

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE TRES SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN,
UTILIZANDO RIEGO LOCALIZADO POR EXUDACIÓN EN LA PRODUCCIÓN
Y CALIDAD NUTRICIONAL DE ALFALFA (Medicago sativa) EN LA VEREDA
CRUZ DE AMARILLO CORREGIMIENTO DE CATAMBUCO
MUNICIPIO DE PASTO – NARIÑO**

**JAIME ALEXANDER CHÁVEZ CAICEDO
JULIÁN BAYARDO MORENO PANTOJA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO – COLOMBIA
2005**

**DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE TRES SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN,
UTILIZANDO RIEGO LOCALIZADO POR EXUDACIÓN EN LA PRODUCCIÓN
Y CALIDAD NUTRICIONAL DE ALFALFA (Medicago sativa) EN LA VEREDA
CRUZ DE AMARILLO CORREGIMIENTO DE CATAMBUCO
MUNICIPIO DE PASTO – NARIÑO**

**JAIME ALEXANDER CHÁVEZ CAICEDO
JULIÁN BAYARDO MORENO PANTOJA**

**Proyecto de Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Zootecnista**

**Presidente
JAIRO OLIVA BURBANO
Zootecnista**

**Copresidente
LUIS CARLOS OJEDA GAMBOA
Ingeniero Agrónomo**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
PASTO – COLOMBIA
2005**

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

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanada del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Jairo Oliva B. Zoot Esp.
Presidente de Tesis

Luis Carlos Ojeda I.A. Esp.
Copresidente

Hernán Ojeda Zoot Esp.
Jurado

Marino Rodríguez I.A. Esp.
Jurado

San Juan de Pasto, Marzo 2 de 2005

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Al señor Gustavo Chingual M.V. sin su colaboración no hubiera sido posible la realización de este proyecto.

Al instituto colombiano agropecuario (I.C.A) por facilitar los laboratorios, y en especial al doctor Marino Rodríguez director, quien también se desempeña como jurado de este trabajo de grado.

Al señor Luis Carlos Ojeda I.A. por su desmedida e incondicional colaboración en la realización de este proyecto.

A la facultad de ciencias pecuarias, a los laboratorios de bromatología y en especial a los doctores:

Jairo Oliva, Zoot Esp. Presidente de tesis.

Hernán Ojeda, Zoot Esp. Jurado.

Benjamín Sañudo, I A colaborador.

DEDICO A:

Dios:

Por darme la vida, salud y sabiduría, por darme la fortaleza para seguir adelante con mis sueños y por estar siempre conmigo.

Mis padres:

Por su esfuerzo, por darme una educación digna por estar, atentos en los acontecimientos de mi vida.

A la memoria de mi hermana Erika:

Por servir de guía en este camino tan estrecho.

Mi tía teresa:

Consejera fiel, por ser mi constante apoyo, por ser una persona incondicional siempre y por darme el ejemplo y la firmeza para convertirme en una persona de bien.

Mis abuelos:

A quienes les debo la mayor parte de mis éxitos, porque han estado presentes en cada capítulo de mi formación, porque con su amor, su confianza y comprensión han depositado en mí toda la fortaleza para la consecución de mis ideales. Porque lo han dado todo sin esperar nada. A ellos que me han brindado los mejores aportes les dedico este logro tan importante en mi vida.

Mi familia y mis amigos:

Quienes han confiado en mí, por compartir momentos importantes, y por aportar su granito de arena para que esta etapa de mi vida se haga realidad.

Julián B. Moreno Pantoja.

DEDICO A:

A Dios y la Santísima Virgen de la Visitación: por haberme dado la fuerza, y la oportunidad de lograr este objetivo.

A mis padres: Enrique y Teresa por su incondicional apoyo y aliento constante.

A mis hermanos: Geovanny y Aleyda.

A Maria Eugenia y a mi hijo Gabriel Alejandro.

Y a todos mis amigos y personas: que de una u otra manera intervinieron en la realización de este proyecto.

Gracias porque con su liento y sus concejos me proporcionaron la confianza para seguir adelante.

Sin su ayuda no abría podido realizar este triunfo.

Jaime A. Chávez Caicedo.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 22 |
| 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 23 |
| 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 24 |
| 3. OBJETIVOS | 25 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 25 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 26 |
| 4.1.1 Clima y suelos | 26 |
| 4.1.2 Descripción y morfología | 26 |
| 4.1.3 Fisiología y crecimiento | 27 |
| 4.1.4 Siembra | 29 |
| 4.1.5 Requerimientos nutricionales de alfalfa | 29 |
| 4.1.6 Labores culturales | 32 |
| 4.1.7 Producción y corte | 32 |
| 4.1.8 Valor nutritivo | 33 |
| 4.1.9 Necesidades de agua | 35 |
| 4.2 FERTILIZACIÓN | 36 |
| 4.2.1 Fertilización química | 37 |
| 4.2.2 Fertilización orgánica | 37 |
| 4.2.3 Fertilización en leguminosas | 39 |
| 4.3 RIEGO | 41 |

| | |
|---------------------------------------|----|
| 4.3.1 Intervalo entre riegos | 42 |
| 4.3.2 Tiempo de riego | 42 |
| 4.3.3 Riego por exudación | 42 |
| 4.3.4 Fertirrigación | 45 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 48 |
| 5.1 LOCALIZACIÓN | 48 |
| 5.2 ÁREA EXPERIMENTAL | 48 |
| 5.3 EQUIPOS | 48 |
| 5.4 INSUMOS | 49 |
| 5.5 MATERIALES | 49 |
| 5.6 MÉTODOS | 50 |
| 5.6.1 Preparación del suelo | 50 |
| 5.6.2 Siembra y control fitosanitario | 50 |
| 5.6.3 Fertilización | 50 |
| 5.6.4 Cosecha | 51 |
| 5.6.5 Análisis bromatológico | 51 |
| 5.7 TRATAMIENTOS | 52 |
| 5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL | 52 |
| 5.8.1 Modelo propuesto | 52 |
| 5.9 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS | 53 |
| 5.9.1 Hipótesis nula | 53 |
| 5.9.2 Hipótesis alterna | 53 |
| 5.10 VARIABLES EVALUADAS | 53 |

