

**RESPUESTA DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) A LA
APLICACIÓN DE DIFERENTES RESTAURADORES DE SUELO**

ÁLVARO RUIZ MOSQUERA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIA
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

**RESPUESTA DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) A LA
APLICACIÓN DE DIFERENTES RESTAURADORES DE SUELO**

ÁLVARO RUIZ MOSQUERA

**Trabajo de investigación, presentado como requisito parcial para optar al
título de Zootecnista**

**Director
HERNÁN OJEDA JURADO
Zootecnista - Especialista**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIA
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

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

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

Nota de aceptación:

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

**EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO. Zoot., M.Sc., Ph. D.
Jurado Delegado**

**OSCAR FERNANDO BENAVIDES. Zoot., M.Sc.
Jurado**

San Juan de Pasto, septiembre de 2007

DEDICATORIA

En esto consiste el amor: no en que nosotros hayamos amado a Dios, sino en que Él nos amó a nosotros, y envió a su Hijo en propiciación por nuestros pecados.
1 de Juan 4, 10 -11

Al único y sabio Dios, sea gloria mediante Jesucristo para siempre. Amén.
Romanos 16, 27

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

HERNÁN OJEDA JURADO, Zootecnista, Especialista.

EDMUNDO APRÁEZ GUERRERO. Zootecnista, M.Sc., Ph. D.

OSCAR FERNANDO BENAVIDES E. Zootecnista, M. Sc.

OSCAR ANTONIO MONCAYO. Zootecnista Especialista.

LUÍS ALFONSO SOLARTE PORTILLA. Zootecnista Especialista.

NATALIA RUIZ MOSQUERA. Contador Público.

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

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

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	
1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	21
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO REFERENCIAL	24
4.1 EL SUELO: CONCEPTO, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES	24
4.2 DEGRADACIÓN DE PRADERAS Y DEL SUELO	25
4.2.1 Métodos naturales	26
4.2.2 Métodos artificiales	26
4.3 CONSERVACIÓN DE LOS CULTIVOS	27
4.4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	27
4.5 MICROBIOLOGÍA DEL SUELO	29
4.5.1 Los microorganismos en la formación de humus	30
4.6 ABONOS ORGÁNICOS	30
4.6.1 Beneficios del uso de abonos orgánicos	31
4.6.2 La materia orgánica del suelo	31
4.6.3 Fertilización orgánica	33
4.7 CARACTERIZACIÓN DE LA EXCRETA PORCINA COMO FERTILIZANTE	34
4.7.1 Elaboración de un plan de fertilización con porquinaza	36
4.8 LA GALLINAZA	36
4.8.1 Fertilización con gallinaza	39
4.9 LA BOVINAZA	40
4.9.1 Fertilización con bovinaza	41

4.10 LA CUYINAZA	42
4.11 EL COMPOSTAJE	43
4.11.1 Propiedades del compost	43
4.11.2 Factores que condicionan el proceso de compostaje	44
4.11.3 El compost y los abonos orgánicos	45
4.12 GENERALIDADES SOBRE EL PASTO KIKUYO (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst)	46
4.12.1 Origen	46
4.12.2 Clasificación botánica	46
4.12.3 Adaptación	46
4.12.4 Valor nutritivo del pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst)	47
4.12.5 Composición química	47
4.13 MANEJO DEL PASTO KIKUYO (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst)	48
4.13.1 Habito del pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst)	48
4.13.2 Fertilización, manejo y producción del pasto Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst)	49
5. DISEÑO METODOLÓGICO	51
5.1 LOCALIZACIÓN	51
5.2 ÁREA EXPERIMENTAL	51
5.3 MATERIALES E INSUMOS	51
5.3.1 Variables evaluadas	52
5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	53
5.5 TRATAMIENTOS	54
5.5.1 Formulación de hipótesis	54
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
6.1 VARIABLES AGRONÓMICAS	55
6.1.1 Producción de Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) (FV)	55
6.1.2 Producción de biomasa seca (BS)	57
6.1.3 Altura de plantas	61
6.1.4 Cobertura forrajera	64

6.1.5 Composición botánica	64
6.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	65
6.2.1 Materia seca	65
6.2.2 Proteína	66
6.2.3 Fibra cruda	68
6.2.4 Contenido de minerales	69
6.2.5 Índice de productividad	69
6.3 VARIABLES EDÁFICAS	71
6.3.1 pH	71
6.3.2 Materia orgánica	71
6.3.3 Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio	72
6.3.4 Capacidad de intercambio catiónico	72
6.3.5 Densidad aparente	73
6.3.6 Densidad real	74
6.3.7 Capacidad de campo	75
6.3.8 Número total de microorganismos	75
6.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	77
7. CONCLUSIONES	79
8. RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Composición mineral de la porquinaza	35
Tabla 2. Composición mineral de la gallinaza	38
Tabla 3. Composición mineral de la bovinaza	41
Tabla 4. Composición mineral de la cuyinaza	43
Tabla 5. Composición química del kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) como % de materia seca	47
Tabla 6. Producción de Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst), bajo la aplicación de diferentes restauradores de suelo (kg/ha/corte)	55
Tabla 7. Contenido mineral de los compost de las excretas de porquinaza, gallinaza, bovinaza y cuyinaza.	57
Tabla 8. Producción de biomasa seca de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica (kg/ha/corte)	58
Tabla 9. Altura de plantas de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica (cm)	62
Tabla 10. Composición botánica de una pradera de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica (%)	64
Tabla 11. Composición bromatológica de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica (%)	66
Tabla 12. Estimación de la capacidad de carga en vacas alimentadas con pasto kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	70
Tabla 13. Propiedades fisicoquímicas del suelo de una pradera de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	71
Tabla 14. Recuento de microorganismos totales en suelo de pradera de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	76
Tabla 15. Consolidado de costos de producción por ha/corte de una pradera de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	78

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Producción de forraje verde de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	56
Figura 2. Producción de biomasa seca de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	59
Figura 3. Comportamiento de las lluvias durante el periodo experimental (mm/mes)	60
Figura 4. Altura de platas de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) bajo fertilización orgánica	63

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para producción de forraje verde	88
Anexo B. Análisis de varianza para producción de biomasa seca	89
Anexo C. Análisis de varianza para altura de plantas	90
Anexo D. Cálculo de nutrientes digestibles totales mediante la fórmula de Oskar Kellner Institute	91
Anexo E. Comportamiento de las lluvias durante el periodo experimental	92
Anexo F. Requerimientos diarios para bovinos lecheros	93
Anexo G. Composición bromatológica de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst) (%)	94
Anexo H. Propiedades fisicoquímicas del suelo de una pradera de kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst).	95

GLOSARIO

ABONOS ORGÁNICOS: son productos naturales resultantes de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto. Suministran materia orgánica al suelo en grandes cantidades y nutrientes para las plantas en pequeñas cantidades.

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

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

COMPOSTAJE: producto obtenido mediante un proceso irreversible de degradación biooxidativo y catabólico seguido de un proceso de resíntesis de un sustrato orgánico sólido, a través de organismos descomponedores endémicos normalmente artrópodos y microorganismos hasta la obtención de un producto con apariencia completamente independiente del material de origen.

ESTIÉRCOL: mezcla de materia fecal y alimento rechazado, procedente de los animales. Contiene residuos no digeridos de alimentos, enzimas, jugos gástricos, jugos del páncreas, células muertas del intestino, bacterias vivas y muertas del colon y productos de desecho del metabolismo.

HUMIFICACIÓN: conjunto de procesos pedogenéticos de síntesis que terminan en la formación de compuestos húmicos coloidales de neoformación, a expensas de los productos más o menos solubles resultantes de la descomposición de la materia orgánica fresca.

ÍNDICE DE PRODUCTIVIDAD: indicador que combina los factores agronómicos y bromatológicos de un forraje

LABRANZA MÍNIMA: mínimo laboreo indispensable para lograr las condiciones físicas de suelo adecuadas para un cultivo.

MICROORGANISMOS ZIMÓGENOS: microorganismos propios del suelo que se desarrollan de acuerdo a tratamientos específicos tales como adición de materia orgánica, fertilización, aireación del suelo u otros.

RESUMEN

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, localizada a 9 Km de San Juan de Pasto, a una altitud de 2809 m.s.n.m, temperatura promedio de 11°C, precipitación anual de 870 mm y humedad relativa del 85%. Sobre una pradera de kikuyo de 48 m² dividido en 20 parcelas de 30 m² se hizo una rehabilitación de la pradera mediante roturación de la rizósfera con subsolador y posterior incorporación de compost de porquinaza, gallinaza, bovinaza y cuyinaza con base en un estándar de 400 kg de N/ ha/ frente a un testigo absoluto sin fertilización ni labranza. Mediante un diseño de bloques al azar se determinó el efecto de la aplicación de los diferentes restauradores de suelo sobre la respuesta agronómica, bromatológica así como en las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. Para diferenciar a cada tratamiento se utilizó el análisis de varianza y la prueba de Duncan.

La aplicación de gallinaza compostada mostró la mejor respuesta en producción de biomasa verde y seca ($P < 0.01$) con valores de 327697.1 y 6830.46 kg/ha/corte respectivamente. El índice de cobertura forrajera del pasto Kikuyo fue de 95.74%, en la composición botánica de la pradera, aparte del pasto Kikuyo se encontraron otras especies como diente de león (*Toraxacum officinale* Wigg) (1%), lengua de vaca (*Rumex Crispus*) (1.26%), orejuela (*Corex* Sp) (1.22 %) y helecho (*Lophosoria* Sp) (0.8%), sin embargo, no se evidenció efecto alguno de la fertilización orgánica sobre esta variable quizá porque la temperatura propia del proceso de compostación destruyó algún tipo de semillas presentes en las heces volviéndolas inviables.

La mejora en la calidad bromatológica del pasto fue evidente en la mayoría de las fracciones en especial proteína y nutrientes digestibles totales del pasto bajo fertilización con gallinaza y porquinaza con porcentajes proteicos de 19.31 y 22.19% y NDT de 58.6 y 58.4 respectivamente.

Sin embargo, al estimar el índice de productividad se encontró que la fertilización con gallinaza supera a la fertilización con porquinaza al soportar una mayor capacidad de carga teórica en virtud de su mayor cantidad de biomasa húmeda y seca producida, el pasto fertilizado con gallinaza aporta suficiente alimento para una capacidad de carga teórica de 7.18 animales, le siguen los tratamientos porquinaza, bovinaza y cuyinaza con 5.67, 5.26 y 5.17 animales respectivamente mientras que el testigo muestra la menor capacidad de carga con 3.18 animales.

Las propiedades químicas del suelo fueron mejoradas en mayor grado con la aplicación de los diferentes restauradores respecto a las condiciones iniciales, sin embargo, la respuesta fue más evidente con la aplicación de gallinaza y porquinaza que sólo en materia orgánica incrementaron en 78.1 y 81.68%

respectivamente al comparar con las condiciones iniciales del suelo. De igual manera incrementaron el nitrógeno, fósforo, magnesio, potasio y CIC.

La densidad aparente se redujo a la mitad en las parcelas donde se aplicó gallinaza al pasar de 1.2 a 0.6 g/cc, igual sucedió con la densidad real la cual fue de 2.54 g/c al inicio del experimento y pasó a 2.25 g/cc al final, en tanto que la capacidad de campo pasó de 44.14 a 63.5% con la aplicación de compost de gallinaza.

Desde el punto de vista económico se pudo establecer que la aplicación de gallinaza compostada al kikuyo genera mayores ingresos al propiciar una mayor productividad tanto de biomasa como de proteína por unidad de área al obtener una relación beneficio costo para este tratamiento de 17.6 frente a 7.3 para porquinaza, 6.6 para bovinaza y 4.6 para cuyinaza.

Se concluyó que la incorporación mediante un sistema de labranza mínima de los diferentes tipos de compost evaluados mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo en forma diferencial respecto a la ausencia total de estas labores.

ABSTRACT

The research was achieved at the Experimental farm of Botana, Nariño University, located to 9 Kilometres from San Juan de Pasto City, at an altitude of 2809 m.o.s.i, an average temperature of 11°C, an annual precipitation of 870 mm, and relative humidity of 85%. Over of kikuyo Meadowland of 48 m² divided into 20 preces of ground of 30 m² it was made a rehabilitation of such a meadowland through a breaking of the rhizosphere with a sub grounder and a posterior incorporation of a composition of porky dung, hen dung, bovine dung and cuy dung based on the standard of 400 kg of N/ha before an absolute witness with neither fertilization nor farming. The effect of the application of the different revivers of the sail on the agronomical – bromatological response and on the physical, chemical, and microbiological characteristics of the soil was determined by a design of blocks at random. The differences among the treatments were detected by an analysis of variance and Duncan test.

The application of composed hen-dung showed the best response as to a production of green and dry biomass ($P < 0.01$) with values of 327697.1 and 6830.46 kg/ at cut correspondingly. The forage covering on the entire pieces of ground was of the 100% on both at the beginning and at the end of the experiment since the dragging growth habit that characterizes this gramineous makes that, under normal conditions, the covering where it predominates be total. The botanical composition of the meadowland was constituted by the main species kikuyo, accompanied with different porcentajes of dandelion (*Toraxacum officinale wigg*) (1%), ox-tangue (*Rumex Crispus*) (1.26%), orejuela (*Corex Sp*) (1.22%), and fern (*Lophosoria Sp*) (0. 8%). however no effect of the organical fertilization was found on this variable maybe because the proper temperature of the compost process destroyed some king of seeds present in the heces making the unfeasible.

The improvement in the bromatological quality of the grass was evident in most of the pieces of ground especially on proteins and the total digestible nutrients of the grass under fertilization with hen dung and pork dung with proteical porcentajes of 19.31% and 22.19% and NDT of 58.6% and 58.4% respectively.

However, when estimating the index of productivity it was found that the grass fertilized with hen dung contributes with enough aliment for a capacity of theoretical load of 7.18 animals, it continues the treatments porky dung, bovine dung and cuy dung with 5.67, 5.26 and 5.17 animals respectively while the witness shows the smallest load capacity with 3,18.

The chemical properties of the soil were improved in higher grade with the application of the different restoring respect to the initial conditions, however, the response was more evident with the hen dung and porky dung application, which

just in organic matter increased in 78.1 and 81.68% respectively when comparing with the initial conditions of the soil. In the same way it was increased the nitrogen, phosphorus, magnesium, potassium and CIC.

The apparent density was decreased in a half on the parcels where hen dung, was applied when passing from 1.2 to 0.6 g/cc, the same happened to the real density which was from 2.54 g/c to the beginning of the experiment and passed 2.25g/cc at the end, whereas the field capacity passed from 44.14 to 63.5% with the application of hen dung, compost.

From the economic point of view it could establish that the application of hen dung, composted to the kikuyo generates bigger incomes when propitiating bigger productivity as much biomass as protein for area unit when obtaining a relationship benefit-cost for this treatment of 17.6 in front of 7.3 for porky dung, 6.6 for bovine dung and 4.6 for cuy dung.

It is concluded that the incorporation by means of to system of minimum farming of the different types of compost evaluated improve the properties physiochemical of the soil in differential form with respect to the total absence of these tasks.

INTRODUCCIÓN

En la década de los 60, las políticas tendientes a incrementar la productividad agrícola, estuvieron dirigidas al uso masivo de fertilizantes químicos y maquinaria pesada; situación que acarrió una problemática grave sobre fertilidad, afectando el recurso suelo, en especial por la continua disminución de materia orgánica, deterioro de la estructura física, disminución en la capacidad de retención de agua y como consecuencia de esto, un drenaje pobre y excesiva escorrentía.

Por otra parte, las actividades pecuarias constituyen una de las mayores fuentes de producción de residuos orgánicos, las autoridades ambientales y sanitarias ven con preocupación tal situación, dado el gran volumen producido de estiércol animal y desechos con altas concentraciones de agrotóxicos; por lo que se ve la necesidad de plantear prácticas concretas para el manejo de excretas y residuos en un conjunto de operaciones encaminadas a dar a estos materiales una transformación adecuada, de tal manera que técnicas como el compostaje se constituye en una opción viable que representa una alternativa indispensable tanto desde el punto de vista medio ambiental como desde una óptica sanitaria que permita la consideración de procesos sostenibles.

Bajo las anteriores consideraciones, el presente trabajo tuvo como objetivo valorar diferentes tipos de compost (Bovinaza, Gallinaza, Porquinaza y Cuyinaza) en la productividad agronómica, composición bromatológica de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), y su repercusión en las características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo.

1. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

El suelo de mejor potencial agrícola ha ido perdiendo la capacidad productiva debido al uso intensivo e indiscriminado de fertilizantes químicos y maquinaria pesada, utilizadas en la preparación del mismo. El deterioro progresivo de las propiedades físicas y biológicas, con alteración de la fertilidad han sido sus mayores consecuencias.

Así mismo, el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) es una de las gramíneas de mejor adaptación en la zona fría de Nariño, especialmente en regiones donde no se presentan heladas, sin embargo no se le ha dado la importancia necesaria por parte de los productores pecuarios, por esta razón son escasos los paquetes tecnológicos adecuados sobre este pasto debido a factores culturales y creencias erróneas de la gente, al punto de considerarlo como una maleza, erradicándolo o sustituyéndolo por otras especies forrajeras genéticamente mejoradas las cuales representan mayores costos de producción debido a sus exigencias especialmente en fertilización y preparación de suelos, labores que generalmente se realizan con implementos pesados que invierten el prisma y contribuyen al deterioro de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas, e incrementan los costos ambientales y económicos la producción animal.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La calidad del suelo se refleja directamente sobre la calidad y productividad del pasto; por lo cual se ve la necesidad de buscar alternativas que mejoren las condiciones productivas de forma sostenible. En la búsqueda de materiales que constituyan una fertilización eficiente y que añada nutrientes sin necesidad de afectar los factores físicos, químicos y microbiológicos que hacen que los cultivos produzcan en mayor cantidad y calidad, se han recuperado subproductos que se desechaban a nivel de finca como el estiércol animal (Bovinaza, Porquinaza, Gallinaza y Cuyinaza), que mediante un manejo previo adecuado son una opción viable en la consecución de una ganadería sostenible.

El análisis de las anteriores consideraciones lleva al planteamiento de la siguiente pregunta de investigación, ¿cuál es la fuente orgánica que como acondicionador de suelos aporta los mejores resultados e influye positivamente en la productividad del pasto?.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a la aplicación de diferentes restauradores de suelo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la producción del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a través de la producción de forraje verde y seco, altura de plantas e Índice de cobertura forrajera.
- Evaluar las propiedades fisicoquímicas y recuento total de bacterias del suelo.
- Analizar la composición botánica de la pradera.
- Evaluar la composición Bromatológica del forraje producido.
- Realizar un análisis parcial de costos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 EL SUELO: CONCEPTO, ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

Según Cairo y Quintero: “el suelo no es un medio inerte, sino que es el resultado de la acción del clima y de los seres vivos sobre la superficie de la tierra durante un periodo de tiempo. Es un medio muy complejo, en permanente evolución, que nace, crece y puede morir, se puede decir que el suelo es un organismo vivo, que mantiene un conjunto de procesos, pese a la idea que prevalece en la agricultura industrial contemporánea en el sentido de que el suelo es un mero soporte físico para las plantas”¹.

Los mismos autores agregan que:

La formación de un suelo se hace bajo la conjunción de dos fracciones claramente diferenciadas: la fracción mineral y la fracción orgánica. Los minerales originales procedentes de la roca madre se alteran bajo la acción de agentes físico-químicos (temperatura, agua, ácido carbónico) y biológicos (raíces de las plantas, microorganismos), lo que conduce a la formación de dos tipos de materiales: arcilla y cationes minerales. La fracción orgánica está constituida por materiales de origen animal o vegetal que se acumulan en el suelo, sobre los que actúan infinidad de microorganismos que los descomponen y transforman en otras sustancias: compuestos minerales (agua, dióxido de carbono, nitratos, sulfatos, etc.) y un compuesto orgánico muy estable, el humus, que posteriormente se transforma en compuestos minerales².

