se encuentra localizado y un punto de referencia; habitualmente se utiliza para conocer la altura sobre el nivel del mar de un punto.⁷⁷

⁷⁵ ENCICLOPEDIA MICROSOFT ENCARTA. Picnómetro, [on line]. 2008 [citado: Febrero: 6 de 2009].
<http://es.encarta.msn.com> 1997-2008 Microsoft Corporation.

⁷⁶ ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA, Penetrómetro. España, Enero 2008. [citado: Febrero: 6 de 2009].
En:
http://es.wikipedia.org/wiki/Penetr%C3%B3metro_din%C3%A1mico

⁷⁷ ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA. Altimetro. España, [on line]. Junio 2008. [citado: Febrero 6 de 2009.]. En:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Alt%C3%ADmetro>

5.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para efectos de determinar cuáles son las variables que mayormente condicionan la productividad de biomasa, sobre todo para las características cuantitativas; se planteo en primera instancia un análisis multivariado de componentes principales.

Clavijo argumenta que:

Podría decirse que el objetivo principal que persigue el ACP es la representación de las medidas numéricas de varias variables en un espacio de pocas dimensiones donde nuestros sentidos puedan percibir relaciones que de otra manera permanecerían ocultas en dimensiones superiores. Dicha representación debe ser tal que al desechar dimensiones superiores (generalmente de la tercera o cuarta en adelante) la pérdida de información sea mínima⁷⁸.

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

Posteriormente, se construyeron clústeres o grupos; en los grupos que presenten los mayores valores de biomasa, se observó cuáles variables se encuentran incluidas como aportantes y con ellas se efectuó el análisis que permitió explicar de manera satisfactoria la respuesta.

Para la obtención de los resultados de las variables cualitativas, utilizamos la técnica factorial del Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM), cuya finalidad es poner de manifiesto gráficamente las relaciones de dependencia existentes, entre las diversas modalidades de dos o más variables categóricas, a partir de la información proporcionada por sus tablas de frecuencias cruzadas.⁷⁹

Este procedimiento se hizo mediante la utilización del software SASS para el análisis de componentes principales (ACP) y el SPSS 15 para el análisis de correspondencias múltiples (ACM).

⁷⁸ CLAVIJO MÉNDEZ, Jairo Alfonso. Profesor de Estadística. Universidad del Tolima, Monografias.com, [on line]. [citado: Febrero 23 de 2009.]. En: <http://www.monografias.com/trabajos15/analisis-acp/analisis-acp.shtml>.

⁷⁹ EQUIPO DE EXPECTATIVAS ECONÓMICAS, Sessions and Papers - CIRET Conferences, 29th CIRET Conference 2008. Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) Para la EOE. Santiago, Chile. [on line]. [citado: Febrero 23 de 2009.]. En: <https://www.ciret.org/conferences/santiago2008/papers/abstract?paperid=29148>.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. CONDICIONES PRODUCTIVAS Y VALOR NUTRITIVO DEL PASTO BRASILEIRO

Las variables evaluadas, fueron el periodo de recuperación, y la producción de biomasa del forraje. La similitud se logro por lo que no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de las tres veredas.

6.1.1. Periodo de recuperación. Se obtuvieron los siguientes datos para, Santa Rosa, Cualapud, y Arvela, teniendo un promedio de 56 días, 60 días y 54,67 días respectivamente. (Tabla 3), Al analizar detenidamente estos datos se observa que el periodo de recuperación mejor se encuentra en la vereda de Arvela.

El coeficiente de variación entre zonas fue bajo, menor de 20% lo cual se traduce en que las diferencias no son altamente significativas, por lo tanto efectivamente se dio las condiciones homogéneas por cuanto se catalogo el pasto de manera subjetiva. (Anexo B).

6.1.2. Producción de Biomasa. En cuanto a la producción de biomasa se obtuvieron los siguientes valores, 9.02 ton MS /ha/corte 9,65 ton MS /ha/corte y 12,46 ton MS /ha/corte, respectivamente. (Tabla 3).

Correspondiendo Arvela la zona de mayor cantidad de producción de biomasa, hablando en términos de forraje verde se puede decir que en Santa Rosa se produjeron alrededor de 59 ton/ha de forraje verde por corte, en Cualapud alrededor de 53 ton/ha forraje verde por corte y en Arvela de 63 ton/ha de forraje verde por corte. Ya incluido el parámetro de materia seca Arvela sigue siendo la zona que mayor cantidad produjo, con 12,46 ton/ha MS por corte, luego Cualapud con 9.65 ton/ha MS por corte y por ultimo Santa Rosa con 9.02 ton/ha MS por corte. Se aclara que todos los datos obtenidos se dieron en condiciones de no intervención, es decir sin ninguna labor cultural y de manejo.

Hablando de producción de forraje verde los promedios obtenidos superan los reportados por la empresa SOLLA⁸⁰, la cual reporta producciones desde 25 a 50 ton/ha de forraje fresco y su punto verde óptimo PVO (PVO = edad en la que debe ser cosechado el pasto) se presenta entre el día 45 y 60. Por lo tanto el periodo de recuperación está dentro del rango.

⁸⁰ SOLLA, Óp. cit. [on line].

Si el pasto se utilizara para corte Urbano D⁸¹, menciona un periodo de cortes cada 60 – 90 días. Haciendo un promedio 75 días, para concluir aproximadamente 5 cortes/año. Se tiene que el pasto Brasileiro produjo 45 ton/ha MS por año para Santa Rosa, 48 ton/ha MS por año para Cualapud y 62 ton/ha MS por año para Arvela, rangos que según Molina C, *et al*⁸² en su estudio encontraron que el *Phalaris sp.* Produjo 45 ton/ha MS por año sin riego y 60 ton/ha MS por año bajo condiciones de riego, dichos valores se encuentran acordes con las zonas de trabajo, pero con una ventaja, ya que el estudio se realizo en condiciones de no intervención se podría potencializar aun mas las condiciones productivas diseñando un plan de manejo adecuado.

Tabla 3. Datos de las condiciones productivas del pasto brasileiro

| | CARACTERISTICAS PRODUCTIVAS | | | | | | PROMEDIOS | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|-----------|--------------|--------------|
| | PR.1 | PCC Biomasa | PR.2 | PCC Biomasa | PR.3 | PCC Biomasa | PR. | PCC Biomasa | |
| LUGARES | (Días) | Kg/m ² | (Días) | Kg/m ² | (Días) | Kg/m ² | (Días) | ton/ha/corte | |
| SANTA ROSA | 1 | 52 | 6,2 | 55 | 6,4 | 58 | 6,6 | 55 | 8,91 |
| | 2 | 57 | 5,8 | 58 | 5,8 | 56 | 5,2 | 57 | 9,20 |
| | 3 | 54 | 6 | 56 | 5,8 | 58 | 5,9 | 56 | 8,95 |
| MS% 15,17 | | | | | | | | 56 | 9,02 |
| CUALAPUD | 1 | 62 | 5,6 | 65 | 5,2 | 60 | 5,4 | 62 | 11,46 |
| | 2 | 56 | 5,3 | 57 | 5,7 | 62 | 5,4 | 58 | 7,67 |
| | 3 | 62 | 4,9 | 59 | 5,4 | 59 | 5,5 | 60 | 9,82 |
| MS% 18,29 | | | | | | | | 60 | 9,65 |
| ARVELA | 1 | 54 | 6,2 | 56 | 6,5 | 58 | 6,8 | 56 | 14,12 |
| | 2 | 55 | 6,2 | 56 | 6,2 | 49 | 6,4 | 53 | 9,82 |
| | 3 | 53 | 6 | 54 | 6,1 | 58 | 6,2 | 55 | 13,45 |
| MS% 19,79 | | | | | | | | 54,67 | 12,46 |

6.1.3. Relación periodo de recuperación y producción de biomasa. También se encontró que existe una correlación fuerte entre el periodo de recuperación y la calidad nutritiva del pasto, la cual fue inversamente proporcional lo que quiere decir que cuando el periodo de recuperación se extiende la disponibilidad de nutrientes decrece, esto se explica dentro del campo de la fisiología porque a medida que el forraje aumenta en edad, se aumenta la materia seca y la concentración de los nutrientes disminuye.

⁸¹ URBANO, Óp. cit. [on line].

⁸² MOLINA, Óp. cit. [on line].

En la figura 1 y 2 se muestran los promedios de las tres zonas para el periodo de recuperación y la producción de biomasa respectivamente.

Figura 1. Promedio periodo de recuperación en días del pasto en las 3 zonas.

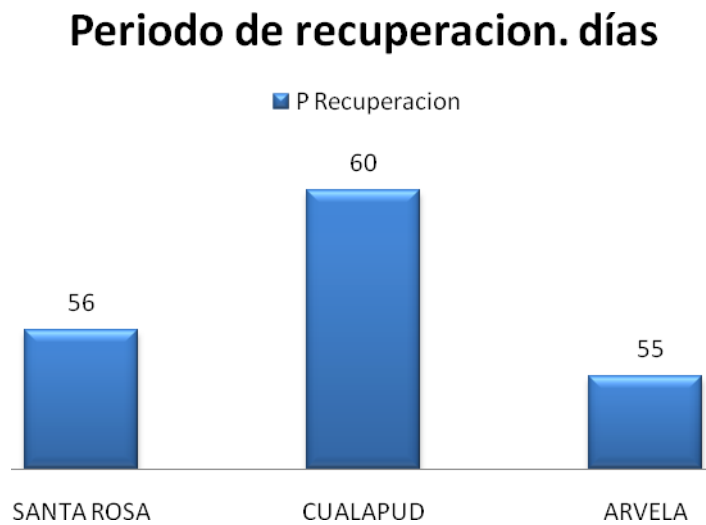
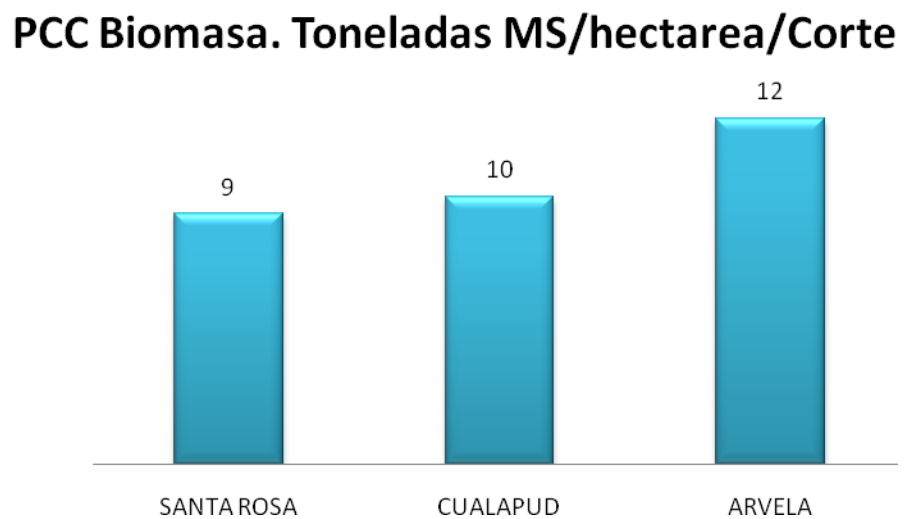


Figura 2. Promedio producción de biomasa ton/ha en las 3 zonas.



6.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS DE TRABAJO.

6.2.1. Temperatura. En cuanto a las condiciones climáticas se puede afirmar que entre la temperatura de los tres lugares no existieron diferencias altamente significativas se tiene una diferencia de 2 °C, entre las tres zonas de trabajo (Tabla 4), efectivamente esto se vio enmarcada en el coeficiente de variación que dice que las condiciones de temperatura son muy similares (Anexo C).

La temperatura se relaciona directamente con la altitud es decir que entre más altura, menor es la temperatura, por tanto, influye en procesos tales como la humidificación es decir la transformación de materia orgánica a humus, de ahí que a mayor temperatura mejor es la descomposición, interrelacionada esta la altitud cuanto más alto esté los procesos de descomposición se retrasan, lo mismo ocurre desde el punto de vista fisiológico las células necesitan más demanda de nutrientes, por cuanto si se observa en Cualapud que es la zona más alta, el periodo de recuperación se extendió, concluyendo que en los lugares altos los procesos de fotosíntesis y respiración se hacen en una tasa más lenta.

Según Rivera Barrero⁸³, las zonas muy frías o de paramo deberían ser reserva ecológica ya que allí el desarrollo vegetal es más lento, especialmente los pastos, en alturas superiores a 3.000 m.s.n.m. Además, los animales sufren problemas de adaptación a las alturas, tienen poca disponibilidad de alimento y gastan gran cantidad de energía.

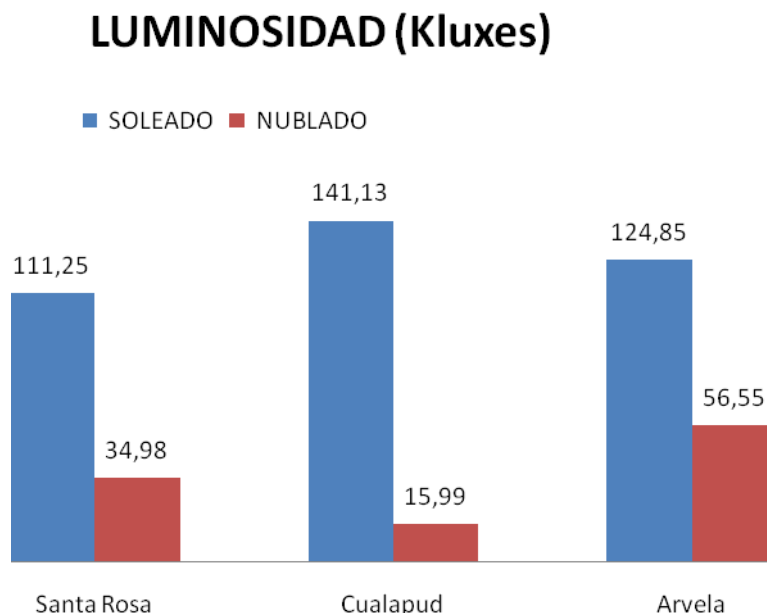
6.2.2. Brillo solar. En cuanto al brillo solar, se obtuvieron diferencias muy significativas, Santa Rosa con 111,3 Kluxes, Cualapud con 141,1 Kluxes y Arvela con 124,9 Kluxes, datos tomados en día soleado en cuanto los datos de los días nublados se tuvieron también diferencias muy significativas (figura 3). Si se hace un análisis detallado se puede decir que en Cualapud, que es la zona de mayor altitud los rayos del sol tienden a tener mayor intensidad por cuanto la luminosidad es mayor, en cambio en Santa Rosa que es el lugar más bajo la luz tiene una menor intensidad. Pero a mayor altitud el brillo solar dura menos, por tanto se ve directamente relacionado con la disminución en la temperatura.

⁸³ RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Producción de Bovinos, Carne y Doble Propósito. San Juan de Pasto, Colombia: s.n. 1999. p. 40.

Tabla 4. Datos recolectados de las Condiciones Climáticas de las zonas de trabajo.

| DATOS | ZONAS DE TRABAJO | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------------|-------|-------|--------------|----------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|
| | SANTA ROSA | | | | CUALAPUD | | | | ARVELA | | | |
| | 1 | 2 | 3 | P | 1 | 2 | 3 | P | 1 | 2 | 3 | P |
| ALTITUD (msnm) | 3100 | 3100 | 3100 | 3100 | 3200 | 3200 | 3200 | 3200 | 3150 | 3150 | 3150 | 3150 |
| LUMINOSIDAD SOLEADO (klux) | 114,9 | 113,6 | 105,3 | 111,3 | 139,4 | 140,7 | 143,4 | 141,1 | 125 | 119,5 | 130,1 | 124,9 |
| LUMINOSIDAD NUBLADO (klux) | 38,25 | 32,71 | 34 | 34,99 | 14,62 | 17,24 | 16,11 | 15,99 | 61,45 | 56,85 | 51,35 | 56,55 |
| TEMPERATURA (°C) | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| H, RELATIVA % | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 | 86,28 |
| PRECIPITACION mm/anuales | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 | 923,3 |

Figura 3. Promedio Luminosidad en Kluxes en las 3 zonas.



Relacionando la luminosidad con la producción de biomasa se llega a la conclusión de que la mayor biomasa presentada se encuentra en Arvela, lugar que tiene la luminosidad en un grado intermedio, la segunda producción de biomasa se encontró en Cualapud lugar que en día soleado tiene la mejor luminosidad, pero en día nublado es la menor luminosidad, en último lugar se encuentra Santa Rosa con la menor luminosidad en día soleado. Al realizar el promedio entre el día nublado y soleado, efectivamente la mejor luminosidad la presenta Arvela coincidiendo con la mejor producción lo que quiere decir que el pasto Brasileiro por ser una planta C4, aprovecha al máximo la luminosidad y no se satura con altos niveles.

Mancilla, L y Valbuena, N.⁸⁴ dicen que en las regiones altas las horas luz y la radiación durante el día es baja, traduciéndose en baja tasa de fotosíntesis. Todos estos factores analizados hacen que las plantas forrajeras en los climas fríos sea lenta; por lo que, los periodos de recuperación de las pasturas o rebrote entre pastoreos son largos, de lo contrario la planta forrajera suele tener altos niveles de proteína cruda y bajos niveles de materia seca (energía) o bajos niveles de fibra cruda.

⁸⁴ MANCILLA, Luis E y VALBUENA, Nora Josefina, Pastos y Forrajes. La agricultura forrajera sustentable con el manejo de los bovinos a pastoreo. Programa de Ingeniería en Producción Animal, Guanare, Venezuela: UNELLEZ. 2002. p. 2.

6.2.3. Precipitaciones y humedad relativa. Los datos de precipitaciones y de humedad relativa tienden o son similares, ya que como se dijo no se cuenta con un estación meteorológica en el Municipio de Guachucal, por cuanto los coeficientes de variación, para estos parámetros son iguales a cero, los datos suministrados por el IDEAM. Reportan 923, 3 mm anuales y una humedad relativa del 86%, Según datos del IGAC⁸⁵, incluyen a Santa Rosa y Cualapud dentro de la zona de vida de Bosque Húmedo Montano (bh-M): y parte de la zona de Arvela como Bosque seco Montano Bajo (bs-MB): Clasificación hecha según la diferencia de temperaturas y de precipitaciones, diciendo que en el primero hay menores temperaturas que en el segundo respectivamente.

Las condiciones de humedad relativa tienen que ver con los procesos fisiológicos de transpiración, por lo tanto si la humedad relativa es muy alta, las plantas se sofocaran y la tasa de evapotranspiración desciende, puesto que los estomas se cierran por saturación, lo ideal es tener un rango optimo de humedad para que los estomas se abran con el fin de que la planta capture CO₂, para hacer más eficiente su desarrollo.

La humedad tiene una relación estrecha con las características de suelo, por ejemplo con la capacidad de campo, que es la propiedad mediante la cual el suelo conserva agua después de un periodo de lluvia, si no hay buena capacidad de campo no se retiene agua, por otro lado está la infiltración que hace que desde el subsuelo se lleve agua hasta las raíces para que la planta junto con ella absorba los minerales del suelo, pero así mismo como es beneficiosa la relación puede ser perjudicial, ya que las gotas de agua desestabilizan los agregados de la estructura del suelo por tanto, se produce una erosión hídrica, que se acentúa cuando la propiedad como lo es el drenaje del suelo sea mala, se produce encharcamientos.

6.3. CONDICIONES EDÁFICAS DEL SUELO

6.3.1. Variables Físicas. A continuación se citan las siguientes:

6.3.1.1. Estructura. Se pudo observar, que las partículas más representativas fueron las de arena, agregados que son las más gruesos, con un diámetro entre 0,5 y 2 mm de diámetro, lo que hace que estos formen una estructura la cual está relacionada íntimamente con la buena porosidad y por lo tanto con la infiltración, la capacidad de campo, como también con la facilidad que tienen las plantas para penetrar sus raíces en el suelo y tomar los nutrientes desde las partes más profundas, el agrupamiento de las partículas en general se considera como optimo puesto que en los lugares donde se encontró el pasto Brasileiro no se observo evidencias de encharcamiento, lo que hace concluir que la raíces estaban ligadas

⁸⁵ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODDAZZI, Óp.cit. [on line].

al suelo de una manera muy profunda por cuanto se hizo difícil sacar una planta de esta gramínea.

Salamanca, R⁸⁶ . Afirma que la estructura tiene un efecto pronunciado sobre ciertas propiedades físicas del suelo tales como la erodabilidad, la porosidad, la permeabilidad, la infiltración y la capacidad de retención de agua.

La estructura suele ser afectada por el manejo que se les dé a los animales por ejemplo la presión de pastoreo muy intensa hace que se produzca daños de compactación por pisoteo. Según Amezcuita, E. *et al*,⁸⁷ asegura que las características físicas del suelo se ven afectadas por las acciones y manejo de suelos , son aquellas relacionadas con los cambios en la estructura, los cuales por un lado afectan, la capacidad de suelo para aceptar, transmitir, retener y ceder agua a los cultivos.

6.3.1.2. Textura. Como ya se menciona, la mayor parte de las partículas corresponde a arena y son de mayor tamaño, en cuanto a la distribución de las partículas se obtuvo que en Santa Rosa, los suelos en las tres muestras son Franco Arenosos, mostrando un porcentaje de 58. 8% de arena, un 7,6 % de arcillas y un 33,3 % de limos, En la zona de Cualapud se obtuvo los siguientes datos promedio por las tres muestras, también correspondiendo a suelos Franco Arenosos, 68,2% de arena, 28,4% de limos y 3, 4 % de arcillas. La zona de Arvela fue la única donde se encontró una muestra con un suelo Arenoso Franco y dos muestras de Franco Arenosos la distribución de partículas fue la siguiente 69,4% de arena, 26% de limos y 4.6% de arcillas. Se puede concluir que hay mucha diferencia en cuanto a la distribución de las partículas en las tres veredas, lo que significa que hay diferencias altamente significativas por lo tanto por su relación con las otras propiedades físicas sus valores deben cambiar notablemente.

Para Salamanca, ⁸⁸ de acuerdo con la fracción de mineral que predomine recibe el nombre textural; así por ejemplo, se denomina suelo de textura arenosa si domina la arena, este también se conoce como suelo liviano. Si domina la arcilla se

⁸⁶ SALMANCA SANABRIA, Rafael. Suelos y Fertilizantes. Universidad Santo Tomas, Bogotá, D.E. Colombia: USTA, 1990. p.82.