| | |
|--|----|
| 5.10.1 Producción de forraje verde por hectárea | 53 |
| 5.10.2 Producción de materia seca por hectárea | 53 |
| 5.10.3 Producción de proteína por hectárea | 53 |
| 5.10.4 Producción de nutrientes digestibles totales por hectárea | 53 |
| 5.11 ANÁLISIS ECONÓMICO | 54 |
| 5.11.1 Costos de producción por kilogramo de materia seca | 54 |
| 5.11.2 Costos de producción por kilogramo de proteína | 54 |
| 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 55 |
| 6.1 PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE | 55 |
| 6.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA | 59 |
| 6.3 PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA | 63 |
| 6.4 PRODUCCIÓN DE NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES | 67 |
| 6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO | 70 |
| 6.5.1 Costos de producción por kilogramo de forraje verde | 70 |
| 6.5.2 Costos de producción por kilogramo de materia seca | 71 |
| 6.5.3 Costos de producción por kilogramo de proteína | 72 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 75 |
| 7.1 CONCLUSIONES | 75 |
| 7.2 RECOMENDACIONES | 76 |
| BIBLIOGRAFÍA | 77 |
| ANEXOS | 81 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|--|------|
| Cuadro 1. Efecto de distintas frecuencias de corte durante 2 años sobre la Producción de alfalfa | 28 |
| Cuadro 2. Síntomas de deficiencia de nutrientes | 31 |
| Cuadro 3. Extracción anual de nutrimentos kg./ha/año de alfalfa | 32 |
| Cuadro 4. Efecto de la frecuencia de corte en la producción de forraje seco de alfalfa en ton/ha/corte | 35 |
| Cuadro 5. Resultados del análisis de muestras del suelo | 51 |
| Cuadro 6. Promedio de producción de forraje verde por hectárea por corte | 55 |
| Cuadro 7. Promedio de producción de materia seca por hectárea por corte. | 59 |
| Cuadro 8. Promedio de producción de proteína por hectárea por corte. | 63 |
| Cuadro 9. Promedio de producción de nutrientes digestibles totales por hectárea por corte. | 67 |
| Cuadro 10. Análisis parcial de costos para determinar el valor por tratamiento por hectárea por año. | 73 |
| Cuadro 11. Valores de producciones en los diferentes tratamientos para el análisis de costos. | 74 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Promedio de producción de forraje verde expresado en ton/ha. para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos. | 56 |
| Figura 2. Promedio de producción de materia seca expresada en ton/ha. para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos. | 60 |
| Figura 3. Promedio de producción de proteína expresada en ton/ha. para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos. | 64 |
| Figura 4. Promedio de producción nutrientes digestibles totales expresados en ton/ha. Para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos. | 68. |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|------------|
| Anexo A. Diseño del área experimental | pág. 82 |
| Anexo B. Composición del fertilizante químico para fertirriego | 83 |
| Anexo C. Composición del fertilizante orgánico líquido para fertirriego | 84 |
| Anexo D. Diseño de la unidad experimental | 85 |
| Anexo E. Análisis de varianza para la producción de forraje verde y materia seca en kilogramos por metro cuadrado | 86 |
| Anexo F. Análisis de varianza para la producción de proteína y nutrientes digestibles totales en kilogramos por metro cuadrado | 87 |
| Anexo G. Producción de forraje verde, materia seca, proteína y nutrientes digestibles totales (NDT) en ton/ha. en 3 cortes consecutivos. | 88 |
| Anexo H. Análisis químico proximal de alfalfa en base seca para el T0. | 89 |
| Anexo I. Análisis químico proximal de alfalfa en base seca para el T1. | 90 |
| Anexo J. Análisis químico proximal de alfalfa en base seca para el T2. | 91 |
| Anexo K. Requerimientos nutricionales de alfalfa utilizados en la investigación | 92 |

GLOSARIO

ABONO LÍQUIDO: es una mezcla líquida que contiene sales de uno o varios nutrientes disueltos; y que ofrecen ventajas como: aplicaciones uniformes a la planta, rapidez en el trabajo, reducen esfuerzo físico, posibilidad de realizar tratamientos mixtos etc.

ANÁLISIS BROMATOLÓGICO: es un procedimiento que se realiza a nivel de laboratorio para calcular la composición química de un alimento.

CARBOHIDRATOS: compuesto químico que contiene solo carbono, hidrogeno y oxigeno con una relación de hidrogeno a oxigeno de 2 a 1 (azúcares, almidones y celulosa).

CARBOHIDRATOS ESTRUCTURALES: hemicelulosa y celulosa que puede ser cuantificada mediante el proceso de laboratorio y utilizando la técnica de fibra detergente neutro.

ENERGÍA BRUTA: es la medida de la cantidad de energía de un alimento, que lo componen en mayor porcentaje los carbohidratos y las grasas.

EXUDACIÓN: efecto de salir un líquido fuera del tubo que lo contiene en un proceso que resume de las paredes de la fibra de poliéster.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA: incorporación de fertilizantes que además de contener materia orgánica son capaces de proporcionar cantidades notables de nutrientes principalmente nitrógeno, fósforo y potasio y en muchos casos ácidos húmicos y fúlvicos y microorganismos que favorecen la actividad microbiológica y la bioestructura del suelo.

FERTILIZACIÓN QUÍMICA: incorporación de fertilizantes minerales provenientes de la industria y que han sufrido transformaciones y procesos para sus correctas formulaciones en uno o varios elementos necesarios para la nutrición vegetal, además pueden clasificarse en simples o primarios y compuestos o complejos.

FERTIRRIGACIÓN: incorporación de nutrientes necesarios para la planta por medio del agua de riego.

FERTILIZANTE ALTAMENTE SOLUBLE: fertilizante que contiene elementos mayores y menores, que se disuelven en su totalidad sin dejar residuos químicos ni orgánicos.

FORRAJE: un alimento de origen natural que contiene varios nutrientes necesarios para la alimentación animal y además estimula la rumia debido al tamaño largo de la particular y su alto contenido de fibra.

LIGNIFICACIÓN: depósito de lignina, junto con derivados oxidados de celulosa en la membrana celular, dándole a la planta una consistencia leñosa.

MATERIA SECA: aquella parte del alimento que no es agua, típicamente se determina por el peso residual de una muestra colocada por un periodo extendido en un horno para quitar toda el agua de la muestra, normalmente este dato se expresa en porcentaje.

NECESIDAD HÍDRICA: es la cantidad de agua que requiere cada especie vegetal para cumplir con las diferentes funciones y se mide en milímetros por periodo vegetativo.

NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES: es la suma de todos los valores numéricos que componen a un alimento como son: proteína cruda, fibra, extracto no nitrogenado, y extracto etéreo (grasa), expresando su potencial energético que puede ser aprovechado por un animal

PH: una medida de acidez o alcalinidad de una solución, los valores entre cero (mas ácido) y de 14 (mas alcalino) con neutralidad de ph 7.

PROTEÍNA CRUDA: una medida de la cantidad de proteína de un alimento que es determinada según la cantidad de nitrógeno multiplicada por 6.25 este factor es el numero de gramos promedio que lleva un gramo de nitrógeno, la palabra cruda se refiere a que no todo el nitrógeno en los alimentos esta en forma de proteína. La proteína cruda es una sobre estimulación de la cantidad de proteína de la dieta.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES: es la demanda de nutrientes de una planta para seguir su correcto desarrollo y producción.

TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE: tubo poroso fabricado de fibra de poliéster impregnado con resina porosa, que se utiliza para sistemas de riego, libera agua por capilaridad en función de la presión utilizada, no produce flujo turbulento ni ocasiona problemas de erosión.

RESUMEN

La valoración agronómica y prueba de comportamiento se llevaron a cabo en la Vereda Cruz de Amarillo (Corregimiento de Catambuco), y los análisis bromatológicos se efectuaron en los laboratorios ubicados en las instalaciones de la Universidad de Nariño sede Torobajo.

Esta investigación tuvo como objetivo determinar el potencial forrajero de la alfalfa (*Medicago sativa*) bajo tres sistemas de fertilización utilizando riego localizado por exudación en la producción y calidad nutricional de la alfalfa.

Los resultados obtenidos en la prueba agronómica demostraron que la alfalfa, cultivada bajo diferentes sistemas de fertilización y utilizando riego localizado por exudación mostró buenos rendimientos agronómicos, logrando una mejor calidad nutritiva, así como una mayor producción.