Por su parte, Mora reporta que se ha reconocido efectos beneficiosos en la aplicación de la materia orgánica en el suelo, en cuanto a las mejoras observadas con respecto a las características químicas, físicas y biológicas del mismo. La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo. La fertilidad del suelo es vital para un suelo productivo, un suelo fértil no tiene necesariamente que ser un suelo productivo. Drenaje insuficiente, insectos, sequías y otros factores pueden limitar su producción.

¹ CAIRO, Pedro y QUINTERO, Giraldo. Suelos. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1987. p.367.

² Ibid., p. 365.

Crespo *et al*³ mencionan que para comprender la productividad del suelo, se debe reconocer las relaciones suelo – plantas existentes. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas son: aire, temperatura, luz, soporte mecánico, nutrimentos y agua. La planta depende del suelo en forma total o parcial para el suministro de estos factores, con excepción de la luz

La aplicación de abonos orgánicos ofrece beneficios favorables como lo afirma:

- * Sirven como medio de almacenamiento de los nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas como es el caso de nitratos, fosfatos, sulfatos, etc.
- * Amortiguan los cambios rápidos de acidez, alcalinidad, salinidad del suelo y contra la acción de pesticidas y metales tóxicos pesados.
- * Contrarrestan los procesos erosivos causados por el agua y por el viento.
- * Proporcionan alimento a los organismos benéficos como la lombriz de tierra y las bacterias fijadoras de nitrógeno.
- * Atenúan los cambios bruscos de temperatura en la superficie del suelo.
- * Reducen la formación de costras al debilitar la acción dispersante de las gotas de lluvia.
- * A medida que se descomponen los residuos orgánicos, suministran a los cultivos en crecimiento cantidades pequeñas de elementos metabólicos a tiempo y en armonía con las necesidades de la planta.
- * Reducen la densidad aparente del suelo aumentando la infiltración y el poder de retención de agua en el suelo.
- * Mejoran las condiciones físicas del suelo mediante la formación de agregados.

4.2 DEGRADACIÓN DE PRADERAS Y DEL SUELO

Según Burbano:

El suelo es un componente esencial del medio ambiente en el que se desarrolla la vida. El suelo es frágil, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse), y de extensión limitada, por lo que se considera como recurso no renovable. Un uso inadecuado puede provocar su pérdida irreparable en tan sólo algunos años. El suelo es un recurso natural renovable, o sea, que tiene capacidad

³ CRESPO, G., *et al*. Los pastos en Cuba. La Habana Cuba: Pueblo y Educación. 1998. pp. 345-416.

de regenerarse si se usa bien. Se regenera por acción de las plantas y los animales, y los seres vivos del suelo mismo, que proveen de materia orgánica. El problema de la degradación del suelo no es un descubrimiento de nuestra civilización, pues ya quedaba registrado en los documentos de los romanos y de los griegos: Así ya Platón describía la destrucción del suelo como resultado de las deforestaciones⁴.

El mismo autor⁵ argumenta que la espectacular explosión demográfica actual ha provocado la roturación de tierras en relieves cada vez con pendientes más fuertes, fuertemente degradables y como consecuencia frenar la degradación del suelo se ha convertido en uno de los grandes retos de nuestra civilización.

Según Preston y Murgueito⁶ la conservación del suelo se logra por métodos naturales y artificiales:

4.2.1 Métodos naturales

- Mantener la cobertura vegetal (bosques, pastos y matorrales) en las orillas de los ríos y en las laderas. Esto implica el evitar la quema de la vegetación de cualquier tipo en laderas.
- Reforestar las laderas empinadas y las orillas de ríos y quebradas.
- Cultivar en surcos de contorno en las laderas y no en favor de la pendiente, porque favorece la erosión.
- Combinar las actividades agrícolas, pecuarias y forestales (agroforestería), y sembrar árboles como cercos, en laderas, como rompevientos, etc.
- Rotar cultivos, leguminosas con otros, para no empobrecer el suelo.
- Integrar materia orgánica al suelo.

4.2.2 Métodos artificiales

- Construir andenes o terrazas con plantas en los bordes.
- Construir zanjas de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente.

⁴ BURBANO, Hernán. El suelo, una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño. 1989. p. 447.

⁵ Ibid., p. 254.

⁶ PRESTON, T.R. and MURGUEITO, E. Strategy for sustainable livestock production in the tropics. Cali: SAREC/CIPAV, 1992. p. 89.

- Abonar el suelo adecuadamente para restituir los nutrientes extraídos por las cosechas. El abonamiento debe evitar el uso exagerado de fertilizantes químicos, de lo contrario se mermará la microflora y microfauna del suelo y se pueden producir procesos de intoxicación de los suelos.

4.3 CONSERVACIÓN DE LOS CULTIVOS

Según la Fundación para la Agricultura Sostenible y Ecológica:

Los suelos agrícolas para ser trabajados deben ser cuidados de tal forma que siempre se mejoren sus condiciones físicas, químicas y biológicas, garantizando así abundantes y seguras cosechas. Estos cuidados son denominados prácticas conservacionistas. Una práctica recomendable es el uso de materia orgánica, la cual consiste en adicionar al suelo abonos orgánicos. Generalmente los más empleados son los estiércoles y las fórmulas comerciales enriquecidas y no contaminantes. La incorporación de este material permite incrementar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo al mejorar la aireación, estructura y microorganismos benéficos del suelo⁷.

4.4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

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

La textura depende de la proporción de partículas minerales de diverso tamaño presentes en el suelo. Las partículas minerales se clasifican por tamaño en cuatro grupos:

- **Fragmentos rocosos.** Diámetro superior a 2 mm, y son piedras, grava y cascajo.
- **Arena.** Diámetro entre 0,05 a 2 mm. Puede ser gruesa, fina y muy fina. Los granos de arena son ásperos al tacto y no forman agregados estables, porque conservan su individualidad.
- **Limo.** Diámetro entre 0,002 y 0,5 mm. Al tacto es como la harina o el talco, y tiene alta capacidad de retención de agua.

⁷ FUNDACIÓN PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y ECOLÓGICA. Conservación. [On line]. [Pasto, Nariño, Colombia]. 2005 [citado 2 Jun., 2005]. Disponible en la Word Wuide Web: <http://www.fase.com.pa/spanish/conservacion.php>

- **Arcilla.** Diámetro inferior a 0,002 mm. Al ser humedecida es plástica y pegajosa; cuando seca forma terrones duros.

* La proporción de estas partículas dan origen a cuatro tipos de suelos fundamentales por su textura: pedregosos (predominan los fragmentos rocosos), arenosos (predominan las arenas); limosos (predominan los limos), y arcillosos (predomina la arcilla). Entre estas cuatro categorías existe una infinidad de combinaciones.

* La estructura es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

* La consistencia se refiere a la resistencia para la deformación o ruptura. Según la resistencia el suelo puede ser suelto, suave, duro, muy duro, etc. Esta característica tiene relación con la labranza del suelo y los instrumentos a usarse. A mayor dureza será mayor la energía (animal, humana o de maquinaria) a usarse para la labranza.

* La densidad se refiere al peso por volumen del suelo, y está en relación a la porosidad. Un suelo muy poroso será menos denso; un suelo poco poroso será más denso. A mayor contenido de materia orgánica, más poroso y menos denso será el suelo.

* La aireación se refiere al contenido de aire del suelo y es importante para el abastecimiento de oxígeno, nitrógeno y dióxido de carbono en el suelo. La aireación es crítica en los suelos anegados. Se mejora con la labranza, la rotación de cultivos, el drenaje, y la incorporación de materia orgánica.

* La temperatura del suelo es importante porque determina la distribución de las plantas e influye en los procesos bióticos y químicos. Cada planta tiene sus requerimientos especiales. Encima de los 5° C es posible la germinación.

* El color del suelo depende de sus componentes y puede usarse como una medida indirecta de ciertas propiedades. El color varía con el contenido de humedad. El color rojo indica contenido de óxidos de hierro y manganeso; el amarillo indica óxidos de hierro hidratado; el blanco y el gris indican presencia de cuarzo, yeso y caolín; y el negro y marrón indican

materia orgánica. Cuanto más negro es un suelo, más productivo será, por los beneficios de la materia orgánica⁸.

4.5 MICROBIOLOGÍA DEL SUELO

Castrillón afirma que: el estudio de los organismos microscópicos, deriva de 3 palabras griegas: mikros (pequeño), bios (vida) y logos (ciencia) que conjuntamente significan el estudio de la vida microscópica.

Para mucha gente la palabra microorganismo le trae a la mente un grupo de pequeñas criaturas que no se encuadran en ninguna de las categorías de la pregunta clásica: ¿es animal, vegetal o mineral? Los microorganismos son diminutos seres vivos que individualmente son demasiado pequeños como para verlos a simple vista. En este grupo se incluyen las bacterias, hongos (levaduras y hongos filamentosos), virus, protozoos y algas microscópicas.

Normalmente tendemos a asociar estos pequeños organismos con infecciones, enfermedades o deterioro de alimentos. Sin embargo, la mayoría de los microorganismos contribuyen de una forma crucial en el bienestar de la Tierra ayudando a mantener el equilibrio de los organismos vivos y productos químicos en nuestro medio ambiente: Los microorganismos de agua dulce y salada son la base de la cadena alimentaría en océanos, lagos y ríos; los microorganismos del suelo destruyen los productos de desecho e incorporan el gas nitrógeno del aire en compuestos orgánicos, así como reciclan los productos químicos en el suelo, agua y aire; ciertas bacterias y algas juegan un papel importante en la fotosíntesis, que es un proceso que genera nutrientes y oxígeno a partir de luz solar y CO₂ siendo un proceso crítico para el mantenimiento de la vida sobre la Tierra.

Existe una gran diversidad de microorganismos que viven en el suelo. El número y tipos de microorganismos presentes en el suelo dependen de diversos factores ambientales como son los nutrientes, humedad, aireación, temperatura, pH, prácticas agrícolas, etc. Existen del orden de varios miles de millones de bacterias por gramo de suelo. La mayor parte son heterótrofos, siendo comunes los bacilos esporulados, los actinomicetos que son los responsables del olor a tierra mojada, y en la rizosfera (región donde el suelo y las raíces de las plantas entran en contacto) especies de los géneros *Rhizobium* y *Pseudomonas*⁹.

⁸ BRACK Antonio y MENDIOLA Cecilia. Ecología del Perú. [en línea]. [Lima, Perú]. 2005. [citado 5 May,. 2005]. Disponible en Internet <URL : <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp>>

⁹ CASTRILLÓN, Guillermo. SOLO CIENCIA. [en línea]. (España). 2005 [citado 8 Sep,. 2005]. Disponible en Internet : <URL : www.solociencia.com>

4.5.1 Los microorganismos en la formación de humus. Según Burbano:

El humus es una materia orgánica en descomposición que se encuentra en el suelo y procede de restos vegetales y animales muertos. Al inicio de la descomposición, parte del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno se disipan rápidamente en forma de agua, dióxido de carbono, metano y amoníaco, pero los demás componentes se descomponen lentamente y permanecen en forma de humus. La composición química del humus varía porque depende de la acción de organismos vivos del suelo, como bacterias, protozoos, hongos y ciertos tipos de escarabajos, pero casi siempre contiene cantidades variables de proteínas y ciertos ácidos urónicos combinados con ligninas y sus derivados. El humus es una materia homogénea, amorfa, de color oscuro e inodora. Los productos finales de la descomposición del humus son sales minerales, dióxido de carbono y amoníaco¹⁰.

Al descomponerse en humus, los residuos vegetales se convierten en formas estables que se almacenan en el suelo y pueden ser utilizados como alimento por las plantas. La cantidad de humus afecta también a las propiedades físicas del suelo tan importantes como su estructura, color, textura y capacidad de retención de la humedad. “El desarrollo ideal de los cultivos, por ejemplo, depende en gran medida del contenido en humus del suelo. En las zonas de cultivo, el humus se agota por la sucesión de cosechas, y el equilibrio orgánico se restaura añadiendo humus al suelo en forma de compost o estiércol”¹¹.

4.6 ABONOS ORGÁNICOS

Según menciona Burbano los abonos orgánicos:

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados. Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y

¹⁰ Burbano. Op. cit., p. 365.

¹¹ Ibid. [en línea]. (España). 2005 [citado 8 Sep., 2005]. Disponible en Internet: <URL: www.solociencia.com

modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas¹².

4.6.1 Beneficios del uso de abonos orgánicos. Los terrenos cultivados sufren la pérdida de una gran cantidad de nutrientes, lo cual puede agotar la materia orgánica del suelo, por esta razón se deben restituir permanentemente. Esto se puede lograr a través del manejo de los residuos de cultivo, estiércoles u otro tipo de material orgánico introducido en el campo.

Según Rodavero:

El abonamiento consiste en aplicar las sustancias minerales u orgánicas al suelo con el objetivo de mejorar su capacidad nutritiva, mediante esta práctica se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo. El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradados por el efecto de la erosión, pero su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo¹³.

4.6.2 La materia orgánica del suelo. López *et al*¹⁴ afirman que la materia orgánica es esencial para la fertilidad y la buena producción agropecuaria. Los suelos sin materia orgánica son suelos pobres y de características físicas inadecuadas para el crecimiento de las plantas. Cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas. La materia orgánica bruta es descompuesta por microorganismos y transformada en materia adecuada para el crecimiento de las plantas y que se conoce como humus. El humus es un estado de descomposición de la materia orgánica, o sea, es materia orgánica no totalmente descompuesta.

Tiene esencialmente las siguientes características:

- Es insoluble en agua y evita el lavado de los suelos y la pérdida de nutrientes.

¹² Burbano. Op. cit., p. 254.

¹³ RODAVERO Julio. Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. [On line]. Texinfo [Lima Perú]. 2005. [citado 6 May, 2005]. Disponible en I Word Wide Web : <URL : <http://www.raaa.org/>>.

¹⁴ LÓPEZ, José. DÍAZ, Antonio, MARTÍNEZ, Enrique y VALDEZ, Ricardo. Los abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y rendimiento del maíz. [On line]. Citado marzo 2 de 2007. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf>.

- Tiene una alta capacidad de absorción y retención de agua. Absorbe varias veces su propio peso en agua y la retiene, evitando la desecación del suelo.
- Mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Los suaviza; permite una aireación adecuada; aumenta la porosidad y la infiltración de agua, entre otros. Es una fuente importante de nutrientes, a través de los procesos de descomposición con la participación de bacterias y hongos, especialmente. Absorbe nutrientes disponibles, los fija y los pone a disposición de las plantas. Fija especialmente nitrógeno (NO₃, NH₄), fósforo (P₀₄) calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y otros. Mantiene la vida de los organismos del suelo, esenciales para los procesos de renovación del recurso.
- Aumenta la productividad de los cultivos en más del 100 % si a los suelos pobres se les aplica materia orgánica.

Brack y Mendiola afirman que: “Una cosa debe evitarse de todas maneras: quemar la materia orgánica de los campos, porque los empobrecemos y ocasionamos un tremendo daño a la producción agrícola”¹⁵.

Por su parte, Hurtado y Realpe afirman que:

La consecución de una buena cobertura forrajera es posible con la adición de materia orgánica, donde esta aporta elementos que son útiles para el crecimiento de las plantas. Ayudando así a una mayor formación de la cubierta vegetal protegiendo el suelo y evitando que exista una lixiviación de nutrientes; por consiguiente la planta va a tener una mayor disponibilidad de macro y micro elementos para su crecimiento y desarrollo fisiológico, esto implica una mayor cobertura forrajera¹⁶.

El Centro internacional de información de cultivos de cobertura afirma que:

Trabajando con agricultura orgánica, tenemos excelentes resultados con buenas producciones y vemos que poco a poco el suelo va cambiando. Se tiene muy buenos resultados con algunos cultivos, pero problemas con otros como zanahoria ya que los suelos no son muy profundos y hay todavía mucho contenido de arcilla. Los abonos verdes, es la manera mas fácil y barata de mejorar los suelos a corto plazo, cualquier tipo de suelo, especialmente los suelos de ladera lavados y sobre trabajados. También los suelos que han sido agotados con la rotación papa -maíz, por muchos

¹⁵ BRACK Antonio y MENDIOLA Cecilia. Op. cit., sp.

¹⁶ HURTADO Carlos y REALPE Alberto. Respuesta del Pasto Aubade (*loilium sp*) a la Aplicación de Diferentes Niveles de Abono Orgánico en la Vereda Cabrera, Corregimiento de la Laguna – Nariño. San Juan de Pasto, 1998 p. 43. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

años, pueden recuperarse con el uso de los abonos verdes. Otra cosa que se ha comprobado es que no es necesario hacer esos grandes movimientos de suelo. Podemos usar unas cuantas acequias, barreras vivas, labranza mínima y conservación de suelo. Todo esto sumado a abonos verdes nos va a aumentar los rendimientos desde un 40% hasta el doble, sin el uso de fertilizantes químicos¹⁷.

4.6.3 Fertilización orgánica. Según Romero Pérez:

- **Estiércoles.** El estiércol es una mezcla de las camas de los animales con sus deyecciones, que ha sufrido fermentaciones más o menos avanzadas primero en el establo y luego en el estercolero.

Se trata de un abono compuesto de naturaleza órgano-mineral, con un bajo contenido en elementos minerales. Su nitrógeno se encuentra casi exclusivamente en forma orgánica y el fósforo y el potasio al 50 por 100 en forma orgánica y mineral, pero su composición varía entre límites muy amplios, dependiendo de la especie animal, la naturaleza de la cama, la alimentación recibida, la elaboración y manejo del montón, etc.

Los estiércoles que producen un mayor enriquecimiento en humus son aquellos que provienen de granjas en las que se esparce paja u otros materiales ricos en carbono como cama para el ganado, y se espolvorean sobre ellos rocas naturales trituradas (fosfatos, rocas silíceas, etc.) y tierra arcillosa para una mejora de la calidad. Un animal en estabulación permanente produce anualmente alrededor de 20 veces su peso en estiércol. El procedente de granjas intensivas se reconoce fácilmente por su desagradable olor a putrefacción, que da lugar a la formación de sustancias tóxicas para el suelo debido a su alto contenido en nitrógeno proteico y a sus elevadas tasas de antibióticos y otros fármacos. Por tanto estos materiales se utilizarán con mucha precaución, compostándolos previamente en mezcla con otros estiércoles o materias orgánicas equilibradas y siendo prudentes en su uso.

El estiércol hay que esparcirlo sobre el suelo cuando su descomposición esté muy avanzada, cuando se efectúan las siembras o trasplantes. Además es preferible enterrarlo tan pronto como se extienda, para evitar las pérdidas de nitrógeno, que pueden ser importantes, pero nunca hacerlo profundamente. Si no fuera posible enterrarlo rápidamente, es mejor dejarlo en montones de no mucha altura, sin compactarlos y directamente sobre el suelo de labor; de esta forma se favorece el

¹⁷ CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA. Leguminosas de Altura. [en línea]. Septiembre 1999 [citado 9 Jun., 2005]. Disponible en Internet : <URL <http://www.leguminosasdealtura.htm>>

comienzo de la fermentación aerobia. Esta práctica se denomina *compostaje* y también se utiliza para madurar el estiércol. Mediante esta técnica, se favorece la formación de un material prehumificado, fácilmente mineralizable y con una importante carga bacteriana beneficiosa. Este proceso de maduración dura de tres a seis meses.

Otros autores piensan que las técnicas de maduración deben procurar favorecer la mineralización del estiércol, disminuyendo las pérdidas y, en base a esto, sugieren que el montón debe hacerse y compactarse fuertemente a los dos o tres días de realizado, para evitar que continúe la fermentación aeróbica oxidativa iniciada y haya pérdidas de nutrientes. Con esta compactación, la bioquímica del proceso es anaeróbica, durando la evolución del mismo hasta la maduración del material de dos a tres meses.

El estiércol fresco puede ser utilizado en compostaje de superficie directamente. Se usa sobre todo en cultivos exigentes en abonado que toleran bien la materia orgánica fresca¹⁸.