⁸⁷ AMEZQUITA, E, *et al*. Revista de Ciencias Agrícolas, Suceptibilidad a la compactación en diferentes sistemas de suelos en los llanos orientales de Colombia. Volumen XIX, numero I – II, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto Colombia 2002. p. 205.

⁸⁸ SALAMANCA SANABRIA, Rafael, Tecnología Agrícola. Bogotá: UNISUR. 1991. p. 111.

denomina arcillosa o pesada y si hay una mezcla proporcional de las tres se denomina franca o mediana.

6.3.1.3. Densidad aparente. Al analizar los valores de densidad aparente se encuentra que no hay variaciones en los promedios de las tres zonas de trabajo, el valor de los tres promedios se encuentra en 0,867 g/cc, lo que quiere decir que no hay diferencias significativas (Anexo D),

Para Ingaramo, Octavio E. *et al.*⁸⁹ Los valores que puede tomar la densidad aparente depende de muchos factores, que van desde la textura, contenido de materia orgánica, hasta el manejo que se le da al suelo. En contraste con la densidad real, que es más o menos constante, la densidad aparente es altamente variable. Esta es afectada por la estructura del suelo, que es, su flojedad o grado de compactación, así como también por sus características de contracción y expansión. Esto último depende tanto de su contenido de arcilla como de la humedad del suelo. El espacio poroso puede ser altamente reducido por compactación, pero nunca se puede llegar a eliminar totalmente.

Valdés.⁹⁰ Entrega valores promedios de densidad aparente (g/cc) para suelos de rocas y minerales de 2.65; arena 1.9 – 1,7; textura franca de 1,3 – 1,0; suelo rico en humus 0.9 – 0.8.

Al analizar los valores de las zonas de trabajo catalogadas como suelos francos, por tener mezcla de los tres agregados, se puede decir que tiene unos promedios por debajo de los mencionados por Valdés, mas sin embargo el mismo autor reporta un rango para suelos ricos en humus a los cuales el rango de las tres veredas concuerda. (Tabla 5).

6.3.1.4. Densidad real. Para la densidad real se obtuvieron unos promedios similares en las veredas de Santa Rosa y Arvela, pero inferior en Cualapud, (Tabla 5).

⁸⁹ INGARAMO, Octavio E. *et al.* Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Universidad Nacional del Noreste. 2003. [on line]. [citado: Febrero 27 de 2009.]. En: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-032.pdf>.

⁹⁰ VALDES. Araucaria, Densidad Aparente. [on line]. [citado: Febrero 27 de 2009.]. En: http://74.125.113.132/search?q=cache:kXoHrt_lf1UJ:araucarias.blogspot.com/2005/09/densidad-aparente.

Los valores de la densidad real oscilan entre 2.60 y 2.75 g/cm³, ya que los materiales predominantes en la mayoría de los suelos (cuarzo, feldespato y sílice) tienen valores próximos a los mencionados. Valores inferiores indicarían la presencia de porcentajes elevados de materia orgánica, que debido a su escasa densidad, modifica ese promedio.⁹¹

Tabla 5. Análisis de Suelos de las zonas de trabajo con sus respectivas submuestras y promedios.

| ANÁLISIS | ZONAS DE TRABAJO | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------------------|-------|-------|---------------|----------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|
| | SANTA ROSA | | | | CUALAPUD | | | | ARVELA | | | |
| | 1 | 2 | 3 | P | 1 | 2 | 3 | P | 1 | 2 | 3 | P |
| Ph | 5,6 | 5,9 | 5,8 | 5,767 | 5,4 | 5,6 | 5,6 | 5,533 | 5,8 | 6,1 | 5,3 | 5,733 |
| Grado Textural | FA | FA | FA | | FA | FA | FA | | FA | AF | FA | |
| MAT, ORGANICA% | 17,3 | 17,2 | 10,6 | 15,03 | 17,3 | 18,2 | 14,3 | 16,6 | 20,4 | 18,4 | 6,4 | 15,07 |
| Dens, Real g/cc | 2,29 | 2,45 | 2,56 | 2,43 | 2,34 | 2,25 | 2,47 | 2,35 | 2,31 | 2,43 | 2,54 | 2,427 |
| Den, Aparente (g/cc) | 0,8 | 0,8 | 1 | 0,867 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,867 | 0,9 | 0,8 | 0,9 | 0,867 |
| Capacidad de Campo % | 50,9 | 52,2 | 51,3 | 51,47 | 42,9 | 38,3 | 45,2 | 42,13 | 58,5 | 47,3 | 37,2 | 47,67 |
| Penetrabilidad (MPa/cm2) | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,167 | 1,1 | 0,9 | 1,3 | 1,1 | 1 | 1,1 | 1,15 | 1,083 |
| Infiltración (cm/h) | 11,23 | 8,09 | 11,1 | 10,14 | 6,51 | 8,45 | 8,94 | 7,967 | 12,91 | 9,91 | 11,63 | 11,48 |
| Porosidad % | 65,07 | 67,35 | 60,94 | 64,45 | 61,54 | 64,44 | 63,56 | 63,18 | 61,04 | 67,08 | 64,57 | 64,23 |
| CIC (meq/100 g) | 42,6 | 43 | 31,2 | 38,93 | 38 | 36,8 | 35,2 | 36,67 | 36 | 44 | 19,4 | 33,13 |
| Fosforo (ppm) | 78,5 | 362 | 63,5 | 168 | 15,3 | 10,3 | 10,6 | 12,07 | 46,9 | 124,9 | 42,1 | 71,3 |
| Ca (meq/100 g) | 16,2 | 24,9 | 16 | 19,03 | 9,3 | 8,9 | 10 | 9,4 | 13,5 | 22 | 5 | 13,5 |
| Mg (meq /100 g) | 7,5 | 10,9 | 7,5 | 8,633 | 3,4 | 3,3 | 3,5 | 3,40 | 4,32 | 8,1 | 2,79 | 5,07 |
| K (meq/100g) | 2,55 | 4,36 | 1,1 | 2,67 | 1,39 | 2,1 | 1,79 | 1,76 | 2,4 | 2,45 | 0,34 | 1,73 |
| Al (meq/100g) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,3 | 0 | 0 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0,00 |
| Fe (ppm) | 242 | 210 | 338 | 263,33 | 246 | 312 | 212 | 256,7 | 318 | 232 | 450 | 333,3 |
| Mn (ppm) | 6,4 | 9 | 9,4 | 8,27 | 2,2 | 3 | 3,4 | 2,87 | 7,6 | 2,6 | 2,8 | 4,33 |
| Cu (ppm) | 2,18 | 3,74 | 6,6 | 4,173 | 2,12 | 2,72 | 4,38 | 3,073 | 2,62 | 2,72 | 5,2 | 3,513 |
| Zinc (ppm) | 9 | 31 | 7,2 | 15,73 | 2,6 | 3 | 4 | 3,2 | 7,8 | 9,4 | 3,2 | 6,8 |
| Boro (ppm) | 0,67 | 0,51 | 0,38 | 0,52 | 0,2 | 0,18 | 0,26 | 0,213 | 0,71 | 0,45 | 0,21 | 0,457 |
| N total % | 0,61 | 0,61 | 0,43 | 0,55 | 0,61 | 0,63 | 0,53 | 0,59 | 0,68 | 0,64 | 0,28 | 0,533 |
| Carbono Organico % | 10,06 | 9,98 | 6,15 | 8,73 | 10,06 | 10,54 | 8,28 | 9,627 | 11,85 | 10,69 | 3,69 | 8,743 |
| Relación C/N | 16,49 | 16,36 | 14,30 | 15,71 | 16,49 | 16,73 | 15,62 | 16,28 | 17,42 | 16,70 | 13,17 | 15,76 |
| S disponible (ppm) | 11,47 | 29,82 | 16,59 | 19,29 | 6,88 | 7,24 | 9,18 | 7,767 | 13,41 | 11,65 | 7,24 | 10,77 |

⁹¹ SAZ. LABORATORIO DE ANÁLISIS. ANÁLISIS DE SUELOS. Densidad Real. [on line]. [citado: Febrero 27 de 2009.]. En: <http://usuarios.lycos.es/zandoli/web3/Suelo%20densidad%20real.html#b1>

Thompson y Frederick R.⁹² también coinciden en que la densidad real de los suelos minerales varía mucho menos que la densidad aparente. La mayor parte oscilan entre 2,6 y 2,7 g/cm³. A menos que se requiera datos muy precisos, suele suponerse que la densidad real de los suelos minerales es de 2.65 g/cm³.

Si se compara el promedio de los lugares Santa Rosa, Cualapud y Arvela, 2,43 g/cc, 2,35 g/cc y 2,427 g/cc, están por debajo de los rangos mencionados por el laboratorio lo que indica que hubo presencia de materia orgánica.

6.3.1.5. Infiltración. Los valores obtenidos para la infiltración entre las tres veredas son muy variables (Tabla 5) lo que quiere decir que hay diferencias altamente significativas por lo que su coeficiente de variación es de 20.6 %, (Anexo D), lo que indica que en los lugares puede incidir directamente el que se presente mayor porosidad o menor dependiendo de la velocidad de infiltración, se puede concluir que hay mayor velocidad de infiltración en Arvela, seguido de Santa Rosa y por Ultimo Cualapud.

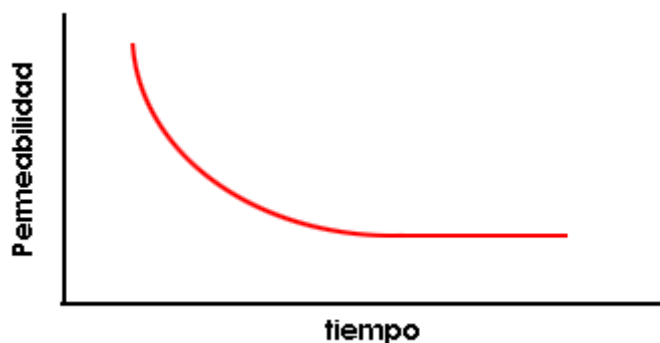
La permeabilidad representa la facilidad de circulación del agua en el suelo. Es un parámetro muy importante que influirá en la velocidad de edafización y en la actividad biológica que puede soportar un suelo.

Está condicionada fundamentalmente por la textura y la estructura.

Se evalúa por la velocidad de infiltración que representa el caudal de agua que puede pasar por unidad de tiempo. Valores de dm/hora corresponden a suelos muy permeables, cm/hora dan suelos permeables y mm/hora para suelos poco permeables.

La velocidad de infiltración no es siempre la misma para un mismo suelo, pues depende de las condiciones de humedad que presente. Cuando el suelo se encuentra seco la infiltración tiene sus máximos valores y luego conforme cada vez está más húmedo su capacidad de admitir más agua es cada vez menor hasta que en condiciones de saturación total alcanza un valor constante.

⁹² THOMPSON, L y TROEH, Frederick. Los Suelos y su fertilidad. Cuarta Edición, s.n: Editorial Reverte. 1998. p.83.



Se obtuvieron datos de 10,14 cm/hora, 7,96 cm/hora y 11,48 cm/hora, para las zonas de Santa Rosa, Cualapud y Arvela, respectivamente, de aquí se concluye que los suelos según la anterior definición se catalogan como suelos permeables, la velocidad de infiltración fue la máxima en Arvela, lo que representa que este es un suelo más seco por cuanto admite recibir agua en mayores cantidades.

6.3.1.6. Porosidad. La porosidad está estrechamente relacionada con la infiltración, ya que es la propiedad del suelo que determina el volumen de espacio que puede recorrer el agua, como también el aire, con relación a las plantas permite que las raíces lleguen fácilmente hasta profundidades considerables y tomen los nutrimentos necesarios.

En las zonas evaluadas se obtuvieron promedios de porosidad, de la siguiente manera, 64,45% para Santa Rosa, 63,18% para Cualapud y 64,23% para Arvela. (Tabla 5). Detallando estos datos se puede decir que no hubo diferencias significativas, por cuanto los valores registrados tienen mucha similitud

Arias Jiménez,⁹³ propone la siguiente clasificación de acuerdo al tipo de suelo, y su respectivo espacio poros:

| Tipo de suelo | % de espacio poroso. |
|---------------|----------------------|
| Orgánico | 75 |
| Arcilla | 58 |
| Franco | 47 |
| Arena | 40 |

⁹³ ARIAS JIMENEZ, Ana Cecilia. Suelos tropicales. Costa Rica: EUNED. 2005. p. 57.

Según estos valores, los obtenidos en las zonas de trabajo son superiores a los reportados por la autora, estos se puede concebir como unos valores excelentes ya que los espacios porosos del suelo estas bien distribuidos y que el depósito de materia orgánica aumenta la porosidad, ya que se acumulan mayor número de individuos, como lombrices que hacen túneles y mejoran los poros en el suelo.

6.3.1.7. Penetrabilidad. Los datos obtenidos son 1,16, 1,10 y 1,08 Mpa/cm² (Tabla 5) para Santa Rosa, Cualapud y Arvela, respectivamente, analizando estos datos se tienen valores similares, lo que quiere decir que la resistencia que pone el suelo casi es la misma. Catalogándose como una permeabilidad alta mayor a 0.54 Mpa/cm²

6.3.1.8. Capacidad de campo. Representa un concepto más práctico, que trata de reflejar la cantidad de agua que puede tener un suelo cuando se pierde el agua gravitacional de flujo rápido, después de pasados unos dos días de las lluvias (se habrá perdido algo de agua por evaporación). La fuerza de retención del agua variará para cada suelo, pero se admite generalmente una fuerza de succión de 1/3 de atmósfera o pF=2,5 y corresponde a poros <30 micras (para algunos suelos el pF de 1,8 es más representativo).

Se obtuvo valores de capacidad de campo para las tres zonas así: 51,47% para Santa Rosa. 42,13% para Cualapud y 47,67% para Arvela, estos datos indican diferencias muy significativas por cada lugar.

En conclusión de acuerdo a las propiedades físicas del suelo, se puede inferir que dadas dichas características los valores obtenidos, son los adecuados, para suelos francos arenosos, por lo tanto este suelo físicamente garantiza las condiciones para que se desarrolle el pasto Brasileiro.

6.3.2. Variables Químicas. Se consideran como químicas las siguientes características:

6.3.2.1. Materia orgánica. Según Forero Barrera.⁹⁴ La proporción de materia orgánica y material inorgánico, los suelos pueden clasificarse así:

- Suelos orgánicos, húmidos o mantillosos: tienen hasta 95% de materia orgánica se caracterizan por su gran fertilidad.

⁹⁴ FORERO BARRERA, Gilma Inés. Manual granja integral autosuficiente, Bogotá. Colombia: Editorial San Pablo. 2004. p. 30.

- Suelos inorganicos o minerales poseen en promedio solo el 5% de materia organica y son la mayoría.

Domènech, y Peral dicen que: “los residuos de biomasa, principalmente de biomasa vegetal, son el material original de partida de la materia organica del suelo (MOS)”.⁹⁵

Según Salamanca R.⁹⁶ la materia orgánica es fuente principal de nitrógeno, fosforo, azufre y algunos elementos menores. Además mejora las propiedades físicas del suelo y tiene gran influencia sobre la capacidad de intercambio cationico.

Los datos de materia orgánica permiten establecer con seguridad que son unos suelos con bastante materia orgánica, que a pesar que las zonas estudiadas estuvieron por encima de los 3050 m.s.n.m. se aprecia que el depósito de materia orgánica es considerable, esto se debe a que haciendo la relación con la fauna del suelo existieron gran cantidad de individuos en el suelo, que por ende contribuyeron a su transformación en humus, ayudando a aumentar la fertilidad del suelo.

Los valores obtenidos fueron; 15,03%, 16,6% y 15,07%, para Santa Rosa, Cualapud y Arvela, respectivamente (Tabla 5), dado su rango existen diferencias significativas, por tanto esta propiedad fue una de las condicionantes, de las variables respuesta, es decir del valor nutritivo del pasto.

Frye, citado por Salamanca;⁹⁷ señala los valores óptimos en el porcentaje de materia orgánica, afirmando que para clima frio, el porcentaje es bajo, cuando es menor de 5%, nivel medio 5- 10 %, y valor alto mayor que 10%, de ahí que se concluye que el es un valor excelente, esto implica que la característica es fundamental, y de ahí que se correlaciona positivamente con la fauna del suelo, y los individuos que predominaron fueron las lombrices de tierra, seguido de otra serie de individuos que hicieron de manera adecuada transformación.

⁹⁵ DOMENECH, Xavier y PERAL, José. Química ambiental de sistemas terrestres. Barcelona. España: Reverté. 2006. p. 7.

⁹⁶ SALAMANCA SANABRIA, Tecnología Agrícola. Op cit. p. 132.

⁹⁷ Ibíd. p. 131

Según Estrada Alvares.⁹⁸ A medida que disminuye la temperatura, el contenido de materia orgánica aumenta debido a la baja tasa de mineralización de esta, en Colombia por existir una relación inversa entre altitud y temperatura, se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la altura sobre el nivel del mar.

Esto es exactamente lo que ocurre en Cualapud por estar situado a 3200 m.s.n.m. y tener la menor temperatura de 8 °C, por lo tanto hubo mayor materia orgánica.

Fassbender, y Bornemisza.⁹⁹ Dicen que entre los factores locales que tiene incidencia en el contenido de materia orgánica de los suelos de áreas tropicales hay que considerar su relieve, exposición e inclinación. Por un lado estos factores influyen el microclima y determinan, en parte, el grado de erodabilidad de los suelos, como efecto de la erosión, las capas superficiales de los suelos de zonas altas se depositan en el fondo de los valles, lo que provoca un aumento del contenido de C en estos últimos y una disminución de en el de las cimas de las colinas.

Gliessman coincide con lo anterior cuando propone que. “En ausencia de intervención del hombre el contenido de materia orgánica del suelo depende especialmente del clima y de la cobertura vegetal; generalmente, se encuentra más materia orgánica bajo condiciones de clima frío y húmedo. También es conocido que hay una estrecha relación entre las cantidades de materia orgánica en el suelo y los contenidos de carbono y nitrógeno.”¹⁰⁰

6.3.2.2. pH del suelo. El pH es una medida de su acidez o alcalinidad. Cuando tiene un valor de 7 es neutro; valores más bajos indican acidez y valores más altos indican alcalinidad. Los suelos de Colombia tienen rangos que van entre 4 (extremadamente ácido), hasta 9 (extremadamente alcalino). Con algunas excepciones, el mejor intervalo de pH para el crecimiento de la mayoría de las plantas se encuentra entre 5.5 y 7.5.¹⁰¹

Los valores obtenidos están en el rango óptimo, puesto que los datos son 5,76 para Santa Rosa, 5,53 para Cualapud y 5,73 para Arvela, que haciendo la

⁹⁸ ESTRADA ALVAREZ, Op cit. p. 58.

⁹⁹ FASSBENDER, Hans W y BORNEMISZA, Elemer. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José de Costa Rica: Edición II. IICA, 1994. p.77.

¹⁰⁰ GLIESSMAN, Stephen R. Agroecología: Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica: CATIE. 2002. p. 111.

¹⁰¹ *Ibíd.* p. 131

interpretación corresponden a suelos ácidos, es decir que el pasto Brasileiro necesita suelos ácidos, pero dentro de los límites, puesto que a pHs bajos se tiene problemas. De acuerdo con esto el suelo de Cualapud se clasifica como fuertemente ácido y los de Santa Rosa y Arvela como moderadamente ácidos.

Según Zapata H.¹⁰² El conocimiento del pH, es necesario para entender los procesos químicos, la génesis del suelo, la fertilidad y la disponibilidad de nutrientes para la planta. Este autor plantea que los suelos en un rango de 5.1 a 5.5 son suelos fuertemente ácidos, los de 5.6 a 6.0 moderadamente ácidos.

6.3.2.3. Capacidad de intercambio de cationes (CIC). La capacidad de intercambio de cationes está asociada directamente con la textura, tipo de arcilla y el contenido de materia orgánica en el suelo. Estudios en Colombia dan resultados muy variables, aun en una misma región. Es deseable que un suelo tenga una CIC alta, ya que indica una gran capacidad potencial de suministro y reserva de Ca, Mg, y K. un estimativo general de la CIC en los suelos es la siguiente (Frye citado por Salamanca.¹⁰³):

Menor que 10 meq/100g de suelo: Baja

10 – 20 meq/100g de suelo: Media

Mayor que 20 meq/100g de suelo: Alta.

Por consiguiente los valores promedio de las tres veredas son altos (Tabla 5).

Para el pasto Brasileiro, la capacidad de intercambio catiónico alta, hizo que esta gramínea tenga una buena disponibilidad de nutrientes disueltos en el suelo, permitiendo así la fácil obtención por parte de la planta, todos los nutrientes que se necesiten para los procesos metabólicos y fisiológicos van a estar de manera adecuada, lo que se resumió en un buen nivel nutritivo del pasto, sobre todo en el contenido de proteína y minerales en el pasto.

La CIC, esta relacionada con la presencia de materia orgánica en los suelos, ya que esta tiene la propiedad de desarrollar una considerable carga negativa cuando se aumenta el pH. En resumen este estudio permitió reconocer la interacción entre

¹⁰² ZAPATA HERNANDEZ, Raúl D. Química de la acidez del suelo. Medellín. Colombia: s.n. 2004. p. 181.

¹⁰³ SALAMANCA SANABRIA, Tecnología Agrícola. Óp. cit. p. 133.

factores edáficos como pH, materia orgánica, capacidad de intercambio cationico y la respuesta del pasto Brasileiro en producción y calidad de manera directa.

Figura 4. Promedio pH rango 0- 14, en las 3 zonas.