Respecto al índice de productividad el mejor lo reportó el sistema de fertilización química fraccionada (T1) con 21,1 toneladas de forraje verde por hectárea por corte, seguido del sistema de fertilización química a chorrillo al momento de la siembra mas riego por exudación (T0), con 18.8 toneladas de forraje verde por hectárea por corte y el tercer lugar lo obtuvo el sistema de fertirrigación orgánica fraccionada (T2) con 14.4 toneladas de forraje verde por hectárea por corte.

Para la investigación se utilizó un lote experimental de 106 metros cuadrados, el cual tuvo tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, utilizando un diseño de bloques completamente al azar. A lo largo de la parcela se trazó seis surcos de alfalfa separados entre si por 40 cm. y entre ellos se instaló el tubo geotextil exudante.

Para el análisis bromatológico se tomaron tres muestras por tratamiento que corresponden al número de repeticiones, luego se homogenizaron y se sacó una muestra representativa, estos análisis se realizaron a cada tratamiento durante tres cortes consecutivos; así demostraron un incremento significativo tanto en producción de forraje verde como en proteína y energía, pero una disminución de la materia seca.

Con el estudio se demostró que la fertirrigación (fertilización por medio del riego) si tuvo efecto en la producción, así como en el valor nutritivo de la alfalfa logrando en el cultivo una difusión de nutrientes y agua en forma adecuada y eficiente.

El análisis económico demostró que el tratamiento fertilización química a chorrillo mas riego por exudación (T0) con un costo por kilogramo de forraje verde producido de \$28.44 es más viable económicamente en comparación con el sistema fertirrigación química fraccionada (T1) con un costo de producción por kilogramo de forraje verde de \$37.81. El tratamiento que registró mayor costo de producción fue el sistema de fertirrigación orgánica fraccionada con un valor de \$147.88. Esto nos da una idea que si bien los resultados obtenidos por el mejor tratamiento (T1) en producción de forraje verde, no compensan los costos de producción obtenidos con el (T0) que también tuvo una producción alta pero con valores mas bajos que el primero, el cual tuvo un desempeño similar a este, pero sus costos de producción fueron menores.

ABSTRACT

The agronomical valuation and the proof of behavior were carried out at the place called Cruz de Amarillo (in catambuco's jurisdiction) and the bromatological analysis took place in the laboratories located at the Nariño university facilities in torobajo.

The aim of this research was to determine the fodder potential of alfalfa (*Medicago sativa*) under three systems of fertilization through the use of irrigation located by exudation in the production and nutritional quality of alfalfa.

The results gotten in the agronomical proof showed the alfalfa grown under different systems of fertilization and the employment of located irrigation by exudation demonstrated good agronomical yields obtaining a better nutritional quality as well as a major production.

According to the indication of production the best one was the fractionized chemical fertile-irrigation system (T1) with 21.1 tons of green fodder by hectare by cut, the second best system was the chemical fertilization through spurt at the sowing time plus irrigation (T0) by exudation with 21.1 tons of green fodder by hectare by cut, the last place was gotten by the fractionized organic fertile- irrigation system (T2) with 14.4 tons of green fodder by hectare by cut.

To carry out the research an experimental lot of 106 square meters were used which had tree treatments with three repetitions each one, putting into effect a design of blocks done totally at random. Along the parcel six furrows of alfalfa were laid out separated by 40 centimeters among them, and among them a geotextil tube of exudation was installed.

To perform the bromatological analysis three samples were taken by each treatment which correspond to the number of repetitions them they were homogenized and a representative sample was drawn. These analyses were done to each treatment during three consecutive cuttings, in this way a significative increase was shown in the production of green fodder as well as in protein and energy, however, a significative decrease in terms of dry material was observed.

With this study it was demonstrated that the fertile- irrigation (fertilization by means of irrigation) had indeed effect in the production, as well as in the nutritional value of the alfalfa, obtaining in the cultivated an adequate and efficient diffusion of nutrients and water.

The economical analyses showed that the chemical fertilization system at the sowing time plus irrigation through exudation (To) with a cost by kilogram of green fodder of 28.44 is economically are viable in comparison with the fractionized chemical fertile-irrigation

system (T1) with a cost of 37.81 out of production by kilogram of green fodder. The treatment which had major cost out of production was the fractionized organic fertile – irrigation system with 147.88 from this we can conclude that the results gotten out of the best method do not make up for the cost of production obtained with (To) which also had a high production with less costs than the first one.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción forrajera en Colombia requiere ser mejorada con un óptimo nivel de eficiencia para alcanzar el máximo de productividad y conseguir atractivos márgenes de rentabilidad.

A medida que aumenta el precio de la tierra se hace necesario producir más alimento para satisfacer las demandas de una población en constante crecimiento.

El uso de fertilizante en la producción de pastos y forrajes adquiere mayor significado, los resultados de investigaciones realizadas en el país así como la propia experiencia de los ganaderos han demostrado que en los programas de manejo de los pastos la práctica de abonamiento es la que produce mejores resultados en el tiempo más corto.

Por otra parte la planta debe suplir sus necesidades hídricas recibiendo cantidades adecuadas de agua que proporcionen un desarrollo normal, pero esto es una limitante ya que en ciertas zonas del país el líquido es escaso, por lo tanto es necesario implantar un sistema de riego altamente localizado como es exudación, el cual proporciona una aplicación de agua directa en la zona radicular, con el empleo dosificado de riego y manteniendo una humedad en el suelo.

Las anteriores consideraciones permiten suponer que la fertirrigación (fertilización por medio del riego) pudiera ser practicada para mejorar las condiciones nutricionales y biológicas del suelo para así lograr buena producción de forraje como lo es el de la alfalfa especie cuya vida productiva es mayor de un año y con cortes frecuentes de forraje la cual requiere de aportes permanentes de nutrientes para mantener un equilibrio en el suelo, garantizando así mayor rentabilidad para los productores agropecuarios.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El productor Nariñense dedicado a las explotaciones pecuarias enfrenta el problema de déficit alimentario durante las épocas con escasez de agua. Además el manejo tradicional de las praderas y más aún de las leguminosas forrajeras cómo lo es la alfalfa deja mucho que desear ya que se necesitan algunos conocimientos técnicos acerca de su cultivo. Por otro lado las prácticas de fertilización; tanto para establecimiento como para mantenimiento no son las más adecuadas, ya que se hacen al azar y por simple experiencia del campesino.

Otra situación negativa es el desconocimiento total o parcial del uso de sistemas eficientes de riego y fertirrigación; los cuales pueden solucionar muchos de los problemas que actualmente aquejan al sector agropecuario. La siguiente investigación pretende dar a conocer algunas de estas prácticas que pueden ser muy útiles para la gran mayoría de productores.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La inestabilidad del clima junto con labores inadecuadas de manejo y el uso excesivo de insumos químicos han deteriorado en gran magnitud el recurso edáfico; el resultado ha sido baja producción de forrajes tanto en cantidad como en calidad.

Teniendo en cuenta que la alfalfa es un cultivo permanente y las exigencias tanto de nutrientes como en agua es alta debido a la continua frecuencia de sus cortes; se hace necesario recurrir a la fertilización química y orgánica, y a través del riego poder aplicar dosis parciales de fertilizantes conforme a su ciclo vegetativo, para que la planta los absorba lentamente sin tener problemas de intoxicación o deficiencias, proporcionando al suelo una humedad homogénea y una capacidad de campo acorde a su dinámica y las exigencias nutricionales del cultivo.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinación del efecto de tres sistemas de fertilización utilizando riego localizado por exudación en la producción y calidad nutricional de alfalfa (Medicago sativa)

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la producción de forraje con tres sistemas de fertilización a través de riego localizado por exudación (en varios cortes).
- Determinar la producción de proteína y energía bruta por unidad de superficie (a través de varios cortes).
- Realizar análisis parcial de costos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES SOBRE LA ALFALFA

4.1.1 Clima y Suelos. Para Hughes, Heath, y Metcalff¹, la alfalfa crece bien en climas secos y suelos sueltos, pero se adaptan bien a un amplio margen de condiciones de clima y suelos. La Alaska y los tipos comunes se cultivan en el Valle de la Muerte California donde la altura alcanza hasta 54.5° C.