4.7 CARACTERIZACIÓN DE LA EXCRETA PORCINA COMO FERTILIZANTE

La Asociación Colombiana de porcicultores sostiene que: “La porquinaza esta formada por heces fecales y orina mezcladas con el material utilizado como cama, residuos de alimento, polvo, otras partículas y una cantidad variable de agua proviene de las labores de lavado y perdidas desde los bebederos”¹⁹

Igualmente la Asociación Colombiana de Porcicultores expresa que:

El nitrógeno de las excretas es el elemento de fertilización más importante, debido a que el alimento suministrado a los cerdos tiene contenidos altos de proteína. Además, de los distintos nutrientes presentes en las excreta, es el nitrógeno es que presenta mayor riesgo ambiental cuando ella se utiliza en fertilización. Por ello la fertilización agrícola se fundamenta en el contenido de nitrógeno de las excretas²⁰.

La tabla 1 presenta los aportes, en la excreta porcina de los principales elementos necesarios para la fertilización de cultivos agrícolas.

¹⁸ ROMERO PÉREZ, María del Pilar La agricultura ecológica como solución a los problemas planteados por la agricultura convencional. [en línea]. INFOAGRO [Madrid, España] Septiembre de 1999. [citado 28 May,. 2005] Disponible en Internet: <URL :http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica05.asp#1.3.1.-%20Fertilización%20orgánica>

¹⁹ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PORCICULTORES. Uso de la porquinaza como fertilizante. Colombia: Asociación Colombiana de Porcicultores, 2000. p. 18.

²⁰ Ibid., p. 21

Tabla 1. Composición mineral de la porquinaza

Material	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S
Porquinaza	3.3	1-3	1-2	2-4	0.4	0.14

Fuente: (Gómez, Jairo. 2000)

Según Castrillón, Jiménez y Bedoya:

El mayor problema que enfrentan las explotaciones porcinas es la generación de excretas, que al tener un gran potencial de nutrientes, contaminan el ambiente y pueden llegar a constituirse en el principal obstáculo para el futuro desarrollo de la industria animal. Las excretas de cerdo se han manejado tradicionalmente en un sistema cerdos-pasto-leche, aprovechando el mejoramiento de los suelos para pastos con la fertilización de materia orgánica para lograr una mayor producción de leche.

Bajo la presión de producir alimentos en sistemas que mantengan estables su producción y rentabilidad a largo plazo, sin generar inequidad social y preservando todos los recursos naturales, ha cobrado especial importancia el uso de las excretas porcinas como ingrediente alimenticio en la dieta de otras especies y como fertilizante para las praderas, ya que ofrecen un gran potencial para generar recursos adicionales al productor. Así mismo, su reincorporación como un ingrediente alimenticio y como parte importante en la calidad suelo-planta, representa una alternativa importante dentro de un programa pecuario, constituyéndose entonces en una propuesta tecnológica viable desde el punto de vista ecológico, biológico y económico²¹.

Por su parte, Rivera, Díaz y Estrada, afirman que:

El manejo de las excretas es una preocupación de los productores en su objetivo de mantener limpios los espacios ocupados por los animales, prevenir la contaminación de las aguas, controlar los malos olores y evitar la proliferación de moscas, máxime cuando la nueva legislación ambiental colombiana es drástica en la exigencia del cumplimiento de metas ambientales que se compensan a través de la imposición de tasas retributivas. La demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) se estima en 45.6 kg/cerdo/año y el aporte de sólidos suspendidos totales (SST) en 136.9 kg/cerdo/año, considerando un peso promedio de 50 kg (ACP, 1997).

²¹ CASTRILLÓN, Olivia; JIMÉNEZ, Ricardo y BEDOYA Oswaldo. Porquinaza en la Alimentación Animal. [en línea] En Revista Lasallista de Investigación Vol. 1. No. 1. [Antioquia, Colombia] 2005 [citado 28 May., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.lasallista.edu.co/revista/vol>>

La utilización de porquinaza para abonar potreros permite aportar nutrientes, obtener una rápida biodegradabilidad, mejorar las condiciones físicas que permiten una mayor conservación de humedad, e incrementar la población microbiana del suelo.

Para su aprovechamiento como fertilizante, la porquinaza se diluye con agua en una proporción 1:10. Los pastos se riegan al finalizar el período de pastoreo, mediante el uso de mangueras o por acequias, aprovechando la fuerza de gravedad, y por aspersión, utilizando motobombas. La aplicación de 218 m³/ha/año de porquinaza diluida, con 88% de humedad y distribuida en 6 aplicaciones, incrementa la producción del kikuyo, de 37.37 t/ha de forraje verde a 49.64 t/ha²².

4.7.1 Elaboración de un plan de fertilización con porquinaza. La Asociación Colombiana de Porcicultores manifiesta que la excreta porcina puede ser una excelente fuente de nutrientes para la producción de cosechas.

Según Rivera, Díaz y Estrada²³, un plan de fertilización incluye aspectos tales como:

- Conocimiento del contenido de nutrientes fertilizantes en la porquinaza.
- Un programa de análisis de suelos.
- Disponibilidad de tierras para la aplicación de porquinaza.
- Aplicación uniforme y momento adecuado que corresponda a las necesidades de nutrientes.
- Al aplicar la excreta en cultivos agrícolas, se recomienda hacerlo localizadamente en la siembra, incorporándolo en los primeros 20 cm de profundidad.

4.8 LA GALLINAZA

Según Rodríguez Jiménez:

La gallinaza es un material compuesto por excretas de las gallinas, residuos alimenticios, huevos rotos y material fibroso de la cama con cal. Los residuos ganaderos son la mezcla resultante de los excrementos del ganado y del material sobre el cual se recogen.

²² RIVERA Bernardo, DÍAZ Rocío y ESTRADA Rubén Darío. El análisis de la racionalidad en el sistema integrado cerdos-pastos-leche. [en línea] Universidad de Caldas, Grupo de Investigación ASPA. [Manizales Caldas Colombia]. 2004 [citado 29 May.,. 2005] Disponible en Internet : >URL : <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia4/articulos/case1mod2.htm>>

²³ Ibid., p. 24

Los excrementos pueden ser líquidos y sólidos y pueden recogerse de distintas formas: si se recogen junto con la cama (paja, aserrín etc.) se tendrá estiércol sólido, mientras que si se hace mediante lavado, como se tiende a hacer ahora, lo que se obtendrá es un residuo líquido denominado purín.

El verdadero problema nace cuando estos residuos se regeneran en un pequeño espacio (una granja de producción intensiva) que se encuentra relativamente cerca de algún núcleo poblacional. La tierra de por sí es capaz de asimilar sin excesivos problemas una determinada cantidad por unidad de área.

Pero la no-existencia de suficiente espacio, unida a la presencia de “vecinos” que se puedan sentir perjudicados por los problemas de los residuos de gallinaza, puede ser origen de tensiones y problemas más serios. Además existe el verdadero daño que se realiza sobre el medio. Los distintos tipos de gallinaza dependen del sistema de recogida de los excrementos:

- **En foso.** Se trata de la forma más antigua, en la cual los excrementos caen a unos canales o vías de recogida y desde ahí se transportan hacia una gran fosa de almacenaje situada en un extremo de la explotación. Cuando la fosa está llena se vacía su contenido, habiendo permanecido los residuos ese tiempo en condiciones anaerobias. El subproducto se obtiene con una humedad del 75-80%.
- **En cintas.** Este método, más moderno, consiste en recoger la gallinaza en unas cintas transportadoras que se moverá cuando el avicultor lo desee. Si el residuo permanece mucho tiempo dentro de la granja los niveles de amoníaco pueden ser muy elevados. La humedad del producto obtenido es algo menor (65-75%) debido al proceso de secado que experimenta de forma natural.
- **En cintas con sistema de desecado.** Como el anterior pero haciéndolo pasar por un conducto por el que se pasa una corriente de aire. Así se obtiene la gallinaza en forma de bolas, más manejable (humedad del 45-50%).
- **En cubas.** Se suele utilizar este sistema para menores producciones. Una vez el residuo se halla en las cubas estas son almacenadas en un lugar específico de la explotación esperando su destino final.

Respecto a la composición de la gallinaza, encontrar datos concordantes en la bibliografía es una tarea realmente complicada debido a la variabilidad con la que se pueden presentar los residuos de excrementos de animales. En primer lugar influirá el tipo de animal, pero además lo hará el tipo de alimentación del mismo, así como su edad, el clima etc.

Gran parte del nitrógeno, fósforo y potasio que son ingeridos por los animales estarán presentes en sus residuos. Para el porcino estos valores

son del 76%, 83% y 86% respectivamente. De esta forma se hace referencia a la capacidad digestiva del animal, ya que en caso de aparecer el 100% del elemento en el residuo se podrá asumir que nada es retenido y por tanto asimilado. En la gallinaza este hecho es agudo, los valores para el N, P y K son 81%, 88% y 95 % lo que indica claramente el pobre rendimiento digestivo de estos animales. Las pequeñas empresas familiares situadas en las zonas rurales han ido siendo sustituidas por grandes empresas de producción intensiva que han necesitado estar cada vez más cerca de la ciudad (reducción de costos de transporte). A esto se ha unido la propia expansión de las ciudades recordando cada vez más el espacio rural. Así, ciudadanos particulares se ven expuestos directamente a los perjuicios ocasionados por las granjas avícolas.

El mayor problema, es sin duda, el olor. La gallinaza fresca contiene una serie de compuestos (compuestos orgánicos) que causan un verdadero perjuicio a las personas que habitan en las proximidades. La sensación de suciedad que acompaña a estos vertidos, así como la aparición de síntomas evidentes de la degradación ambiental en el entorno son otros factores que pueden llevar al “vecino” a llegar a interponer una demanda.

Al plantearse la posibilidad de diseñar un proceso que permita eliminar la problemática de la gallinaza a partir de la generación de un bien como puede ser el compost (fertilizante orgánico), se debe tener en claro que se persigue un beneficio y se evita un perjuicio.

El compost final no es más que un subproducto (real y con valor) de un proceso cuyo objetivo es eliminar el residuo. Por eso, en ningún momento se puede pretender que el balance económico resulte positivo o, si se pretende, se debe incluir la cantidad que se deja de perder como consecuencia de evitarse toda esa serie de problemas que han sido relatados, que siempre en última instancia tendría un costo económico²⁴.

La tabla 2 presenta los aportes, en la gallinaza de los principales elementos necesarios para la fertilización de cultivos agrícolas.

Tabla 2. Composición mineral de la gallinaza

Material	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S
Gallinaza	5	1-2	2-3	3-8	0.6-1.3	0.1-0.2

Fuente: (Gómez, Jairo. 2000)

²⁴ RODRÍGUEZ, Víctor José La problemática de los residuos ganaderos. El Caso de la Gallinaza. [en línea]. [España]. Diciembre de 1999. [citado 29 Abr., 2005]. Disponible en Internet <URL : <http://www.terra.es/personal/forma.htm>>

4.8.1 Fertilización con gallinaza. Wade y Sánchez afirman que:

Al realizar un estudio con brócoli intercalado con maíz y frijol, como cultivos de barrera, con parcelas divididas sin y con gallinaza y al tratar todas las parcelas con fertilizantes químicos según recomendaciones basadas en análisis de suelos (La gallinaza (seca) fue aplicada a razón de 4 t/ha). Las enmiendas orgánicas mejoraron ligeramente los parámetros del suelo y las concentraciones de nutrientes en la hoja del cultivo. Por ejemplo, el fósforo (P) fue el elemento más afectado en la hoja. Sin embargo la concentración de P fue alta aún en el cultivo no tratado con gallinaza. Por otro lado, el boro (B) está presente en una concentración muy baja en ambos lugares, pero la enmienda de gallinaza no afectó la absorción de aquel.

La aplicación de gallinaza aumentó el pH del suelo en ambos sitios. Las enmiendas orgánicas generalmente mejoran características físicas de los suelos, y favorecen el ambiente de las raíces. Ambos de estos suelos y tenían buenas características físicas. Los resultados de ella y de nosotros han llevado a desarrollar nuevas investigaciones enfocadas en el manejo y uso de gallinaza como enmienda al suelo para los cultivos.²⁵

Según El Instituto de Edafología:

En general, los estiércoles son una fuente importante de nutrimentos para los cultivos, la gallinaza se destaca, en comparación con otros estiércoles, por el contenido de N, P, K; la gallinaza aplicada en altas dosis, tiene propiedades intermedias con respecto a los fertilizantes inorgánicos y el estiércol de bovino, asegurándose un apreciable efecto residual.

Ahora bien, el valor fertilizante de un estiércol esta ligado, por una parte, a la mineralización de un determinado elemento y por otra a la interacción del estiércol con formas de dicho elemento contenidas en el suelo. Señala que la incorporación de estiércoles de bovino, porcino y gallinaza provoca una disminución de la capacidad de adsorción de fósforo en el suelo, incrementos en el fósforo soluble y en la desorción del fósforo luego de un periodo de incubación de 30 días. Muchos investigadores han señalado que la aplicación de estiércol animal sobre los campos previene la declinación progresiva de nutrimentos del suelo. Igualmente, experiencias

²⁵ WADE, Michael y SÁNCHEZ, Guillermo. La Gallinaza mejora los rendimientos del Brócoli. [en línea]. [Guatemala]. 2005 [citado 29 Abr., 20045]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.ag.vt.edu/html>>

dentro y fuera del país han demostrado las bondades de la gallinaza como fuente de nutrimento para los cultivos.²⁶

Adicionalmente, Según Rivero y Carracedo:

Se ha cuantificado el efecto de la incorporación de gallinaza sobre algunas variables de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante. La gallinaza fue incorporada al suelo en dos dosis: 5 y 10 %, luego, el suelo fue incubado durante 78 días; período en el cual se midió la modificación del pH y el efecto sobre el fósforo disponible y el carbono orgánico. Los resultados indican que la gallinaza produce un efecto de encalado sobre el suelo siendo capaz de aportar cantidades importantes de fósforo. En cuanto al carbono, el efecto positivo presentó un carácter temporal que apunta a la necesidad de sistematizar la incorporación del material orgánico como una práctica de manejo. Los resultados permiten indicar que la gallinaza, debido a su elevado contenido de calcio actuó como material de encalado, provocando un desplazamiento significativo del pH, aun en el caso de suelos de reacción neutra.

En cuanto al efecto sobre el P disponible del suelo, la gallinaza resultó una excelente fuente de este elemento, cuyo origen estaría dado por un aporte directo debido a su contenido de fósforo mineral, a la mineralización de P orgánico que contiene y un aporte indirecto producto de la posible liberación de formas de P no disponibles inicialmente en el suelo. Se encontró, además, un efecto importante sobre el CO del suelo, de carácter temporal apuntando a la necesidad de incorporación sistemática de materiales orgánicos en suelos con bajos contenidos de materia orgánica²⁷.

4.9 LA BOVINAZA

Según Dirección General de Agricultura y Alimentación:

El efecto de la adición de bovinaza sobre la estructura del suelo es mediano. La persistencia es de tres años, mineralizándose aproximadamente el 50% el primer año, 35% el segundo año y el 15% el tercer año. Es un producto muy apreciado en hortofruticultura con buenas

²⁶ HERRERA, Teodoro. Instituto de Edafología. [en línea]. Facultad de Agronomía, Universidad central de Venezuela. [Maracay, Venezuela] Sep., 1999. [citado 8 Abr., 2005]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redpav-fpolar.info.ve/html.>>

²⁷ RIVERO Carmen y CARRACEDO Cristina. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante. [en línea] Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. [Maracay-Venezuela]. Sep., 1999. [citado 7 Abr., 2005]. Disponible de Internet : <URL : <http://www.redpav-fpolar.info.ve>

respuestas agronómicas y sin apenas problemas de gestión. La forma de uso es como enmienda orgánica.

Constituye un material de por sí de difícil confrontación con los otros por razón de la elevada presencia de compuestos de lenta degradabilidad. Su particular maduración ha hecho de él un material altamente polimerizado hasta el punto de resultar parcialmente inatacable por la microflora y de demorarse por eso la descomposición. Su función es en grandísima parte estructural, contribuyendo a promover la agregación de las partículas terrosas y la estabilidad de los glomérulos formados. El efecto nutritivo de momento, tiene una importancia relativamente menor, pero se prolonga por más años de su aplicación.

En general se indica que este efecto nutritivo puede equivaler en el primer año de su aportación hasta el 30% del N total presente. El efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del cese de los aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se siembren²⁸.

4.9.1 Fertilización con bovinaza. Según Mora e Ibrahim:

El estiércol de vacuno es un fertilizante muy bueno y barato, y la cantidad que se produce es significativa. Por ejemplo, una vaca excreta 5,5 kg de materia seca por día, lo que equivale a una producción anual de 14.000 kg. de estiércol fresco por unidad animal (450 kg de peso vivo). La mayor parte de éste y el estiércol de otros tipos de animales cae en las tierras de pastoreo, sin embargo, en el caso de los sistemas de producción estabulados es posible recolectar grandes cantidades y esparcirlas en las tierras de cultivo²⁹.

La tabla 3 presenta los aportes, en la bovinaza de los principales elementos necesarios para la fertilización de cultivos agrícolas.

Tabla 3. Composición mineral de la bovinaza

Material	%N	%P	%K	%Ca
Bovinaza	1.8	0.14	1.6	2.5

Fuente: Venecia, Durango. 1998

²⁸ DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. Por la que se publica el código de buenas prácticas agrarias. [en línea] Dirección General de Agricultura y Alimentación. [Madrid, España]. 1999 [citado 7 Abr., 2005]. Disponible en Internet <URL : <http://www8.Madrid.org/gema/revista/leyes/febmar99/boc041.htm>

²⁹ MORA Jairo E IBRAHIM Muhammad. Diversificación de fincas pecuarias. [en línea]. [Bogotá, Colombia]. 2005 [citado 25 May., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia4/sintesis.htm>

Se evaluó los cambios en la cantidad y biodiversidad de la mesofauna de un suelo degradado mediante la aplicación de estiércol bovino, empleando para ello un diseño experimental en bloques al azar con seis repeticiones, con un arreglo en parcelas divididas 2x3 representadas por los dos niveles de pendiente (0-3 % y 3-8 %) y 2 niveles de estiércol: 0,60 y 120 Mg ha⁻¹. Un año después de la aplicación del estiércol bovino se colectaron muestras disturbadas de 1 kg de suelo por parcela, a una profundidad de 20 cm. Los resultados obtenidos muestran que el número de individuos varió significativamente entre niveles de estiércol bovino y no entre grados de pendiente. Se encontró mayor cantidad de individuos en las parcelas tratadas con 120 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino.

Según Bracho: “Los individuos observados pertenecían a 10 órdenes y 19 familias, siendo los más representativos Collembola, Hymenoptera, Parasitiformes y los Acariformes, que cumplen funciones de descomponedores de la materia orgánica y mejoradores de la porosidad y aireación del suelo”³⁰.

4.10 LA CUYINAZA

“El cuy es una especie nativa de nuestros Andes de mucha utilidad para la alimentación. Se caracteriza por tener una carne muy sabrosa y nutritiva, ser una fuente excelente de proteínas y poseer menos grasa. Los excedente pueden venderse y se aprovecha el estiércol (abono orgánico)”³¹.

Echeandia Sotomayor afirma que:

El estiércol de cuy es uno de los mejores bioabonos que existen pues además de los carbohidratos que contiene, es generalmente, el producto de la metabolización de la fibra que digiere este animalito. Las características físicas son importantes pues por lo general el cuy no consume agua, la obtiene de los alimentos verdes que ingiere. Al no contener agua su consistencia es seca y evita la proliferación de moscas que prefieren otro tipo de estiércol como el de los equinos y vacunos³².

La tabla 4 presenta los aportes, de la cuyinaza mostrando los principales elementos necesarios para la fertilización de cultivos agrícolas.

³⁰ BRACHO, A *et. al.* Cambios en la cantidad y la biodiversidad de la mesofauna en un suelo degradado con aplicación de abono orgánico. [en línea]. Universidad del Zulia [Maracaibo, Venezuela] 1999. [citado 26 Mar., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.revfacagronluz.org.ve>

³¹ CASTILLO, Alfredo. El cuy, su cría y explotación. Actividades productivas. [en línea]. [Santa Anita, Perú] 2003 [citado 29 Mar., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.ilustrados.com/publicaciones>>

³² ECHEANDIA SOTOMAYOR, José. Grupo cuyes . [en línea]. ZOE [Argentina]. Dic., 2003 [citado 29 May., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://ar.groups.yahoo.com/group/cuyeszoe>>

Tabla 4. Composición mineral de la cuyinaza

Material	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%Cu	%Zn
Cuyinaza	2.18	0.61	5.03	0.44	0.21	31	12

Fuente: Venecia, Durango. 1998

4.11 EL COMPOSTAJE

Gómez Jairo argumenta que: El compostaje o “composting” es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura.

El compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

Restos de cosechas, abonos verdes, hojas, complementos minerales, plantas marinas y estiércoles.

4.11.1 Propiedades del compost

- **Mejora las propiedades físicas del suelo.** La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- **Mejora las propiedades químicas.** Aumenta el contenido en macronutrientes N, P,K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- **Mejora la actividad biológica del suelo.** Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

- **La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.**³³

4.11.2 Factores que condicionan el proceso de compostaje. Según INFOAGRO:

Como se ha comentado, el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

- **Temperatura.** Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.
- **Humedad.** En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.
- **pH.** Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5).
- **Oxígeno.** El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

³³ GÓMEZ, Jairo. Abonos Orgánicos. Cali, Mayo del 2000. p.51.

- **Relación C/N equilibrada.** El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.
- **Población microbiana.** El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes³⁴.

4.11.3 El compost y los abonos orgánicos. Según Pirineos:

El compost es un proceso biológico controlado que asegura la fermentación y descomposición en presencia de aire de residuos orgánicos, obteniendo un producto final más o menos estable, higiénico, de aspecto parecido a la tierra y rico en compuestos húmedos y nutrientes minerales.

- Podríamos definir al compost como un producto intermedio entre la materia orgánica fresca y el humus.
- Son las bacterias y los hongos los que llevan a cabo la fermentación, aunque también intervienen notablemente los insectos, las lombrices etc.

Las hojas verdes resultan ricas en nitrógeno, mientras que la paja y los vegetales leñosos son ricos en carbono. También podemos añadir polvo de rocas, para corregir posibles carencias de la tierra: fosfatos naturales, sulfato de hierro. Las cenizas resultan ricas en potasio, y el estiércol fresco proporciona el nitrógeno necesario para la vida bacteriana, además de aportar bacterias que permiten acelerar la fermentación.

El paso de la materia fresca a compost se conoce con el nombre de fermentación o maduración que, en cualquier caso, habrá de producirse siempre en presencia de oxígeno, es decir, de forma aerobia.

³⁴ INFOAGRO. El Compostaje. [en línea]. INFOAGRO [España] 2004 [citado 22 Abr., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.infoagro.com>>

Otro punto importante es la homogeneidad de los componentes, y su correcta aireación, manteniendo siempre una humedad regular. La temperatura del montón no debe superar los 70°, y en caso de hacerlo, será preciso regarlo de forma abundante para frenar la fermentación. La falta de humedad también es causa de que la fermentación no se lleve a cabo.

El tiempo de fermentación puede variar entre unas semanas y varios meses, dependiendo del método que hayamos utilizado, la relación carbono/nitrógeno y el grado de madurez necesario para su uso³⁵.

4.12 GENERALIDADES SOBRE EL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoehst).

4.12.1 Origen. Navarrete afirma que: “El pasto Kikuyo es una gramínea originaria de África Central y Oriental, territorio de la tribu Kikuyu. De la cual se derivó su nombre. En su región de origen se desarrolla entre los 1950 y los 2700 msnm con una precipitación no menor a los 1000 mm por año constituyéndose en el pasto natural más importante que crece en Kenia”³⁶.

4.12.2 Clasificación botánica. Evangelista y Porto, clasifican botánicamente el Kikuyo de la siguiente forma:

Reino: Vegetal
Sub reino: Fanerógamas
División: Angiospermas
Clase: Monocotiledóneas
Orden: Gramiales
Familia: Gramineae
Género: *Pennisetum*
Especie: *Clandestinum* Hoehst³⁷.

4.12.3 Adaptación. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. afirma que:

El pasto Kikuyo es una de las gramíneas más comunes y mejor adaptadas a la zona de clima frío. No prospera bien en suelos pobres, es tolerante a la sequía pero muy susceptible a las heladas y al exceso de humedad y

³⁵ PIRINEOS, *Banat*. FUNDACIÓN ECOALDEAS IBEROAMERICANA. Compost. [en línea]. [Países Iberoamericanos] 2004 [citado 13 Abr., 2005]. Disponible en Internet: <URL : <http://www.ecoaldea.com>. 2004.>.

³⁶ NAVARRETE, Eduardo. Respuesta del Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum hoehst*) a la Aplicación de Diferentes Fuentes de Nitrógeno. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1996. p. 3.

³⁷ EVANGELISTA, Ricardo y PORT, Gudesteu. Forragicultura. Lavras. Brasil : Universidad federal de Lavras (UFLA), 1997. p. 63.

de condición perenne. Se utiliza para pastoreo, heno, henolaje, ensilaje, prados ornamentales y campos de deporte. Se propaga vegetativamente por medio de estolones. Las semillas permanecen viables en el suelo por mucho tiempo y se han encontrado plántulas en suelos cultivados por 10 años. Las malezas normalmente no son un problema serio, sin embargo se deben controlar durante el establecimiento o después de un sobrepastoreo, cuando se pueden presentar invasiones de lengua de vaca³⁸.

4.12.4 Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst).

Bernal expresa que: “El valor nutritivo de un pasto esta determinado por una gran cantidad de factores que interactúan y confluyen para dar como resultado un pasto con determinadas características (tabla 5), entre estos factores se encuentra la genética, manejo y factores externos como el suelo y el clima”³⁹.

4.12.5 Composición química. Soto, afirma que: “Tanto la biomasa de forraje producida como su composición química puede ser alterada mediante un adecuado plan de manejo, la fertilización nitrogenada y frecuencia de corte por ejemplo han arrojado buenos resultados con respecto a los niveles de proteína del forraje”⁴⁰.

Tabla 5. Composición química del kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) como % de materia seca

Edad (días)	Proteína %	DIVMS %	FDN %	FDA %	Hemicelulosa %	Celulosa %	Celulosa %	Lignina %	ED Mcal/Kg
40	11.89	41.59	63.84	36.64	27.20	25.42	25.42	7.50	2.10
50	14.63	53.42	65.56	31.78	33.88	24.38	24.38	4.90	2.66
60	16.62	79.18	57.48	32.7	24.78	26.76	26.76	4.20	3.25

Fuente (Bernal, Jorge 1994).

DIVMS: Digestibilidad *In Vitro* de la Materia Seca

FDN: Fibra Detergente Neutro

FDA: Fibra Detergente ácido

ED: Energía Digestible

Por su parte, Luna y Narváez argumentan que:

El kikuyo resiste satisfactoriamente el pastoreo continuo debido a su hábito de crecimiento, pero cuando está sembrado en mezclas con

³⁸ MONÓMEROS COLOMBO VENEZOLANOS S.A. Op.cit. p. 314.

³⁹ BERNAL, Jorge. Pastos y Forrajes Tropicales. 3 ed. Bogota, Colombia, 1994. p.89.

⁴⁰ SOTO, Luis. Digestibilidad y Consumo Voluntario del Pasto Kikuyo en Ovinos bajo fertilización Nitrogenada. Colombia: Universidad Nacional, 1979. p. 5.

leguminosas debe pastorearse en rotación con periodos de descanso entre 6 y 9 semanas, dependiendo de la humedad disponible y pastoreado a una altura de 5 a 10 cm. En ocasiones cuando ha sido mal manejado, se acolcha y reduce significativamente la producción haciéndose imprescindible su renovación mediante un sobrepastoreo, corte con guadaña y posterior escarificación de la zona radicular y simultáneamente aplicar enmiendas orgánicas⁴¹.

4.13 MANEJO DEL PASTO KIKUYO (*Pennisetum clandestinum* Hoechst)

4.13.1 Hábito del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Dávila, Villamizar y Bernal, Afirman que:

Siendo una de las gramíneas más comunes, no prospera bien en suelos muy pobres, es tolerante a la sequía pero susceptible a las heladas. Su hábito de crecimiento se observa en las plantas, las cuales se extienden superficialmente, pero posee rizomas gruesos y suculentos que pueden alcanzar hasta un metro. Tiene raíces profundas. Forma un césped denso, algunos tallos crecen rectos o semirectos y alcanzan alturas de de 50 y 60 cm. Las hojas alcanzan de 10^a 20 cm de largo y 8 a 15 mm de ancho. Las partes florales son muy inconspicuas: los estambres blanquecinos, brillantes y efímeros, aparecen al principio de la mañana y desaparecen con el calor del sol. Las semillas se producen en las axilas de las hojas donde quedan ocultas, de ahí el nombre de *clandestinum* dado a la especie.

Cuando se quiere sembrar este tipo de gramínea, hay que conocer que se propaga vegetativamente por medio de estolones: por semilla sexual puede propagarse a través del tubo digestivo de los animales, que las consumen en buen número. Las semillas permanecen viables en el suelo por mucho tiempo y se han encontrado plántulas en suelos cultivados por 10 años.

Para controlar las malezas en el pasto Kikuyo y debido al crecimiento rastrero y denso del césped, estas no son un problema serio en este pasto. Cuando no se maneja adecuadamente y se pastorea continuamente, puede presentarse sobrepastoreo con la siguiente invasión de malezas, especialmente “lengua de vaca”⁴².

⁴¹ NARVÁEZ, José y LUNA, Jhon. Valoración nutritiva del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ensilajes de avena (*Avena sativa*), variedad Cayuse, L15-85, y Obonuco triticales 98 (*Triticum sp*) en el levante de novillas Holstein mestizo. Pasto, Colombia. 2002., p. 42. Trabajo de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

⁴² DÁVILA, V., VILLAMIZAR, F. y BERNAL, J. 1967. El Cultivo de los Pastos en la Sabana de Bogota. ICA.. Cursillo Sobre Manejo de Praderas y Cultivos de Pastos en Clima Frío. Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC. Colombia: 1967.

4.13.2 Fertilización, manejo y producción del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst). Dávila y Echeverri, Afirman que:

La fertilización del Kikuyo en cultivo puro, sin leguminosas asociadas, responde bien a la aplicación de N y en algunos casos se ha logrado duplicar la producción con la aplicación de 50 Kg/Ha (aproximadamente dos bultos de Urea por hectárea). Cuando se encuentra sembrado en mezcla con tréboles y estos constituyen más del 30 por ciento de la mezcla, no se justifica la aplicación de N. En suelos bajos en P y K se han obtenido buenas respuestas al aplicar anualmente entre 50 y 75 Kg/Ha de P₂O₅ (300 a 500 Kg/Ha de K₂O (80 a 90 Kg/Ha de cloruro de potasio).

Cuando el pasto se establece después de un cultivo que ha sido abonado adecuadamente, se puede aumentar una buena producción durante dos o tres años sin fertilizar, siempre que se cuente con humedad adecuada.

Con la aplicación de agua adicional, es posible mantener una producción alta en las épocas secas, especialmente cuando se fertiliza. Cuando se aplica riego, en comparación con las zonas donde no se aplica. El riego debe aplicarse cada 10 días aproximadamente.

Según Dávila y Echeverri:

El manejo del pasto Kikuyo debe realizarse adecuadamente si se quiere obtener una buena producción y una capacidad de carga alta. Resiste al pastoreo continuo debido a su habito de crecimiento, pero cuando esta sembrado en mezcla con tréboles debe pastorearse en rotación con periodos de descanso entre seis y nueve semanas, dependiendo de la humedad disponible y pastorearlo hasta una altura entre 5 y 10 cm. El pastoreo con cerca eléctrica también es recomendable en este pasto.

En ocasiones, cuando ha sido mal manejado, se acolchona y se rebaja significativamente la producción, por lo tanto es económico renovarlo. La renovación es una práctica que consiste en pastorear bajo el potrero, sacar los animales y aplicar cal al voleo, escarificar levemente, fertilizar y resembrar con carretones. En praderas mejoradas se presenta espontáneamente y puede llegar a dominar los pastos mejorados cuando estos no se manejan adecuadamente. Cuando se cosecha en el estado apropiado produce forraje abundante y de buena calidad.⁴³

⁴³ DÁVILA, V. y ECHEVERRI, S. Aplicación de Nitrógeno y Riego en Pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Agric. Trop. Colombia : 1967. p. 744-746

Así mismo, Calpa y Melo argumentan que:

La eficiencia potencial de un forraje para el crecimiento y producción de leche, carne o lana son un reflejo de su valor nutritivo por lo tanto un pasto se considera de buena calidad si posee relaciones proporcionalmente balanceadas de sus nutrimentos y es palatable por el animal siendo el kikuyo uno de los forrajes que mejor se ajustan a estos requerimientos en dependencia de algunos factores ambientales, y de manejo mediante los cuales se puede incrementar ostensiblemente su valor nutritivo⁴⁴.

⁴⁴ CALPA, Alicia y MELO, Sandra. Valoración nutritiva del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ensilajes de avena (*Avena sativa*), variedad Cayuse, L15-85, y Obonuco triticales 98 (*Triticum sp*) en la alimentación de vacas Holstein mestizo en producción en el altiplano de Pasto – Colombia. 2002., p. 47. Trabajo de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, “localizada a 9 Km. al sur de la ciudad de San Juan de Pasto, a una altitud de 2809 m.s.n.m, temperatura promedio de 11°C, precipitación anual de 870 mm y humedad relativa del 85%”⁴⁵.

5.2 ÁREA EXPERIMENTAL

La investigación se realizó en un lote experimental de 4800 m², el cual se dividió en 20 parcelas de 30 m² cada una, con separación de 1 metro entre ellas.

5.3 MATERIALES E INSUMOS

Como fuentes de abono orgánico se utilizó compost, de bovinaza: procedente de vacas Holstein en pastoreo (pasto Kikuyo y Aubade), a las cuales también se les suministraba concentrado al momento de ordeño, Gallinaza: de aves de engorde de la línea Ross, alimentadas con concentrado alojadas en piso, Porquinaza: procedente de cerdos de las razas York, Landrace y de la línea PIC de diferentes etapas productivas, alimentados con concentrado. Cuyinaza: procedente de animales mejorados, alimentados con pastos Kikuyo y Aubade. Estos estiércoles se compostaron simultáneamente durante 90 días (Tabla 7).

La preparación de los materiales compostados se realizó mediante la metodología propuesta por Muñoz⁴⁶ la cual precisa el transcurso de dos fases: mesófila y termófila; para favorecer la eliminación de organismos patógenos y facilitar las condiciones para degradar ciertos componentes peligrosos, lo cual se logra mediante el volteo periódico de los materiales y control de la humedad.

La pradera de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst), se sometió a una rehabilitación mediante labranza mínima utilizando el arado superficialmente, con el fin de aplicar el compost en las partes roturadas del suelo, labor con la cual se facilitó la incorporación de los restauradores de suelo.

⁴⁵ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Pasto – Colombia. Información obtenida personalmente. [citado 13 Marzo, 2005].

⁴⁶ MUÑOZ, José. Compostaje en pescador, cauca: tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. (Citado febrero 14 de 2007). Disponible en la Word Wide Web http://www.ciat.cgiar.org/ipra/pdf/Compostaje_Pescador.pdf.

El proceso de compostación se hizo Tipo silo, ya que este proceso se emplea en la fabricación de compost poco voluminoso. Los materiales se introdujeron en un silo vertical cuadrado de 1 metro de altura, cargando el silo por la parte superior y descargando de la misma forma.

Las cantidades aplicadas a cada parcela son las siguientes:

- T0: Testigo absoluto
- T1: Porquinaza, 24553.6 kg/ha.
- T2: Gallinaza, 12802.7 kg/ha
- T3: Bovinaza, 33707.8 kg/ha
- T4: Cuyinaza, 29076.9 kg/ha.

La Cantidad a aplicar se determinó de acuerdo al contenido de Nitrógeno del material compostado con la respectiva corrección a materia seca, se tomó como constante la aplicación de 400 kg de N/ha según se recomienda en investigaciones preliminares.

5.3.1 Variables evaluadas. Las variables evaluadas fueron:

- **Producción de forraje verde:** Para la medición de esta variable se aforó 1 m², en cada una de las parcelas correspondiente a las réplicas, la producción de biomasa seca se determinó mediante secado en estufa (Apráez, 1994)⁴⁷.
- **Altura de plantas:** Para ello se tomó la altura de las plantas desde la base hasta la punta de la hoja principal. (Bernardon 1986)⁴⁸.
- **Índice de cobertura forrajera:** Se tomó la proyección vertical de la porción aérea de la planta sobre la superficie del suelo expresada en porcentaje de dicha proyección (Bernardon 1986)⁴⁹.
- **Propiedades físicas:** se determinaran utilizando los siguientes métodos:
 - Textura: método de Bouyoucos
 - Densidad real: método del picnómetro.
 - Densidad aparente: método del cilindro graduado.
 - Capacidad de campo (Humedad): método de columnas de Chapingo.
- **Propiedades químicas:** se determinaron utilizando los siguientes métodos:

⁴⁷ APRÁEZ, Edmundo. Análisis químico de los alimentos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño, 1994. 167 p.

⁴⁸ BERNARDON, Adel. Técnicas Para Medir La Vegetación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Oficina regional FAO. Chile 1986. 60 p.

⁴⁹ Ibid., p.45

- Ph: potenciómetro
 - Materia orgánica: método de Walkley-Black (colorimétrico)
 - Fósforo (P): método de Bray II
 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC), calcio (Ca), magnesio (Mg) y Potasio (K): por extracción de acetato de amonio.
 - Nitrógeno (N) total: método de Kjeldahl
- **Composición botánica de la pradera:** Se realizó antes y después de la ejecución de la investigación tomando muestras al azar en cada parcela (Bernardon 1986)⁵⁰
 - **Análisis bromatológico:** se realizó utilizando los siguientes métodos:
 - Humedad, ceniza, grasa, fibra cruda y proteína: mediante análisis proximal de Wende
 - Energía: método de bomba calorimétrica
 - Nitrógeno (N): método de Kjeldahl
 - Fósforo (P): por colorimetría
 - Potasio (K), magnesio (Mg), por espectrofotometría y absorción atómica.
 - **Recuento total de bacterias:** para la medición de esta variable se utilizó el método de vertido en placa establecido (Valiño 2002)⁵¹.
 - **Análisis económico:** para establecer la viabilidad económica de los factores en estudio, se siguió la metodología para la evaluación económica de proyectos de investigaciones agropecuarias propuesta por Cino y De Armas (1996)⁵² que para este caso se utilizó la valoración costo: beneficio, considerando únicamente aquellos factores económicos que difieren entre los tratamientos, manteniendo estables aquellos que le son comunes

5.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar conformado por 5 tratamientos y 4 replicas por tratamiento, las diferencias existentes entre los tratamientos se determinaron mediante análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

El modelo matemático correspondiente fue:

$$Y_{ij} = \mu + B_j + \uparrow_i + e_{ij}$$

Donde:

⁵⁰ *Ibíd.*, p. 60.

⁵¹ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (2002).

⁵² CINO, Maria y DE ARMAS, Carmen. Metodología para la evaluación económica de proyectos de investigaciones agropecuarias. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1996. p. 127.

Y_{ij} = Variable respuesta en el bloque j, tratamiento i

μ = Media general experimento

τ_i = Efecto de tratamiento i (i = 1, 2, 3)

e_{ij} = Error experimental

B_j = Efecto del bloque j

5.5 TRATAMIENTOS

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

T0: Testigo absoluto. Parcelas donde no se aplicó ningún tipo de fertilización ni se realizaron labores culturales.

T1: Porquinaza, 24553.6 kg/ha.

T2: Gallinaza, 12802.7 kg/ha

T3: Bovinaza, 33707.8 kg/ha

T4: Cuyinaza, 29076.9 kg/ha

5.5.1 Formulación de hipótesis

- **Hipótesis nula (H_0).** No existen diferencias estadísticas significativas sobre la producción y valor nutritivo del pasto Kikuyo.
- **Hipótesis alterna (H_1).** Existen diferencias estadísticas significativas sobre la producción y el valor nutritivo del pasto Kikuyo.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 VARIABLES AGRONÓMICAS

6.1.1 Producción de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) (FV). Los datos obtenidos para esta variable se resumen en la tabla 6.