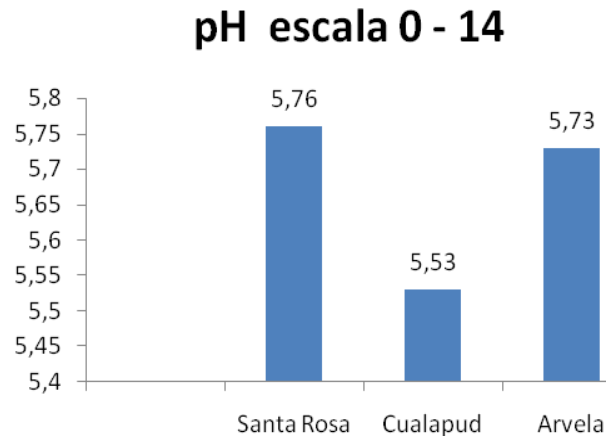
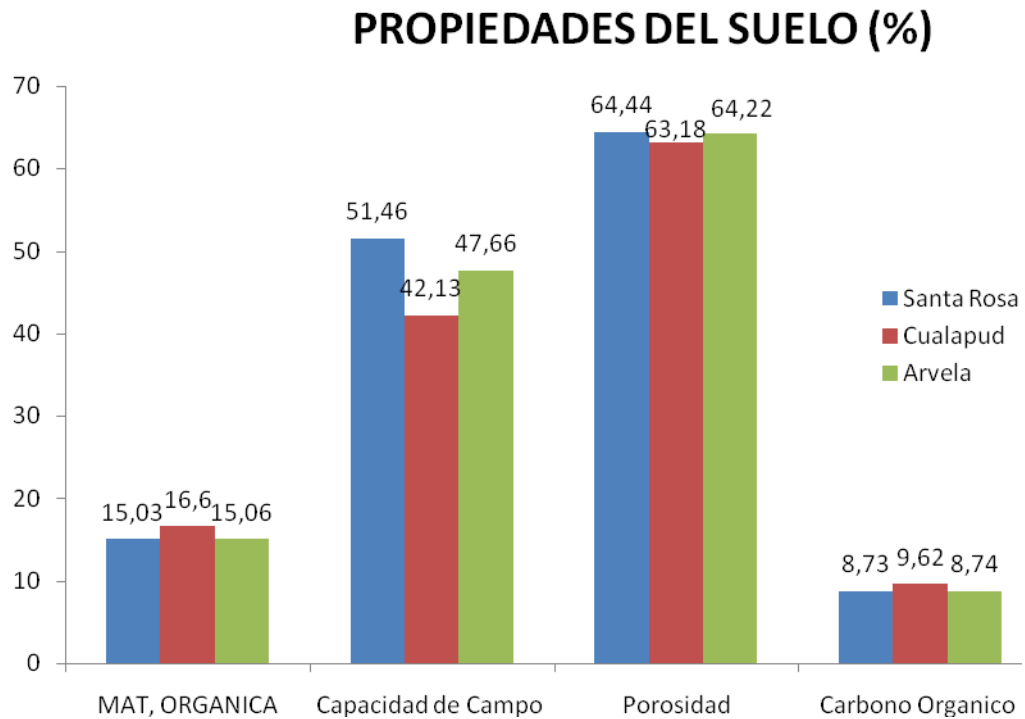


Figura 5. Promedio propiedades del suelo (%) en las 3 zonas.



6.3.2.4. Carbono orgánico. McVay y Rice.¹⁰⁴ Afirman que los suelos varían en la cantidad de carbono orgánico del suelo que contienen, oscilando de menos de 1 por ciento en muchos suelos arenosos a más de 20 por ciento en los suelos de pantanos o ciénagas.

El color oscuro asociado con un suelo rico y fértil es, en gran parte, una medida del contenido de carbono orgánico. Cuando el contenido de carbono orgánico del suelo disminuye, el color del suelo se aclara y refleja su contenido mineral.

El contenido de carbono orgánico obtenido en las zonas de trabajo fue de, 8,73% para Santa Rosa, 9,62% para Cualapud y 8,74 para Arvela, es difícil precisar el rango óptimo pues es muy variable pero tiene una cantidad considerable, por cuanto son tierras de color oscuro, lo que hace obvio la presencia de carbono.

El carbono influye en el Pasto Brasileiro de manera directa en la formación de la estructura de la planta, sobre todo en la formación de los carbohidratos estructurales, de fácil digestibilidad para los animales herbívoros, los carbohidratos están en altas cantidades y de buena calidad.

6.3.2.5. Nitrógeno total: Según Frye, citado por Salamanca.¹⁰⁵ Normalmente los suelos de clima frío, contienen más nitrógeno total que los de clima cálido, pero el suministro es menor debido a la baja tasa de mineralización.

Los estimativos se presentan así: para clima frío:

Bajo: menor de 0,25%
Medio: 0,25 – 0,50 %
Alto: mayor de 0,50%

Los datos promedios para las zonas de trabajo son, 0,55 para Santa Rosa, 0,59 para Cualapud y 0,533 para Arvela, datos que se consideran como altos en los tres sitios.

El pasto Brasileiro, gracias a la disponibilidad de nitrógeno influye de manera directa en el contenido de proteína lo que convierte al pasto en una gramínea de alta calidad, también influye dando un buen color al pasto, lo que es un sinónimo de calidad y aceptabilidad por los animales.

¹⁰⁴ McVAY, Kent A. y RICE, Charles W. El carbono orgánico del suelo y el ciclo global del carbono, Universidad del Estado de Kansas, Estados Unidos, octubre 2002. [On line]. [fecha de consulta, marzo 3 de 2009]. En: <http://www.oznet.ksu.edu>

¹⁰⁵ SALAMANCA SANABRIA, Tecnología Agrícola. Óp. cit. p. 131.

6.3.2.6. Relación Carbono – Nitrógeno: Casi el 80% de la materia seca, de los residuos orgánicos esta constituida de carbono y oxígeno, y menos del 10% de hidrogeno. Se tiene que una relación C/N

Normal de 11 a 13

Baja de 8 a 10

Muy baja menor de 8.

Haciendo un promedio de las 3 zonas se tiene una relación C/N, de 16 % (Tabla 5) considerada alta. Por lo tanto se tiene que la planta actúa eficientemente en procesos fisiológicos, se considera como un forraje de excelente calidad que es lo que se observa en el pasto Brasileiro.

6.3.2.7. Macronutrientes. Los más sobresalientes son:

• **Fósforo aprovechable.** Salamanca¹⁰⁶ indica los siguientes datos:

Menor que 20 ppm, indica bajo nivel de fosforo en el suelo.

20 – 30 ppm. Indica medio nivel de fosforo

Mayor que 30 ppm. Indica alto nivel de fosforo en el suelo.

Se tienen datos muy variables en cuanto al fosforo (Figura 6), encontrando que en Cualapud hay bajos niveles de fosforo y en Santa Rosa y Arvela altos niveles del elemento.

El fosforo disponible en el suelo, hace suponer que el pasto Brasileiro, lo absorba de manera directa. La máxima concentración y disponibilidad de este elemento se dan en el intervalo de pH de 6 a 7, y a medida que la acidez aumenta la disponibilidad de fosforo, todo lo anterior es un indicativo de que el fosforo y el pH, tienen una relación, por tanto los suelos de los lugares estudiados, Santa Rosa, Cualapud y Arvela, no ponen limitaciones a la existencia de este elemento, necesario para el buen crecimiento de las raíces y en general de la planta.

• **Calcio.** Según Muslera y Ratera,¹⁰⁷ los suelos ácidos son pobres en elementos como calcio, potasio y magnesio. La sustitución de estos por hidrogeniones en la solución del suelo es mayor cuanto más bajo es el pH, lo cual supone que hay menos calcio cuanto mayor es la acidez.

Para Mosquera C.¹⁰⁸ los niveles de calcio son:

Bajo: menor de 3 meq/100g de suelo.

Medio: entre 3,00 y 6,00 meq/100g de suelo.

¹⁰⁶ *Ibíd.*, p. 133

¹⁰⁷ MUSLERA y RATERA, *Óp. cit.*, p. 325.

¹⁰⁸ MOSQUERA, Carlos, *Tabla de niveles de elementos en el suelo.* 1997

Alto: mayor de 6,00 meq/100g de suelo.

En las tres zonas los promedios son altos. Lo que deja en claro que este elemento es necesario a nivel mitocondrial, para la respiración de la planta, así como la división celular, lo que influye en que el pasto Brasileiro tenga buena constitución y crecimiento en general.

• **Bases intercambiables. Ca, K, y Mg:** Además de los niveles críticos para estos elementos se debe tener en cuenta la relación en que se encuentran unos con otros.

Tentativamente se han establecido los siguientes niveles (Frye, citado por Salamanca¹⁰⁹):

Para el potasio K:

Menor de 0,2 meq/100g: Bajo

0,2 – 0,4 meq/100g: Medio

Mayor de 0,4 meq/100g: Alto

Para el magnesio Mg:

Menor de 1,5 meq/100g: Bajo

1,5 – 2,5 meq/100g: Medio

Mayor de 2,5 meq/100g: Alto

En las tres zonas de trabajo los elementos, el Potasio y el Magnesio son altos. Lo que permite que el pasto Brasileiro, obtenga unas cantidades adecuadas de estos minerales y se realice una CIC compleja, que mejore propiedades como asimilación de la materia orgánica entre otras.

El hierro se encuentra en forma férrica, insoluble y ferrosa soluble, cuyo proceso de oxidación y reducción está regulado por factores exclusivamente químicos.

Se consideran niveles críticos

Fe: 2,5 – 5,0 ppm.

Mn: 1,00 ppm

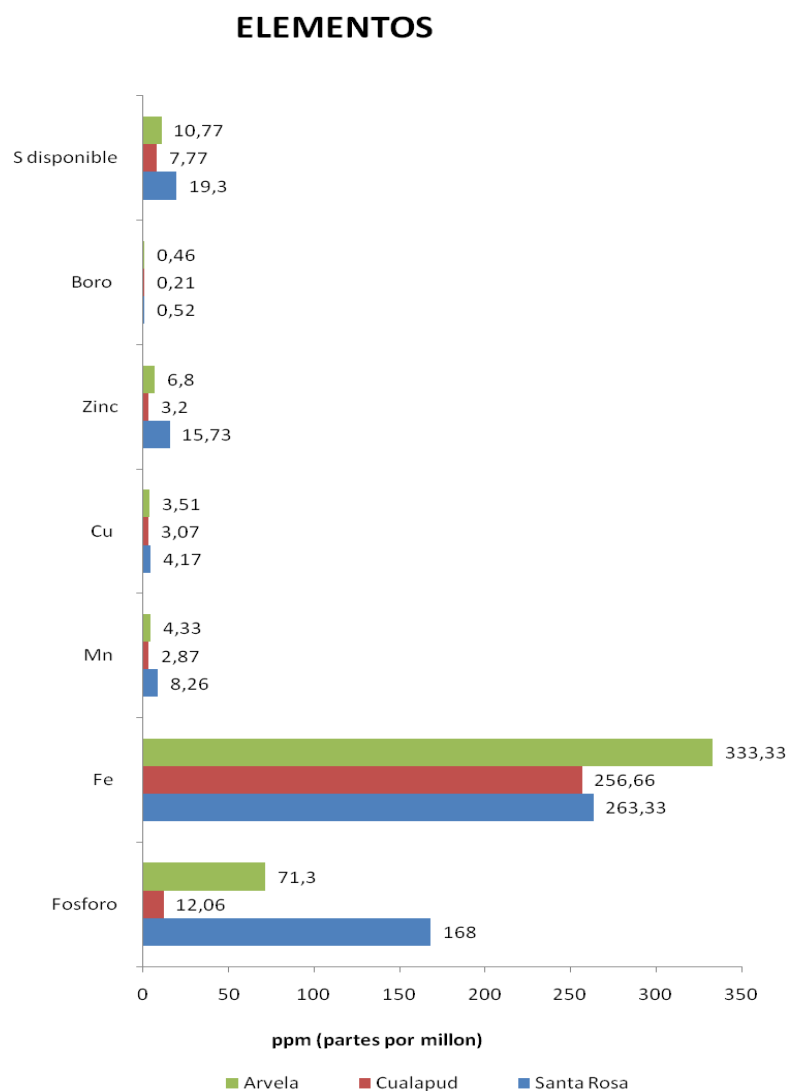
Para el Al:

Medio: de 0,00 a 1,00 meq/100g de suelo

Alto: mayor de 1,50 meq/100g de suelo

¹⁰⁹ SALAMANCA SANABRIA, Tecnología Agrícola. Óp. cit. p. 131.

Figura 6. Promedio Elementos del suelo (ppm) en las 3 zonas.



6.3.2.8. Micronutrientes. Aquí encontramos:

- **Aluminio, hierro y manganeso.** Los efectos por toxicidad de aluminio se dan cuando el pH es muy bajo, especialmente por debajo de 5.

En suelos con pH inferior a 5.5 por debajo del cual las formas insolubles de manganeso, se reducen a compuestos mangánicos solubles que pueden ser tóxicos para las plantas.

En las tres zonas los promedios encontrados son: para Fe y Mn, están fuera del rango crítico, son muy altos especialmente el hierro. El aluminio está en nivel medio solo en Cualapud, en las otras zonas no se registra aluminio en el suelo.

Este estudio en cuanto a los minerales permite concluir que el pasto Brasileiro, necesita 16 elementos esenciales para crecer y completar su desarrollo (nutrientes esenciales). Tres de ellos, carbono, oxígeno e hidrógeno, son aportados por el aire. Los trece restantes son suministrados por el suelo. Estos últimos se clasifican en dos grupos, de acuerdo a las cantidades en las que los requiere, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; Y micronutrientes, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro.

6.4. VARIABLES BROMATOLÓGICAS

6.4.1. Materia seca. Se obtuvo un promedio de 17,7% de materia seca, que es donde se encuentran los nutrientes, por tanto conviene que sea mayor para que haya una buena concentración. Los valores reportados por Molina C,¹¹⁰ corresponden a 19% de materia seca, se mira que son inferiores, en 1,3% con respecto a las tres veredas, si se analiza los datos de las submuestras, se observa que la muestra Arvela1 (21,72%), Arvela3 (22,05%) y Cualapud1 (22,04%), la superan.

Según Pirela.¹¹¹ La edad o estado de madurez de la planta es tal vez el más importante y determinante de la calidad nutritiva del forraje. Durante el proceso de crecimiento de la planta, después del estado foliar inicial hay un rápido incremento de materia seca y un cambio continuo en los componentes orgánicos e inorgánicos. A medida que avanza el estado de madurez, la formación de los componentes estructurales (lignina, celulosa y hemicelulosa) ocurren en mayor velocidad que el incremento de los carbohidratos solubles; además, los componentes nitrogenados progresivamente constituyen una menor proporción de la materia seca. Esto se debe tanto a la pérdida de hojas como al aumento progresivo de la lignina, uno de los componentes estructurales que forma parte esencial de la membrana celular, el cual dificulta la digestión y disminuye el valor nutritivo de los pastos.

¹¹⁰ MOLINA, Óp. Cit., [on line].

¹¹¹ PIRELA, Óp. Cit., [on line]

En este estudio el pasto Brasileiro, registró un periodo de recuperación óptimo, entre 54 días y 60 días, donde se identificó la edad de prefloración, los nutrientes son los adecuados, y el porcentaje de lignina fue bajo, dando cabida a los carbohidratos estructurales, por lo tanto el pasto tiene las siguientes características, buena palatabilidad, buena digestibilidad y valor nutritivo.

6.4.2. Proteína: los valores para la proteína verdadera obtenidos en las tres zonas fueron de 17,85% en Santa Rosa, 13,19% en Cualapud, 11,28% en Arvela, en general el pasto tiene un buen contenido de proteína, ya que estos son los compuestos necesarios para el crecimiento y desarrollo animal. Al comparar los datos con los obtenidos por Molina C, quien menciona un valor del 18%, la proteína de Santa Rosa, está casi igual (Tabla 6) La proteína cruda esta mejor en Santa Rosa a razón del 24,58% y menor en las dos zonas más siendo la mínima en Arvela.

Tabla 6. Análisis bromatológico pasto Brasileiro, porcentaje en base seca y sus respectivos promedios.

| ANÁLISIS | ZONAS DE TRABAJO | | | | | | | | | | | |
|----------------|------------------|-------|-------|--------------|----------|-------|-------|--------------|--------|-------|-------|--------------|
| | SANTA ROSA | | | | CUALAPUD | | | | ARVELA | | | |
| | 1 | 2 | 3 | P | 1 | 2 | 3 | P | 1 | 2 | 3 | P |
| MS % | 13,92 | 16,42 | 15,17 | 15,17 | 22,04 | 13,94 | 18,89 | 18,29 | 21,72 | 15,59 | 22,05 | 19,79 |
| CENIZA % | 12,99 | 15,25 | 13,12 | 13,79 | 10,22 | 14,43 | 12,65 | 12,43 | 11,01 | 14,63 | 11,72 | 12,45 |
| EE % | 4,13 | 4,22 | 4,14 | 4,16 | 3,51 | 3,11 | 3,45 | 3,36 | 2,1 | 2,69 | 2,16 | 2,317 |
| FC % | 30,76 | 31,18 | 28,22 | 30,05 | 30,3 | 32,98 | 31,11 | 31,46 | 35,97 | 31,88 | 35,46 | 34,44 |
| P CRUDA % | 24,7 | 25,7 | 23,33 | 24,58 | 16,85 | 18,64 | 19,13 | 18,21 | 11,69 | 23,15 | 12,29 | 15,71 |
| ENN % | 27,41 | 23,64 | 31,2 | 27,42 | 39,11 | 30,83 | 33,66 | 34,53 | 39,23 | 27,64 | 38,37 | 35,08 |
| FDN % | 52,89 | 51,34 | 49,65 | 51,29 | 55,67 | 56,27 | 54,93 | 55,62 | 61,62 | 57,7 | 62,88 | 60,73 |
| FDA % | 34,63 | 32,25 | 31,99 | 32,96 | 36,24 | 36,6 | 34,7 | 35,85 | 38,55 | 34,92 | 41,85 | 38,44 |
| LIGNINA % | 6,95 | 6,71 | 5,11 | 6,26 | 7,81 | 2,8 | 4,82 | 5,14 | 8,78 | 6,86 | 7,96 | 7,87 |
| CELULOSA % | 27,68 | 25,54 | 26,88 | 26,7 | 28,43 | 33,8 | 29,89 | 30,71 | 29,77 | 28,07 | 33,89 | 30,58 |
| HEMICELULOSA % | 18,26 | 19,09 | 17,66 | 18,34 | 19,43 | 19,67 | 20,23 | 19,78 | 23,07 | 22,78 | 21,03 | 22,29 |
| CALCIO % | 0,2 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,14 | 0,13 | 0,19 | 0,15 | 0,12 | 0,25 | 0,19 | 0,19 |
| FOSFORO % | 0,38 | 0,34 | 0,39 | 0,37 | 0,36 | 0,37 | 0,29 | 0,34 | 0,26 | 0,33 | 0,25 | 0,28 |
| MAGNESIO % | 0,15 | 0,18 | 0,15 | 0,16 | 0,12 | 0,15 | 0,12 | 0,13 | 0,1 | 0,15 | 0,13 | 0,13 |
| AZUFRE % | 0,27 | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,17 | 0,17 | 0,2 | 0,18 | 0,21 | 0,19 | 0,17 | 0,19 |
| NITROGENO T % | 3,95 | 4,11 | 3,73 | 3,93 | 2,7 | 2,98 | 3,06 | 2,91 | 1,87 | 3,7 | 1,97 | 2,51 |
| P VERDADERA % | 17,57 | 19,1 | 16,87 | 17,85 | 12,27 | 12,96 | 14,35 | 13,19 | 8,81 | 15,82 | 9,22 | 11,28 |
| NDT % | 68,54 | 67,59 | 67,91 | 68,01 | 67,62 | 64 | 66,01 | 65,88 | 63,58 | 65,24 | 63,22 | 64,01 |

El pasto Brasileiro es una buena fuente de proteína, ya que en los mencionados valores de proteína verdadera se puede decir que en Santa Rosa tiene el mejor valor 17,85%, que hace explicar que se pueda mantener una vaca lechera con una producción promedio de 20 litros, la cual fisiológicamente, necesite un 12 a 14% de esta.

Minson citado por Castro, A.¹¹² Al evaluar los análisis publicados de 560 muestras de gramíneas tropicales encontró que el contenido de proteína cruda de las mismas oscilo del 2 al 27% de la materia seca MS, dependiendo de su estado de crecimiento y de la disponibilidad de nitrógeno del suelo el promedio observado fue de 10,6%. Estos niveles de proteína cruda son marcadamente inferiores a los observados en las leguminosas tropicales promedio de 16,7%.

Al analizar los valores existen variación altamente significativa entre, Santa Rosa, Cualapud y Arvela (anexo E), el menor valor de proteína verdadera lo tiene Arvela correlacionándose con los valores de nitrógeno total menores a los de las otras zonas lo que influye directamente en dicho nivel.

Para Pirela.¹¹³ En cuanto al contenido proteico, las gramíneas tropicales presentan niveles relativamente altos en los estadios iniciales de crecimiento, para luego caer marcadamente hasta antes de la floración. Esta disminución continúa hasta la madurez, momento en que el Nitrogeno es traslocado de las hojas a los tejidos de reservas (base de tallos y raíces). Al igual que la digestibilidad y el contenido proteico, el consumo voluntario también se ve afectado negativamente por la madurez; además, el desarrollo vegetal trae consigo cambios morfológicos que contribuyen a la disminución del valor nutritivo de los forrajes.

Según Estrada Álvarez, J, afirma que:

El corte tiene como consecuencia un aumento del porcentaje de proteína del forraje debido a la remoción del forraje maduro y su reemplazo por tejido más joven. Existe una correlación negativa entre MS y contenido de nitrógeno del forraje. El problema fisiológico que se presenta desde el punto de vista del manejo de forrajes es encontrar el momento de corte adecuado en el cual el aumento en el porcentaje de nitrógeno compense

¹¹² CASTRO RAMIREZ, Álvaro. Ganadería de Leche. Enfoque Empresarial. Costa Rica: EUNED. 2002. p. 84.

¹¹³ PIRELA, Óp. cit, [on line]

por la disminución de la producción de la MS, para maximizar la producción de proteína.¹¹⁴

6.4.3. Extracto etéreo. los valores obtenidos para el extracto etéreo en cada una de las zonas son los siguientes 4,16 % para Santa Rosa, 3,36% para Cualapud y 2,317% para Arvela, al analizar estos datos nos damos cuenta que hay diferencias altamente significativas entre los valores obtenidos, por cuanto esta es una variable respuesta, da la conclusión de que las condiciones, climáticas, edáficas, y biológicas, están influyendo en distintas proporciones en cada una de las zonas, hasta el momento se viene resumiendo que la zona de Santa Rosa, ha arrojado los mejores resultados en cuanto a valor nutritivo, lo que da una pauta para seleccionar el ambiente propicio para el pasto Brasileiro.

Las grasas son muy importantes dentro de la nutrición, ya que además de los carbohidratos, proporcionan una fuente esencial de energía, así como también son la fuente principal para sintetizar, hormonas, algunas que influyen en la reproducción, a partir de compuestos grasos, se sintetizan hormonas como estrógenos, por tanto es indispensable hablar de una dieta balanceada y no referirse a un nutriente en particular.