“La alfalfa tiene un rango de adaptación que esta entre 700 y 3000 m.s.n.m., también indica que crece mejor en zonas ecuatoriales porque hay más aporte de Nitrógeno que en regiones templadas”².

“la alfalfa se adapta muy bien a suelos con subsuelos ricos en material calcáreo; estos suelos deben ser neutros o ligeramente alcalinos”³.

“la alfalfa crece óptimamente en suelos con ph entre 6.5 – 7.5, no se desarrolla bien en suelos ácidos, pero es relativamente tolerante a suelos alcalinos”⁴.

4.1.2 Descripción y Morfología. “La alfalfa corresponde a la especie *Medicago sativa* L; de flores púrpuras con estirpes o variedades que tienen notables diferencias por su adaptación a climas y suelos, aunque existen otras especies prometedoras, como: *M. Falcata*, *M. Cretácea*, *M. Próstata* y *M. Platucarpa*”⁵.

“es además una planta herbácea perenne, de hasta un metro de altura. tiene raíces pivotantes bien desarrolladas y la raíz principal es bien definida, que puede penetrar hasta

¹ HUGHES, HEATH, Maurice y METCALFF, Darriel. Forrajes. México: Continental, 1979.p.76.

² SILVA, Mario. Reconocimientos generales sobre gramíneas y leguminosas de clima frío, medio y cálido. Pasto: ICA- DRI, 1983.p.10.

³ ALFARO, P.S. Algo sobre la Alfalfa. En: Agricultura tropical. México. Vol. 2, No. 12 (Marzo - Julio 1952); p.6.

⁴ SEGURA, M. y CHAMBLE, S. Forrajes en el Perú. México: Continental, 1970. p.25.

⁵ MARQUEZ, S. Investigaciones en el cultivo de Alfalfa. En: El campesino. México. Vol. 1, No. 51 (Febrero 22 de 1974); p.8.

profundidades de 7.5 a 9.0 m., por lo que crece mejor en la mayoría de terrenos con subsuelos profundos”⁶.

El sistema radical fuerte y profundo, hace que la alfalfa sea resistente a la sequía y le proporciona una larga vida. De la raíz se originan tallos erectos de 5 a 25 por planta que nacen de una corona leñosa, de donde salen también los rebrotes, cuando los tallos maduran o se cortan. Las hojas están dispuestas alternativamente en el tallo; son pinadas y trifoliadas, de forma lanceolada y bordes dentados. En la intersección de las hojas nacen los pedúnculos florales, los cuales llevan racimos abiertos de flores papilionadas de tonos púrpuras, aunque otras especies tienen flores amarillas o blanquecinas. Las vainas son retorcidas y tienen de 1 a 5 espirales. Cada vaina lleva varias semillas de forma arriñonada⁷.

4.1.3 fisiología y crecimiento. El desarrollo y crecimiento de la alfalfa está condicionado por factores genéticos, además de las características del medio, sin embargo las variedades cultivadas en las regiones de clima templado responden a un mismo modelo de crecimiento que se va a describir a continuación y en la que se consideran cuatro etapas:

- fase de germinación aparición de la planta.
- fase de crecimiento.
- fase de floración.
- fase de fructificación.

Por la descripción anterior de las fases de desarrollo de la alfalfa se deduce que el momento óptimo para realizar el aprovechamiento es aquel en que la producción sea máxima y en el que la planta haya recuperado sus reservas esto corresponde a la tercera fase.

En la fisiología del desarrollo de la alfalfa tiene gran importancia la rapidez y/o facilidad de rebrote después del corte debiendo considerarse dos factores determinantes.

- Las reservas acumuladas en la raíz
- El área foliar residual.

⁶ JORDAN. Op. cit., p. 267.

⁷ HUGHES, HEATH y METCALFF. Op. cit., p. 79.

Después de un corte se producen tres hechos fundamentales:

- Desaparición de los órganos de asimilación de las plantas.
- Reducción capacidad de absorción de nutrientes.
- Disminuye la fijación de nitrógeno en los nódulos.

Todo este conjunto de hecho debe solucionarse en un corto espacio de tiempo dependiendo fundamentalmente de la disponibilidad de reservas de la planta y la cantidad de nutrientes en el suelo.

Un efecto del corte de la alfalfa es la suspensión del suministro de energía a las raíces y en consecuencia la reducción o cese del crecimiento, cuando esta situación continúa durante algún tiempo las células de las raíces utilizan sus propias reservas para mantenerse pero pueden llegar a perder la función que desempeñan y morir.

Al morir algunas raíces o reducir su actividad; la absorción de minerales disminuye, pues la capacidad de absorción de una planta esta relacionada con el volumen de suelo que explora.

Tras dos años de manejo de una alfalfa con cinco tratamientos de diferentes cortes (distintas alturas y dos estados de floración). Obtuvo los datos en los que refleja el efecto negativo tanto en la persistencia de la alfalfa como en la producción de los cortes efectuados antes de alcanzar el estado de inicio de floración considerados como óptimos en cuanto a reservas.

Cuadro 1. Efecto de distintas frecuencias de corte durante 2 años sobre la producción de alfalfa.

Frecuencia de corte.

| 20cm | 30cm | 40cm | Inic.floración | Plena floración |
|-------|-------|-------|----------------|-----------------|
| *53.3 | 77.9 | 97.6 | 109.7 | 111.6 |
| ◆6554 | 11521 | 12263 | 12982 | 14852 |

*densidad plantas/m²

◆producción de kilogramos de materia seca por hectárea

La raíz tiene importancia porque de ello depende la absorción de nutrientes y principalmente de agua esenciales para el crecimiento de la planta y la formación de reservas las raíces tienen una distribución en el terreno que afecta la supervivencia y

producción futura de la planta las especies de clima húmedo tienen un sistema radicular superficial como consecuencia de la disponibilidad de agua durante el periodo vegetativo.

La fertilización también influye en el desarrollo de las raíces, en primer lugar atrayéndolas hacia el lugar donde se encuentra el fertilizante, principalmente fósforo, que favorece, el desarrollo del sistema radicular, en cambio el suministro abundante de nitrógeno favorece más el desarrollo de la parte aérea de la planta.

El peso de la parte aérea de la planta esta en relación con el sistema radicular, una disminución de ellas por cortes continuos, produce la muerte de algunas de ellas⁸.

4.1.4 Siembra. Villamizar, et. al⁹, anotan que la alfalfa se propaga por cepas y por semillas. Puede sembrarse en surcos o al voleo; en el primer caso se emplea de 10-15 kg./ha. en surcos separados cada 30-40 cm. depositando la semilla en chorro continuo; en el segundo caso 15-20 kg./ha. Sin embargo, también se afirma que se puede sembrar en surcos de 20 30 cm. con 15 kg./ha. La semilla de alfalfa se cubre ligeramente por medio de cultipacker o arrastrando ramas o tablas sobre la superficie sembrada, procurando una profundidad de 1 – 2 cm.