El análisis de varianza (Anexo A) indicó diferencias ($P < 0.01$) entre los tratamientos. De acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Duncan se observó que el tratamiento 2 (gallinaza) tuvo una productividad superior ($P < 0.05$) respecto a los demás tratamientos con un promedio al final del experimento de 32.767 kg/ha de forraje verde (FV), seguido de los tratamientos 1 (porquinaza), 4 (cuyinaza) y 3 (bovinaza) con promedios de 25.683, 24.543 y 22.213 kg/ha FV respectivamente.

Tabla 6. Producción de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst), bajo la aplicación de diferentes restauradores de suelo (kg/FV/ha/corte).

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
Testigo (T0)	14658,75	14272,00	12573,25	13834,67C
Porquinaza (T1)	27090,75	24106,00	25853,25	25683,33B
Gallinaza (T2)	26610,75	35890,75	35800,00	32767,17A
Bovinaza (T3)	24880,00	25104,00	16656,00	22213,33B
Cuyinaza (T4)	24893,25	24885,25	23850,75	24543,08B

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias ($P < 0.05$)

Fuente: Esta Investigación

Los resultados obtenidos permiten deducir que la mejor respuesta obtenida en T2, quizá obedeció a que este material fertilizante proporcionó un adecuado nivel de nutrientes de buena disponibilidad en especial aquellos de mayor requerimiento por el pasto kikuyo tal es el caso del Nitrógeno, Fósforo, y Potasio. Así mismo, el proceso de compostaje posiblemente mejoró las características del material original.

La información resumida en la Tabla 7 corrobora lo anterior. El contenido de N y K de la gallinaza es mayor a los demás compost y solo es superada por la porquinaza en P, lo cual se reflejó claramente en el comportamiento productivo del pasto, a pesar de que como menciona Guerrero⁵³ el K puede ser considerado un

⁵³ GUERRERO, Ricardo. Diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1980. pp. 141 - 179.

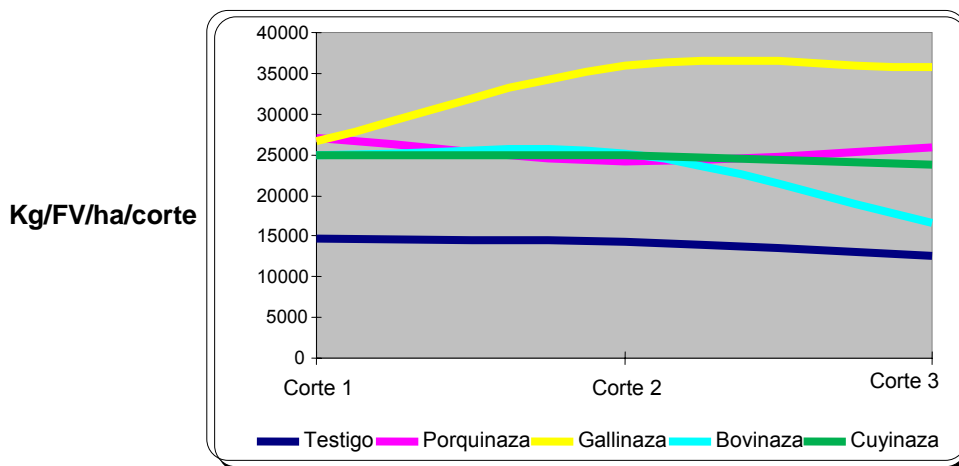
elemento limitante en la producción de kikuyo, sin embargo, es necesario tener en cuenta la interacción de este elemento con el N y el P ya que si estos últimos son de baja disponibilidad el cultivo muestra respuestas deficientes en producción y calidad bromatológica.

Los resultados obtenidos (a excepción del testigo y T2) fueron similares a los reportados por Acosta y Moncayo quienes reportan producciones entre 23.870 y 30.860 kg de FV /ha/corte en kikuyo con fertilización orgánica y/o mineral. Sin embargo, estos resultados no superan al T2 correspondiente a fertilización con gallinaza.

En este sentido Murgueito y Calle argumenta que: “la calidad como fertilizante de la gallinaza depende en gran medida de la forma como se realiza el proceso de compostaje, en cuanto al nitrógeno su proporción varía de acuerdo al periodo de maduración en la pila ya que del 8 al 10% se encuentra en forma amoniacal en el material fresco al 40 a 45% después de un mes de maduración; evento en el cual el manejo de la pila juega un papel decisivo a fin de no incurrir en pérdidas de nitrógeno por volatilización”⁵⁴.

Por otra parte, el análisis de la productividad de biomasa verde a través de los diferentes cortes (Figura 1) mostró comportamientos diferenciales para los cinco tratamientos evaluados donde los tratamientos 1, 2 y 4 presentaron una producción sostenida en el tiempo, mientras que el T3 y el testigo disminuyeron su producción hacia el tercer corte.

Figura 1. Producción de forraje de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica.



Fuente: Esta Investigación

⁵⁴ MURGUEITIO, Enrique y CALLE, Zoraida. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Fundación CIPAV. (Citado febrero 14 de 2007). Disponible en la World Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/agap/FRG/AGROFOR1/Murguei3.htm>

La respuesta productiva del kikuyo a la fertilización con gallinaza, porquinaza y cuyinaza muestra que el aporte de nutrientes de estos materiales es relativamente sostenida en el tiempo lo que no se observó en el T4 correspondiente a bovinaza posiblemente debido a un mayor nivel de disponibilidad en especial de elementos mayores, que hace que los nutrientes con el paso del tiempo se agoten mas rápido ya que son absorbidos mejor por la planta.

Tabla 7. Contenido mineral de los compost de las excretas de porquinaza, gallinaza, bovinaza y cuyinaza.

	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Carbono (%)	Relación C/N	Materia seca (%)
Porquinaza	3	5,5	1,77	23,48	7,82	54.33
Gallinaza	4,02	3,06	5,39	15,7	5,2	77.72
Bovinaza	1,9	0,61	3,52	21,76	11,48	62.46
Cuyinaza	2,86	1,18	4,75	23,28	8,14	48.1

Fuente: Esta Investigación

Es necesario anotar que la cantidad expresada como Nitrógeno por ha aplicado fue constante en los diferentes tratamientos; razón por la cual las diferencias obtenidas son atribuibles a la solubilidad de los elementos en los materiales incorporados al suelo *Per se*

El compost de bovinaza mostró ser el material con menor concentración de nutrientes lo que se hace evidente a medida que avanzaron los cortes con una tendencia a disminuir la producción hacia el tercer corte producto de la alta solubilidad de los nutrimentos aportados por este compost.

Por otra parte, es importante anotar que los materiales compostados elaborados con estiércol de especies herbívoras mostraron menores concentraciones especialmente en nitrógeno y fósforo lo cual estuvo relacionado posiblemente con las características del alimento como tal utilizado en cada explotación lo cual se reflejó también en el rendimiento en biomasa del pasto.

6.1.2 Producción de biomasa seca (BS). La Tabla 8 muestra los resultados para esta variable. Se encontraron diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos (Anexo B). Según la prueba de Duncan el tratamiento 2 mostró la mejor respuesta a en producción de BS ($P < 0.05$) con un promedio de 6.830 kg/ha, mientras que el tratamiento testigo fue menor con 3.155 kg/ha. Los tratamientos 1, 3 y 4 presentaron producciones intermedias con 5.381, 5014 y 5117 kg/ha/BS respectivamente.

Tabla 8. Producción de biomasa seca de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica (kg/ha/corte).

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
Testigo (T0)	3449,20	3264,00	2752,28	3155,16C
Porquinaza (T1)	6347,35	5796,83	3999,19	5381,13B
Gallinaza (T2)	5505,76	8398,43	6587,20	6830,46A
Bovinaza (T3)	5697,51	6173,07	3172,97	5014,52B
Cuyinaza (T4)	5229,98	5230,87	4891,78	5117,54B

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias (P<0.05)

Fuente: Esta Investigación

La producción de biomasa seca y verde tuvo correspondencia directa debida quizá a que la cantidad de materia seca no se afectó de forma significativa con el manejo cultural realizado. Adicionalmente, la edad de corte en cada uno de los periodos fue uniforme para todos los tratamientos, razón por la cual se supone que esto tampoco hizo que existieran diferencias contundentes en la relación forraje verde y seco ya que estas dos variables podrían estar en mayor relación con la edad fisiológica de la planta.

Acosta y Moncayo⁵⁵ reportan producciones de biomasa seca entre 4.740 y 5.620 kg/ha/corte con diferentes niveles de fertilización orgánica con bovinaza, valores que son superados únicamente por el T2 en esta investigación.

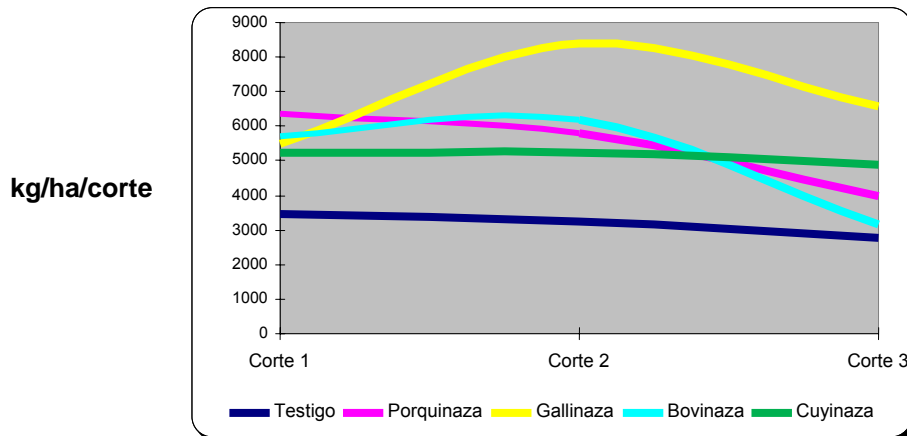
Igualmente son superiores a los reportados por Urbano⁵⁶, quien encontró producciones de materia seca de 1.2 a 1.5 ton/ha/corte con aplicaciones de 0 y 400 kg/N/ha/año y una frecuencia de corte de 35 días.

A través del tiempo el comportamiento productivo (Figura 2) muestra una producción normal debido a la solubilización de los nutrientes a lo largo del periodo de evaluación ya que los resultados obtenidos muestran una curva descendente, sin embargo, es importante destacar que este efecto es más visible en los tratamientos bajo fertilización con bovinaza y porquinaza los cuales experimentaron disminuciones promedio del orden del 26.58 y 21.21% respectivamente tomando como base el tratamiento de mayor producción correspondiente a la gallinaza, tal como se observa claramente en la Figura 2.

⁵⁵ ACOSTA, Wilmer. y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. Tesis (Zootecnista). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2002. p. 73.

⁵⁶ URBANO, Diannelys. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. (On line) Venezuela. 1996. 1-5 pp. (Febrero 14 de 2007) Disponible en la Word Wide Web: <http://FAO.org/ag/lags/AGSE/agse.s/general/CONTENTS.htm>.

Figura 2. Producción de biomasa seca de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) bajo fertilización orgánica



Fuente: Esta Investigación

Desde este punto de vista, las mayores producciones de biomasa obtenidas en el segundo corte, posiblemente obedecieron a una interacción entre la edad del rebrote y la fertilización, probando de esta forma que las fuentes orgánicas de nitrógeno, pueden constituirse en reguladoras del suministro de este elemento, actuando como un represor en los primeros estadios del crecimiento y un generador de nitrógeno en estados posteriores cuando se agota tal como lo menciona Soto, hecho que fue más evidente en los tratamientos 1 y 3, donde la producción se redujo casi a la mitad hacia el último corte.

Por otra parte, el pico de producción observado en los tratamientos T1, T2 y T3 en el segundo corte, puede relacionarse con el comportamiento de las lluvias en este periodo tal como se observa en la Figura 3 y Anexo E, donde coincide el periodo con mayor lluviosidad con las más altas producciones de biomasa. En este sentido, Crespo *et al.* sostienen que “las condiciones climáticas como precipitación y humedad relativa juegan un papel decisivo en la producción de biomasa, sin embargo, algunas gramíneas como el kikuyo, presentan características que les permiten sobrevivir en condiciones adversas, una de ella es la “dormancia”, o latencia fisiológica propia de estos pastos cuando hay sequía”⁵⁷.

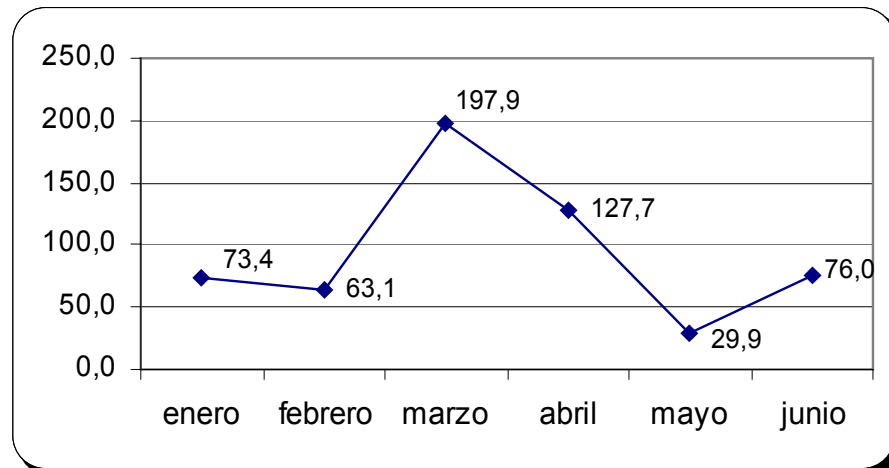
De otra parte, los menores valores obtenidos al fertilizar con bovinaza y cuyinaza posiblemente obedecieron a su relación C/N amplia con respecto a la porquinaza y gallinaza de lo cual se deduce que este indicador tiene gran relevancia al momento de su incorporación al suelo.

Respecto a lo anterior Murgueito y Calle señalan que: “el valor nutritivo de la materia orgánica compostada depende en gran medida de su contenido de

⁵⁷ Crespo, Op. cit., pp. 345- 416 .

materia seca, peso gravimétrico y relación C/N, a partir de lo cual se ha encontrado una relación estrecha entre estas características y el contenido de N, P, K⁵⁸.

Figura 3. Comportamiento de las lluvias durante el periodo experimental (mm/mes)



Fuente: Esta Investigación

Así mismo, Burbano sugiere que:

La aplicación de dosis crecientes de materia orgánica con elevado contenido de materia seca incrementa el desarrollo de los pastos y esta respuesta está directamente relacionada con el contenido de nitrógeno es su materia seca el cual puede equivaler a dos terceras partes del nitrógeno aplicado como sulfato de amonio sin embargo es recomendable determinar el contenido de nitrógeno soluble a fin de realizar comparaciones con fertilizantes nitrogenados⁵⁹.

Es importante resaltar que en todos los casos las parcelas manejadas bajo fertilización orgánica mantuvieron producciones de biomasa seca superiores a las obtenidas en el tratamiento testigo sin fertilización, de lo que se deduce que independientemente del tipo de material o estiércol utilizado en la elaboración del compost, su utilización en el abonamiento del pasto kikuyo proporciona incrementos importantes en la productividad de la pradera, además del beneficio ambiental y ecológico que estas prácticas culturales representan en especial en lo concerniente al manejo y disposición de excretas como también el beneficio en cuanto a recuperación de suelo se refiere.

⁵⁸ Murgueito y Calle. Op. Cit., sp.

⁵⁹ BURBANO. Op. Cit., p. 85.

Al respecto Murgueito y Calle argumentan que:

El estiércol le aporta materia orgánica valiosa al suelo, contribuye a conservar los nutrientes suministrados por otros fertilizantes y por lo tanto, en forma indirecta reduce la contaminación del agua y el aire. La actividad biológica del suelo se estimula a través del uso de estiércol fresco o procesado mediante compostaje. Se piensa que las poblaciones de artrópodos benéficos del suelo se estimulan a través del efecto del estiércol sobre las cadenas alimenticias⁶⁰.

En líneas generales se observó un efecto benéfico del sistema de labranza mínima aplicado sobre la pradera, labor que permitió una aireación de la rizósfera y propició una mejora de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo al permitir una mejor incorporación de la materia orgánica, adicionalmente, mejoró la relación de agua aire y nutrientes propiciando condiciones óptimas para la solubilización y toma de elementos, lo cual se evidencia al contrastar los resultados obtenidos en los tratamientos bajo este manejo cultural con el testigo absoluto el cual no recibió ningún tipo de labranza ni fertilización

En este sentido, Villegas, Romero y Ramírez manifiestan que: “los sistemas de labranza reducida o mínima, que contemplan la incorporación superficial de la materia orgánica, propician condiciones óptimas para su descomposición, estabiliza el suelo mejorando las condiciones para una buena actividad microbiana y una adecuada relación humedad oxígeno asegurando a largo plazo una apropiada estructura del suelo”⁶¹.

Así mismo Burges sostiene que: “la mayoría de microorganismos benéficos del suelo, entre ellos, las bacterias responsables de la solubilización del nitrógeno y del fósforo como algunas especies de hongos y actinomicetos, son de carácter aerobio, por lo tanto la disturbación de la rizósfera proporciona los niveles necesarios de oxígeno para su normal desempeño en las funciones de mineralización”⁶².

6.1.3 Altura de plantas. La Tabla 9 resume los datos de esta variable. El análisis de varianza (Anexo C) reveló diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos. De acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, los tratamientos 1 (46.03 cm), 2 (57.37 cm) y 3 (53.43 cm) fueron superiores ($P < 0.05$), seguidos de T4 (32.13 cm). El tratamiento testigo tuvo la menor respuesta (13.53 cm).

⁶⁰ Murgueito y Calle. Op. Cit., sp.

⁶¹ VILLEGAS, L., ROMERO, G. y RAMÍREZ, R. Vida en el suelo y sus relaciones con los sistemas de labranza. En Revista cuadernos de Agronomía. Universidad de los Llanos Orientales, Colombia, vol 3. N°4. 1998. 21-31 pp.

⁶² BURGÉS, A. Introducción a la microbiología del suelo. Zaragoza, España: Acribia. 1996. 139 - 155 pp.

Tabla 9. Altura de plantas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica (cm).

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Promedio
Testigo (T0)	16,35	13,45	10,80	13,53C
Porquinaza (T1)	63,95	33,85	40,30	46,03A
Gallinaza (T2)	60,30	54,60	57,20	57,37A
Bovinaza (T3)	46,60	52,40	61,30	53,43A
Cuyinaza (T4)	27,60	26,25	42,55	32,13B

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias (P<0.05)

Fuente: Esta Investigación

El tratamiento 4 mostró uno de los más bajos promedios para esta variable y superó únicamente al testigo; posiblemente este comportamiento en T4 obedeció a que la cuyinaza no se incorporó en forma adecuada al suelo ya que al estar mezclada con pasto, es más difícil aplicarla en las partes roturadas del suelo. La gallinaza fue el material más fácil de incorporar al suelo ya que se encontraba en forma de partículas muy pequeñas, lo que facilitó su incorporación al suelo más rápidamente.

Desde este punto de vista Acosta y Moncayo encontraron que:

Existe una interacción entre el tipo de fertilización orgánica y el método cultural empleado para su aplicación e incorporación al suelo especialmente cuando se trata de praderas de crecimiento rastrojero como el kikuyo, así el material orgánico incorporado al suelo mediante labranza mínima hace que el contacto del abono orgánico y la rizósfera sea directo lo que promueve un mayor aprovechamiento de los elementos nutritivos por parte de la planta⁶³.

Los valores obtenidos en los tratamientos con fertilización orgánica son superiores a los reportados por Castillo *et al*⁶⁴. quienes encontraron que las aplicaciones de Nitrógeno en dosis superiores a 150 kg /ha/año incrementan la altura del pasto de 15 a 28 cm con respecto a un testigo sin fertilización cuando se corta el pasto a una altura entre 5 y 10 cm.