Los datos reportados por Molina¹¹⁵ en cuanto a los niveles de grasa del pasto Brasileiro en prefloración son del 4%, volviendo al análisis de las tres zonas de trabajo se encuentra que, Santa Rosa supera el valor antes mencionado, mientras que los dos lugares restantes están por debajo de este reporte. Esto da a suponer que el periodo de recuperación influye de manera inversa con el contenido de nutrientes es decir que cuando el periodo de recuperación aumenta, la concentración de los nutrientes es menor, eso ocurre en Cualapud que el periodo de recuperación es amplio pero el extracto etéreo es bajo.

6.4.4. Carbohidratos: se puede hablar de promedios altos de carbohidratos estructurales, que son los que mejoran características tales como la digestibilidad, y la aceptación del forraje por parte de los animales herbívoros, estos son una fuente importante de energía, lo que hace que sean importantes en la nutrición animal, en la ganadería de leche, por ejemplo es mas limitante la energía que la proteína, por eso conviene que los contenidos de carbohidratos sean muy altos,

¹¹⁴ ESTRADA ALVAREZ, JULIAN. Pastos y forrajes para el trópico colombiano, Manizales: Universidad de Caldas. 2002. p. 202.

¹¹⁵ MOLINA, Óp. cit. [on line].

dichos carbohidratos actúan de forma directa sobre la FDN, fibra detergente neutra, obteniendo valores de (Tabla 6): 51,29% para Santa Rosa, 55,62% para Cualapud y 60,73% en Arvela. Molina reporta un contenido de 63,8% lo que hace que los niveles estén por debajo del reporte hecho, mas sin embargo, el valor obtenido en Arvela es el más aceptable.

Se tiene para Arvela un pasto Brasileiro con altos contenidos de energía pero con bajos niveles de proteína comparado con Santa Rosa que pasa lo contrario.

6.4.5. NDT: Finalmente se tiene los valores de energía expresados en NDT, así 68% para Santa Rosa, 65,88% para Cualapud, 64,01% para Arvela, lo que da a entender que es mejor el pasto Brasileiro de la zona de Santa Rosa.

6.4.6. Fibra cruda: El contenido de fibra más alto lo tiene Arvela y el más bajo Santa Rosa (Tabla 6), todos los promedios de las tres zonas superan el reportado por Molina de 25 %

6.4.7. Minerales: Para Castro.¹¹⁶ Los principales minerales requeridos en cantidades considerables son: el sodio, fosforo, cloro, hierro, manganeso, potasio y el azufre. Otros como yodo, cobalto, zinc, selenio, flúor, molibdeno y manganeso son de vital necesidad, aunque se necesitan en pequeña cantidad.

Los minerales más importantes son el calcio y el fosforo, porque constituyen más del 70% del contenido mineral de todo el cuerpo, siendo esenciales para el crecimiento, el mantenimiento del organismo. Para una dieta apropiada los elementos deben tener una relación calcio fosforo, entre 2:1, respectivamente

Para Raebum.¹¹⁷ Los contenidos minerales de los pastos varían ampliamente según los suelos y las distintas especies. Las relaciones entre los elementos minerales son complejas. Así algunos pastos y forrajes pueden tener deficiencias importantes de algún microelemento esencial (cobre o cobalto) y excesos de otros molibdeno. Los macroelementos, calcio, fosforo y magnesio pueden ser deficitarios. La proporción de un elemento mineral que un animal puede absorber puede ser influenciada por otros componentes de su dieta, ya que se pueden formar complejos con otros elementos.

Los minerales que se analizaron en este estudio fueron, calcio, fósforo, magnesio y azufre los cuales se encuentran así: Calcio 0.18 % catalogado como bajo,

¹¹⁶ CASTRO RAMIREZ, Óp. cit. p. 86.

¹¹⁷ RAEBUM, J. Agricultura, bases, principios y desarrollo. Costa Rica: 1987. p. 91.

magnesio 0,14 % bajo, fosforo 0,33 % nivel medio y azufre 0,20 % nivel bajo, en el pasto Brasileiro inferiores a las necesidades que se registra en los bovinos para leche tomándolos como referencia por tanto hay que entrar a suplementar con sal mineralizada (Tabla 6).

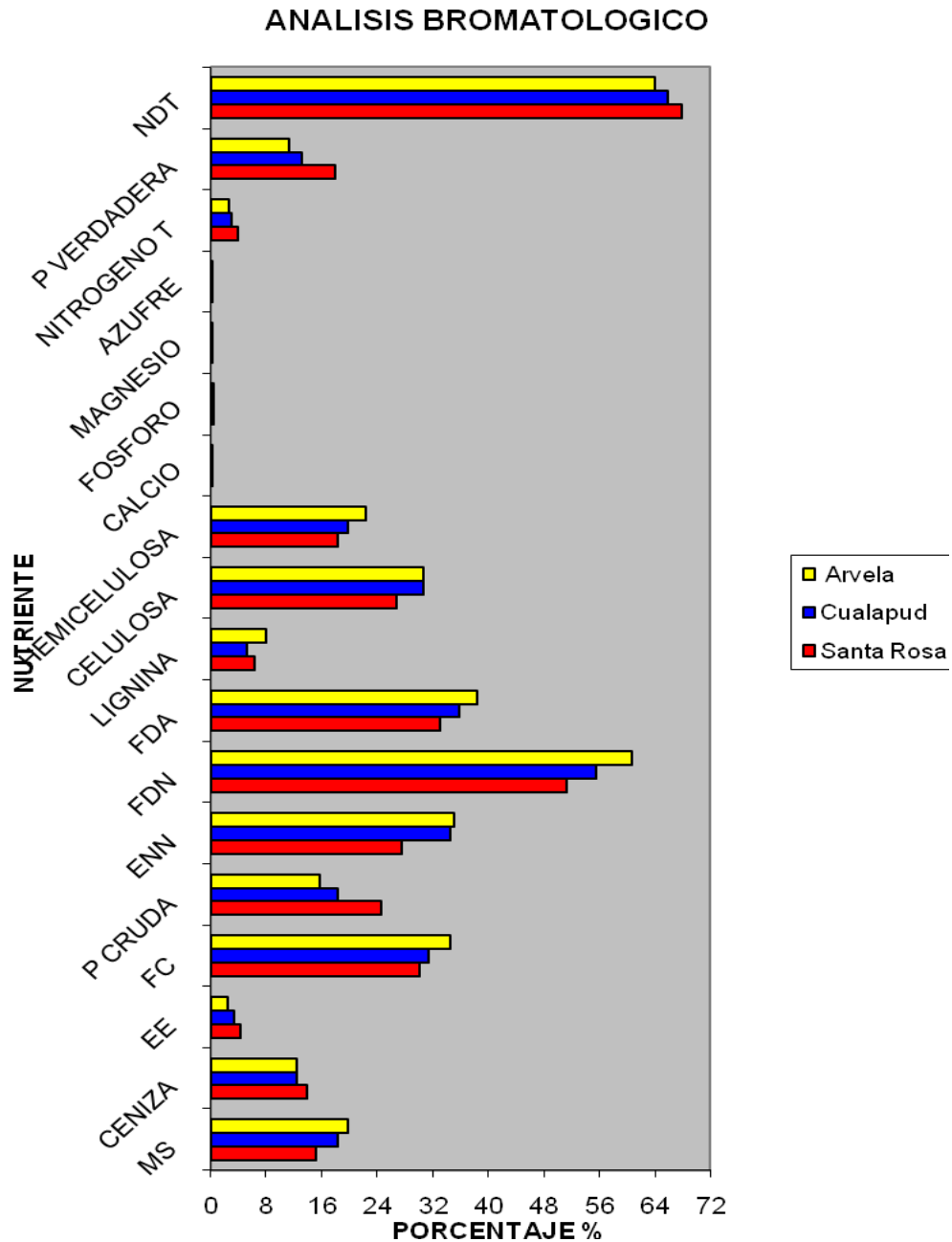


Figura 7. Promedio Nutrientes del Pasto. (%) en las 3 zonas.

6.5. VARIABLES BIOLÓGICAS: (VARIABLES CUALITATIVAS)

Como se indica en la Tabla 7, el valor más alto del número de individuos se encuentra en Arvela con 1984 individuos/m², seguido por Santa rosa con 1440 individuos/m² y en último lugar Cualapud con 672 individuos/m².

Tabla 7. Densidad de organismos individuos/m² de suelo.

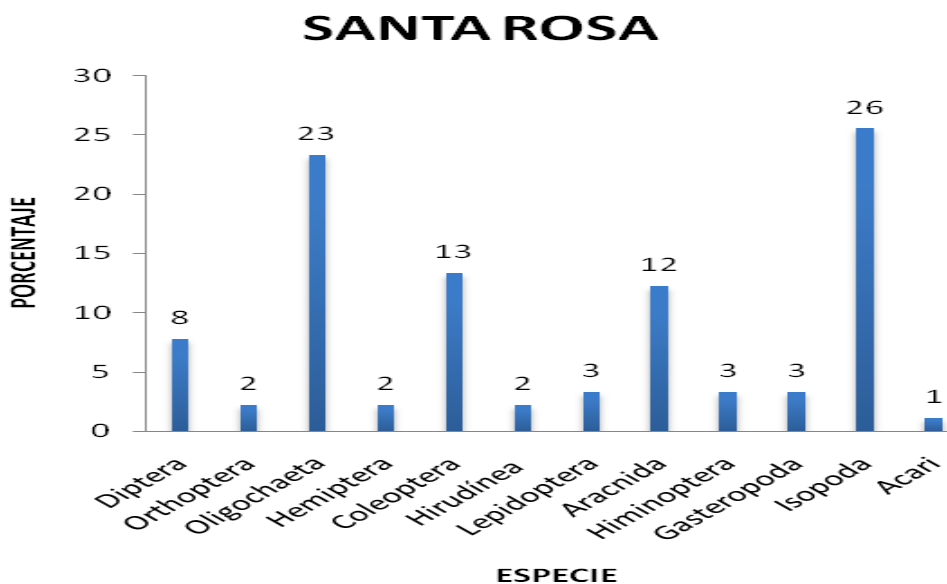
| | SANTA ROSA | | | CUALAPUD | | | ARVELA | | | | | |
|-------------|------------|----|-----|-------------|-----|----|-----------|------------|-----|-----|------------|-------------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | | |
| Díptera | 96 | | 16 | 112 | | 16 | 16 | 96 | 112 | 112 | 320 | |
| Ortóptera | 32 | | | 32 | 16 | 0 | 16 | | | | 0 | |
| Oligochaeta | 192 | 64 | 80 | 336 | 112 | 96 | 64 | 272 | 240 | 288 | 144 | 672 |
| Hemíptera | 32 | | | 32 | | 0 | 16 | 16 | | | | 0 |
| Coleóptera | 48 | 32 | 112 | 192 | | 32 | 112 | 144 | 240 | 96 | 96 | 432 |
| Hirudínea | 16 | | 16 | 32 | | | | | | | | 0 |
| Lepidóptera | 32 | | 16 | 48 | 32 | 32 | 48 | 112 | 96 | 48 | 16 | 160 |
| Arácnida | 32 | 96 | 48 | 176 | 0 | 16 | 0 | 16 | | 32 | 64 | 96 |
| Himenóptera | | | 48 | 48 | | | | | 64 | 32 | 48 | 144 |
| Gasterópoda | | | 48 | 48 | 32 | | 32 | 64 | | 128 | | 128 |
| Isópoda | | | 368 | 368 | | | | 0 | | 0 | | 0 |
| Acari | | | 16 | 16 | | 16 | | 16 | | 0 | | 0 |
| Collembola | | | | 0 | | | | 0 | | 32 | | 32 |
| | | | | 1440 | | | | 672 | | | | 1984 |

En Santa Rosa la mayor cantidad de individuos son del orden Isopoda (Cochinillos) con el 25%, le siguen las Oligochaetas (Lombriz de tierra) con el 23%, las Coleópteras (Escarabajos) con el 13%, las Arácnidas (Arañas) con el 12% y los órdenes que están por debajo del 8 % son Díptera (Mosca común), Ortóptera (Saltamontes), Hemíptero (Chinches), Hirudíneas (Sanguijuelas), Lepidoptera (Mariposas), Himenóptera (Hormigas), Gasteropoda (Babosas) y Acari (Acaros). Como se indica en la Tabla 8.

Tabla 8. Distribución en porcentaje de los organismos en los tres lugares.

| Especie | Santa Rosa | Cualapud | Arvela |
|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Díptera | 7,8 | 2,38 | 16,13 |
| Ortóptera | 2,2 | 2,38 | 0,00 |
| Oligochaeta | 23,3 | 40,48 | 33,87 |
| Hemíptera | 2,2 | 2,38 | 0,00 |
| Coleóptera | 13,3 | 21,43 | 21,77 |
| Hirudínea | 2,2 | 0,00 | 0,00 |
| Lepidóptera | 3,3 | 16,67 | 8,06 |
| Arácnida | 12,2 | 2,38 | 4,84 |
| Himenóptera | 3,3 | 0,00 | 7,26 |
| Gasterópoda | 3,3 | 9,52 | 6,45 |
| Isópoda | 25,6 | 0,00 | 0,00 |
| Acari | 1,1 | 2,38 | 0,00 |
| Colémbolo | 0,0 | 0,00 | 1,61 |
| Total % | 100,0 | 100,00 | 100,00 |

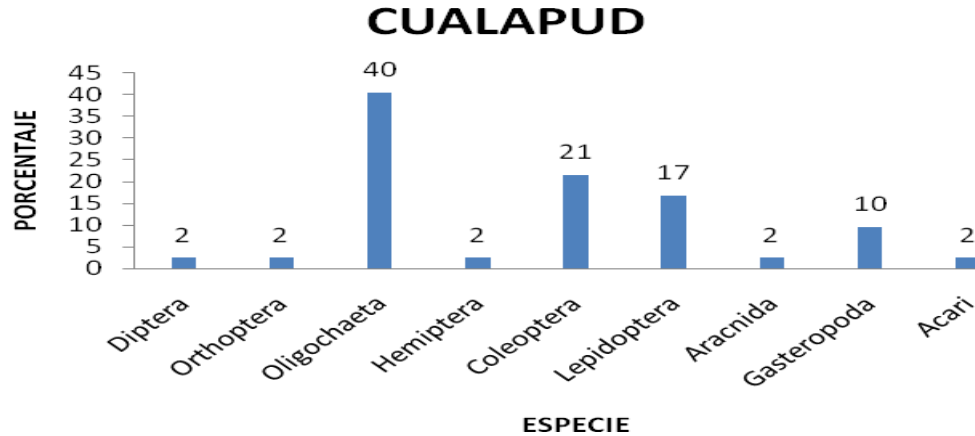
Figura 8. Participación relativa de los organismos del suelo de Santa Rosa.



En la Figura 9, zona de Cualapud la participación mas sobresaliente es la del orden Oligochaetas (Lombriz de Tierra) con 40%, le siguen las Coleópteras

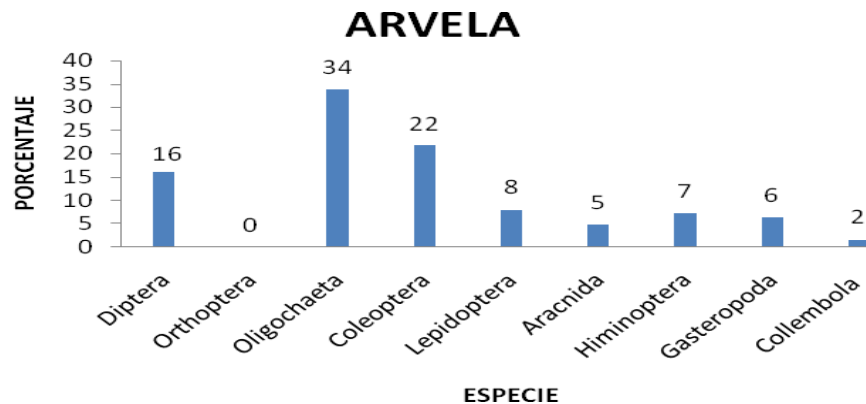
(Escarabajos) con el 21%, con el 17% las Lepidópteras (Mariposas), Gasterópodos (Babosas) con el 10% y Ortópteras (Saltamontes), Hemípteras (Chinches), Arácnida (Arañas) y Acari (Ácaros) con el 2%.

Figura 9. Participación relativa de los organismos del suelo de Cualapud.



Como se indica en la Figura 10, en Arvela la mayor cantidad de individuos es del orden Oligochaetas (Lombriz de tierra) con el 34%, le sigue con el 22 % el orden Coleóptera (Escarabajos), Díptera (Mosca Común) con el 16%, y los ordenes mas bajos son los que se encuentran por debajo del 8% son las Lepidópteras (Mariposas), Himenópteras (Abejas), Gasterópodos (Babosas), Arácnidas (Arañas) y Collembola (Colembolos).

Figura 10. Participación relativa de los organismos del suelo de Arvela.



En general el orden Oligochetas (Lombiz de Tierra) fue el de mayor participacion en todos los lugares, encontrandose en un porcentaje alto en cada uno de ellos, ademas esta especie puede ser un indicativo de que donde existe un mayor contenido de materia organica y de alta mineralizacion estos individuos presentaban el mayor numero, talvez esto ocurra por que mejora la aireacion del suelo y en general mejora las condiciones del suelo, haciendo que los nutrientes sean disponibles para la planta, lo que significa que existe un mayor contenido de materia organica asimilada por el Brasilero para su crecimiento y desarrollo.

Padilla Álvarez y Padilla Cuesta.¹¹⁸ Acerca de la lombriz hablan que esta, habita en el estiercol o en tierra muy humeda con un alto contenido de materia organica, es un gusano que presenta dos variedades, que se diferencian por su forma de vida. La variedad foetida que recibe el nombre de gusano cebrado o atigrado, debido a que presenta una alternancia de bandas pigmentadas rojas y otras no pigmentadas, vive entre materiales bien degradados, y cuando se sienten peligro arrojan un liquido de color amarillo fetido. La variedad andrei presenta una pigmentacion de color rojo vivo.

Según Casanova.¹¹⁹ Algunos de los factores mas importantes que afectan la actividad de las lombrices de tierra son: la aireacion del suelo, contenido de materia organica humedad, pH y temperatura del suelo. Estos organismos prefieren suelos bien aireados aunque con ambiente humedo, son heterotrofos, por lo tanto requieren de materia organica como fuente de alimento y su numero aumenta notablemente en suelos que reciben aplicaciones de residuos de plantas y estiercol, pocas especies son tolerantes a la acidez en el suelo el numero y distribucion en el perfil es afectado por temperaturas del suelo inferiores o superiores a 10°C.

Para García Conde, *et al.*¹²⁰ Desde el punto de vista ecologico, la lombriz de tierra juega un importante papel en el ecosistema, al actuar de manera directa en la descomposicion de la materia organica, en el flujo de biogeoelementos, con su actividad, las lombrices de tierra mejoran la estructura y aireacion del suelo y lo hacen mas resistente a la erosion, tambien participan en el reciclaje de los desechos biodegradables y en la formacion de humus, compuestos organicos de

¹¹⁸ PADILLA ALVAREZ, Francisco Y PADILLA CUESTA, Antonio. Zoología aplicada. Monteria. Córdoba: Ediciones Díaz de Santos. 2003. p.118

¹¹⁹ CASANOVA, Eduardo. Introducción a la Ciencia del Suelo. Caracas. Venezuela: Editorial, CDCH UCV. Enero de 2006. p. 263.

¹²⁰ GARCIA CONDE, Mary Ruth, *et al.* Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Bogotá. Colombia: Editorial San Pablo. 2005. p. 34.

estructura compleja, que contribuyen a mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo, mejoran la fertilidad y aumentan la producción de cosechas.

La acumulación o descomposición de la materia orgánica está muy relacionada con la población microbiana del suelo. Muchas de las bacterias en el suelo son sensibles a la acidez y falta de calcio. Al no haber descomposición la materia orgánica se acumula, la mineralización y reciclado de nutrientes es muy escaso. Esto se produce en climas fríos y húmedos, donde por temperatura, humedad y tipo de roca madre, la acidez es inherente al suelo. En estas condiciones la acción de los animales en el reciclado de nutrientes es muy importante.¹²¹

Los tres lugares estudiados están entre 15 y 16% de materia orgánica por lo que se alejan del 5%, ya existen posibilidades de la transformación a humus y convertirlos en suelos, fértiles y por ende receptivos a individuos como lombrices de tierra.

Además, como se aprecia en la Tabla 9, se mostró claramente que el pH tiene una relación directa con el número de individuos, ya que a un pH de 5,73 se obtuvieron en promedio 1984 ind/m², y a un pH de 5,53 se encontró un valor más bajo de individuos por metro cuadrado siendo de 672, donde posiblemente un pH mayor a 5,7 es el ideal para la proliferación de estos individuos.

Cabe resaltar que en promedio la relación C/N fue de 16% lo que significa que es un indicativo de que existe una alta mineralización, destacando que a pesar que en Cualapud existe menor número de individuos es uno de los mayores contenidos de materia orgánica activa, posiblemente se debe a que se encuentra mayor número de individuos transformadores de materia orgánica en humus.

Tabla 9. Medidas de tendencia central y de dispersión.

| | SANTA ROSA | | | CUALAPUD | | | ARVELA | | |
|------------------|------------|---------|-------|----------|---------|-------|--------|---------|-------|
| | MEDIA | DESVEST | CV | MEDIA | DESVEST | CV | MEDIA | DESVEST | CV |
| pH | 5,77 | 0,15 | 37,75 | 5,53 | 0,12 | 47,92 | 5,73 | 0,40 | 14,19 |
| Materia orgánica | 15,03 | 3,84 | 3,92 | 16,60 | 2,04 | 8,13 | 15,07 | 7,57 | 1,99 |
| Nitrógeno total | 0,55 | 0,10 | 5,29 | 0,59 | 0,05 | 11,15 | 0,53 | 0,22 | 2,42 |
| Carbono orgánico | 8,73 | 2,23 | 3,91 | 9,63 | 1,19 | 8,08 | 8,74 | 4,41 | 1,98 |
| ORGANISMOS | 1440 | 122,28 | 11,78 | 672 | 84,61 | 7,94 | 1984 | 206,31 | 9,62 |

¹²¹ MUSLERA y RATERA, Óp. cit. p. 326.