4.1.5 Requerimientos nutricionales de la alfalfa. Los requerimientos nutricionales varían según el nivel de producción y el manejo a que es sometido el cultivo.

Bajo cualquier sistema de aprovechamiento hay una demanda continua de nutrientes durante todo el ciclo de producción, pero la intensidad de esa demanda cambia en función de las condiciones ambientales y el estado de desarrollo de la planta. La necesidad también varía con las épocas del año, siendo mayor en los picos de producción.

Esta leguminosa requiere altas necesidades de nitrógeno, que es aportado mayoritariamente por la acción de los rhizobium, que lo fijan a partir del existente en el medio ambiente. Es un elemento esencial para las gramíneas que suelen acompañar a la alfalfa, aunque una re-fertilización a ésta última no asegura mayor producción o mejor calidad. El elemento más importante para el cultivo es el fósforo, determinante para un establecimiento exitoso y buen desarrollo radicular.

El potasio es esencial para mantener altos rendimientos, aumentar la tolerancia al frío, lograr mayor resistencia a ciertas enfermedades e incrementar la persistencia.

⁸ MUSLERA, Enrique y RATERA, Clemente. Praderas y Forrajes. Madrid: Mundiprensa, 1991.p.217-282.

⁹ VILLAMIZAR, F. et .al. Las Alfalfas Gramíneas y Leguminosas de Colombia. Bogotá: ICA, 1989. p.126.

El calcio, magnesio, azufre y la mayoría de los micro nutrientes son igualmente necesarios para un normal crecimiento de la planta de alfalfa. Cuando la interpretación de los análisis de suelo lo determinen se recurrirá a la práctica de fertilización de arranque previo a la siembra o simultánea a ella, con la precaución de depositar el fertilizante a cierta distancia de la línea de siembra. La dosis y tipo de fertilizante dependerán del análisis del suelo.

La alfalfa requiere pequeñas cantidades de micro nutrientes para su crecimiento óptimo (boro, manganeso, hierro, zinc, cobre y molibdeno). De ellos el único que se suministra o aplica con cierta frecuencia en alfalfa es el boro.

En suelos de textura media y con clara deficiencia de boro la dosis a aplicar ronda entre los 2-3 Kg./ha, suficientes para toda la vida del alfalfar. En suelos arenosos habrá que aplicar 1 Kg. de boro por hectárea, cada año¹⁰.

Los elementos funcionan de la siguiente manera:

- **Las leguminosas y la fijación de nitrógeno.** La fijación de nitrógeno por la asociación rhizobiun–leguminosa depende de las condiciones ambientales, humedad, temperatura. Estos niveles condicionan el nivel de hidratos de carbono producidos por la planta como la fijación de nitrógeno se realiza por una simbiosis en la que la planta suministra la energía (hidratos de carbono) que el nódulo utiliza para fijar nitrógeno; todos los factores que influyen en ella indirectamente afectan a la fijación de nitrógeno.

Las variaciones de temperatura y humedad afectan el potencial de crecimiento de la alfalfa y a la mineralización de nitrógeno orgánico lo que causa interacciones complejas con la fijación del nitrógeno.

Cuando aumenta el nivel de nitrógeno en el suelo la fijación disminuye por eso la fijación puede ser considerada como la diferencia entre las necesidades de nitrógeno de las leguminosas y las disponibilidades de nitrógenos mineral en el suelo.

- **Las leguminosas y la absorción de fósforo.** La fijación depende de las características del suelo siendo las principales el ph, arcillas presentes en el suelo y la materia orgánica, el porcentaje de fósforo fijado es menor al aumentar la cantidad de fosfato aplicado al suelo, la absorción del fósforo por las raíces esta limitada por:

- Movimiento del fósforo en el suelo.
- El vigor y desarrollo del sistema radicular

¹⁰ MUSLERA Y RATERA, Op. cit., p.317-360.

- La absorción en si misma

El movimiento o difusión del fósforo es muy reducido en el caso de suelos ricos en fósforo por lo que la capacidad de utilización de este elemento depende de gran parte de otros factores como:

Número de raíces, tipo de raíz, clase de planta o especie botánica, humedad y temperatura.

- **Las leguminosas y el potasio.** Los suelos tienen en general bastante potasio pero las plantas utilizan anualmente grandes cantidades de este elemento que es necesario restituir mediante la fertilización.

Entre las plantas existen diferencias en su capacidad de utilización de nutrientes del suelo las leguminosas absorben poco potasio pero más calcio y magnesio que las gramíneas¹¹.

Cuadro 2. Síntomas de deficiencia de nutrientes.

| | |
|-----------|--|
| NITRÓGENO | Color verde claro amarillento |
| FÓSFORO | Color verde azulado, crecimiento erecto con folíolos duros y pequeños. El envés de la hoja suelen tomar un color rojizo o púrpura. |
| POTASIO | Pequeñas manchas blancas, alrededor del borde de los folíolos |
| CALCIO | Crecimiento defectuoso o podredumbre de la raíz. Colapso de los pecíolos de las hojas maduras más jóvenes. |
| MAGNESIO | Clorosis internerval en las hojas inferiores |
| AZUFRE | Color verde claro similar a nitrógeno, crecimiento débil. |
| BORO | Amarillamiento de las hojas y acortamiento de los tallos. |
| MANGANESO | Clorosis internerval de las hojas jóvenes. |
| HIERRO | Clorosis internerval de las hojas más jóvenes. Aspecto descolorido |
| ZINC | Hojas de tamaño reducido y enlameamiento de las hojas más jóvenes. |
| COBRE | Severa curvatura de los pecíolos. Manchas grisáceas en folículo central. |
| MOLIBDENO | Color verde claro y crecimiento reducido como en el caso de nitrógeno. |

Fuente: CARGIL, Manual alfalfa.2003

¹¹ Ibid., p.361.

Cuadro 3. Extracción anual de nutrientes kg./ha/año de alfalfa.

| Especie | Forraje seco ton/ha/año | N | P2O5 | K2O | Mg | S |
|---------|-------------------------|-----|------|-----|----|----|
| Alfalfa | 25 | 890 | 134 | 672 | 60 | 57 |

Fuente: FRIED Y BROESHART, 1965; Y MENDOZA, P. 1980.

4.1.6 Labores Culturales. El establecimiento del cultivo de alfalfa es difícil y costoso principalmente por competencias por las malezas, siendo necesario su control en las fases iniciales, ya que las plantas de las leguminosas tienen un lento crecimiento. Después de los cortes el crecimiento es vigoroso y compite con las malezas. Se aconseja el uso de herbicidas pre-emergentes antes de la germinación de las semillas aplicando 7 litros de nitrofen más 3 kg. de difenamida / ha. ó 7 litros de nitrofen más 6 Kg. de DCPA/ ha. en 200 – 400 litros de agua / ha¹².

4.1.7 Producción y Corte. “Más del 50% de la producción del forraje depende del buen manejo. Los cortes deben realizarse cuando los rebrotes de la corona han alcanzado unos 5 cm., si se corta con más frecuencia, se baja la producción y si por el contrario se corta cuando los retoños están más altos, las plantas se lignifican y ocurren pérdidas de forraje debido a la defoliación natural”¹³.