Son mayores también a los mencionados por Acosta y Moncayo⁶⁵ quienes encontraron promedios de altura de plantas a lo largo de cuatro cortes

⁶³ Ibid., p. 59.

⁶⁴ CASTILLO, E., *et al*. Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición química y digestibilidad *In vitro* del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo pastoreo en el Cantón del Coronado, En *Agronomía Costarricense* N° 7, vol 5 (febrero de 1990). 9- 15 pp.

⁶⁵ Acosta y Moncayo. Op. Cit., p. 57.

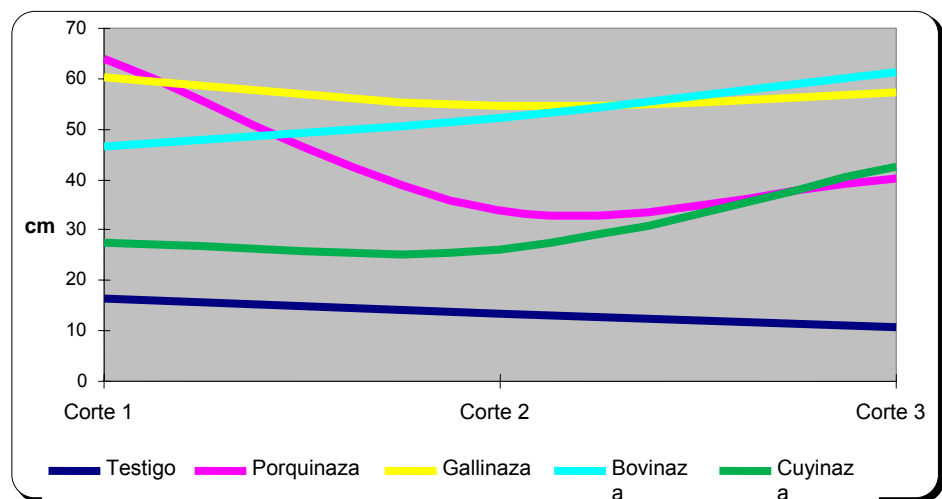
consecutivos entre 21.5 y 29.03 cm en parcelas bajo fertilización mineral y orgánica respectivamente.

El análisis a través del tiempo (Figura 4) muestra que a excepción del testigo los demás tratamientos presentaron un relativo estímulo en el crecimiento de la planta a partir del primer corte, el tratamiento con cuyinaza presentó una curva de crecimiento más marcada, a pesar de que sus valores no fueron los mejores.

Adicionalmente, se ha verificado que la altura de las plantas muestra una repuesta positiva a la interacción entre niveles de fertilización orgánica y sistema de labranza aplicado, lo cual se corrobora en la presente investigación puesto que la incorporación al horizonte radicular de los compost utilizados propició un mayor desarrollo de las plantas y consecuentemente una mayor área foliar y producción de biomasa.

Adicionalmente, el corte del pasto a una altura aproximada de 10 cm probablemente facilitó su recuperación, puesto que el kikuyo posee su área foliar cerca de la superficie del suelo, la cual no fue totalmente removida durante el corte; como consecuencia la planta pudo disponer de una mayor cantidad de carbohidratos de reserva para su rebrote.

Figura 4. Altura de platos de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica.



Fuente: Esta Investigación

En este sentido Burbano argumenta que:

En la aplicación de materiales orgánicos al suelo debe tenerse en cuenta que la efectividad del material aplicado esta en dependencia directa de su composición físico-química, y método de aplicación ya que si estos son

adecuados su mineralización será más rápida y adicionalmente estimulará el crecimiento de la población microbiana encargada de los procesos de nitrificación, con lo cual se incrementa el nivel de nutrientes disponibles para la planta⁶⁶.

Por otra parte, debe resaltarse que el periodo de investigación quizá no fue suficiente para observar el comportamiento a largo plazo ya que la “aplicación de materia orgánica muestra resultados mucho más evidentes tanto en la planta como en el suelo a lo largo de numerosos ciclos productivos observándose interacción también con las condiciones edafoclimáticas propias de la zona de experimentación tal como lo menciona Peña”⁶⁷.

6.1.4 Cobertura forrajera. Se observó que tanto al inicio como al final del experimento la cobertura en la totalidad de los lotes fue del 95.74%, pues el hábito de crecimiento rastrero que caracteriza a esta gramínea hace que bajo condiciones normales la cobertura forrajera donde predomina sea alta.

Por otra parte, no se encontró en el lote experimental condiciones que puedan afectar la cobertura forrajera tales como inundaciones o invasión generalizada de otras especies.

Al analizar esta variable encontramos que el Kikuyo es un pasto (considerado como césped verdadero) agresivo, que tiene la ventaja de competir con otras especies. Esta ventaja facilita su manejo y su control al momento de utilizarlo como fuente de alimentación.

6.1.5 Composición botánica. Los resultados obtenidos para esta variable se consignan en la Tabla 10.

Tabla 10. Composición botánica de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica (%)

Tratamiento	Kikuyo	Diente de león	Lengua de vaca	Orejuela	Helecho
Testigo (T0)	95.8	0.70	0.80	0.50	0.70
Porquinaza (T1)	95.5	0.90	1.40	1.50	0.70
Gallinaza (T2)	96.4	0.80	0.90	1.30	0.60
Bovinaza (T3)	95.2	1.40	1.80	1.60	0.70
Cuyinaza (T4)	95.8	1.20	1.40	1.20	1.30

Fuente: Esta Investigación

⁶⁶ Urbano. Op. Cit., p. 298.

⁶⁷ PEÑA, Manuel. Fitotecnia de los pastos. La Habana, Cuba: Pueblo y educación, 1995. 57 p.

La composición botánica de la pradera estuvo constituida por la especie principal kikuyo (como se muestra en la Tabla 10), acompañado de diferentes porcentajes de diente de león, lengua de vaca orejuela y helecho.

Si se toma como punto de referencia las condiciones iniciales de la pradera o tratamiento testigo, las parcelas donde predominó la mayor cantidad de especies diferentes a kikuyo fue en aquellas donde se aplicó bovinaza y cuyinaza, aunque es preciso anotar que al final del experimento se encontraron las mismas especies identificadas al inicio, lo que deja deducir que durante el proceso de compostaje las semillas que pudieron estar presentes especialmente en el estiércol de cuy y bovino fueron inactivadas posiblemente por el incremento de temperatura que se da en dicho proceso.

Por otra parte, los porcentajes de especies diferentes a kikuyo en los tratamientos T1 y T2 posiblemente se dieron debido al exuberante crecimiento y producción en estos lotes, lo que hizo que la competencia por nutrientes y luz se de a favor del kikuyo, lo cual es corroborado al observar las producciones de estas parcelas en comparación con el testigo, T3 y T4.

6.2 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Para el análisis de esta variable se tomo el tratamiento testigo como punto de referencia o características iniciales del pasto ya que a las parcelas correspondientes a este tratamiento no se les realizó ningún tipo de manejo en cuanto a labranza ni fertilización. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 11. Esta variable se analizó antes y después de realizar la investigación.

6.2.1 Materia seca. Los tratamientos con porquinaza y gallinaza presentaron los menores contenidos de materia seca en el pasto lo cual coincide también con los mayores contenidos de nitrógeno en el material compostado (Tabla 11), y en el forraje, características que están en relación inversa con los contenidos de carbohidratos estructurales lo que posiblemente pudo ocasionar una mayor retención de humedad en los espacios intercelulares de sus tejidos.

Al respecto Benavides Ruiz y Legarda⁶⁸ comentan que los mayores porcentajes carbohidratos estructurales en la planta pueden afectar la retención de humedad en sus tejidos por la rigidez y baja permeabilidad de sus membranas.

⁶⁸ BENAVIDES, Homero., RUIZ, Hugo. y LEGARDA, Lucio. Evaluación de algunos componentes de la fertilidad del suelo y su influencia en la dinámica nutritiva en suelos de clima medio y frío en el departamento de Nariño. En Revista de investigaciones. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, N° 1. vol 10. 2000. 111-126 pp.

Acosta y Moncayo⁶⁹ encontraron un comportamiento similar y argumentan que posiblemente la deficiencia de nutrientes en el suelo ocasiona una menor retención de humedad en los tejidos de la planta como consecuencia de una mayor deposición de carbohidratos estructurales, reflejándose en un aumento de la materia seca representada en su gran mayoría por material fibroso y un consecuente detrimento de los contenidos en carbohidratos solubles y proteína, lo cual se evidencia en el tratamiento testigo el cual presentó el mayor contenido de materia seca al igual que de fibra cruda.

Tabla 11. Composición bromatológica de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica (%).

Fracción	Testigo	Porquinaza	Gallinaza	Bovinaza	Cuyinaza
Materia seca	21,89	16,37	18,6	19,05	20,51
Proteína	13,84	22,19	19,31	17,91	14,28
Fibra cruda	33,5	30,56	30,38	31,05	31,92
Extracto etéreo	1,88	2,69	2,49	2,18	2,05
ELN	41,34	33,36	37,55	39,39	41,44
Ceniza	9,44	11,2	10,27	9,47	10,31
Energía (cal/100g)	372	370	371	373	369
Nitrógeno	2,21	3,55	3,09	2,86	2,28
Fósforo	0,73	1,15	1,18	0,83	1,04
Potasio	4,77	7,39	6,58	5,75	5,64
Magnesio	0,44	0,69	0,62	0,54	0,58

Fuente: Esta Investigación

6.2.2 Proteína. La fertilización del pasto kikuyo con compost de porquinaza y gallinaza mejoró los tenores proteicos con respecto a las condiciones iniciales y fueron mayores también a los niveles de proteína obtenidos mediante fertilización con bovinaza y cuyinaza.

Benavides⁷⁰ encontró porcentajes de 11.4, 10.35 y 9.84% en kikuyo cosechado en condiciones naturales sin fertilización ni escarificación a los 40, 80 y 120 días respectivamente. Porcentajes similares encontró Navarrete⁷¹ al combinar abono mineral 25-15-0 y sulfato de amonio en dosis de 50 kg/N/ha/corte en época de

⁶⁹ Acosta y Moncayo. Op. Cit., p. 85.

⁷⁰ BENAVIDES, Segundo. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Bogotá, Colombia. 1976., 45p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en ciencias agrarias. ICA.

⁷¹ NAVARRETE, Eduardo. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a la aplicación de diferentes fuentes y dosis de Nitrógeno. Bogotá, Colombia. 1996., 150 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía

invierno y verano obteniendo valores de 12.03 y 10.18 respectivamente, valores que en todos los casos son menores a los obtenidos en la presente investigación.

En general los valores proteicos encontrados en esta investigación son altos especialmente en T1 y T2 y son comparables con los niveles proteicos de algunos pastos mejorados como los raigrases.

En este sentido Bernal⁷² reporta contenidos de proteína de 20.88 21.31 y 19.88% para tetralite, aubade y otras especies de raigrás respectivamente, valores que reflejan en gran medida la disponibilidad de nutrientes solubles para los forrajes como consecuencia de una buena fertilidad del suelo e incremento de su valor nutritivo sobre todo en los contenidos de proteína y minerales.

Los mejores resultados obtenidos mediante la fertilización con compost de porquinaza y gallinaza posiblemente estuvieron en virtud de sus mayores niveles de nitrógeno en el material compostado, característica que a su vez depende del tipo de alimentación suministrada a los animales de lo cual se deduce los mayores niveles de nitrógeno en estos tipos de compost ya que las materias primas para su elaboración provienen de animales alimentados mayoritariamente con concentrados a diferencia de la bovinaza y cuyinaza, animales cuya alimentación se basa en forrajes.

Respecto a lo anterior Almao menciona que: “el nitrógeno de las excretas es el elemento de fertilización mas importante, debido a que el alimento suministrado en las explotaciones porcícolas y avícolas tiene contenidos altos en proteínas. En las excretas el nitrógeno total se compone principalmente de nitrógeno orgánico que esta presente en un 40% y el nitrógeno amoniacal en un 60%”⁷³.

Por su parte, Guerrero argumenta que:

El nitrógeno en estado amoniacal ofrece la ventaja de que puede ser almacenado en el suelo, evitándose así que se pierda antes de ser utilizado por las plantas, mientras que el nitrógeno nítrico salvo en casos especiales no es almacenado en el suelo y en estas circunstancias es mas probable que ocurran pérdidas considerables de lo cual ase deduce una ventaja comparativa importante cuando se utiliza compost con un adecuado nivel de nitrógeno amoniacal como sucede con la gallinaza y porquinaza⁷⁴.

⁷² BERNAL, Jorge. Pastos y forrajes tropicales. 3ª ed. Bogotá, Colombia: Buda. 1994. 569 p.

⁷³ ALMAO, Carlos. La porcinaza y gallinaza en el mercado agrícola (On line) (citado 15 de febrero de 2007). Disponible en la Word Wide Web: http://www.fpolar.org.ve/ats/ats/ats_info/eventos/porcicultores/carlos_almao/almao.html

⁷⁴ Guerrero. Op. Cit., p. 13.

Por su parte Castellanos *et al* afirma que:

En estudios realizados en California, se encontró que los efectos de la adición de pollinaza a un pastizal de raigrás anual con una aplicación de hasta 9 ton/ha incrementó el rendimiento de proteína cruda y el fósforo del forraje en el forraje. Se encontró un efecto residual por un período de tres años. Se concluyó que este tipo de compost como fertilizante es comparable a dosis equivalentes de fertilizante mineral⁷⁵.

Por otra parte, el incremento en los niveles proteicos al fertilizar con porquinaza y gallinaza posiblemente obedecieron a que estos materiales incrementaron la población microbiana responsable de los procesos de nitrificación, sin embargo Acosta y Moncayo argumentan que:

Las bacterias que degradan los restos orgánicos y las que llevan a cabo la nitrificación, son completamente distintas y tienen necesidades diferentes; para las primeras es esencial la materia orgánica y para las segundas constituye un veneno, todas requieren oxígeno, pero las primeras son más capaces de absorberlo que las nitrificantes, por lo cual si la concentración de oxígeno es baja las Nitrosomonas y sobre todo las Nitrobacter no pueden sobrevivir⁷⁶.

Lo anterior deja deducir que la aplicación de materia orgánica debe hacerse preferiblemente en forma de compost e incorporada mediante labores de aireación de la rizósfera que en forma líquida y superficialmente con el propósito de que una mayor eficiencia en la toma de nutrientes por la planta y que necesariamente se verá reflejado en la calidad bromatológica del pasto.

6.2.3 Fibra cruda. La porción fibrosa del pasto kikuyo mostró una respuesta inversa respecto a la producción de biomasa y contenidos de proteína; así los menores valores se encontraron en los tratamientos bajo fertilización con porquinaza y gallinaza (30.56 y 30.38% respectivamente), aunque en líneas generales la fibra cruda mostró una tendencia a disminuir con la fertilización orgánica con respecto a las condiciones iniciales de la pradera evaluada.

Los valores superiores obtenidos por los tratamientos testigo, 3 y 4 posiblemente obedecieron al bajo aporte nutritivo y/o porque en el momento de la aplicación no se incorporaron en forma adecuada al horizonte agrícola, con lo cual su utilización por parte de la planta fue menor.

⁷⁵ Castellanos R., J.Z., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y R. Salinas J.1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14: 151-158

⁷⁶ Acosta y Moncayo. Op. cit., p. 89.

En este sentido Mac Donald *et al.* afirman que: “el déficit de nutrientes del suelo puede propiciar una baja en la calidad nutritiva de los forrajes, por aumento y lignificación de la pared celular y descenso en compuestos proteicos y extractos libres de nitrógeno”⁷⁷.

6.2.4 Contenido de minerales. Los niveles de fósforo en el forraje oscilaron entre 0.73 y 1.18%, los de potasio entre 4.77 y 7.39% y los de magnesio entre 0.44 y 0.69, en todos los casos los mayores los porcentajes de estos elementos se encontraron en los tratamientos bajo fertilización con porquinaza y gallinaza.

Teniendo en cuenta la clasificación de niveles críticos de minerales en forrajes mencionada por Guerrero⁷⁸ los contenidos de fósforo, potasio y magnesio obtenidos en la presente investigación son clasificados en un nivel alto con una relación adecuada entre ellos descartando la posibilidad de presentación de tetania en los animales que los consuman.

Los resultados obtenidos en el contenido de minerales en el forraje bien podrían ser un reflejo de en contenido de estos minerales en los diferentes tipos de compost utilizados ya que como se mencionó anteriormente, el análisis químico de estos indica que el compost de gallinaza mostró los mayores contenidos de fósforo y potasio (3.06 y 5.39%), así mismo la porquinaza mostró el mayor contenido de nitrógeno y fósforo aunque en potasio fue superada por la cuyinaza.

6.2.5 Índice de productividad. Complementariamente se realizó un estimativo del índice de productividad con el propósito de tener una visión clara que englobe los resultados en cuanto a producción de biomasa y la composición bromatológica del pasto obtenido en cada uno de los tratamientos donde se expresa la calidad del pasto en términos de cantidades (para este caso se abordó proteína y energía) que es lo que realmente está a disposición de la especie animal que se alimente con dicho forraje.

Para este ejercicio de simulación teórica se tomó como base la producción de biomasa seca/ha/corte, porcentaje de proteína y NDT (Anexo D), la producción de energía neta de la pradera factores que permiten un cálculo aproximado de la capacidad de carga. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

⁷⁷ Mc DONALD., *et al.* Nutrición Animal. Zaragoza, España: Acribia. 1995. 576 p.

⁷⁸ Guerrero. Op. Cit., p. 164.

Tabla 12. Estimación de la capacidad de carga en vacas alimentadas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica.

Tratamiento	Prod BS kg/ha/corte	Prot %	Prod prot kg/ha/corte	NDT %/ ¹	Prod NDT kg/ha/corte	NDT neto kg/ha/corte ²	NDT neto kg/ha/día ³	CC ⁴
Testigo	3155,16	13,84	436,7	56,1	1771,31	1239,91	22,54	3,18
Porquinaza	5381,13	22,19	1194,1	58,7	3158,72	2211,11	40,20	5,67
Gallinaza	6830,46	19,31	1319,0	58,6	3999,92	2799,94	50,91	7,18
Bovinaza	5014,52	17,91	898,1	58,4	2927,98	2049,58	37,27	5,26
Cuyinaza	5117,54	14,28	730,8	56,3	2882,20	2017,54	36,68	5,17

/1 Cálculo del NDT mediante fórmula de Oskar Kellner Institute

/2 Se estima un desperdicio por corte de 30%

/3 Periodo de recuperación de 55 días para todos los cortes y tratamientos

/4 Capacidad de carga teniendo en cuenta los requerimientos energéticos de una vaca de 600 kg que en promedio produce 10 l/día con 3.0% de grasa

Fuente: Esta Investigación

De esta manera, se encontró que al realizar el cálculo de la proteína producida/ha en el T2, (a pesar de que su fracción porcentual de proteína no fue la más alta) muestra una productividad superior a los demás tratamientos evaluados producto de su mayor rendimiento de biomasa. Por otra parte, los porcentajes de NDT estuvieron dentro de un rango estrecho para los tratamientos T1, T2 y T3, mientras que para T4 y T0 se salen de este rango con valores inferiores. Sin embargo, la productividad de NDT/ha muestra que el T2 produjo 21% más nutrientes digestibles totales que su inmediatamente anterior en producción de biomasa que fue el T1, así mismo, si se compara el T2 con el testigo se observa que este supera en un 55.71% al fertilizar con gallinaza respecto a una pradera sin fertilización.

Por otra parte, al contrastar la producción neta de nutrientes digestibles totales con los requerimientos energéticos de una vaca que en promedio pesa 600 kg de peso vivo y produce al día 10 litros de leche con un porcentaje de grasa de 3% (Anexo F), se encontró que el pasto fertilizado con gallinaza aporta suficiente alimento para una capacidad de carga teórica de 7.18 animales, le siguen los tratamientos T1, T3 y T4 con 5.67, 5.26 y 5.17 animales respectivamente mientras que el testigo muestra la menor capacidad de carga con 3.18 animales.