Para Santos Macías. “El humus esta formado por restos muy descompuestos y su presencia tiende a aumentar la absorcion de agua. Aumenta tambien las particulas del suelo y hace mas cohesivos los suelos arenosos y menos los arcillosos.”¹²²

6.5.1. Textura – Fauna (Relación). Para determinar la relación existente entre estas dos variables se realizo un análisis de correspondencias múltiples (ACM).

Este análisis tiene dos dimensiones, una que es el suelo Franco- Arenoso y la otra el tipo arenoso-franco, dada esta circunstancia los resultados que se obtuvieron son tan solo un indicativo, por lo cual no se puede tomar estos datos como una base real para próximos estudios, sino que se debe ampliarlo con los diferentes tipos de suelos.

El ACM se lo realizo con el fin de comparar la textura del suelo con la cantidad de individuos del suelo, encontrándose para el tipo de suelo Franco-arenoso un porcentaje del 29,8% de oligochaetas, le sigue las coleópteras con 20,2 %, las isópodos y dípteras con el 10,5% y las de los ordenes orthoptera, hemíptera, hirudínea, lepidóptera, arácnida, himenóptera, gasterópoda, acari tienen un porcentaje menor del 8%. y los mas bajos se encuentran díptera, gasterópoda, lepidóptera, collembola, arácnida y chilopoda con 7%, como se indica en la Tabla 10

Para el suelo Arenoso-franco se encontró que el 31,3% del total de individuos en este tipo de suelo son oligochaetas, le siguen las coleópteras con el 18,8%, las dípteras con el 10,9% y las hemípteras, orthoptera, hirudínea, lepidóptera, arácnida, himenóptera, gasterópoda, isópoda, acari y collembola con un valor inferior al 7%.

Zúñiga y Palacio.¹²³ Mencionan que en la fauna epigea sobresalen los miriápodos, isópodos, caracoles y lombrices pigmentadas, que desmenuzan y disminuyen el tamaño de la hojarasca. En la endogeica se encuentran principalmente lombrices no pigmentadas y termitas comedoras de humus, que se alimentan de materia orgánica y raíces muertas. En la anesica se encuentran lombrices y termitas que trasladan la hojarasca de las superficies hacia los horizontes más profundos mejoran las características hidráulicas, estructura y textura del suelo.

¹²² SANTOS MACIAS, Amelia. Ciencia combinada Nuffield: Guía del profesor. Estados Unidos: Signal Books. 1975. p.192.

¹²³ ZÚÑIGA, Francisco Bautista y PALACIO, Álvaro Gerardo. Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. México: Instituto Nacional de Ecología. 2005. p. 272.

Tabla 10. Analisis de correspondencias multiples (ACM), Histograma de frecuencias para variables categorizadas.

Perfiles de fila

| TEXTURA | ESPECIE | | | | | | | | | | | | | Margen activo |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| FRANCO-ARENOSO | 0,101 | 0,014 | 0,298 | 0,014 | 0,202 | 0,01 | 0,082 | 0,077 | 0,048 | 0,034 | 0,111 | 0,01 | 0 | 1 |
| ARENOSO-FRANCO | 0,146 | 0 | 0,375 | 0 | 0,125 | 0 | 0,063 | 0,042 | 0,042 | 0,167 | 0 | 0 | 0,042 | 1 |
| Masa | 0,109 | 0,012 | 0,313 | 0,012 | 0,188 | 0,008 | 0,078 | 0,07 | 0,047 | 0,059 | 0,09 | 0,008 | 0,008 | |

Perfiles de columna

| TEXTURA | ESPECIE | | | | | | | | | | | | | Masa |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | |
| FRANCO-ARENOSO | 0,750 | 1,000 | 0,775 | 1,000 | 0,875 | 1,000 | 0,850 | 0,889 | 0,833 | 0,467 | 1,000 | 1,000 | 0,000 | 0,813 |
| ARENOSO-FRANCO | 0,250 | 0,000 | 0,225 | 0,000 | 0,125 | 0,000 | 0,150 | 0,111 | 0,167 | 0,533 | 0,000 | 0,000 | 1,000 | 0,188 |
| 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 | |

| N° | Especie |
|----|-------------|
| 1 | DIPTERA |
| 2 | ORTHOPTERA |
| 3 | OLIGOCHAETA |
| 4 | HEMIPTERA |
| 5 | COLEOPTERA |
| 6 | HIRUDINEA |
| 7 | LEPIDOPTERA |
| 8 | ARACNIDA |
| 9 | HIMINOPTERA |
| 10 | GASTEROPODA |
| 11 | ISOPODA |
| 12 | ACARI |
| 13 | COLLEMBOLA |

La textura o distribución diferencial de las partículas minerales del suelo (arena, limo y arcilla) pueden tener un efecto directo en la actividad de la lombriz de tierra, más aun en el caso de los suelos abrasivos, con arena de textura gruesa o gravillosos, e indirecto por su efecto sobre la humedad y la aireación del suelo. Los suelos pesados y mal drenados pueden volverse anaerobios en periodos de alta pluviosidad, mientras que los suelos secos tienden a la sequía (Curry 1998, citado por García Conde).¹²⁴

Los suelos de textura media parecen ser los habitat mas favorables para las lombrices que los arenosos y arcillosos (Nordstrom y Rungren, 1974, citado por García Conde).¹²⁵ Quienes reportaron una relación positiva entre el contenido de arcilla y la abundancia de lombrices, con contenidos de arcilla entre 5 – 20 %.

En las zonas estudiadas que presentan en su gran mayoría suelos medios o Francos Arenosos, se puede decir que tienen un porcentaje entre 4,3 y 7,6 % de arcilla correspondiendo el mayor dato para Santa Rosa y el menor para Cualapud.

Bachelier, citado por García Conde,¹²⁶ considera que la textura del suelo es un factor que influye en la distribución de lombrices que son más abundantes en suelos limosos y francos, que en suelos de textura gruesa y arenosa. Los suelos con texturas gruesas son susceptibles a sequías debido a la baja capacidad de retención de humedad de sus partículas y a la presencia de una mayor cantidad de macroporos, lo que facilita el drenaje del agua. Los suelos con alto contenido de arcilla presentan mayor cantidad de microporos, alta capacidad de retención de agua, son pesados y mal drenados e influyen en forma negativa en la abundancia de las poblaciones de lombrices de tierra

Para García Conde.¹²⁷ Los efectos de la textura y la estructura de los poros sobre la biota del suelo han sido observados en un rango amplio de diámetros. Por ejemplo, la densidad de población de microartrópodos se correlaciona positivamente con los poros de diámetro mayor a 90 micrómetros y negativamente con poros menores de 1,2 micrómetros. Los tamaños de poros del orden de 1 micrómetro se correlacionan positivamente con la biomasa bacteriana, mientras que los nematodos se correlacionan con poros de 30 – 90 micrómetros, se considera un tamaño mínimo de poros de 0,2 micrómetros de diámetro, para que los microorganismos tengan acceso al espacio poroso del suelo.

¹²⁴ GARCIA CONDE, Op. Cit., p. 38 – 39

¹²⁵ *Ibíd.* p. 39

¹²⁶ *Ibíd.* p. 39

¹²⁷ *Ibíd.* p. 39

Ademas de acuerdo a la Tabla 11 se observo que el tipo de suelo franco-arenoso, le confiere las condiciones optimas para que se desarrollen los individuos del suelo que pertenecen al orden de oligochaetas, coleópteras, lepidópteras e himenópteras; y para el tipo de suelo arenoso - franco es el medio adecuado para el orden oligochaetas; por tal razón si se encuentran estos individuos en el suelo de la pradera se puede hablar de que son un indicativo para definir de algún modo el tipo de suelo al que pertenecen.

Tabla 11 Peso de las variables biológicas con respecto al tipo de suelo.

| Confianza para Puntos de columna | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ESPECIE | Desviación típica en la dimensión |
| | 1 |
| DIPTERA | ,053 |
| ORTHOPTERA | ,065 |
| OLIGOCHAETA | ,046 |
| HEMIPTERA | ,065 |
| COLEOPTERA | ,033 |
| HIRUDINEA | ,065 |
| LEPIDOPTERA | ,033 |
| ARACNIDA | ,035 |
| HIMINOPTERA | ,034 |
| GASTEROPODA | ,158 |
| ISOPODA | ,065 |
| ACARI | ,065 |
| COLLEMBOLA | ,340 |

6.6. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).

En el análisis de componentes principales se obtuvieron 6 factores o componentes, de los cuales hasta el tercero se explica el 68% de la variabilidad de la información introducida al análisis, como se indica en la Tabla 12

Tabla 12 Histograma de los valores propios, que explican la variabilidad (%) de la correlación (variables cuantitativas)

| | Eigenvalue | Difference | Proportion | Cumulative |
|---|------------|------------|------------|------------|
| 1 | 5.786 | 1.378 | 0.304 | 0.304 |
| 2 | 4.407 | 0.966 | 0.232 | 0.536 |
| 3 | 2.845 | 0.623 | 0.145 | 0.686 |
| 4 | 1.878 | 0.225 | 0.098 | 0.785 |
| 5 | 1.653 | 0.419 | 0.087 | 0.872 |
| 6 | 1.233 | 0.566 | 0.064 | 0.937 |
| 7 | 0.667 | 0.138 | 0.035 | 0.972 |
| 8 | 0.528 | 0.528 | 0.027 | 1.0000 |

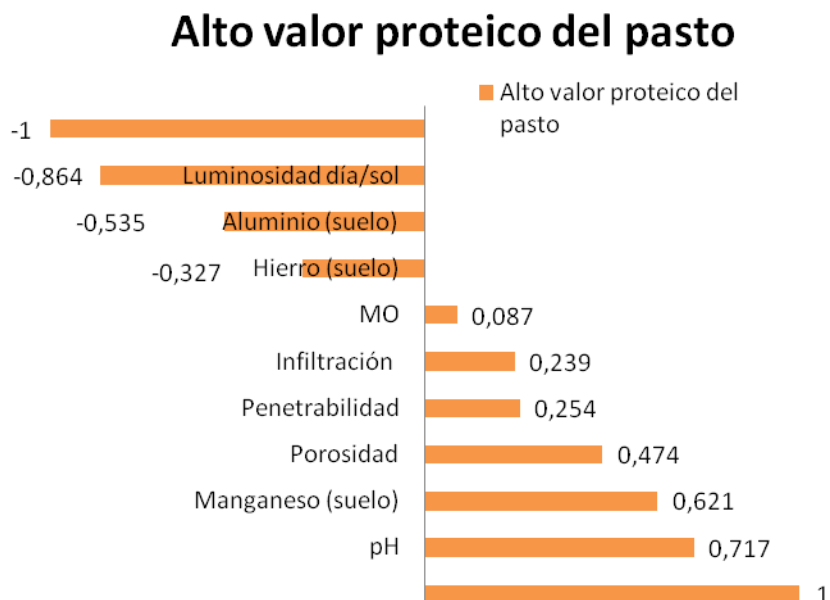
6.6.1. Primer componente principal: Alto valor proteico del pasto. El primer componente representa a un corto periodo de recuperación, con un alto valor proteico del pasto Brasileiro, que básicamente se ve influenciado indirectamente por la luminosidad en días soleados y directamente por el pH y porosidad. En cuanto a los minerales el aluminio influye de manera indirecta y el manganeso de forma directa, básicamente esto se debe al efecto que tiene el pH sobre estos elementos del suelo. Como se indica en la Tabla 13

La correlación existente entre el periodo de recuperación con el alto valor proteico del pasto Brasileiro se da de una forma inversamente proporcional, lo que quiere decir que si disminuye el periodo de recuperación, el contenido de proteína del pasto aumenta, fisiológicamente se comprueba que las gramíneas tienen mayores contenidos de proteína en sus estados de desarrollo inferiores es decir que comparando los estados de prefloración, floración y madurez, el contenido de proteína va ser mayor en la etapa de prefloración, ya que en este los procesos metabólicos están dedicado netamente al crecimiento de la planta, mientras que cuando la edad aumenta la proteína disminuye y por tanto los procesos metabólicos están orientados a la floración y producción de semillas.(Figura 11)

Tabla 13 Peso de los tres primeros componentes principales

| | <i>Alto valor proteico del pasto</i> | <i>Alto contenido de Fibra en el pasto</i> | <i>Deficiente Calidad nutritiva (MS)</i> |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|
| pH | 0.717 | -0.015 | -0.278 |
| MO | 0.087 | -0.386 | -0.810 |
| DR | 0.222 | 0.322 | 0.259 |
| Penetrabilidad | 0.254 | -0.063 | 0.837 |
| Infiltración | 0.239 | 0.863 | -0.147 |
| Porosidad | 0.474 | -0.097 | -0.072 |
| Aluminio (suelo) | -0.535 | -0.445 | 0.0258 |
| Hierro (suelo) | -0.327 | 0.716 | 0.190 |
| Manganeso (suelo) | 0.621 | 0.163 | 0.086 |
| Luminosidad día/sol | -0.864 | -0.286 | -0.068 |

Figura 11. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde Alto valor proteico del pasto.



Lo que interesa a nivel del manejo de praderas es un pasto de mayor cantidad de follaje para la alimentación, con altos niveles proteicos, si se trata de una fase de levante de terneras, a medida que pasa el tiempo la planta se lignifica, el índice de

área foliar disminuye conjuntamente con el nitrógeno por lo tanto la productividad disminuye, de ahí la importancia de programar los periodos de recuperación, para pastorear o cortar el pasto. La relación con la digestibilidad, va ser mejor en el pasto tierno que el maduro, el aumento de edad trae consigo aumento de fibra y la lignificación es contundente disminuyendo la palatabilidad.

Para Sierra Posada.¹²⁸ La productividad vegetal puede ser definida como el incremento del peso seco por unidad de área de campo, y se expresa usualmente en términos de kilogramos por hectárea. Una gran variedad de factores contribuyen a la productividad neta, de tal forma que esta es realmente la integración de muchos rasgos bioquímicas, fisiológicos, genéticos, y morfológicos de una planta, además la influencia del ambiente y de las practicas culturales. Se establece entonces que la dimensión de la productividad es función del efecto de los factores ambientales actuando sobre la capacidad genética y el metabolismo de la planta.

Estos factores ambientales son la luz (intensidad, calidad y duración de la iluminación), la temperatura del aire y del suelo, el régimen hídrico, el pH, el estado nutricional del suelo y la concentración de CO₂ en la atmósfera entre otros.

El mismo autor,¹²⁹ afirma que dentro de los factores ambientales uno de ellos es la influencia de la calidad, la magnitud y la duración de la luz, esta afecta de manera indirecta los procesos metabólicos, cuando es excesiva, por ejemplo la respiración, que en términos de abundancia de luz suele utilizarse el termino de fotorespiración. Cuando la cantidad de luz es muy intensa este proceso disminuye la eficiencia fotosintética, ya que durante el día, no se produce una eficiente incorporación del CO₂ en los asimilados fotosintéticos. La presencia o ausencia de este proceso y su magnitud determinan una modificación en la productividad neta.

Esto explica que la luminosidad en día soleado afecte el valor proteico del pasto Brasileiro, en los lugares de mayor altitud, la intensidad de la luz es mayor, por lo tanto se produce una reducción en los procesos metabólicos haciendo plantas ineficientes. En Cualapud siendo el sitio mas alto, se tiene una mayor intensidad de luz y unos bajos niveles de proteína, comparado con Santa Rosa que es el sitio mas bajo, tiene menores niveles de intensidad de luz y mayores contenidos de proteína.

Para Pezo e Ibrahim¹³⁰ el sombreadamiento también afecta la calidad nutritiva de los forrajes, pero en algunos casos esos efectos pueden estar mediados por cambios

¹²⁸ SIERRA POSADA, José Oscar. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Medellín. Colombia: Universidad de Antioquia. Edición 2. 2005. p.58

¹²⁹ *Ibíd.* p. 57.

¹³⁰ PEZO, Danilo e IBRAHIM, Muhammad. Sistemas Silvopastoriles. Módulos de enseñanza Agroforestal. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 1999. p. 39.

anatómicos o morfológicos que sufren las plantas por ejemplo engrosamiento de la epidermis, elongación de tallos. En varios ensayos con gramíneas se ha detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución de carbohidratos a medida que la intensidad de luz es menor ya sea por interferencia al paso de la luz.

La porosidad, penetrabilidad e infiltración influyen de manera directa sobre el contenido proteico del pasto Brasileiro, esto se acentúa porque estas tres propiedades físicas influyen sobre otras tales como la textura, estructura, capacidad de campo y además en las químicas como acumulación de materia orgánica, así como también en el funcionamiento biológico de los organismos que los poros les van a proveer de agua y aire para poder vivir, simbióticamente al existir microorganismos va existir transporte de materia orgánica y disponibilidad de nutrientes, esto quiere decir que se conserva un equilibrio en el suelo, los organismos y la planta ya que esta última desarrolla sus procesos metabólicos con buena extracción de nutrientes.

Urbano Terron manifiesta que: "Para la planta una vez las raicillas se desarrollen, la presencia de poros de tamaño normal permitirá el desarrollo radicular y fácil circulación de agua y del aire en el suelo."¹³¹

En cuanto al pH se puede decir que influye de manera directa, pues cuando este tiende a ser el ideal el desarrollo del pasto Brasileiro no se ve afectado de ninguna manera, el pH, obtenido en Santa Rosa es el más cercano al ideal con un valor de 5,73, de ahí que el NDT, refleje mayores cualidades. Según Muslera y Ratera,¹³² la acidez de un suelo provoca deficiencias nutricionales en las plantas como consecuencia del desequilibrio entre nutrientes. Esta situación afecta desigualmente a las plantas. Las principales modificaciones que se producen en la acidez son.

- Aumento de los contenidos de aluminio, manganeso y hierro
- Carencia de calcio, magnesio y potasio
- Carencia de molibdeno.

En este estudio se puede decir que el pasto Brasileiro está en un balance adecuado de estos minerales, no hay exceso de aluminio, por tanto no hay problemas de toxicidad, el molibdeno está disponible y las bases intercambiables como calcio, magnesio y potasio determinan una capacidad de intercambio catiónico ideal

¹³¹ URBANO TERRON, Pedro. Tratado de Fitotecnia General. Madrid. España: Mundi-Prensa Libros. 1992. p. 168.

¹³² MUSLERA y RATERA, Óp. Cit., p. 323.

Zapata H.¹³³ postula en cuanto al Aluminio que se ha visto que una pequeña concentración de aluminio tiene un efecto catalizador de la fotosíntesis, pero altas concentraciones floculan las proteínas de las plantas y causan pérdida de calcio y potasio de las células dañadas. Altos niveles de saturación de aluminio en el suelo reducen el crecimiento de las raíces, reduciendo la absorción de agua. En una segunda fase del daño, el aluminio obstaculiza la translocación de nutrientes a la parte aérea de la planta, manifestándose como deficiencias de fósforo, calcio y magnesio. Un pH de 5.5 precipita el Al intercambiable.

Para Navarro Blaya y Navarro García.¹³⁴ La presencia en el suelo de óxidos de hierro y aluminio tienen una gran influencia, puesto que la retención del molibdeno puede ser notablemente alta, principalmente en suelos ácidos y con contenidos elevados en los citados compuestos.

En este estudio no se encontraron contenidos considerables de aluminio por lo que se presume no van a existir problemas por antagonismo entre minerales.

6.6.2. Segundo componente principal: Alto contenido de fibra en el pasto. El segundo componente se identifica por una alta producción de biomasa y materia seca en un periodo corto de recuperación con un alto valor de fibra del pasto Brasileiro que se ve influenciado directamente por la velocidad de infiltración (Tabla 13).

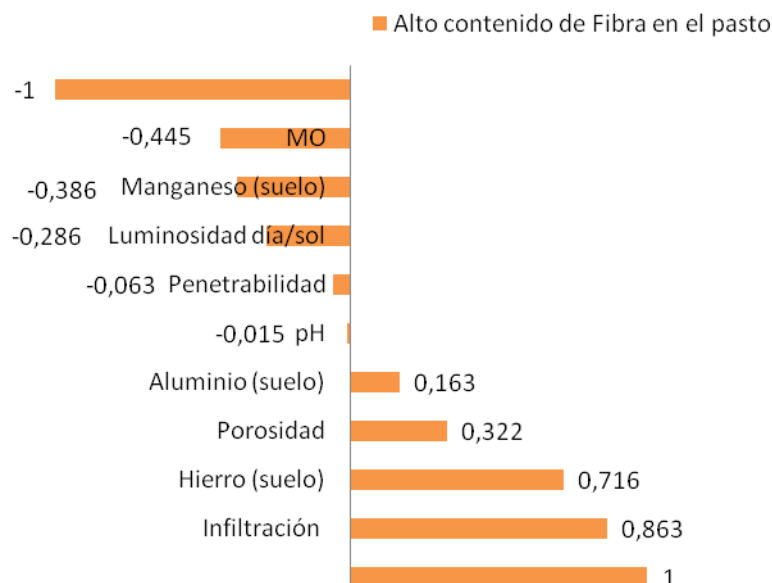
La correlación existente entre la producción de biomasa y el corto periodo de recuperación del pasto se da de manera inversa, es decir que a menor periodo de recuperación mayor producción de biomasa, la edad fisiológica tiene mucho que ver también con la concentración de la materia seca, esta relación es también inversa ya que a mayor edad fisiológica, la planta tiende a lignificarse y pierde el potencial de los nutrientes cuando está en las condiciones óptimas de corte o pastoreo, hay una relación inversa entre la materia seca y la proteína con la edad aumenta la primera y disminuye la segunda, haciendo también un forraje alto en fibra, lo que inhibe el consumo voluntario, por la baja palatabilidad y por ende la digestibilidad, ya que si este alimento es ofrecido a rumiantes los carbohidratos no estructurales van a estar en mayor proporción por lo tanto las bacterias ruminales disminuyen su eficacia.(Figura 12).

¹³³ ZAPATA HERNANDEZ, Op cit., p. 127 – 128.

¹³⁴ NAVARRO BLAYA, Simón y NAVARRO GARCIA, Gines. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Murcia. España: Mundi-Prensa Libros. Edición 2. 2003. p. 409.

Figura 12. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde Alto contenido de fibra del pasto.

Alto contenido de Fibra en el pasto



Según Castro Ramírez.¹³⁵ Las gramíneas tropicales tienen un potencial extraordinario, para la producción de biomasa forrajera, bajo condiciones de alta humedad, estas pueden producir seis veces más biomasa que las gramíneas de zona templada. A medida que la disponibilidad de agua se hace crítica, las diferencias entre zonas en el potencial de producción de forraje se hacen menos evidentes, hasta el punto que en condiciones de aridez no existen diferencias en la producción anual de forrajes entre pastizales de zona templada, subtropical o tropical.