Según Delgado¹⁴, en buenas condiciones, el primer corte puede realizarse a los tres meses de la siembra. Las plantas deben cortarse de 7-10 cm. del nivel del suelo; posteriormente se puede continuar con cortes mensuales. Mediante buen manejo, la alfalfa es capaz de producir hasta 100 toneladas por hectárea por año de forraje verde, lo que equivale aproximadamente a 20 Toneladas de forraje seco.

Según Hughes, Heath y Metcalff¹⁵, el número de cortes es de 6 a 8 por año. Sin embargo, el corte puede variar con el clima; en regiones frías aun con buena distribución de lluvias, se tiene hasta 4 cortes.

¹² SOLARTE, Lucy. Evaluación del Cultivo de Alfalfa (Medicago Sativa): Pasto, 1986. p.79. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal.

¹³ QUIROZ, Eduardo. Curso de Suelos, Pastos y Ganadería para el Valle del Cauca. Palmira: ICA, 1968. p. 117.

¹⁴ DELGADO. Op. cit., p.26.

¹⁵ HUGHES, HEATH Y METCALFF. Op. cit., p. 92.

“el vigor y la persistencia del alfalfa depende del manejo que se le de, en el sentido de permitir una buena acumulación de reservas alimenticias en las raíces; influye en el almacenamiento de carbohidratos al estado de almidón, que ha sido manufacturados en las hojas y acumulados en las raíces”¹⁶.

Hughes, Heath, y Metcalff¹⁷, anotan que el momento óptimo para cortar la alfalfa es aquel en que se obtienen los máximos rendimientos en valores nutritivos y totales por hectáreas, sin perjudicar la productividad y longevidad de la misma. Al cortar antes de la floración se obtiene más proteína y menos fibra, pero el rendimiento es menor y las plantas se debilitan. Es conveniente cuando se ha producido una décima parte de la floración; sin embargo, los nuevos rebrotes de la corona imponen el mejor momento para el corte, en caso que la floración se retrase o su proporción sea reducida.

“la longitud del día en Colombia es de corta duración por lo cual el periodo de floración es irregular y no forma inflorescencias, especialmente en estación lluviosa. Por lo tanto, el estado de floración no se acepta como verdadera indicación de corte; la guía mas conveniente es aquella en la cual los nuevos tallos o rebrotes tienen una altura de cinco cm.”¹⁸.

Pueden obtenerse de 500-2500 kg./ha de heno por corte, para una producción anual de 3000-15000 kg./ha de heno. En forraje verde puede obtenerse entre 2500-15000 y 75000 kg./ha.

Con fertilización y buenas condiciones se han logrado 25000 kg./ha de heno en un año, que equivalen aproximadamente a 125000 kg./ha de forraje verde¹⁹.

4.1.8 Valor Nutritivo. Una vez seca contiene 15 – 20% de proteína; 2,6% de grasa; 30 – 50% de extracto no nitrogenado (E.N.N), 20 – 50% de celulosa (fibra); y 8 – 12% de cenizas compuestas por varios minerales (Calcio, fósforo, magnesio y cloro etc.).

El contenido de proteína varía de acuerdo al estado de madurez de la planta. Mientras que avanza en madurez, los contenidos de materia seca y fibras crudas aumentan; en cambio, el contenido de proteína cruda, expresada en porcentaje de materia seca disminuye. Esos cambios son los resultados de deposición de celulosa y

¹⁶ JORDAN, Op.cit., p.273.

¹⁷ HUGHES, HEATH Y METCALFF, Op. cit., p.94.

¹⁸ CROWDER, L.V. La Alfalfa en los Trópicos. Agricultura Tropical. Colombia: Salvat. 1965. p.367.

¹⁹ OSORIO Y ROLDAN, Op. Cit., p.217.

hemicelulosa en las paredes celulares y tiene el efecto no solo de disminuir el porcentaje de proteína si no también reducir su digestibilidad.

La relación hojas – tallo tiene efecto en el contenido de proteína bruta y fibra cruda; una alfalfa con muchos tallos tiene menos proteína cruda digestible y más fibra cruda. También es conocido que en una alfalfa verde inmadura, el contenido total de nutrientes digestibles es mayor, mientras que después de la floración disminuye. Este forraje no es sobresaliente en el contenido de energía.

Otro importante componente del forraje de alfalfa es el caroteno que da origen a la vitamina A, la cual estimula el engorde de los animales. Además contiene muchas otras vitaminas (B1, B2, C, D, E) y uno o más factores de crecimiento no identificados. Sin embargo, la composición química de la alfalfa depende de la fase de desarrollo de la planta en el momento del corte; las plantas jóvenes contienen más proteínas y menos celulosa²⁰.

Al respecto Barret y Larkin²¹, afirman que el porcentaje de proteína, la digestibilidad y el contenido de minerales y vitaminas decrecen a medida que los cultivos se encuentran en estado vegetativo más avanzado. Se recomienda cortar la alfalfa cuando la décima parte esté en floración o al brotar nuevos retoños en la base de la planta, obteniéndose en este momento mayor producción de heno rico en hojas, más palatable y con menor cantidad de fibra.

²⁰ BERNAL, Eusse. Pastos y Forrajes Tropicales. Tercera Edición. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1994. p. 320.

²¹ BARRET, M y LARKIN, P. Producción Lechera y de Carne de Res en los Trópicos. México: Diana, 1979. p.65.

Cuadro 4. Efecto de la frecuencia de corte en la producción de forraje seco de alfalfa en toneladas/ha/corte.

| | Primer corte | Promedio en 9 meses | Promedio de 9-78 meses | Ultimo corte | Total 18 meses |
|---|--------------|---------------------|------------------------|--------------|----------------|
| Semanas | 1.01 | 0.69 | 0.62 | 0.60 | 11.95 |
| 7 semanas | 2.24 | 1.93 | 1.67 | 2.15 | 20.96 |
| 9 semanas | 3.05 | 2.55 | 1.95 | 2.05 | 19.51 |
| 11 semanas | 4.21 | 3.74 | 2.21 | 1.92 | 21.51 |
| 13 semanas | 4.52 | 3.68 | 3.28 | 3.82 | 17.76 |
| Cuando los retoños tenían 5cm de altura | 2.53 | 2.68 | 2.81 | 1.78 | 24.47 |

Fuente: ICA. "Programa Pastos y Forrajes, 2003".

4.1.9 Necesidades de agua. En la alfalfa las necesidades de agua del cultivo están entre 800 y 1600 mm por periodo vegetativo dependiendo del clima.

Para estimular el desarrollo de las raíces la plantación debe regarse con frecuencia cuando es joven porque la sequía afecta negativamente el desarrollo de las raíces.

La alfalfa tiene un sistema radical profundo que se extiende hasta tres metros en suelos profundos, la máxima profundidad de las raíces se alcanza después del primer año; el cultivo puede extraer agua desde una gran profundidad del suelo habiéndose demostrado que produce poco efecto el riego con capas freáticas situadas a dos metros o menos de la superficie; el cien por ciento del agua se extrae de la primera capa del suelo situada a uno ó dos metros de profundidad cuando el cultivo esta plenamente desarrollado²².

La alfalfa no debe regarse hasta que tenga una altura de 8,0 a 10,0 cm., ni después de efectuar un corte por que se producen pérdidas de plantas por pudrición. Después de cada riego el suelo debe removerse, lo cual facilita las salidas de nuevos brotes y hay un control natural de malezas.

La siembra de la alfalfa en la estación seca es la más segura cuando se dispone de agua abundante. Los primeros riegos deben ser suficientes pero de poca duración. Después del primer mes el cultivo permite gran distanciamiento en los riegos, pero debe aumentarse en la intensidad de los mismos²³.