Lo anterior ponen en evidencia la importancia de llevar a cabo un análisis integral de la pradera sin tener en cuenta factores en forma aislada como la producción de biomasa por un lado y el análisis bromatológico por otro; tal como se observó en esta investigación donde la fertilización con porquinaza a pesar de que propició para el pasto en cuestión unos tenores proteicos excepcionales, la capacidad de carga teórica que se soportaría no fue la más alta.

6.3 VARIABLES EDÁFICAS

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 13.

6.3.1 pH. Se evidenciaron valores de pH entre 6.1 y 6.9 en las parcelas bajo fertilización orgánica mientras que el tratamiento testigo mostró el valor más bajo con 5.9, lo que permite suponer que el efecto de la materia orgánica proveniente de camas con adiciones de cal tanto para bovinaza, cuyinaza, gallinaza y porquinaza afecta en forma positiva este parámetro ya que estos materiales provienen de granjas cuyos tratamientos a las camas se realizan con cal agrícola con el fin de disminuir humedad y prevenir enfermedades. Además la labranza mínima realizada permitió una mejora en las condiciones físicas del suelo lo que ayudo a mejorar la disponibilidad de los nutrientes.

Pese a las variaciones en el pH obtenidas en el ensayo, es importante anotar que dichas variaciones representan un efecto de mínima importancia desde el punto de vista productivo del pasto, ya que según menciona Bernal: “un pH entre 6 y 6.5 es considerado ligeramente ácido características bajo las cuales las gramíneas como el kikuyo prosperan en forma adecuada cuando las condiciones edafoclimáticas interactúan positivamente”⁷⁹.

Tabla 13. Propiedades fisicoquímicas del suelo de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoehst) bajo fertilización orgánica

Muestra	Testigo	Porquinaza	Gallinaza	Bovinaza	Cuyinaza
pH	5,9	6,9	6,1	6,5	6,6
Materia orgánica (%)	3,7	20,2	16,9	15,7	11
Nitrógeno total (%)	0,17	0,67	0,6	0,57	0,44
Fósforo (ppm)	11,9	677	236	271,4	334,7
Magnesio (ppm)	4,8	12,5	12,6	12	9,7
Potasio (meq/100g)	1,51	1,5	7,8	6	3,9
CIC (meq/100g)	22,6	41	40,8	43,2	34,8
Densidad aparente	1,2	0,7	0,6	0,7	0,7
Densidad real	2,54	2,41	2,25	2,41	2,42
Capacidad de campo	44,14	59,4	63,5	37,5	53,2
Textura	Arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso	Franco-arenoso

Fuente: Esta investigación

6.3.2 Materia orgánica. La aplicación de los diferentes tipos de compost tuvo un efecto evidente sobre los contenidos de materia orgánica a excepción del tratamiento testigo, los resultados obtenidos se clasifican dentro de un rango alto

⁷⁹ Bernal. Op. Cit., p. 65.

según la ponderación propuesta por Guerrero⁸⁰, quien sostiene que los porcentajes de materia orgánica en clima frío menores de 5% se clasifican como bajos, entre 5 y 10% como medios y mayores de 10% como altos.

El bajo valor encontrado en el tratamiento testigo que representa las condiciones iniciales de la pradera posiblemente obedecieron a que esta correspondía únicamente a aquella originada por la defoliación a través del tiempo del mismo pasto el cual por su hábito de crecimiento dificulta su incorporación al horizonte agrícola.

Acosta y Moncayo⁸¹ obtuvieron una respuesta similar al comparar diferentes dosis de fertilización orgánicomineral con y sin incorporación al suelo y encontraron que incluso cuando se realiza aplicación superficial de la materia orgánica se obtiene resultados poco satisfactorios debido a que el fieltro superficial que forma el kikuyo dificulta ostensiblemente su incorporación.

De otra parte, los tratamientos con mayores niveles de materia orgánica (T1 y T2) reflejan la labranza mínima realizada al iniciar la investigación lo que potencialmente influye sobre la estructura del suelo haciéndolo más susceptible a la incorporación de los materiales orgánicos estudiados que sumado al comportamiento de las lluvias durante el periodo experimental el cual fue elevado, ayudó a la incorporación de estos materiales al suelo, indicando que estos tratamientos producen mayor cantidad de biomasa.

6.3.3 Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Magnesio. A excepción del tratamiento testigo, se observó un incremento de estos nutrientes en los tratamientos a los cuales se les aplicó el material compostado. La gran cantidad de elementos nutricionales aportada por los restauradores de suelo se refleja en forma directa en el tratamiento con porquinaza con respecto al elemento fósforo (677 ppm) seguido de la cuyinaza (334.7 ppm), elemento este que por su baja movilidad, pudo ser absorbido por las partículas del suelo y una pequeña parte movilizada a través de la solución del suelo. Logrando por lo tanto una reserva importante a nivel de suelo de estos elementos.

6.3.4 Capacidad de intercambio catiónico. Según menciona Burbano “la CiC o capacidad de intercambio catiónico es la capacidad del suelo para retener e intercambiar diferentes elementos minerales. Esta capacidad aumenta notablemente con la presencia de materia orgánica, y podría decirse que es la base de lo que llamamos fertilidad del suelo”.

La anterior afirmación de Burbano y de acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación da pie para suponer que no todos los tipos de materia orgánica

⁸⁰ Guerrero. Op. Cit., p. 87.

⁸¹ Acosta y Moncayo. Op. Cit., p. 128.

producen el mismo efecto sobre el suelo, así los menores valores de CIC se obtuvieron en el lote fertilizado con cuyinaza además del testigo, de otra parte la adición de compost de porquinaza, gallinaza y bovinaza mostraron en el suelo incrementos notables en la CIC respecto a las condiciones iniciales del cultivo lo que reflejó la conveniencia de su uso.

De otra parte, es importante mencionar que la presencia de materia orgánica propició una disminución de la acidez del suelo que posiblemente pudo influir de manera positiva en los valores de CIC al final del experimento tal como lo afirman Cadavid y Vallejo quienes sostienen que: “el número de cargas variables de la materia orgánica se pone de manifiesto cuando se determina su capacidad de intercambio catiónico a diversos valores de pH, no solo se produce un notable incremento con el ascenso de pH, sino que para valores de pH cercanos a uno su capacidad se anula”⁸².

6.3.5 Densidad aparente. En general se encontró una disminución de la densidad aparente en las parcelas donde se incorporó materia orgánica, los valores de este indicador en los tratamientos bajo fertilización orgánica fueron uniformes (0.7 g/cc) a excepción del T2 el cual fue menor (0.6 g/cc), sin embargo, con relación al testigo (1.2 g/cc) la diferencia es casi el doble.

Los resultados anteriores permiten evaluar las ventajas de la materia orgánica en la mejora de las condiciones físicas del suelo en las parcelas donde se realizó su incorporación, cabe resaltar la menor densidad obtenida (Tabla 13) al aplicar gallinaza que aunque la diferencia radica en una décima con respecto a los tratamientos T1, T3 y T4 esto posiblemente influyó para que en este tratamiento se logaran las producciones de biomasa más altos.

Por otra parte, la densidad aparente encontrada en las parcelas intervenidas es menor incluso a los valores considerados como el límite adecuado para el crecimiento normal de la mayoría de cultivos, como mencionan Acosta y Moncayo⁸³ están entre 1.1 y 1.4 g/cc, estos autores encontraron que al incorporar bovinaza al suelo mediante un sistema de labranza mínima se promueve una reorganización de los poros que incrementa la presencia de oxígeno y hace que el volumen del suelo aumente y su peso disminuya, así mismo este efecto es más evidente en la medida al incorporar materia orgánica al suelo, posiblemente, la interacción positiva entre sistemas de labranza y fertilización orgánica mejora la distribución de los agregados del suelo al entrar en contacto directo con el estiércol aplicado.

De lo anterior señalamos que los valores bajos obtenidos en esta investigación indican un buen estado estructural y de agregación de partículas del suelo, como

⁸² Cadavid y Vallejo. Op. Cit., p. 56.

⁸³ Acosta y Moncayo. Op. Cit., p. 130.

también una adecuada distribución del espacio disponible para albergar agua y aire relación de la cual depende en gran medida la eficiencia de utilización de los nutrientes.

Lo anterior es corroborado por Crespo⁸⁴ quien encontró que en cuatro aplicaciones sucesivas de bovinaza líquida en dosis de 0 a 268 ton / ha incrementaron significativamente la retención de agua, contenido de materia orgánica y disminuyeron la densidad aparente, aumentó también la estabilidad de los agregados en varios suelos forrajeros, sin embargo la eficiencia de utilización del estiércol como abono por las plantas depende de factores como dosis, capacidad de retención del suelo, época del año y método de aplicación.

6.3.6 Densidad real. Los valores para esta variable tuvieron una relación directa con los obtenidos para densidad aparente con una disminución en aquellos tratamientos en los cuales se aplicó compost y en mayor medida donde se aplicó compost de gallinaza. Lo anterior no es muy común ya que como afirman Herrera y Amézquita quienes argumentan que “los valores de densidad real son difíciles de alterar ya que esta variable se relaciona con las características mineralógicas del material parental, sin embargo la erosión y excesiva compactación pueden lograrlo a largo plazo”⁸⁵.

Una posible explicación a lo anterior puede ser desde el punto de vista de los contenidos de materia orgánica, acrecentando significativamente la retención de agua que para esa época, ya que las lluvias tuvieron un buen comportamiento, aumentando ostensiblemente tras la aplicación de compost por encima del 11% hasta un valor máximo de 20.2%, en tanto que en el tratamiento testigo este valor alcanzó tan solo el 3.7%, posiblemente, este incremento de la materia orgánica incrementó el espacio ocupado por oxígeno en el suelo haciendo que la densidad real disminuyera también.

Apráz y Moncayo corroboran lo anterior al afirmar que: “la densidad real de la capa arable puede estar influenciada por la cuantía de elementos orgánicos presentes en ella, es así como en suelos minerales con porcentajes menores al 3% de materia orgánica pueden presentar normalmente valores de densidad real entre 2.6 y 2.7 g/cc, mientras que en suelos con bastante materia orgánica estos pueden ser menores a 2.4 g/cc”⁸⁶.

⁸⁴ CRESPO, Gerardo. Estiércol líquido vacuno para la producción de pastos. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1990. 33 p.

⁸⁵ HERRERA, Pablo. y AMÉZQUITA, Edgar. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo. Bogotá, Colombia. 1989., 72 p. Trabajo de grado (Agrólogo). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Agrología.

⁸⁶ APRÁEZ, Edmundo y MONCAYO, Oscar. Efecto del laboreo reducido y fertilización orgánico-mineral sobre las características de un andisol bajo pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*, Hoechst). En: Archivos de Zootecnia (On line). Zaragoza, España. vol. 54, núm. 208, 2005. 12 p. (citado 23 de febrero de 2007). Disponible en la Word Wide Web:

Respecto a lo anterior es posible mencionar que el menor peso volumétrico del suelo debido a una mayor presencia de partículas orgánicas promovió una mayor movilidad de los nutrientes aportados por los materiales compostados que propició una mejor asimilación de los nutrientes por parte de la planta y que se vio reflejado en la producción de biomasa.

6.3.7 Capacidad de campo. Para esta variable se evidenció una tendencia a incrementar la capacidad de campo con la aplicación de diferentes tipos de compost, a excepción del tratamiento correspondiente a bovinaza (37.5%), cuya capacidad de campo determinada al final del experimento resultó ser menor a la obtenida al inicio del mismo (44.14%); lo cual puede ser considerado como un evento atípico atribuible posiblemente a errores de manejo en la toma de muestra.

Los lotes con incorporación de porquinaza, gallinaza y cuyinaza mostraron un incremento en la capacidad de campo con respecto a las condiciones iniciales; lo que quizá obedeció a que la materia orgánica aplicada actuó como una esponja ayudando a la retención de humedad en el suelo, además, las propiedades de densidad aparente y real se relacionan con esta debido a que menores valores de densidad mayor espacio poroso y espacio para albergar agua incrementando la capacidad de campo, ayudado por el efecto de la labranza mínima, que mejoró los valores de infiltración del agua exterior hacia la parte interna del suelo, al realizar en este una descompactación de sus agregados.

El efecto de la incorporación de materia orgánica sobre la capacidad de campo es abordada por Apráez y Moncayo⁸⁷ quienes reportan valores mayores al 60% en parcelas bajo fertilización orgánica y labranza mínima con un incremento de cerca del 20% respecto a las condiciones iniciales, incremento que atribuyen al efecto aportado por la materia orgánica por sus capacidades de absorción y retención de humedad, el incremento de la porosidad en estas parcelas, influye también en una mayor capacidad de campo debido a un mayor espacio poroso el cual en su momento fue ocupado por el agua.

Por otra parte, al observar el grado textural al inicio y al final del experimento se encontró que al final los lotes bajo fertilización orgánica pasaron de grado textural arenoso a franco arenoso producto posiblemente de la acción de la materia orgánica aplicada, lo que de una u otra forma pudo incidir para que la capacidad de retención de humedad aumentara en las parcelas correspondientes.

6.3.8 Número total de microorganismos. Los resultados obtenidos para esta variable se muestran en la Tabla 14. Se evidenció que la aplicación de gallinaza y porquinaza promueven el desarrollo de la microbiota del suelo con resultados sobresalientes respecto a la aplicación de bovinaza y cuyinaza, sin embargo, a

<http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/az2.htm>

⁸⁷ Ibid., p. 7.

pesar de que estos últimos mostraron los menores valores el incremento respecto a las condiciones iniciales fueron evidentes.

Tabla 14. Recuento de microorganismos totales en suelo de pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica

Muestra	Testigo	Porquinaza	Gallinaza	Bovinaza	Cuyinaza
Mesófilos	1,89E+06	2,66E+09	1,85E+10	1,26E+08	5,37E+06
Mohos y levaduras	3,75E+07	4,48E+09	5,74E+08	1,38E+07	9,64E+05
Totales	3,94E+07	7,14E+09	1,91E+10	1,40E+08	6,33E+06

Fuente: Esta investigación

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de compost de porquinaza y gallinaza obedecen a un adecuado aporte nutritivo de este tipo de materiales que aumentaron el volumen de población zimógena en especial aquellas bacterias de naturaleza heterotrófica y quimioheterotróficas las cuales utilizan carbono para su propia síntesis celular.

Al respecto, Burbano afirma que: “el aporte nutritivo, de la materia orgánica incorporada al suelo es determinante en el crecimiento microbioal, ya que los microorganismos heterotróficos responsables de su descomposición, tendrán fácil acceso a los compuestos orgánicos adicionados, promoviendo el aumento en el volumen de su población cuando los factores ambientales son adecuados”⁸⁸.

Por otra parte, los conteos bacteriales en el tratamiento testigo al igual que en T3 y T4, fueron menores, posiblemente, debido a que en estas parcelas se presentaron condiciones menos favorables para estos microorganismos especialmente por presencia de nutrientes de difícil acceso por parte de los microorganismos, la población encontrada en este tratamiento pudo incluir los microorganismos nativos adaptados a estas condiciones, quienes obtienen su energía a partir de tejido radicular muerto y bacterias autótrofas que dependen de compuestos inorgánicos como fuentes energéticas Tal como lo mencionan Apráez y Moncayo⁸⁹.

Es importante resaltar la relación que se observó entre las poblaciones microbiales encontradas en T1 y T2 con las respectivas producciones de biomasa de lo que se puede deducir que un ambiente adecuado en el suelo en cuanto a disponibilidad de nutrientes, relación aire: humedad como también densidad aparente promueve una serie de interacciones positivas que se reflejan consecuentemente en la productividad forrajera, además del beneficio ecológico que representa la utilización de excretas animales para la sostenibilidad de los sistemas

⁸⁸ Burbano. Op. Cit., p. 119.

⁸⁹ Apráez y Moncayo. Op. Cit. p. 12.

agropecuarios que basan su alimentación en praderas naturalizadas como el kikuyo. Estos resultados obtenidos sugieren que estos tratamientos proporcionan una comunidad microbiana activa, que favorece la colonización de la vegetación en el suelo, esto lleva a considerar que las propiedades así adquiridas puedan ser más estables que cuando se usan fertilizantes inorgánicos en la recuperación. En otras palabras, los suelos fertilizados con abonos orgánicos están más cercanos al equilibrio bioquímico que los suelos recuperados con fertilizantes inorgánicos.

6.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

El consolidado de datos para el análisis parcial de costos se presenta en la Tabla 15.

En cuanto a los costos de producción se pudo establecer que a pesar de que la bovinaza tuvo un menor valor comercial por kg (\$87.5) fue necesario aplicar al suelo la dosis más alta (4161.4 kg/ha/corte) debido a su bajo contenido de nitrógeno, lo contrario sucedió con la gallinaza en la cuales su alto costo fue subsanado por menores dosis de aplicación para alcanzar el nivel de nitrógeno requerido por el pasto kikuyo y recomendado de acuerdo al análisis de suelo.

Los costos de producción por kg/MS producida fueron menores para los tratamientos bajo fertilización con gallinaza debido a que la producción de biomasa seca en estos lotes fue la más alta con respecto a los demás. Es importante mencionar que en el T0 el cual fue tomado como testigo absoluto no se incurrió en gastos de ninguna índole por lo cual el costo de producción se mantiene en \$0, así la utilidad de este tratamiento se fundamentó en la confrontación del comportamiento de las variables agronómicas, bromatológicas y de suelos. En el análisis económico como tal no se tendrá en cuenta.

Por otra parte, al realizar el cálculo de la producción de proteína/ha/corte se encontró que el T2 mostró el mayor valor; tratamiento en el cual a pesar de que la proteína como fracción porcentual no fue la más alta su buen desempeño en producción de biomasa seca hizo que el costo por kg de proteína producida sea el menor (\$187.7).

La producción de biomasa seca fue también definitiva en T4 tratamiento en el cual el costo por kg de proteína fue el más alto, en consecuencia también del bajo tenor proteico en el forraje obtenido de este tratamiento.

Tabla 15. Consolidado de costos de producción por ha/corte de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo fertilización orgánica

Concepto	Testigo	Porquinaza	Gallinaza	Bovinaza	Cuyinaza
Arada	0	40000	40000	40000	40000
M obra fert org	0	10000	10000	10000	10000
Valor kg	0	150	125	87,5	112,5
kg aplicados	0	3031,3	1580,5	4161,4	3589,7
Compost	0	454696,2	197572,5	364127,4	403845,8
Total	0	504696,2	247572,5	414127,4	453845,8
kg MS/ha	3155,2	5381,1	6830,5	5014,5	5117,5
Costo kg/MS	0,0	93,8	36,2	82,6	88,7
Proteína (%)	13,8	22,2	19,3	17,9	14,3
kg de prot/ha	436,7	1194,1	1319,0	898,1	730,8
Costo kg/prot	0,0	422,7	187,7	461,1	621,0
Ingreso por prot	1528359,5	4179254,6	4616366,4	3143351,9	2557746,5
Ingreso neto	1528359,5	3674558,3	4368793,9	2729224,4	2103900,7
Beneficio: costo	0,0	7,3	17,6	6,6	4,6

Fuente: Esta investigación

Para el cálculo de los ingresos se tomó como punto de referencia un valor comercial estimado de un kg de proteína (\$ 3500) con el fin de proyectar los ingresos que se obtendrían de la venta del forraje producido con base en su contenido de proteína. De esta manera se estableció que las parcelas fertilizadas con compost de gallinaza lograron un mayor ingreso por concepto de una eventual venta de este forraje, así mismo el ingreso neto y relación beneficio/costo fueron mayores para este tratamiento, mientras que en el lado opuesto se encontró al tratamiento 4 (cuyinaza) en el cual estos indicadores económicos fueron los menores respecto a los demás tratamientos.

7. CONCLUSIONES

La fertilización del kikuyo mediante la incorporación al suelo de gallinaza incrementó las producciones de biomasa seca respecto a un testigo absoluto en un 53.8%.

La fertilización con gallinaza, porquinaza y bovinaza mostró un descenso marcado de la producción de biomasa en los cortes posteriores, debido al agotamiento gradual de los nutrientes aportados.

La fertilización con porquinaza y gallinaza propician mayores niveles de proteína en el pasto.

Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio de cambio y CIC fueron mejoradas mediante la utilización de los diferentes tipos de compost evaluados.

Las propiedades físicas densidad aparente, densidad real, capacidad de campo y textura fueron mejoradas, independientemente del tipo de compost utilizado.

La aplicación de gallinaza y porquinaza propiciaron un mayor desarrollo de la microbiota del suelo, respecto a la aplicación de bovinaza y cuyinaza.

La fertilización con gallinaza y porquinaza produjo los mejores resultados económicos, con una relación beneficio / costo de 17.6 y 7.3 respectivamente.

Los costos de producción por kg/MS producida fueron menores bajo fertilización con gallinaza, debido al aumento en la producción de biomasa seca.

8. RECOMENDACIONES

Utilizar en forma combinada las labores de renovación de praderas de kikuyo e incorporación de material compostado de gallinaza y/o porquinaza teniendo en cuenta las condiciones fisicoquímicas del suelo a cultivar.

Utilizar estos tipos de restauradores de suelo (Gallinaza, Bovinaza, Porquinaza y Cuyinaza) que además de incrementar la productividad de la pradera y aumentan el nivel proteico del forraje.

Tener en cuenta las épocas de lluvia cuando se decida mejorar una pradera ya que los restauradores de suelo se comportan mejor cuando hay una pluviosidad alta.

Sustituir en forma gradual el uso de fertilizantes minerales por compost producido en la misma finca a fin de aprovechar su contribución los suelos y disminuir los problemas de contaminación causadas por mala disposición de excretas.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Wilmer. y MONCAYO, Oscar. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo dos sistemas de labranza y fertilización orgánica y/o mineral en zona de ladera. Tesis (Zootecnista). Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias, 2002. p. 73.

ALMAO, Carlos. La porcinaza y gallinaza en el mercado agrícola (On line) (citado 15 de febrero de 2007). Disponible en la Word Wide Web: http://www.fpolar.org.ve/ats/ats/ats_info/eventos/porcicultores/carlos_almao/almao.html

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

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

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE PORCICULTORES. Uso de la Porquinaza Como Fertilizante. Colombia: Asociación Colombiana de Porcicultores, 2000. p. 18

BENAVIDES, Homero., RUIZ, Hugo. y LEGARDA, Lucio. Evaluación de algunos componentes de la fertilidad del suelo y su influencia en la dinámica nutritiva en suelos de clima medio y frío en el departamento de Nariño. En Revista de investigaciones. Universidad de Nariño. Pasto, Colombia, N°1. Vol. 10. 2000. 111-126 pp.

BENAVIDES, Segundo. Valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). Bogotá, Colombia. 1976., 45p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). Universidad Nacional. Programa de estudios para graduados en ciencias agrarias. ICA.

BERNAL, Jorge. Pastos y Forrajes Tropicales. 3 ed. Bogota, Colombia, 1994. p.89

BERNARDON, Adel. Técnicas Para Medir La Vegetación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Oficina regional FAO. Chile 1986. 60 p.

BURBANO, Hernán . El suelo, una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto, Colombia: Editorial Universitaria. Universidad de Nariño. 1989. 447 p.

BRACHO, A *et al.* Cambios en la cantidad y la biodiversidad de la mesofauna en un suelo degradado con aplicación de abono orgánico. [en línea]. Universidad del Zulia [Maracaibo, Venezuela] 1999. [citado 26 Mar., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.revfacagronluz.org.ve>

BRACK Antonio y MENDIOLA Cecilia. Ecología del Perú. [en línea]. [Lima, Perú]. 2005. [citado 5 May., 2005]. Disponible en Internet <URL : <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.asp>>

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

CALPA, Alicia y MELO, Sandra. Valoración nutritiva del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ensilajes de avena (*Avena sativa*), variedad Cayuse, L15-85, y Obonuco triticale 98 (*Triticum sp*) en la alimentación de vacas Holstein mestizo en producción en el altiplano de Pasto – Colombia. 2002., p. 47. Trabajo de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

CADAVID, Elkin. y VALLEJO, Luís. Respuesta del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) a la aplicación de cal en un suelo ácido del altiplano norte de Antioquia. Medellín, Colombia 1993., 56 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Antioquia. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.

CAIRO, Pedro y QUINTERO, Giraldo. Suelos. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 1987. 367p.

Castellanos R., J.Z., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y R. Salinas J. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. Terra 14: 151-158

CASTILLO, Alfredo. El cuy, su cría y explotación. Actividades productivas. [en línea]. [Santa Anita, Perú] 2003 [citado 29 Mar., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.ilustrados.com/publicaciones>>

CASTILLO, E., *et al.* Efecto de la fertilización nitrogenada en la época lluviosa sobre la productividad, composición química y digestibilidad *In vitro* del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst) bajo pastoreo en el Cantón del Coronado, En Agronomía Costarricense N° 7, Vol. 5 (febrero de 1990). 9- 15 pp.

CASTRILLÓN, Olivia; JIMÉNEZ, Ricardo y BEDOYA Oswaldo. Porquinaza en la Alimentación Animal. [en línea] En Revista Lasallista de Investigación Vol. 1. No. 1. [Antioquia, Colombia] 2005 [citado 28 May,. 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.lasallista.edu.co/revista/vol>>

CENTRO INTERNACIONAL DE INFORMACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA. Leguminosas de Altura. [en línea]. Septiembre 1999 [citado 9 Jun., 2005]. Disponible en Internet : <URL <http://www.leguminosasdealtura.htm>>

CINO, Maria y DE ARMAS, Carmen. Metodología para la evaluación económica de proyectos de investigaciones agropecuarias. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, 1996. 127 p.

CRESPO, G., *et al.* Los pastos en Cuba. La Habana Cuba: Ed: Pueblo y Educación. 1998. 345- 416 pp.

CRESPO, Gerardo. Estiércol líquido vacuno para la producción de pastos. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1990. 33p.

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

DIRECCIÓN GENERAL DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. Por la que se publica el código de buenas practicas agrarias. [en línea] Dirección General de Agricultura y Alimentación. [Madrid, España]. 1999 [citado 7 Abr., 2005]. Disponible en Internet <URL : <http://www8.Madrid.org/gema/revista/leyes/febmar99/boc041.htm>>

ECHEANDIA SOTOMAYOR, José. Grupo cuyes . [en línea]. ZOE [Argentina]. Dic., 2003 [citado 29 May,. 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://ar.groups.yahoo.com/group/cuyeszoe>>

EVANGELISTA, Ricardo y PORT, Gudesteu. Forragicultura. Lavras. Brasil : Universidad federal de Lavras (UFLA), 1997. p. 63 HERRERA, Teodoro. Instituto de Edafología. [en línea]. Facultad de Agronomía, Universidad central de Venezuela. [Maracay, Venezuela] Sep., 1999. [citado 8 Abr., 2005]. Disponible en Internet : <URL <http://www.redpav-fpolar.info.ve/html.>>

FUNDACIÓN ECOALDEAS IBEROAMERICANA. Compost. [en línea]. [Países Iberoamericanos] 2004 [citado 13 Abr., 2005]. Disponible en Internet: <URL : <http://www.ecoaldea.com>. 2004.>

FUNDACIÓN PARA LA AGRICULTURA SOSTENIBLE Y ECOLÓGICA. Conservación. [On line]. [Pasto, Nariño, Colombia]. 2005 [citado 2 Jun., 2005].

Disponibile en la Word Wuide Web:
<http://www.fase.com.pa/spanish/conservacion.php>>

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

HERRERA, Pablo. y AMÉZQUITA, Edgar. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo. Bogotá, Colombia. 1989., 72 p. Trabajo de grado (Agrólogo). Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Agrología.

HURTADO Carlos y REALPE Alberto. Respuesta del Pasto Aubade (*loilium sp*) a la Aplicación de Diferentes Niveles de Abono Orgánico en la Vereda Cabrera, Corregimiento de la Laguna – Nariño. San Juan de Pasto, 1998 p. 43. Trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia.

INFOAGRO. El Compostaje. [en línea]. INFOAGRO [España] 2004 [citado 22 Abr., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.infoagro.com>>

JACOB, A. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. La Habana, Cuba: Revolucionaria. 1967. 626 p.

LÓPEZ, José. DÍAZ, Antonio, MARTÍNEZ, Enrique y VALDEZ, Ricardo. Los abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y rendimiento del maíz. (On line) Citado marzo 2 de 2007. Disponible en la Word Wide Web: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art293-299.pdf>

Mc DONALD., *et al.* Nutrición Animal. Zaragoza, España: Acribia. 1995. 576 p.

MEDINA, Luis. Rendimiento, composición química y digestibilidad In vitro del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst). (On line) 1980. 2-5 pp. Disponible en la Word Wide Web: <http://fao.org/noticias/2000/000501>

MORA Jairo E IBRAHIM Muhammad. Diversificación de fincas pecuarias. [en línea]. [Bogotá , Colombia]. 2005 [citado 25 May., 2005]. Disponible en Internet : <URL : <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia4/sintesis.htm>

MURGUEITIO, Enrique y CALLE, Zoraida. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica". Fundación CIPAV. (Citado febrero 14 de 2007). Disponible en la Word Wide Web: <http://www.fao.org/ag/Aga/agap/FRG/AGROFOR1/Murguei3.htm>

NAVARRETE, Eduardo. Respuesta del Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum hoechst*) a la Aplicación de Diferentes Fuentes de Nitrógeno. Bogotá : Universidad Nacional de Colombia, 1996. p. 3

OTERO, Lázara, ORTEGA, F, y MORALES, Marisol. Participación de la arcilla y la materia orgánica en la capacidad de intercambio catiónico de vertisoles de la provincia granma. (On line). La Habana, Cuba (Citado Febrero 27 de 2007). Disponible en la Word Wide Web. <http://www.agropecstar.com/portal/doctos/Conceptos%20de%20produccion.htm>

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

Preston, T.R. and Murgueito, E. 1992. Strategy for sustainable livestock production in the tropics. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia, 89p.

RIVERA Bernardo, DÍAZ Rocío y ESTRADA Rubén Darío. El análisis de la racionalidad en el sistema integrado cerdos-pastos-leche. [en línea] Universidad de Caldas, Grupo de Investigación ASPA. [Manizales Caldas Colombia]. 2004 [citado 29 May,. 2005] Disponible en Internet : >URL : <http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia4/articulos/case1mod2.htm>

RIVERO Carmen y CARRACEDO Cristina. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrastante. [en línea] Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. [Maracay-Venezuela]. Sep., 1999. [citado 7 Abr,. 2005]. Disponible de Internet : <URL : <http://www.redpav-fpolar.info.ve>

RODAVERO Julio. Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos. [On line]. Texinfo [Lima Perú]. 2005. [citado 6 May,. 2005]. Disponible en I Word Wide Web : <URL : <http://www.raaa.org/>>.

RODRÍGUEZ, Víctor José La problemática de los residuos ganaderos. El Caso de la Gallinaza. [en línea]. [España]. Diciembre de 1999. [citado 29 Abr,. 2005]. Disponible en Internet <URL : <http://www.terra.es/personal/forma.htm>>

ROMERO PÉREZ, María del Pilar La agricultura ecológica como solución a los problemas planteados por la agricultura convencional. [en línea]. INFOAGRO [Madrid, España] Septiembre de 1999. [citado 28 May,. 2005] Disponible en Internet: <URL : http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica05.asp#1.3.1.-%20Fertilización%20orgánica>

SOLO CIENCIA. [en línea]. (España). 2005 [citado 8 Sep,. 2005]. Disponible en Internet : <URL : www.solociencia.com

SOTO, Luis. Digestibilidad y Consumo Voluntario del Pasto Kikuyo en Ovinos bajo fertilización Nitrogenada. Colombia : Universidad Nacional, 1979. p. 5

URBANO, Diannelys. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales. (On line) Venezuela. 1996. 1-5 pp. (Febrero 14 de 2007) Disponible en la Word Wide Web:
[http\\ FAO.org\ag\ags\AGSE\agse.s\general\CONTENTS.htm](http://FAO.org/ag/agse/agse.s/general/CONTENTS.htm)).

V. Dávila, F. Villamizar y J. Bernal, 1967. El Cultivo de los Pastos en la Sabana de Bogota. ICA.. Cursillo Sobre Manejo de Praderas y Cultivos de Pastos en Clima Frío. Sociedad de Agricultores de Colombia, SAC. Colombia : 1967.

WADE, Michael y SÁNCHEZ, Guillermo. La Gallinaza mejora los rendimientos del Brócoli. [en línea]. [Guatemala]. 2005 [citado 29 Abr., 20045]. Disponible en Internet :URL : <http://www.ag.vt.edu/.html>>

GÓMEZ, Jairo. Abonos Orgánicos. Cali, Mayo del 2000. p.51.

VILLEGAS, L., ROMERO, G. y RAMÍREZ, R. Vida en el suelo y sus relaciones con los sistemas de labranza. En Revista cuadernos de Agronomía. Universidad de los Llanos Orientales, Colombia, Vol. 3. N°4. 1998. 21-31 pp.

NARVÁEZ, José y LUNA, Jhon. Valoración nutritiva del kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y ensilajes de avena (*Avena sativa*), variedad Cayuse, L15-85, y Obonuco triticales 98 (*Triticum sp*) en el levante de novillas Holstein mestizo. Pasto, Colombia. 2002., p. 42. Trabajo de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, Programa de Zootecnia.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza para producción de forraje verde

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr
> F					
Model	9	2311688195.6	256854243.9	13.47	
0.0001					
Error	50	953104199.3	19062083.9		
Corrected Total	59	3264792394.9			
R-Square	C.V.	Root MSE	PBH Mean		
0.7080	18.338	4366.01	23808.31		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOC	3	38399563.7	12799854.5	0.67	0.5736
TTO	4	2236010748.4	559002687.1	29.33	0.0001
CORTE	2	37277883.4	18638941.7	0.98	
0.3832					

Anexo B. Análisis de varianza para producción de biomasa seca

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	106445442.2	11827271.3	10.72	0.0001
Error	49	54077752.6	1103627.		
Corrected Total	58	160523194.8			
R-Square	C.V.	Root MSE	PBS Mean		
0.663	20.64	1050.53	5087.		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOC	3	1360781.4	453593.8	0.41	0.7458
TTO	4	82105743.9	20526435.9	18.60	0.0001
CORTE	2	22978916.8	11489458.4	10.41	0.4002

Anexo C. Análisis de varianza para altura de plantas

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	9	16635.4	1848.3	7.68	0.0001
Error	50	12032.8	240.6		
Corrected Total	59	28668.2			
R-Square	C.V.	Root MSE	ALT Mean		
0.580	38.303	15.51	40.50		

Source	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOC	3	699.5	233.1	0.97	0.4148
TTO	4	15354.9	3838.7	15.95	0.0001
CORTE	2	580.9	290.4	1.21	0.3076

Anexo D. Cálculo de nutrientes digestibles totales mediante la fórmula de Oskar Kellner Institute

Testigo	Nutriente	Factor	Producto
Proteína	13,84	0,0504	0,697536
Fibra cruda	33,5	0,02	0,67
Extracto etéreo	1,88	0,077	0,14476
ELN	41,34	0,011	0,45474
ELN ²	1708,9956	0,000377	0,644291341
	Menos	0,152	2,459327341
		NDT	56,14%
Porquinaza			
Proteína	22,19	0,0504	1,118376
Fibra cruda	30,56	0,02	0,6112
Extracto etéreo	2,69	0,077	0,20713
ELN	33,36	0,011	0,36696
ELN ²	1112,8896	0,000377	0,419559379
	Menos	0,152	2,571225379
		NDT	58,70%
Gallinaza			
Proteína	19,31	0,0504	0,973224
Fibra cruda	30,38	0,02	0,6076
Extracto etéreo	2,49	0,077	0,19173
ELN	37,55	0,011	0,41305
ELN ²	1410,0025	0,000377	0,531570943
	Menos	0,152	2,565174943
		NDT	58,56%
Bovinaza			
Proteína	17,91	0,0504	0,902664
Fibra cruda	31,05	0,02	0,621
Extracto etéreo	2,18	0,077	0,16786
ELN	39,39	0,011	0,43329
ELN ²	1551,5721	0,000377	0,584942682
	Menos	0,152	2,557756682
		NDT	58,39%
Cuyinaza			
Proteína	14,28	0,0504	0,719712
Fibra cruda	31,92	0,02	0,6384
Extracto etéreo	2,05	0,077	0,15785
ELN	41,44	0,011	0,45584
ELN ²	1717,2736	0,000377	0,647412147
	Menos	0,152	2,467214147
		NDT	56,32%

Anexo E. Comportamiento de las lluvias durante el periodo experimental

DIA	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
1	6,0	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1,4	1,0	0,0	7,2	1,2	0,0
3	2,0	0,3	0,0	1,3	1,8	0,0
4	6,8	0,2	0,0	40,0	0,0	0,0
5	2,1	32,4	0,0	0,0	1,0	19,9
6	2,1	5,4	0,0	2,5	5,4	4,5
7	2,2	4,5	0,0	7,8	1,3	0,4
8	3,0	1,3	46,0	0,0	2,8	9,2
9	4,5	1,4	20,0	0,0	0,6	24,2
10	2,4	2,8	30,1	0,6	0,0	0,0
11	2,6	0,0	16,5	1,6	0,0	4,2
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	9,8	17,8	0,0	0,0
14	0,0	0,4	0,0	13,6	0,0	0,0
15	6,6	4,2	16,4	4,5	0,0	0,0
16	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,4	0,0	6,8	2,6	0,0	0,0
19	2,7	0,0	0,0	7,4	0,0	1,4
20	3,0	0,0	5,9	2,3	0,0	0,0
21	1,6	2,6	0,0	0,0	0,0	1,1
22	0,0	0,0	4,6	0,0	1,8	1,1
23	0,0	0,0	3,0	2,3	0,0	7,6
24	0,0	0,0	0,0	0,4	4,0	2,4
25	0,4	1,4	31,1	0,0	4,7	0,0
26	0,8	1,1	2,0	0,0	0,0	0,0
27	1,4	2,0	3,0	2,7	3,0	0,0
28	4,3	0,0	0,0	5,1	2,3	0,0
29	6,0		0,6	4,3	0,0	0,0
30	0,4		0,0	3,7	0,0	0,0
31	0,9		2,1		0,0	
Total/ mes	73,4	63,1	197,9	127,7	29,9	76,0

Anexo F. Requerimientos diarios para bovinos lecheros

Peso corporal (kg)	Alimento (kg)	Proteína (g)	NDT (kg)	Energía digestible Mcal	Energía metabolizable Mcal	Energía neta Mcal
400	5.5	373	3.15	13.86	11.9	7.16
500	6.5	432	3.72	16.39	14.06	8.46
600	7.5	489	4.27	18.79	16.12	9.7
700	8.5	542	4.79	21.09	18.1	10.89
800	9.5	592	5.29	23.32	20.01	12.03

Grasa (%)	Nutrientes por kg de leche					
3.0	-	77	0.282	1.24	1.07	0.64
4.0	-	87	0.326	1.44	1.24	0.74
5.0	-	98	0.365	1.61	1.39	0.83
6.0	-	108	0.410	1.81	1.56	0.93

Adaptado de Mac Donald Et al, 1995

**Anexo G. Composición bromatológica de kikuyo
(*Pennisetum clandestinum* Hochst) (%).**

Fracción	kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst)
Materia seca	19.39
Proteína	4.56
Fibra cruda	5.11
Extracto etéreo	0.61
ELN	7.06
Ceniza	2.07
Energía (cal/100g)	81
Nitrógeno	0.73
Fósforo	0.09
Potasio	0.66
Magnesio	0.05

Anexo H. Propiedades fisicoquímicas del suelo de una pradera de kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst).

Muestra	kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i> Hoechst).
pH	5,6
Materia orgánica (%)	2.8
Nitrógeno total (%)	0.14
Fósforo (ppm)	20
Magnesio (ppm)	2.7
Potasio (meq/100g)	1.22
CIC (meq/100g)	16.0
Densidad aparente	1,2
Densidad real	2,54
Capacidad de campo	44,14
Textura	Arenoso