Son muchos los factores determinantes de la calidad nutritiva de los forrajes. Entre ello se citan factores propios de la planta (especie, edad, morfología, etc.), factores ambientales (temperatura, precipitación, fertilidad del suelo) y factores de manejo que el hombre ejerce sobre la pastura (intensidad y frecuencia de defoliación).

¹³⁵ CASTRO RAMIREZ, Álvaro. Producción bovina. Costa Rica: EUNED. 1999. p. 107 – 109.

El factor más importante para determinar la calidad de los forrajes es la etapa del crecimiento fisiológico de la planta en el momento de segarla o pastorearla. La fecha de corte es la mejor determinación de la etapa de crecimiento fisiológico de una planta en una zona de cultivo. La calidad y cantidad de forraje están sometidas a factores que dependen de la naturaleza y del tipo de suelo, del tipo de praderas y de la renovación de las mismas.

Según Serrano Pérez.¹³⁶ La fibra cruda es uno de los componentes más importantes que afecta la palatabilidad de las partes verdes, se ha encontrado que los que tienen alto contenido de la misma son menos agradables al paladar y los que tienen bajo contenido de fibra son de muy buen sabor.

Cuando se tiene un suelo con buenas condiciones de humedad, el desarrollo del pasto Brasileiro, va a ser mas rápido, por ende la humedad o precisamente el agua, es el sustrato en el que se encuentran, los nutrientes, la planta fácilmente, va utilizar sus conductos xilema y floema, para llevar nutrientes y sacar desechos metabólicos en presencia de agua, la infiltración y la porosidad influyen de manera directa cuando esta propiedades están equilibradas el desarrollo de la planta es inminente tanto así que se llega a la madurez, mas rápido que cuando estas condiciones son adversas, esto quiere decir que la madurez trae consigo el aumento de la fibra si no se la controla por medios extrínsecos como lo es el pastoreo en el caso del pasto.

Según López y Porta.¹³⁷ Dado que la velocidad de infiltración depende de las características de la superficie del suelo, actuando sobre ellas se puede aumentar la cantidad de agua infiltrada y, al haber menos excedente disminuirá el riesgo de erosión, al tiempo que aumenta la reserva de agua disponible para las plantas.

Con respecto al aluminio afirma Wild y Russell,¹³⁸ que al aumentar las concentraciones de aluminio en el suelo o en la solución, se dan síntomas similares a la deficiencia en fosforo o calcio. Las raíces se hacen más susceptibles a las enfermedades, y se piensa que ciertas fisiopatías están causadas por exceso de aluminio.

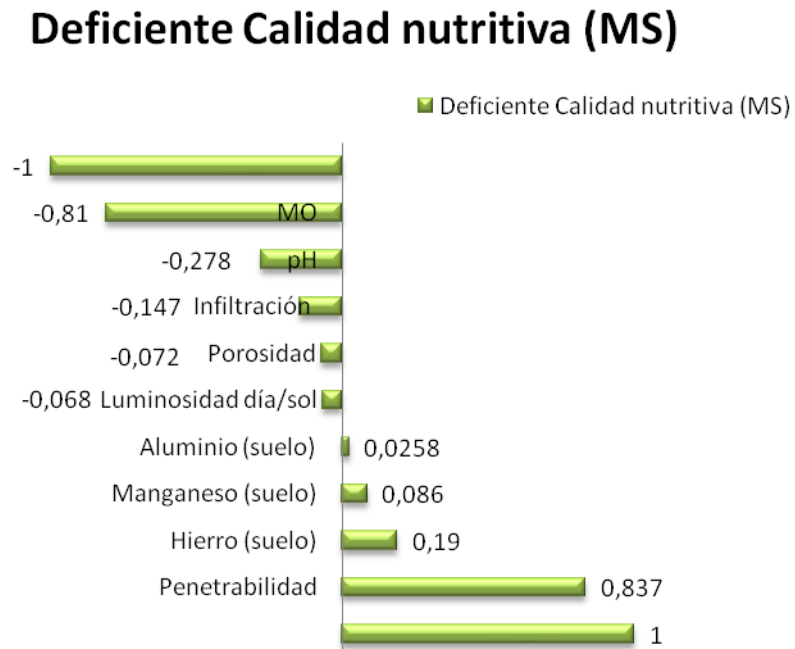
¹³⁶ SERRANO PEREZ, Vladimir. Ciencia Andina. Quito. Ecuador: Editorial Abya Yala. p.337

¹³⁷ LOPEZ ACEVEDO, Marta y PORTA CASANELLAS, Jaime. Edafología para la Agricultura y el medio ambiente. España: Mundi-Prensa Libros. 2003. p.688

¹³⁸ WILD, Alan y RUSSELL, E. J. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. España: Mundi-Prensa Libros. Madrid. 1992. p. 901.

6.6.3. Tercer componente principal: Deficiente Calidad Nutritiva (MS). El tercer componente determina una deficiente calidad nutritiva del pasto Brasileiro, lo cual se ve afectado directamente por el contenido de materia orgánica y en forma inversa con la densidad real y penetrabilidad, lo que significa que para obtener un mayor calidad del pasto Brasileiro se necesita tener un alto contenido de materia orgánica, un bajo porcentaje de densidad real y una penetrabilidad baja que permita un suelo suelto (Figura 13).

Figura 13. Diagrama del aporte de las variables cuantitativas del primer factor que corresponde Deficiente Calidad nutritiva (MS).



Estas relaciones se observan así, que cuando hay menos materia orgánica, la calidad del pasto es menor, y no conviene que la densidad real sea mayor ya que este es un indicativo de la presencia de humus cuanto más alto es el porcentaje de la densidad es mas bajo el contenido de humus en el suelo, cuando la densidad aumenta se hace menos factible la porosidad y por ende la vida microbiana que ha de transformar los desechos orgánicos, por tanto es necesario propender por tener un equilibrio constante de materia orgánica.

Para eso hay que tener en claro que las necesidades de humus según él, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura¹³⁹ varían con: La textura y la temperatura

La rapidez de la mineralización aumenta con la temperatura. Un alto nivel de materia orgánica es difícil y costoso de mantener, y no siempre se justifica, pero conviene no bajar nunca por debajo del nivel crítico, pues es difícil elevar el porcentaje de humus cuando se ha estabilizado en un nivel inferior al equilibrio húmico. Para establecer los aportes necesarios, hay que establecer previamente el inventario del humus para cada suelo.

6.6.4. Agrupación por clúster. En este análisis de los componentes, también se analiza unas agrupaciones de los lugares. Tabla 14 para que de esta manera se pueda identificar con datos reales los rangos para obtener una mayor producción de biomasa y calidad del pasto Brasileiro.

Como se aprecia en la Tabla 15 se puede deducir que el clúster 1 es el que le provee las condiciones propicias al pasto Brasileiro, para que de esta manera se obtenga una excelente producción y calidad nutritiva; a este clúster pertenecen los lugares de Santa Rosa muestra 1 2, 3 y Arvela muestra 2.

Este clúster se identifica por un bajo periodo de recuperación, una alta producción de biomasa en forraje verde (9,22 ton MS/ha/corte), y en materia seca (15,27%), además un pH de 5,85 lo que significa que el suelo es ligeramente ácido, una materia orgánica de 15 %, una penetrabilidad de 1,15 MPa, una velocidad de infiltración de 10,08 cm/h y una luminosidad en día soleado de 113,31 luxes. Todos estos datos comprueban las relaciones ya mencionadas para cada componente.

¹³⁹ INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. Compendio de agronomía tropical. Francia: IICA. 1989. p.40.

Tabla 14 Agrupación por clúster.

| Numero de Clúster | Sitios |
|-------------------|--------------|
| 3 | Arvela 1 |
| 1 | Arvela 2 |
| 3 | Arvela 3 |
| 2 | Cualapud 1 |
| 2 | Cualapud 2 |
| 2 | Cualapud 3 |
| 1 | Santa Rosa 1 |
| 1 | Santa Rosa 2 |
| 1 | Santa Rosa 3 |

Tabla 15 Peso de las variables de los tres clúster.

| | Clúster 1 | Clúster 2 | Clúster 3 |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| P. Recuperación | 55.25 | 60 | 55.5 |
| MS | 921.9 | 965.02 | 1378.43 |
| EE | 230.7 | 177.65 | 136.5 |
| FC | 1847.04 | 1669.07 | 2250.56 |
| Lignina | 388.5 | 270.25 | 528.13 |
| Calcio (pasto) | 13.31 | 8.103 | 9.69 |
| Fosforo (pasto) | 21.79 | 18.05 | 16.07 |
| Proteína verdadera | 923.38 | 699.01 | 567.5 |
| pH | 5.85 | 5.53 | 5.55 |
| MO | 15 | 16,6 | 13,4 |
| DR | 2.43 | 2.35 | 2.42 |
| Penetrabilidad | 1.15 | 1.1 | 1.07 |
| Infiltración | 10.08 | 7.96 | 12.27 |
| Porosidad | 65 | 63,1 | 62,8 |
| Aluminio (suelo) | 0 | 0.1 | 0 |
| Hierro (suelo) | 255.5 | 256.6 | 384 |
| Manganeso (suelo) | 6.85 | 2.86 | 5.2 |
| Luminosidad día/sol | 113.31 | 141.1 | 127.52 |
| Luminosidad día/nublado | 8.73 | 3.93 | 5.20 |

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 brasilero se debe encontrar en el suelo unas condiciones químicas favorables, como es un pH ligeramente ácido, un contenido de materia orgánica de 15 %; de las condiciones físicas del suelo una penetrabilidad de 1,83 MPa, velocidad de infiltración de aproximadamente 10,08 cm/h y por ultimo de las condiciones climáticas una luminosidad que en promedio este alrededor de 61,02 luxes.

6.7. GUÍA DE ESTABLECIMIENTO PASTO BRASILEIRO.

Este estudio fue realizado con el fin de llegar al productor con una guía práctica, para poder identificar las características que garantizan que el Pasto Brasileiro va a generar buenos resultados en la alimentación animal

Existen muchas variables o condiciones que hacen que el desarrollo del pasto sea el óptimo, algunas de ellas influyen de manera directa, es decir que cuando una aumenta la otra también, y de manera inversa, que cuando la una disminuye la otra también.

Las variables que condicionan la producción son del ambiente (climáticas), edáficas (suelo: químicas y físicas), biológicas (existencia de microorganismos en el suelo). Todas las anteriores van a influir en la calidad del pasto en su contenido de proteína, energía y demás nutrientes.

Cabe destacar a nivel de campo hay unas que son modificables y otras no, nunca se puede modificar por intervención del hombre las condiciones climáticas, temperatura, luz solar, lluvias, periodos de sequia etc, pero por otro lado si se puede modificar, las condiciones de suelo por intervención del hombre, lo mismo ocurre con las biológicas, por tanto a continuación se presentan las características apropiadas para que el pasto Brasileiro prospere con normalidad, en un rango comprendido entre 3050 y 3300 m.s.n.m.

- La temperatura específica del lugar, se estima entre 8 – 12 °C, cuando las temperaturas bajan el crecimiento se hace más lento, pero si suben el crecimiento es rápido pero se obtienen bajos niveles de proteína.
- La luminosidad es importante para que el pasto Brasileiro pueda desarrollar los procesos normales de la planta como la fotosíntesis para fabricar su propio alimento el rango lumínico ideal está entre 105 – 120 Klux en un día soleado y de 6 – 15 Klux en un día nublado
- El espacio poroso, (huecos), deben comprender gran parte del suelo, estando en una proporción de 60 – 67 %, para facilitar el desarrollo de la vida en el suelo, como la facilidad de entrada de agua y aire en el suelo.
- La infiltración o entrada de agua al suelo se debe dar de 8 a 11 cm/hora lo que se cataloga como suelo permeable, todo para que las condiciones de humedad sean las adecuadas en el subsuelo.

- Es conveniente tener un suelo medio o franco, que contenga proporción de arena, limo y arcilla, con contenido considerable de humus, cuando el suelo es arenoso este no retiene agua, cuando es arcilloso (barro) se presentan encharcamiento.
- El pH, define la acidez de un suelo, el ideal está entre 5.6 y 6.1, un descenso de pH, trae consigo aumento de aluminio, manganeso y deficiencias de molibdeno, el aluminio puede ser muy toxico cuando el pH está por debajo de 5.5, lo que a nivel de la practica implica una corrección, produciendo altos costos en labores como encalamiento.
- La materia orgánica, es indispensable para el desarrollo de la planta, ya que bien manejada provee de los nutrientes esenciales a la planta, como también habrá una relación mutua entre los organismos y el suelo, el porcentaje optimo es de 10 -18% si este se baja el desarrollo decrece, pero si es demasiado alto influye en la acidez del suelo, si se van a realizar enmiendas con residuos orgánicos es conveniente tratar primero con cal estos residuos.
- Es fundamental que en el suelo haya animalitos, como cucarrones, cochinillos y sobre todo lombrices que son muy benéficas para el suelo y la planta.
- Ya que el pasto es un hibrido, es decir que no existe semilla, se debe sembrar con material vegetativo, y el suelo debe estar muy suelto para que las raíces profundicen y se desarrollen con facilidad.
- Una vez establecido el lote es necesario prestarle mucha atención a la edad, es necesario establecer una edad de corte si el pasto va ser utilizado para la alimentación en cuyes o para pastoreo si va ser utilizado para vacas y dicho periodo está entre los días 55 – 60. Cuando se pasa aumenta el contenido de fibra haciendo que los animales lo rechacen.
- Para no tener problemas de compactación con este pasto es necesario pastorearlo o cortarlo a los 55 – 60, ya que en esta etapa de desarrollo lo mas importante de la planta es el follaje, si se deja madurar el pasto este con sus raíces profundizara el suelo haciendo que se compacte, ocupando los espacios porosos
- Es necesario controlar la carga animal, para que no haya problemas de compactación por sobrepastoreo, así como también los rebrotes sean consumidos por los animales cuando están en exceso y las praderas en la finca en déficit.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES.

- Dentro de las propiedades químicas del suelo el pH óptimo para el pasto Brasileiro, está entre 5.6 – 6.1, se encontró que los descensos de pH, traen consigo un aumento de aluminio.
- La capacidad de intercambio cationico CIC alta, tiene una influencia con la asimilación de nutrientes de la solución del suelo por parte del pasto Brasileiro.
- De las tres zonas de estudio para el pasto Brasileiro, Arvela registró la mayor producción con 12.46 ton/ms/corte en Santa Rosa se obtuvo la menor producción con 9,02 ton/ms/corte, mas sin embargo la proteína verdadera fue la menor en Arvela con 11.28 % y la mayor en Santa Rosa con 17,85%. Cualapud se mantiene en el rango intermedio para los dos parámetros.
- Para el suelo Franco Arenoso, se encontró, que la lombriz de tierra es la que mayor presencia tuvo en este tipo de textura.
- En el análisis de componentes principales (ACP), permitió expresar el 68% de toda la variabilidad de los datos introducidos al análisis.
- La luminosidad es fundamental para el desarrollo del pasto Brasileiro ya que necesita entre 105 – 120 Klux en el día soleado, la mayor luminosidad se obtuvo en Cualapud ya que es el lugar alto y los menores en Santa Rosa que es el menor, teniendo en cuenta que la intensidad de los rayos solares es mayor en las zonas altas, y menor a medida que baja, pero la resistencia del brillo solar se da más en las zonas bajas ofreciendo mejores condiciones para la toma de luz.
- El pH tiene una relacion directa con el numero de individuos, ya que a un pH de 5,73 se obtuvieron en promedio 1984 individuos/m², y a un pH de 5,53 se encontro un valor mas bajo de individuos por metro cuadrado siendo de 672 individuos/m².

7.2. RECOMENDACIONES

- Reconocer el pasto brasileiro como una especie de gran importancia en la zona lechera, ya que se adapta bien a alturas entre 3050 y 3300 m.s.n.m. donde se encuentra la mayor parte de la cuenca lechera del departamento de Nariño y aun se la considera como maleza, se debe pensar en incluirla en la dieta como pasto de corte o pastoreo en la alimentación del ganado vacuno.
- Manejar el pasto Brasileiro en pastoreo, como en corte teniendo un control adecuado del forraje, es necesario que este llegue a la edad fisiológica de la prefloración entre 54 y 60 días, donde la acumulación de nutrientes tales como la proteína están en un alto porcentaje, dejar pasar la edad del pasto trae consigo aumentos de lignina y fibra, convirtiendo a la gramínea en una especie poco gustosa y poco digestible.
- Incluir materia orgánica para mantener un rango entre 10 y 18% , ya que es el óptimo para el pasto Brasileiro, tratando de mantener propiedades como el pH entre 5.6 y 6.0, para que la enmienda no provoque acidez se debe trabajar conjuntamente con cal para que actúe como agente tampón o buffer, además se debe trabajar en los niveles de pH y MO, para tener una capacidad de intercambio catiónico óptima que permita que haya mineralización y por consiguiente movilización de nutrientes del suelo a la planta.
- Desarrollar convenientemente la ubicación del pasto Brasileiro en los suelos francos o medios de las fincas, ya que en los suelos arcillosos se presenta dificultades con el drenaje e inundaciones y en suelos arenosos se presentan bajos valores de capacidad de campo.
- Acondicionar el suelo preferiblemente con agentes cercanos a la neutralidad como es el lombricompostado para que no se altere las demás propiedades, observando efectos de acidez con la gallinaza o porquinaza.

BIBLIOGRAFÍA

- AMEZQUITA, E, *et al.* Revista de Ciencias Agrícolas, Susceptibilidad a la compactación en diferentes sistemas de suelos en los llanos orientales de Colombia. Pasto Colombia: Volumen XIX, numero I – II, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 2002. p. 205.
- Área de Edafología y Química Agrícola. Facultad de ciencias. Universidad de Extremadura: Determinación de Nitrógeno total. España [on line] abril 2005. [citado: febrero 6 de 2009]. En:
<http://www.unex.es/edafo/ECAP/ECAL4Pract8Ini.htm>.
- ARIAS JIMENEZ, Ana Cecilia. Suelos tropicales. Costa Rica: EUNED, 2005. p. 165.
- ARTEAGA, C. Establecimiento y manejo de pastos y forrajes. Pasto Colombia. modulo 3, s.n.1998. p. 58
- BERNAL EUSSE, Javier, Pastos y Forrajes tropicales, Producción y Manejo. Colombia: Cuarta edición. Ángel Agro, Ideagro, 2003. p.421.
- _____ Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. Bogotá Colombia: Banco ganadero. 1994. p. 575.
- BERLIN, Johan y BERNARDON Álvaro. Pastizales naturales: Manuales para la educación agropecuaria. México: Trillas. 1992. p. 78.
- _____ Cultivos Forrajeros, Área de producción vegetal, México: Editorial Trillas, 1983, p.90.
- CAMPOS ARANDA, Daniel Francisco. Agroclimatología Cuantitativa de Cultivos, México: Editorial Trillas, 2005. p. 320.
- CASANOVA, Eduardo. Introducción a la Ciencia del Suelo. Editorial, Caracas. Venezuela: CDCH UCV. Enero de 2006. p. 453.
- CASTRO RAMIREZ, Álvaro. Ganadería de Leche. Enfoque Empresarial. Costa Rica: EUNED. 2002. p. 285.
- _____ Producción bovina. Costa Rica: EUNED. 1999. p.428. CAVAZOS, Teresita y RODRIGUEZ, Octavio. Manual de prácticas de física de suelos. México: Trillas. 1992. p. 99.

- CLAVIJO MÉNDEZ, Jairo Alfonso. Profesor de Estadística. Universidad del Tolima, Monografias.com, [on line]. [citado: Febrero 23 de 2009.]. En: <http://www.monografias.com/trabajos15/analisis-acp/analisis-acp.shtml>.
- Centro de Recursos Ambientales de Navarra, [on line]. Enero 2008. [citado: febrero 6 de 2009]. En: http://www.crana.org/archivos/quienes_somos/pool/01_01_2005/2-LUX%C3%93METRO.pdf
- Compendio tesis y otros trabajos de grado: Documentación y pie de página. Segunda actualización. Santa Fe de Bogotá. Colombia: ICONTEC. p. 7.
- _____ Referencias Bibliográficas para libros, folletos e informes. Segunda actualización. Santa Fe de Bogotá. Colombia: ICONTEC. p. 15.
- _____ Referencias Documentales para fuentes de información. Santa Fe de Bogota. Colombia: ICONTEC. p. 23.
- CORTES LOMBANA, Abdón. Suelos Colombianos. Una Mirada desde la Academia, Bogota D. C: Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano,. 2004. p.198.
- _____ Segundo Seminario de Ecología y del Medio Ambiente: Suelo y Vida: Uso, Manejo y Recuperación. Serie Vida. Nº 2. Bogota: Fundación Alma 1987. p. 147.
- DOMENECH, Xavier y PERAL, José. Química ambiental de sistemas terrestres. Barcelona. España: Reverté, 2006. p. 239.
- ENCICLOPEDIA MICROSOFT ENCARTA Online 2008 En: <http://es.encarta.msn.com> © 1997-2008 Microsoft Corporation
- ENCICLOPEDIA WIKIPEDIA, España, [on line].Mayo 2008. [citado: febrero 6 de 2009]. En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Higr%C3%B3metro>.
- _____ España, [on line]. Enero 2008. [citado: febrero 6 de 2009]. En: http://es.wikipedia.org/wiki/Penetr%C3%B3metro_din%C3%A1mico.
- _____ España, [on line]. Junio 2008. [citado: febrero 6 de 2009]. En: <http://es.wikipedia.org/wiki/Alt%C3%ADmetro>.
- EQUIPO DE EXPECTATIVAS ECONÓMICAS, Sessions and Papers - CIRET Conferences, 29th CIRET Conference 2008. Análisis de Correspondencias

Múltiples (ACM) Para la EOE-Venezuela. Santiago, Chile. [on line]. [citado: Febrero 23 de 2009.]. En:
<https://www.ciret.org/conferences/santiago2008/papers/abstract?paperid=29148>

- ESTRADA ALVAREZ, JULIAN. Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales: Universidad de Caldas. 2002. p. 511.
- FASSBENDER, Hans W y BORNEMISZA, Elemer. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. San José de Costa Rica: Edición II. IICA 1987. 1994. p.420.
- FIGUEREDO DE URREGO, Edith y URREGO MEDINA, Carlos Julio. Practicas agroecologicas, Colombia : fondo FEN, 1994. p.243.
- FORERO BARRERA, Gilma Inés. Manual granja integral autosuficiente. Bogotá. Colombia: Editorial San Pablo. 2004. p. 304.
- GARCIA CONDE, Mary Ruth, *et al.* Fundación Hogares Juveniles Campesinos. Bogotá. Colombia: Editorial San Pablo. 2005. p. 192.
- GLIESSMAN, Stephen R. Agroecología: Procesos ecológicos en Agricultura Sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica : CATIE. 2002. p. 358.
- HARDY, Frederick. Suelos tropicales: Pedología tropical con énfasis en América. México: Herrero hermanos, 1970. p. 334.
- Henríquez, Maximiliano. Hurtado Gonzalo, *et al.* Bogota. [on line]. Abril 2007. [citado: febrero 6 de 2009]. En:
<http://www.ideam.gov.co/infoanual/informe%20anual%20CAP2.pdf>
- INGARAMO, Octavio E. *et al.* Evaluación de la densidad aparente en diferentes sistemas de laboreos de suelo, en el NO de la Península Ibérica. Universidad Nacional del Noreste. 2003. [on line]. [citado: Febrero 27 de 2009.]. En:
<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-032.pdf>.
- INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODDAZZI. Guachucal, Nariño, Colombia, Sitio oficial web. Información General, Geografía, [on line]. Noviembre 27 de 2006, [citado: Febrero 24 de 2009]. En: <http://guachucal-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=M-n1--&m=f&s=m#ecologia>
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA. Compendio de agronomía tropical. Francia: IICA. 1989. p.40.