²² SHEPERDS, B. et. al. Ensiling and pasture crops year book agric. EUA: Departamento de Agricultura, 1984. p.190.

²³ SOLARTE, Op. cit., p. 28.

4.2 FERTILIZACIÓN

“el fertilizante es una sustancia que contiene uno o más de los elementos químicos necesarios para la nutrición de los vegetales en formas tales que puedan ser absorbidos por las plantas y que favorezcan el desarrollo de las mismas”²⁴.

“en general la fertilización técnica de las praderas se inició justamente con la introducción de especies forrajeras altamente productivas y con la adopción de sistemas de manejo que permiten aprovechar eficientemente la mayor producción de forraje”²⁵.

“la fertilización para el establecimiento debe tener como objetivo generar en el suelo óptimas condiciones de fertilidad, con el fin de que el desarrollo inicial de la pradera sea abundante y vigorosa; gran parte de la vida útil de una pradera depende de un abonamiento adecuado durante su establecimiento”²⁶.

Bernal²⁷, afirma que la mayor cantidad de forraje producido lleva necesariamente a una mayor extracción o demanda de otros nutrimentos especialmente fósforo, potasio, azufre magnesio calcio, y micro elementos en consecuencia si el suelo no dispone de suficientes cantidades de estos elementos y no son añadidos en la fertilización se perderá una parte del efecto del nitrógeno aplicado además disminuirá acentuadamente el valor nutritivo del forraje.

Collazos²⁸, dice que la fertilización de los cultivos es una práctica muy necesaria en Colombia para obtener los rendimientos máximos en cosecha. Esto se debe fundamentalmente a que los suelos del país son por lo general deficientes en uno o más nutrimentos esenciales para el crecimiento normal de las plantas.

El mismo autor sostiene que el uso de fertilizantes sin embargo requieren de una buena orientación técnica por parte de los agricultores y ganaderos por tal razón se debe tener en cuenta aspectos relacionados con el análisis de suelo como instrumento de diagnóstico de

²⁴ WILLARD, Garman. Manual de Fertilizantes. México: Limusa. 1982. p.17.

²⁵ CUASTUMAL y CUASTUMAL., Op. cit., p.18.

²⁶ Ibid, p. 23.

²⁷ BERNAL, Op. cit., p.235.

²⁸ COLLAZOS, Oscar. Abonos y Fertilizantes. Bogotá: Planeta, 1992. p. 150.

su fertilidad estableciendo así bases mínimas sobre la fertilización de cultivos de mucha importancia en la economía agropecuaria del país.

4.2.1 Fertilización química. Collazos²⁹, dice que los fertilizantes inorgánicos o minerales contiene uno o más nutrientes para las plantas, los fertilizantes inorgánicos pueden clasificarse en simples o primarios y compuestos o complejos. Además se presentan en forma de gránulos de uno a cuatro milímetros de diámetros tiene cualquier color lo cual depende de los nutrimentos que contenga y de su fabricación.

- **Fertilizantes químicos altamente solubles.** Las ventajas de los abonos en solución y suspensión es que permiten hacer la aplicación en excepcionales condiciones de comodidad confort y rapidez, la eficacia de los abonos altamente solubles es idéntica a la de los abonos sólidos cuando unos y otros son utilizados en las condiciones más adecuadas para ellos.

Por otra parte reducen el esfuerzo físico, limpieza de la operación, rapidez en el trabajo, uniformidad de la distribución, ahorro de sacos, posibilidad de realizar tratamientos mixtos, fitosanitarios y herbicidas con las reservas que pueda haber en cada caso, facilidad para añadir diferentes micro elementos, extensa gama de posibles utilidades en cobertura sobre el suelo desnudo, cubierto, ligeramente enterrado ó en localización profunda³⁰.

4.2.2 Fertilización orgánica. Un abono orgánico es un recurso orgánico capaz de proporcionar cantidades notables de nutrientes esenciales principalmente nitrógeno, fósforo y potasio al suelo o a las plantas existe un valor crítico para definir si un material es o no abono orgánico. Ese valor es del 4% en base seca; para la sumatoria de nitrógeno, fósforo y potasio otro parámetro es el porcentaje mínimo de materia orgánica que en Europa ese valor se establece en un 20%.

Una fortaleza de los abonos orgánicos es que además de materia orgánica y N.P.K tienen todos los otros elementos esenciales, en niveles apropiados o no y también elementos considerados no esenciales que actúan a favor y a veces en contra de un metabolismo normal³¹.

- Los abonos orgánicos tienen un perfil de acción bastante diferente al de los abonos químicos. Un primer aspecto es el de la lenta liberación de los nutrientes

²⁹ Ibid., p. 152

³⁰ Ibid., p. 155.

³¹ GOMEZ, Jairo. Abonos Orgánicos. Santiago de Cali. Feriva, 2000. p.107.

almacenados, los cuales a excepción del potasio pasan a la solución del suelo a medida que el proceso de descomposición del abono avanza con el tiempo.

En un abono orgánico los nutrientes se encuentran en varias fracciones: la más importante que es reserva del futuro es el material orgánico sin unificar luego están las formas húmicas (humina, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos) los carbonatos bicarbonatos y otras formas solubles en ácidos, el complejo de cambio y las formas hidrosolubles y ácidos solubles.

Una debilidad de los abonos orgánicos, es su bajo perfil para competir con los solubles en altas producciones que corresponden con tecnologías muy avanzadas pero muy costosas, por lo menos en lo que tiene que ver con los abonos orgánicos clásicos: estiércol y compost.

Su gran fortaleza además de ser completa y de lenta liberación se fundamenta en el conjunto orgánico que trae materia orgánica disponible para la descomposición que es fuente de nutrientes y energía para la vida del suelo.

Como consecuencia de la actividad microbiológica se origina la bioestructura (estructura temporal).

Las sustancias pre- húmicos y “like” húmicos que se van formando y tienen acciones definidas:

- Las ácidos fúlvicos intervienen en la evaluación de la fracción mineral y tienen acción directa sobre las raíces.
 - Los ácidos húmicos favorecen la estructuración de largo plazo del suelo.
 - Hay moléculas orgánicas de acción fitohormonal.
 - Se mejora la permeabilidad de membranas de los vegetales.
 - El conjunto de las sustancias húmicas tiene un efecto rizogénico: favorece la enlogación de raíces.
 - Tiene efecto de enmienda: regula algunas propiedades como PH y detoxifican de aluminio, metales pesados y otros³².
- **Abonos orgánicos líquidos derivados.** Los fermentados consisten en soluciones de agua con bovinaza fresca y elementos nutritivos mayores y/o menores, reforzados

³² Ibid., p.110.

unas veces con melaza y otras con levadura que se dejan en proceso anaeróbico por varios días para su posterior uso. Debe interpretarse adecuadamente la relación suelo – planta- clima, para formular en forma idónea los minerales acompañantes.

- Un Purin: Es un fermentado de un estiércol generalmente boñiga fresca, con un macerado del algún vegetal especial (ejemplo ortiga, cola de caballo, etc.).

De los fermentados y purines se esperan efectos bioestimulantes y supresores de problemas sanitarios, lo cual está más allá de los efectos que puedan ofrecer los nutrientes, por ellos aportados³³.