- LEON, Regulo. Permeabilidad y Pendiente: El Movimiento de Aire y de Agua en el suelo. España. [on line]. 22 de febrero de 2007. [citado febrero 6 de 2009]. En <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/02/22/59780.aspx>
- LOPEZ ACEVEDO, Marta y PORTA CASANELLAS, Jaime. Edafología para la Agricultura y el medio ambiente. España: Mundi-Prensa Libros. 2003. p.929.
- MANCILLA, Luis E y VALBUENA, Nora Josefina, Pastos y Forrajes. Conferencia: La agricultura forrajera sustentable con el manejo de los bovinos a pastoreo. Programa de Ingeniería en Producción Animal, Guanare, Venezuela: UNELLEZ. 2002. p. 18.
- McLLROY, R.J. Introducción al cultivo de los pastos tropicales: Mejoramiento de los pastizales. México: Limusa, 1987. p. 168.
- Mejor pasto: Índice de área foliar (IAF). Argentina. [on line]. Abril 2007. [citado febrero 6 de 2009]. En: <http://www.mejorpasto.com.ar/content/view/227/115/>.
- MÉNDEZ ESTRADA, Víctor Hugo y MONJE NAJERA, Julián. Costa Rica: Historia natural. Costa Rica: EUNED. 2003. p. 280.
- MOLINA, Cesar. *et al.* Avances de la investigación en pastizales en las zonas altas de los Andes. Mérida: FONAIAP divulga. N7. [on line], noviembre – diciembre. 1982. [citado febrero 6 de 2009]. En: <http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul/fd07/texto/avances.htm> 2.
- MONSALVE, Silvio. *et al*, Factores ecológicos en la producción de forrajes: Pastos y forrajes. Antioquia. Colombia: Ministerio de Agricultura, ICA. 1979. p. 452.
- MORALES ESTUPIÑÁN, Juan Pastor. Compendio de Agronomía. Segundo Año. Segunda Parte, Ciudad de La Habana, Cuba. 2002. p. 340
- MOSQUERA, Carlos, Tabla de niveles de elementos en el suelo. 1997
- MUSLERA PARDO, E y RATERA GARCIA, C. Praderas y Forrajes, producción y aprovechamiento. Madrid. España: Mundiprensa.1991. p. 425.
- McVAY, Kent A. y RICE, Charles W. El carbono orgánico del suelo y el ciclo global del carbono, Universidad del Estado de Kansas, Estados Unidos, octubre 2002. [On line]. [citado, marzo 3 de 2009]. En:

<http://www.oznet.ksu.edu>

- NAVARRO BLAYA, Simón y NAVARRO GARCIA, Gines. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. . Murcia. España: Mundi-Prensa Libros. Edición 2. 2003. p. 409.
- PADILLA ALVAREZ, Francisco Y PADILLA CUESTA, Antonio. Zoología aplicada. Montería. Córdoba: Ediciones Díaz de Santos. 2003. p.488
- PEZO, Danilo e IBRAHIM, Muhammad. Sistemas Silvopastoriles. Modulos de enseñanza Agroforestal. Turrialba. Costa Rica: CATIE. 1999. p. 263.
- PIRELA, Manuel. Valor nutritivo de los pastos tropicales: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Venezuela. Manual Ganadería Doble Propósito. [on line].2005. [citado febrero 6 de 2009]. En: http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manualganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf.
- PORTA CASANELLAS, Jaume, LOPEZ, Marta y POCH, Rosa. INTRODUCCION A LA EDAFOLOGIA, Uso y protección del Suelo. Departamento de medio ambiente y ciencias del suelo. Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 2008. p.301.
- RAEBUM, J. Agricultura, bases, principios y desarrollo. Costa Rica: Editorial Reverte. 1987. p. 400.
- RIVERA BARRERO, Julio Cesar. Producción de Bovinos, Carne y Doble Propósito. San Juan de Pasto, Colombia : s.n. 1999. p. 117.
- RODRIGUEZ FUENTES, Humberto y RODRIGUEZ ABSI, José. Metodos de análisis de suelos y plantas, Criterios de interpretación. México: Trillas: UANL. 2002. p. 196.
- RUIZ, Manuel E y RUIZ, Arnoldo. NUTRICION DE RUMIANTES: Guía metodológica de investigación. San José de Costa Rica: ICCA RISBAL. 1990. p.344.
- SANTOS MACIAS, Amelia. Ciencia combinada Nuffield: Guía del profesor.. Estados Unidos: Signal Books. 1975. p.409.
- SALMANCA SANABRIA, Rafael. Suelos y Fertilizantes. Bogotá, D.E. Colombia: Universidad Santo Tomas, USTA1990. p.82.

- _____ Tecnología Agrícola. Bogotá: UNISUR. 1991. p. 460
- SAZ. LABORATORIO DE ANÁLISIS. ANÁLISIS DE SUELOS. Densidad Real. [on line]. [citado: Febrero 27 de 2009.]. En: <http://usuarios.lycos.es/zandoli/web3/Suelo%20densidad%20real.html#b1>
- SERRANO PEREZ, Vladimir. Ciencia Andina. Quito. Ecuador: Editorial Abya Yala. 1999. p.388.
- SIERRA POSADA, José Oscar. Fundamentos para el establecimiento de pasturas y cultivos forrajeros. Medellín. Colombia: Universidad de Antioquia. Edición 2. 2005. p.244.
- SOLLA. Pastos de Corte para el trópico, Colombia, [on line], Martes 19 de Agosto de 2008. [citado febrero 6 de 2009]. En: http://www.solla.com/index.php?option=com_content&task=view&id=542&Itemid=3242
- SORIANO, María y PONS MARTI, Vicente. Prácticas de edafología y climatología. México: Alfa omega, Universidad Politécnica de Valencia, 2004. p.80.
- SOLLA. Pastos de Corte para el trópico, Colombia, [on line], Martes 19 de Agosto de 2008. [citado febrero 6 de 2009]. En: http://www.solla.com/index.php?option=com_content&task=view&id=542&Itemid=3242
- SUELOS DE COLOMBIA, INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Origen, Evolución, Clasificación, Distribución y Uso. Subdirección de Agrología. Bogota D.C. 1995. p. 632.
- THOMPSON, L,M, y TROEH, Frederick, R. Los Suelos y su fertilidad. s.n. Editorial Reverte. Cuarta Edición, 1998. p.672.
- URBANO, Diannelis. Uso del pasto brasilero en las zonas altas merideñas. Mérida. Centro de investigaciones agropecuarias: FONAIAP. [on line]. Julio 1982. [citado febrero 6 de 2009]. En: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/pasto2.htm> 1.
- URBANO TERRON, Pedro. Tratado de Fitotecnia General. Madrid. España: Mundi-Prensa Libros. 1992. p. 865.
- VALDES. Araucaria, Thursday, September 22, 2005, densidad aparente. [on line]. [citado: Febrero 27 de 2009.]. En:

http://74.125.113.132/search?q=cache:kXoHrt_lf1UJ:araucarias.blogspot.com/2005/09/densidad-aparente.

- VARGAS BONILLA, Ricaurte, Tecnología Agropecuaria: Pastos y Forrajes. Bogotá. Colombia: Sexta edición. ICFES. 1987. p.244.
- WILD, Alan y RUSSELL, E. J. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. España: Mundi-Prensa Libros. Madrid. 1992. p. 1045.
- ZAPATA HERNANDEZ, Raúl D. Química de la acidez del suelo. Medellín. Colombia. 2004. p. 208.
- ZÚÑIGA, Francisco Bautista y PALACIO, Álvaro Gerardo. Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. México: Instituto Nacional de Ecología. 2005. p. 281.

ANEXOS

Anexo A. Datos del análisis bromatológico del pasto Brasileiro en las tres zonas.

| ANALISIS MS | SANTA ROSA | | | CUALAPUD | | | ARVELA | | |
|---------------------|------------|-------|-------|----------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| MS (g/m2) | 890,9 | 919,5 | 895 | 1146 | 766,7 | 982,3 | 1412 | 982,2 | 1345 |
| CENIZA (g/m2) | 831,4 | 854 | 774,1 | 531,4 | 793,7 | 657,8 | 715,7 | 921,7 | 714,9 |
| EE (g/m2) | 264,3 | 236,3 | 244,3 | 182,5 | 171,1 | 179,4 | 136,5 | 177,9 | 136,5 |
| FC (g/m2) | 1969 | 1746 | 1665 | 1576 | 1814 | 1618 | 2338 | 2008 | 2163 |
| P CRUDA (g/m2) | 1581 | 1439 | 1376 | 876,2 | 1025 | 994,8 | 759,9 | 1458 | 749,7 |
| ENN (g/m2) | 1754 | 1324 | 1841 | 2034 | 1696 | 1750 | 2550 | 1741 | 2341 |
| FDN (g/m2) | 3385 | 2875 | 2929 | 2895 | 3095 | 2856 | 4005 | 3635 | 3836 |
| FDA (g/m2) | 2216 | 1806 | 1887 | 1884 | 2013 | 1804 | 2506 | 2200 | 2553 |
| LIGNINA (g/m2) | 444,8 | 375,8 | 301,5 | 406,1 | 154 | 250,6 | 570,7 | 432,2 | 485,6 |
| CELULOSA (g/m2) | 1772 | 1430 | 1586 | 1478 | 1859 | 1554 | 1935 | 1768 | 2067 |
| HEMICELULOSA (g/m2) | 1169 | 1069 | 1042 | 1010 | 1082 | 1052 | 1500 | 1435 | 1283 |
| CALCIO(g/m2) | 12,8 | 12,32 | 12,39 | 7,28 | 7,15 | 9,88 | 7,8 | 15,75 | 11,59 |
| FOSFORO (g/m2) | 24,32 | 19,04 | 23,01 | 18,72 | 20,35 | 15,08 | 16,9 | 20,79 | 15,25 |
| MAGNESIO(g/m2) | 9,6 | 10,08 | 8,85 | 6,24 | 8,25 | 6,24 | 6,5 | 9,45 | 7,93 |
| AZUFRE (g/m2) | 17,28 | 12,32 | 14,75 | 8,84 | 9,35 | 10,4 | 13,65 | 11,97 | 10,37 |
| NITROGENO T (g/m2) | 252,8 | 166,9 | 180,5 | 140,4 | 163,9 | 159,1 | 121,6 | 233,1 | 120,2 |
| P VERDADERA (g/m2) | 1124 | 725,8 | 846,7 | 638 | 712,8 | 746,2 | 572,7 | 996,7 | 562,4 |
| NDT (Kg/m2) | 4,387 | 3,785 | 4,007 | 3,516 | 3,52 | 3,433 | 4,133 | 4,11 | 3,856 |

Anexo B. Coeficientes de variación para las variables productivas.

| ANALISIS | Media | Desviación Estándar | Coeficiente Variación |
|--------------------------------|-------|---------------------|-----------------------|
| Periodo de recuperación (días) | 56,89 | 2,76 | 4,85 |
| Pcc Biomasa (Kg. fv/m2) | 5,86 | 0,50 | 8,59 |

Anexo C. Coeficientes de variación para las variables Climáticas.

| DATOS | Media | Desviación Estándar | Coeficiente Variación |
|----------------------------|---------|---------------------|-----------------------|
| ALTITUD (msnm) | 3150,00 | 43,30 | 1,37 |
| LUMINOSIDAD SOLEADO (klux) | 125,74 | 13,52 | 10,75 |
| LUMINOSIDAD NUBLADO (klux) | 35,84 | 17,83 | 49,74 |
| TEMPERATURA (°C) | 10,67 | 1,00 | 9,38 |
| H, RELATIVA % | 0,86 | 0,00 | 0,00 |
| PRECIPITACION mm/anuales | 923,34 | 0,00 | 0,00 |

Anexo D. Coeficientes de variación para las variables Edáficas.

| ANALISIS | Media | Desviación Estándar | Coeficiente Variación |
|---------------------------------------|--------------|----------------------------|------------------------------|
| Ph | 5,678 | 0,249 | 4,384 |
| MAT, ORGANICA% | 0,156 | 0,044 | 28,485 |
| Dens, Real g/cc | 2,404 | 0,112 | 4,641 |
| Den, Aparente (g/cc) | 0,867 | 0,071 | 8,159 |
| Capacidad de Campo % | 0,471 | 0,069 | 14,728 |
| Penetrabilidad (MPa/cm ²) | 1,117 | 0,117 | 10,501 |
| Infiltración (cm/h) | 9,863 | 2,032 | 20,605 |
| Porosidad % | 0,640 | 0,024 | 3,778 |
| CIC (meq/100 g) | 36,244 | 7,582 | 20,919 |
| Fosforo (ppm) | 83,789 | 110,724 | 132,146 |
| Ca (meq/100 g) | 13,978 | 6,490 | 46,433 |
| Mg (meq /100 g) | 5,701 | 2,862 | 50,206 |
| K (meq/100g) | 2,053 | 1,129 | 54,994 |
| Al (meq/100g) | 0,033 | 0,100 | 300,000 |
| Fe (ppm) | 284,444 | 78,248 | 27,509 |
| Mn (ppm) | 5,156 | 2,934 | 56,908 |
| Cu (ppm) | 3,587 | 1,537 | 42,857 |
| Zinc (ppm) | 8,578 | 8,824 | 102,865 |
| Boro (ppm) | 0,397 | 0,202 | 51,047 |
| N total % | 0,006 | 0,001 | 22,797 |
| Carbono Organico % | 0,090 | 0,026 | 28,597 |
| S disponible (ppm) | 12,609 | 7,221 | 57,270 |

* Variables que entraron al Diseño ACP.

Anexo E. Coeficientes de variación para las variables Bromatológicas.

| ANALISIS | Media | Desviación Estándar | Coeficiente Variación |
|-----------------|--------|------------------------|-----------------------|
| MS | 1037,7 | 218,4 | 21,0 |
| CENIZA | 755,0 | 116,1 | 15,4 |
| EE | 192,1 | 46,1 | 24,0 |
| FC | 1877,4 | 260,8 | 13,9 |
| P CRUDA | 1140,1 | 324,4 | 28,5 |
| ENN | 1892,3 | 367,4 | 19,4 |
| FDN | 3279,1 | 450,1 | 13,7 |
| FDA | 2096,7 | 288,6 | 13,8 |
| LIGNINA | 380,1 | 127,0 | 33,4 |
| CELULOSA | 1716,7 | 217,6 | 12,7 |
| HEMICELULOSA | 1182,4 | 181,7 | 15,4 |
| CALCIO | 10,8 | 2,9 | 27,4 |
| FOSFORO | 19,3 | 3,2 | 16,7 |
| MAGNESIO | 8,1 | 1,5 | 18,5 |
| AZUFRE | 12,1 | 2,7 | 22,7 |
| NITROGENO T | 170,9 | 45,8 | 26,8 |
| P VERDADERA | 769,5 | 189,8 | 24,7 |
| NDT | 3,9 | 0,3 | 8,5 |

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

| | PR | BIOMASA | MS | CENIZA | EE | FC | PROTC | ENN | FDN | FDA | LIG | CEL | HEMICEL | CaB | PB | MgB |
|---------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| PR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BIOMASA | -0,87 | | | | | | | | | | | | | | | |
| MS | -0,05 | 0,34 | | | | | | | | | | | | | | |
| CENIZA | -0,82 | 0,54 | -0,45 | | | | | | | | | | | | | |
| EE | -0,08 | -0,02 | -0,68 | 0,36 | | | | | | | | | | | | |
| FC | -0,67 | 0,85 | 0,62 | 0,30 | -0,48 | | | | | | | | | | | |
| PROTC | -0,43 | 0,22 | -0,71 | 0,73 | 0,86 | -0,25 | | | | | | | | | | |
| ENN | -0,07 | 0,41 | 0,88 | -0,48 | -0,68 | 0,64 | -0,74 | | | | | | | | | |
| FDN | -0,65 | 0,83 | 0,68 | 0,21 | -0,55 | 0,97 | -0,30 | 0,72 | | | | | | | | |
| FDA | -0,59 | 0,79 | 0,69 | 0,12 | -0,54 | 0,95 | -0,37 | 0,76 | 0,97 | | | | | | | |
| LIG | -0,41 | 0,69 | 0,79 | -0,02 | -0,23 | 0,71 | -0,15 | 0,61 | 0,74 | 0,71 | | | | | | |
| CEL | -0,55 | 0,64 | 0,46 | 0,17 | -0,58 | 0,84 | -0,40 | 0,65 | 0,86 | 0,91 | 0,36 | | | | | |
| HEMICEL | -0,68 | 0,81 | 0,59 | 0,34 | -0,52 | 0,91 | -0,16 | 0,57 | 0,93 | 0,82 | 0,70 | 0,68 | | | | |
| CaB | -0,74 | 0,46 | -0,23 | 0,72 | 0,43 | 0,11 | 0,73 | -0,37 | 0,14 | 0,06 | 0,21 | -0,04 | 0,24 | | | |
| PB | -0,33 | 0,30 | -0,64 | 0,51 | 0,78 | -0,17 | 0,79 | -0,43 | -0,20 | -0,20 | -0,15 | -0,18 | -0,17 | 0,38 | | |
| MgB | -0,66 | 0,37 | -0,54 | 0,88 | 0,64 | 0,05 | 0,84 | -0,62 | -0,04 | -0,06 | -0,04 | -0,06 | 0,01 | 0,74 | 0,66 | |
| SB | -0,57 | 0,69 | -0,13 | 0,49 | 0,64 | 0,29 | 0,62 | -0,05 | 0,22 | 0,20 | 0,35 | 0,05 | 0,22 | 0,48 | 0,64 | 0,50 |
| NTB | -0,46 | 0,32 | -0,64 | 0,66 | 0,68 | -0,11 | 0,89 | -0,56 | -0,10 | -0,16 | -0,10 | -0,16 | 0,01 | 0,68 | 0,78 | 0,67 |
| PROTVR | -0,45 | 0,33 | -0,62 | 0,61 | 0,71 | -0,12 | 0,88 | -0,52 | -0,11 | -0,17 | -0,09 | -0,17 | -0,02 | 0,67 | 0,79 | 0,63 |
| NDT | -0,80 | 0,93 | 0,13 | 0,57 | 0,33 | 0,62 | 0,49 | 0,19 | 0,59 | 0,55 | 0,63 | 0,36 | 0,59 | 0,57 | 0,54 | 0,52 |
| pH | -0,50 | 0,34 | -0,30 | 0,72 | 0,26 | 0,10 | 0,60 | -0,39 | 0,05 | -0,16 | 0,04 | -0,23 | 0,36 | 0,53 | 0,36 | 0,50 |
| MO | 0,11 | 0,07 | -0,18 | 0,17 | 0,05 | 0,07 | 0,19 | -0,18 | 0,00 | -0,13 | 0,05 | -0,20 | 0,22 | -0,23 | 0,23 | -0,01 |
| DR | -0,20 | -0,07 | 0,13 | 0,03 | 0,05 | -0,17 | 0,06 | -0,03 | -0,11 | -0,10 | 0,02 | -0,15 | -0,11 | 0,51 | -0,24 | 0,13 |
| DA | 0,23 | -0,12 | 0,36 | -0,55 | -0,11 | -0,16 | -0,39 | 0,48 | -0,09 | -0,04 | 0,05 | -0,08 | -0,16 | -0,20 | -0,20 | -0,49 |
| CC | -0,26 | 0,47 | 0,12 | 0,25 | 0,35 | 0,25 | 0,34 | 0,04 | 0,15 | 0,03 | 0,45 | -0,22 | 0,33 | 0,18 | 0,27 | 0,15 |
| PENETR | 0,12 | -0,28 | -0,02 | -0,12 | 0,33 | -0,43 | 0,22 | -0,27 | -0,40 | -0,41 | -0,02 | -0,52 | -0,34 | 0,43 | -0,22 | 0,01 |

Anexo F. Continuación.

| | PR | BIOMASA | MS | CENIZA | EE | FC | PROTC | ENN | FDN | FDA | LIG | CEL | HEMICEL | CaB | PB | MgB |
|---------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|
| INFILTR | -0,71 | 0,85 | 0,45 | 0,29 | -0,15 | 0,79 | -0,05 | 0,58 | 0,76 | 0,76 | 0,54 | 0,69 | 0,68 | 0,26 | 0,04 | 0,09 |
| POROS | -0,43 | 0,10 | -0,37 | 0,70 | 0,20 | 0,07 | 0,53 | -0,62 | 0,02 | -0,04 | -0,06 | -0,02 | 0,10 | 0,60 | 0,10 | 0,69 |
| CIC | 0,01 | 0,00 | -0,50 | 0,39 | 0,47 | -0,22 | 0,63 | -0,59 | -0,27 | -0,41 | -0,08 | -0,50 | -0,02 | 0,19 | 0,49 | 0,35 |
| PS | -0,27 | 0,06 | -0,21 | 0,55 | 0,44 | -0,05 | 0,55 | -0,59 | -0,18 | -0,25 | 0,13 | -0,42 | -0,03 | 0,47 | 0,15 | 0,68 |
| CaS | -0,42 | 0,27 | -0,37 | 0,70 | 0,57 | -0,05 | 0,79 | -0,59 | -0,13 | -0,28 | 0,13 | -0,45 | 0,13 | 0,63 | 0,48 | 0,70 |
| MgS | -0,45 | 0,26 | -0,43 | 0,71 | 0,72 | -0,11 | 0,86 | -0,64 | -0,20 | -0,30 | 0,09 | -0,45 | -0,02 | 0,70 | 0,56 | 0,82 |
| KS | -0,10 | 0,05 | -0,35 | 0,52 | 0,40 | -0,03 | 0,53 | -0,60 | -0,18 | -0,31 | 0,01 | -0,41 | 0,03 | 0,19 | 0,23 | 0,49 |
| AIS | 0,69 | -0,49 | 0,19 | -0,72 | -0,08 | -0,43 | -0,31 | 0,14 | -0,32 | -0,28 | 0,08 | -0,41 | -0,36 | -0,44 | -0,06 | -0,47 |
| FeS | -0,29 | 0,32 | 0,48 | -0,13 | -0,46 | 0,48 | -0,52 | 0,65 | 0,51 | 0,64 | 0,21 | 0,73 | 0,25 | -0,13 | -0,23 | -0,12 |
| MnS | -0,25 | 0,31 | -0,11 | 0,32 | 0,56 | 0,05 | 0,42 | -0,16 | -0,10 | -0,13 | 0,15 | -0,26 | -0,05 | 0,19 | 0,37 | 0,40 |
| CuS | -0,14 | -0,09 | -0,01 | 0,01 | 0,11 | -0,19 | -0,01 | 0,00 | -0,18 | -0,12 | -0,21 | -0,04 | -0,25 | 0,27 | -0,12 | 0,09 |
| ZnS | -0,21 | 0,05 | -0,22 | 0,51 | 0,47 | -0,06 | 0,53 | -0,57 | -0,21 | -0,28 | 0,12 | -0,45 | -0,06 | 0,39 | 0,15 | 0,62 |
| BoroS | -0,51 | 0,73 | 0,14 | 0,45 | 0,33 | 0,52 | 0,41 | 0,08 | 0,42 | 0,32 | 0,60 | 0,08 | 0,52 | 0,31 | 0,35 | 0,33 |
| NTS | 0,13 | 0,03 | -0,23 | 0,17 | 0,11 | 0,00 | 0,24 | -0,24 | -0,06 | -0,20 | 0,00 | -0,27 | 0,16 | -0,21 | 0,27 | 0,01 |
| COS | 0,11 | 0,07 | -0,17 | 0,17 | 0,05 | 0,07 | 0,19 | -0,18 | 0,00 | -0,13 | 0,05 | -0,20 | 0,22 | -0,23 | 0,24 | -0,01 |
| SdispS | -0,20 | 0,06 | -0,21 | 0,47 | 0,51 | -0,10 | 0,52 | -0,51 | -0,25 | -0,33 | 0,08 | -0,49 | -0,10 | 0,36 | 0,19 | 0,57 |
| ALTITUD | 0,63 | -0,57 | 0,13 | -0,59 | -0,66 | -0,21 | -0,67 | 0,22 | -0,11 | -0,10 | -0,35 | 0,07 | -0,11 | -0,65 | -0,55 | -0,75 |
| LUXSOL | 0,65 | -0,58 | 0,16 | -0,62 | -0,64 | -0,16 | -0,70 | 0,21 | -0,10 | -0,06 | -0,32 | 0,11 | -0,16 | -0,68 | -0,63 | -0,73 |
| LUXNUBL | -0,20 | 0,06 | -0,22 | 0,47 | 0,51 | -0,10 | 0,52 | -0,51 | -0,25 | -0,33 | 0,08 | -0,49 | -0,10 | 0,36 | 0,19 | 0,57 |

Anexo F. Continuación.

| | SB | NTB | PROTVR | NDT | pH | MO | DR | DA | CC | PENETR | INFILTR | POROS | CIC | PS | CaS | MgS |
|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| NTB | 0,59 | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROTVR | 0,64 | 0,99 | | | | | | | | | | | | | | |
| NDT | 0,87 | 0,54 | 0,56 | | | | | | | | | | | | | |
| pH | 0,37 | 0,47 | 0,44 | 0,39 | | | | | | | | | | | | |
| MO | 0,09 | 0,27 | 0,21 | 0,10 | 0,49 | | | | | | | | | | | |
| DR | -0,01 | -0,16 | -0,11 | -0,05 | 0,05 | -0,79 | | | | | | | | | | |
| DA | 0,01 | -0,48 | -0,38 | -0,11 | -0,26 | -0,55 | 0,56 | | | | | | | | | |
| CC | 0,71 | 0,19 | 0,23 | 0,59 | 0,62 | 0,46 | -0,07 | 0,10 | | | | | | | | |
| PENETR | 0,10 | 0,05 | 0,11 | -0,12 | 0,01 | -0,49 | 0,77 | 0,38 | 0,10 | | | | | | | |
| INFILTR | 0,63 | 0,02 | 0,08 | 0,73 | 0,12 | -0,23 | 0,16 | 0,26 | 0,42 | -0,09 | | | | | | |
| POROS | -0,01 | 0,49 | 0,40 | 0,11 | 0,35 | 0,11 | 0,02 | -0,81 | -0,17 | 0,08 | -0,21 | | | | | |
| CIC | 0,26 | 0,63 | 0,58 | 0,19 | 0,63 | 0,85 | -0,52 | -0,62 | 0,46 | -0,14 | -0,37 | 0,38 | | | | |
| PS | 0,22 | 0,20 | 0,15 | 0,18 | 0,54 | 0,16 | 0,20 | -0,42 | 0,39 | 0,26 | -0,17 | 0,64 | 0,43 | | | |
| CaS | 0,48 | 0,57 | 0,53 | 0,45 | 0,87 | 0,43 | 0,07 | -0,38 | 0,64 | 0,18 | -0,04 | 0,52 | 0,72 | 0,82 | | |
| MgS | 0,57 | 0,59 | 0,57 | 0,48 | 0,73 | 0,22 | 0,19 | -0,32 | 0,56 | 0,27 | -0,01 | 0,53 | 0,59 | 0,85 | 0,96 | |
| KS | 0,26 | 0,34 | 0,27 | 0,16 | 0,63 | 0,68 | -0,33 | -0,66 | 0,54 | -0,04 | -0,23 | 0,56 | 0,80 | 0,79 | 0,80 | 0,72 |
| AIS | -0,45 | -0,25 | -0,26 | -0,39 | -0,42 | 0,15 | -0,22 | 0,18 | -0,23 | -0,05 | -0,62 | -0,37 | 0,09 | -0,23 | -0,27 | -0,30 |
| FeS | -0,09 | -0,49 | -0,47 | 0,10 | -0,47 | -0,67 | 0,30 | 0,44 | -0,35 | -0,23 | 0,54 | -0,32 | -0,89 | -0,37 | -0,59 | -0,47 |
| MnS | 0,70 | 0,09 | 0,13 | 0,46 | 0,43 | 0,05 | 0,19 | 0,23 | 0,78 | 0,19 | 0,37 | -0,14 | 0,15 | 0,53 | 0,56 | 0,64 |
| CuS | 0,07 | -0,24 | -0,17 | -0,08 | -0,06 | -0,82 | 0,88 | 0,69 | -0,08 | 0,57 | 0,27 | -0,21 | -0,65 | 0,02 | -0,10 | 0,06 |
| ZnS | 0,28 | 0,18 | 0,13 | 0,18 | 0,54 | 0,23 | 0,14 | -0,39 | 0,49 | 0,26 | -0,14 | 0,56 | 0,47 | 0,99 | 0,81 | 0,85 |
| BoroS | 0,82 | 0,38 | 0,39 | 0,81 | 0,53 | 0,47 | -0,25 | -0,21 | 0,89 | -0,08 | 0,57 | 0,08 | 0,47 | 0,38 | 0,60 | 0,55 |
| NTS | 0,10 | 0,31 | 0,25 | 0,09 | 0,51 | 1,00 | -0,77 | -0,54 | 0,47 | -0,45 | -0,26 | 0,11 | 0,88 | 0,18 | 0,46 | 0,25 |
| COS | 0,09 | 0,27 | 0,21 | 0,10 | 0,49 | 1,00 | -0,79 | -0,55 | 0,46 | -0,49 | -0,23 | 0,11 | 0,85 | 0,17 | 0,43 | 0,22 |
| SdispS | 0,37 | 0,11 | 0,09 | 0,21 | 0,58 | 0,14 | 0,26 | -0,14 | 0,60 | 0,32 | -0,04 | 0,35 | 0,37 | 0,92 | 0,80 | 0,85 |
| ALTITUD | -0,83 | -0,43 | -0,46 | -0,75 | -0,41 | 0,15 | -0,31 | 0,00 | -0,58 | -0,25 | -0,46 | -0,23 | -0,13 | -0,61 | -0,64 | -0,79 |
| LUXNUBL | 0,37 | 0,11 | 0,09 | 0,21 | 0,59 | 0,15 | 0,26 | -0,14 | 0,60 | 0,32 | -0,04 | 0,35 | 0,37 | 0,92 | 0,80 | 0,85 |

Anexo F. Continuación.

| | KS | AIS | FeS | MnS | CuS | ZnS | BoroS | NTS | COS | SdispS | ALTITUD | LUXSOL | LUXNUBL |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|---------|--------|---------|
| AIS | -0,22 | | | | | | | | | | | | |
| FeS | -0,69 | -0,18 | | | | | | | | | | | |
| MnS | 0,44 | -0,38 | -0,06 | | | | | | | | | | |
| CuS | -0,43 | -0,36 | 0,48 | 0,35 | | | | | | | | | |
| ZnS | 0,85 | -0,25 | -0,42 | 0,61 | 0,00 | | | | | | | | |
| BoroS | 0,56 | -0,36 | -0,26 | 0,64 | -0,28 | 0,45 | | | | | | | |
| NTS | 0,69 | 0,15 | -0,72 | 0,07 | -0,80 | 0,25 | 0,46 | | | | | | |
| COS | 0,68 | 0,15 | -0,67 | 0,05 | -0,82 | 0,23 | 0,47 | 1,00 | | | | | |
| SdispS | 0,75 | -0,30 | -0,33 | 0,79 | 0,20 | 0,96 | 0,47 | 0,17 | 0,14 | | | | |
| ALTITUD | -0,35 | 0,43 | -0,04 | -0,80 | -0,31 | -0,62 | -0,66 | 0,14 | 0,15 | -0,69 | | | |
| LUXSOL | -0,30 | 0,38 | -0,01 | -0,78 | -0,33 | -0,55 | -0,63 | 0,07 | 0,09 | -0,66 | 0,96 | | |
| LUXNUBL | 0,75 | -0,30 | -0,34 | 0,79 | 0,20 | 0,96 | 0,47 | 0,17 | 0,15 | 1,00 | -0,69 | -0,66 | |

Anexo G. Peso de los 6 componentes principales que arrojo el ACP.

| | Factor1 | Factor2 | Factor3 | Factor4 | Factor5 | Factor6 |
|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| PR | -0.64033 | -0.65157 | 0.21786 | 0.32255 | 0.01585 | -0.00247 |
| MS | -0.50798 | 0.72326 | 0.00381 | 0.28917 | 0.23317 | 0.28357 |
| EE | 0.74751 | -0.45401 | 0.15136 | 0.17944 | -0.31094 | 0.15542 |
| FC | -0.00353 | 0.85888 | -0.48524 | -0.06553 | 0.09542 | -0.00441 |
| LIG | 0.02723 | 0.69027 | -0.21170 | 0.30457 | 0.23634 | 0.55850 |
| CaB | 0.80348 | 0.22194 | 0.22106 | -0.36596 | 0.17904 | 0.28148 |
| PB | 0.67810 | -0.29642 | -0.30237 | -0.00207 | -0.54706 | 0.19304 |
| PVERD | 0.75426 | -0.26263 | -0.20259 | -0.34023 | -0.19629 | 0.32927 |
| Ph | 0.71740 | -0.01519 | -0.27830 | 0.11171 | 0.38883 | -0.16837 |
| MO | 0.08750 | -0.38665 | -0.81001 | 0.25988 | 0.31660 | 0.00061 |
| DR | 0.22238 | 0.32240 | 0.88091 | -0.05431 | 0.09914 | 0.00131 |
| Penetr | 0.25403 | -0.06395 | 0.83731 | 0.06838 | 0.27148 | 0.20307 |
| Infiltr | 0.23919 | 0.86317 | -0.14784 | 0.04347 | -0.25835 | -0.05464 |
| PoroS | 0.47439 | -0.09756 | -0.07239 | -0.55354 | 0.51658 | -0.05064 |
| ALS | -0.53594 | -0.44504 | 0.02584 | 0.28569 | -0.02875 | 0.58405 |
| FeS | -0.32755 | 0.71615 | 0.19067 | -0.13188 | -0.46131 | -0.17528 |
| MnS | 0.62168 | 0.16313 | 0.08609 | 0.68868 | -0.15509 | -0.25929 |
| LUXSOL | -0.86433 | -0.28653 | -0.06878 | -0.29334 | 0.18207 | -0.11254 |

Anexo H. Pesos de las variables del clúster 1.

| Variable | N | Mean | Std Dev | Minimum | Maximum |
|----------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PR | 4 | 55.2500000 | 1.7078251 | 53.0000000 | 57.0000000 |
| MS | 4 | 921.9000000 | 42.1203617 | 890.8800000 | 982.1700000 |
| EE | 4 | 230.7000000 | 37.1196372 | 177.9000000 | 264.3200000 |
| FC | 4 | 1847.04 | 167.5065025 | 1664.98 | 2008.44 |
| LIG | 4 | 388.5575000 | 65.3469379 | 301.4900000 | 444.8000000 |
| CaB | 4 | 13.3150000 | 1.6370807 | 12.3200000 | 15.7500000 |
| PB | 4 | 21.7900000 | 2.3417799 | 19.0400000 | 24.3200000 |
| PVERD | 4 | 923.3875000 | 173.9274997 | 725.7600000 | 1124.48 |
| Ph | 4 | 5.8500000 | 0.2081666 | 5.6000000 | 6.1000000 |
| MO | 4 | 0.1587500 | 0.0355844 | 0.1060000 | 0.1840000 |
| DR | 4 | 2.4325000 | 0.1108678 | 2.2900000 | 2.5600000 |
| Penetr | 4 | 1.1500000 | 0.0577350 | 1.1000000 | 1.2000000 |
| Infiltr | 4 | 10.0825000 | 1.4550916 | 8.0900000 | 11.2300000 |
| PoroS | 4 | 0.6510000 | 0.0297097 | 0.6090000 | 0.6730000 |
| ALS | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FeS | 4 | 255.5000000 | 56.6009423 | 210.0000000 | 338.0000000 |
| MnS | 4 | 6.8500000 | 3.1299627 | 2.6000000 | 9.4000000 |
| LUXSOL | 4 | 113.3125000 | 5.9411524 | 105.2500000 | 119.5000000 |
| LUXNUB | 4 | 8.7373500 | 4.3119003 | 5.7853000 | 14.9599000 |

Anexo I. Pesos de las variables del clúster 2.

| Variable | N | Mean | Std Dev | Minimum | Maximum |
|----------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PR | 3 | 60.0000000 | 2.0000000 | 58.0000000 | 62.00 |
| MS | 3 | 965.0200000 | 190.2780250 | 766.7000000 | 1146.08 |
| EE | 3 | 177.6566667 | 5.9303991 | 171.0500000 | 182.5200000 |
| FC | 3 | 1669.07 | 127.1793856 | 1575.60 | 1813.90 |
| LIG | 3 | 270.2533333 | 127.1991971 | 154.0000000 | 406.1200000 |
| CaB | 3 | 8.1033333 | 1.5400108 | 7.1500000 | 9.8800000 |
| PB | 3 | 18.0500000 | 2.6981290 | 15.0800000 | 20.3500000 |
| PVERD | 3 | 699.0133333 | 55.3823125 | 638.0400000 | 746.2000000 |
| Ph | 3 | 5.5333333 | 0.1154701 | 5.4000000 | 5.6000000 |
| MO | 3 | 0.1660000 | 0.0204206 | 0.1430000 | 0.1820000 |
| DR | 3 | 2.3533333 | 0.1106044 | 2.2500000 | 2.4700000 |
| Penetr | 3 | 1.1000000 | 0.2000000 | 0.9000000 | 1.3000000 |
| Infiltr | 3 | 7.9666667 | 1.2850811 | 6.5100000 | 8.9400000 |
| PoroS | 3 | 0.6316667 | 0.0149778 | 0.6150000 | 0.6440000 |
| ALS | 3 | 0.1000000 | 0.1732051 | 0 | 0.3000000 |
| FeS | 3 | 256.6666667 | 50.8461732 | 212.0000000 | 312.0000000 |
| MnS | 3 | 2.8666667 | 0.6110101 | 2.2000000 | 3.4000000 |
| LUXSOL | 3 | 141.1333333 | 2.0188693 | 139.4000000 | 143.3500000 |
| LUXNUB | 3 | 3.9314667 | 0.6129824 | 3.4903000 | 4.6314000 |

Anexo J. Pesos de las variables del clúster 3.

| Variable | N | Mean | Std Dev | Minimum | Maximum |
|----------|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| PR | 2 | 55.5000000 | 0.7071068 | 55.0000000 | 56.0000000 |
| MS | 2 | 1378.43 | 47.1993776 | 1345.05 | 1411.80 |
| EE | 2 | 136.5000000 | 0 | 136.5000000 | 136.5000000 |
| FC | 2 | 2250.56 | 123.7366156 | 2163.06 | 2338.05 |
| LIG | 2 | 528.1300000 | 60.2030714 | 485.5600000 | 570.7000000 |
| CaB | 2 | 9.6950000 | 2.6799347 | 7.8000000 | 11.5900000 |
| PB | 2 | 16.0750000 | 1.1667262 | 15.2500000 | 16.9000000 |
| PVERD | 2 | 567.5350000 | 7.2337024 | 562.4200000 | 572.6500000 |
| Ph | 2 | 5.5500000 | 0.3535534 | 5.3000000 | 5.8000000 |
| MO | 2 | 0.1340000 | 0.0989949 | 0.0640000 | 0.2040000 |
| DR | 2 | 2.4250000 | 0.1626346 | 2.3100000 | 2.5400000 |
| Penetr | 2 | 1.0750000 | 0.1060660 | 1.0000000 | 1.1500000 |
| Infiltr | 2 | 12.2700000 | 0.9050967 | 11.6300000 | 12.9100000 |
| PoroS | 2 | 0.6280000 | 0.0254558 | 0.6100000 | 0.6460000 |
| ALS | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FeS | 2 | 384.0000000 | 93.3380951 | 318.0000000 | 450.0000000 |
| MnS | 2 | 5.2000000 | 3.3941125 | 2.8000000 | 7.6000000 |
| LUXSOL | 2 | 127.5250000 | 3.6415999 | 124.9500000 | 130.1000000 |
| LUXNUB | 2 | 5.2013500 | 2.2102744 | 3.6384500 | 6.7642500 |

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

| Examen de los puntos de fila(a) | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|------------------------------|--|--|-------|--------------|-------|-------|
| TEXTURA | Masa | Puntuación en la dimensión | | Inercia | | Contribución | | |
| | 1 | De los puntos a la dimensión | De los puntos a la inercia de la dimensión | De la dimensión a la inercia del punto | Total | 1 | 1 | Total |
| FRANCO-ARENOSO | ,813 | | -,285 | | ,023 | ,188 | 1,000 | 1,000 |
| ARENOSO-FRANCO | ,188 | | 1,234 | | ,100 | ,813 | 1,000 | 1,000 |
| Total activo | 1,000 | | | | ,124 | 1,000 | | |

| Examen de los puntos columna(a) | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------|------------------------------|--|--|-------|--------------|-------|-------|
| ESPECIE | Masa | Puntuación en la dimensión | | Inercia | | Contribución | | |
| | 1 | De los puntos a la dimensión | De los puntos a la inercia de la dimensión | De la dimensión a la inercia del punto | Total | 1 | 1 | Total |
| DIPTERA | ,109 | ,270 | | | ,003 | ,023 | 1,000 | 1,000 |
| ORTHOPTERA | ,012 | -,810 | | | ,003 | ,022 | 1,000 | 1,000 |
| OLIGOCHAETA | ,313 | ,162 | | | ,003 | ,023 | 1,000 | 1,000 |
| HEMIPTERA | ,012 | -,810 | | | ,003 | ,022 | 1,000 | 1,000 |
| COLEOPTERA | ,188 | -,270 | | | ,005 | ,039 | 1,000 | 1,000 |
| HIRUDINEA | ,008 | -,810 | | | ,002 | ,015 | 1,000 | 1,000 |
| LEPIDOPTERA | ,078 | -,162 | | | ,001 | ,006 | 1,000 | 1,000 |
| ARACNIDA | ,070 | -,330 | | | ,003 | ,022 | 1,000 | 1,000 |
| HIMINOPTERA | ,047 | -,090 | | | ,000 | ,001 | 1,000 | 1,000 |
| GASTEROPODA | ,059 | 1,494 | | | ,046 | ,372 | 1,000 | 1,000 |
| ISOPODA | ,090 | -,810 | | | ,021 | ,168 | 1,000 | 1,000 |
| ACARI | ,008 | -,810 | | | ,002 | ,015 | 1,000 | 1,000 |
| COLLEMBOLA | ,008 | 3,510 | | | ,034 | ,274 | 1,000 | 1,000 |
| Total activo | 1,000 | | | | ,124 | 1,000 | | |

Anexo L. Peso de las variables analizadas en el ACM

| Confianza para Puntos de fila | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| TEXTURA | Desviación típica en la dimensión |
| | 1 |
| FRANCO-ARENOSO | ,036 |
| ARENOSO-FRANCO | ,132 |

| Confianza para Puntos de columna | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| ESPECIE | Desviación típica en la dimensión |
| | 1 |
| DIPTERA | ,053 |
| ORTHOPTERA | ,065 |
| OLIGOCHAETA | ,046 |
| HEMIPTERA | ,065 |
| COLEOPTERA | ,033 |
| HIRUDINEA | ,065 |
| LEPIDOPTERA | ,033 |
| ARACNIDA | ,035 |
| HIMINOPTERA | ,034 |
| GASTEROPODA | ,158 |
| ISOPODA | ,065 |
| ACARI | ,065 |
| COLLEMBOLA | ,340 |