4.2.3 Fertilización en leguminosas. Para García³⁴, la determinación de las dosis se presenta en forma compleja, unos abonos se difunden en el suelo con el agua (nitratos, urea, cianamida), otros son retenidos por el complejo arcilloso húmico, lo que da un carácter variable a la concentración de los mismos, que no depende únicamente de la cantidad de fertilizante añadida, sino de la humedad de la tierra, de la permeabilidad del suelo y del espesor de penetración del abono. Pero además no hay un valor óptimo para cada especie vegetal, porque el exceso es un concepto relativo, un ejemplo claro es el nitrógeno el cual está en función del fósforo y potasio absorbidos por la planta, cuyo incremento permite mayor asimilación de nitrógeno y depende también de las cualidades especiales de cada variedad.

Un suelo fértil o bien fertilizado aporta los nutrientes que necesita una cosecha en proporciones y cantidades correctas para el mejor crecimiento y rendimiento. En estas condiciones el aporte se llamará “equilibrado” una cantidad insuficiente o excesiva de cualquier elemento puede reducir los rendimientos o disminuir el beneficio del fertilizante. Naturalmente una parte de los fertilizantes aplicados puede quedar almacenada algún tiempo en la capa superior del suelo y ser consumida en sucesivas cosechas. Además de los bajos rendimientos un equilibrio nutritivo inadecuado puede causar pensión a enfermedades y madurez tardía del cultivo³⁵.

Mila³⁶, manifiesta que en Colombia se ha intentado hacer una zonificación de la fertilidad de los suelos ganaderos para hacer las recomendaciones de fertilización. Es así como los suelos con problemas moderados de acidez, con contenidos medios de bases cambiables y fósforo; son considerados suelos de fertilidad media y es aquí en donde se encuentran los suelos nariñenses.

³³ Ibid., p. 130.

³⁴GARCÍA, José. Edafología y Fertilización Agrícola. Barcelona: Aedos. 1982. p.75.

³⁵ VILLEGAS, Enriqueta. Manual de Fertilizantes. Bogotá: Números.1987.p.63.

³⁶MILA, Alberto. Suelos, Pastos y Forrajes. Bogotá: Unisur, 2001.p.66-67.

En dichas áreas de mediana fertilidad se acostumbra a emplear calfos en dosis de 200 kg./ha. En zonas de alta fertilidad muchas veces el establecimiento de especies forrajeras se logra sin aplicación inicial de fertilizante. En resumen las especies forrajeras de clima frío son más exigentes en fertilización tanto en establecimiento como en mantenimiento. Las recomendaciones apuntan a la dosificación de 500-1000kg/ha de calfos y adición de abonos comerciales de diferentes grados (10-30-10; 13-26-6; 14-14-14; 10-20-20) en dosis de 300 kg./ha, las aplicaciones de nitrógeno en fase de mantenimiento pueden ser del orden de 150-200 kg./ha de urea, en áreas de páramo por la acidez del suelo se deben incorporar 2-4 toneladas de cal agrícola y abonos compuestos en cantidades de 300 kg./ha.

Las leguminosas son muy ávidas por el fósforo y magnesio pero mas aún por el potasio y el calcio. 120-150 kg./ha de P_2O_5 y 300-400 kg./ha de K_2O representan las necesidades de dos años de explotación.

Si el ph es bajo deben enterrarse 500-700 unidades de CaO deben vigilarse las posibles carencias de Boro (15 Kg./ha de bórax y molibdeno, la alfalfa también demanda gran cantidad de azufre lo que aconseja alternar aplicaciones de superfosfatos)³⁷.

- **Fertilización de alfalfa.** Cuando la semilla no se inocula con la bacteria rhizobium meliloti es necesario abonar con nitrógeno en forma frecuente. Las necesidades de fertilizantes varían con el nivel de producción, siendo de 55 a 65 kg./ha de P y de 75 a 100 kg./ha de potasio. La alfalfa es capaz de fijar nitrógeno atmosférico para atender a sus necesidades y obtener grandes rendimientos. Sin embargo, una ayuda de arranque de unos 40 kg. de nitrógeno por hectárea resulta beneficiosa para un buen crecimiento inicial. Un elemento indispensable para el desarrollo de la alfalfa es el Boro, el cual debe suministrarse aplicando al momento de la siembra en cantidad de 30 kg. /ha. Además de la fertilización anual con N. P. K. Deben suministrarse elementos menores como zinc, boro y molibdeno. El azufre, boro y cobre, son importantes para que la planta pueda elaborar y formar su materia orgánica.

La alfalfa por pertenecer a la familia de las leguminosas, hace un consumo notable de calcio y magnesio, por lo que el suelo puede contenerlos en proporciones suficientes para el requerimiento de las plantas. Si el terreno es ácido, es importante adicionar cal, uno o dos meses antes de la siembra, en cantidad de 1 a 3 toneladas por hectárea³⁸.

“para el mantenimiento del cultivo, es importante adicionar 100 kg. de fósforo y 50 kg. de potasio o en su defecto 500 kg. de calfos”³⁹.

³⁷ GROS, André. Abonos Guía Práctica de la Fertilización. Madrid: Mundi prensa.1981.p.432.

³⁸ALARCÓN y HERRERA, Op. cit., p.77.

³⁹ SILVA, Op. cit., p. 12.

4.3 RIEGO

Hardy⁴⁰, sostiene que cuando el contenido de humedad de un suelo está en su punto de saturación, las plantas no pueden desarrollar naturalmente su sistema radical, debido a la falta de aire u oxígeno requeridos para la respiración y actividad de las raíces. Cuando aproximadamente el diez por ciento de los poros está ocupado por aire, las raíces pueden crecer libremente. Conforme la humedad baja al límite del espacio poroso no capilar y aumenta el aire, las raíces pueden crecer aún más rápidamente.

En la práctica, las plantas no pueden absorber y utilizar el agua disponible, a menos que el suelo esté convenientemente aireado de modo que las raíces puedan realizar sus funciones en forma adecuada.

Para Hardy⁴¹, un sistema eficiente de riego deberá mantener la velocidad de evapotranspiración de un cultivo lo más cerca posible a la intensidad potencial; de otro modo se detiene el crecimiento de la planta.

El riego suplementario aplicado en la cantidad correcta, en forma acertada y en su debida oportunidad produce con frecuencia aumentos en el rendimiento, que son mucho mayores a los producidos por la aplicación de abonos y fertilizantes; además es mucho mas económico.

Al respecto Pearson y Hughes⁴², afirman que el agua de riego solo sirve para corregir las deficiencias de agua de lluvia, la hierba no responde de la misma forma que lo hace con un fertilizante por lo que no sirve el dicho que mientras mas se use se obtiene mejores resultados. El riego es beneficioso en cuanto garantiza que el suelo mantiene el máximo de humedad que pueda retener sin que se pierda por drenaje, esta cantidad de agua retenida constituye la conocida capacidad de campo o capacidad de retención de de agua.

Se ha encontrado que el riego alrededor de este nivel, proporciona un aumento sobre el rendimiento del treinta por ciento.

⁴⁰HARDY, Frederick. Edafología Tropical. México: Herrero hermanos, 1970.p.225.

⁴¹ Ibid., p.226.

⁴² PEARSON, HUGHES Y OTROS. Explotación de Pastos. Zaragoza: Acriba, 1979.p.132.

4.3.1 Intervalo entre riegos. Al respecto Medina⁴³, menciona que el espaciamiento de los riegos es un factor que depende fundamentalmente del cultivo, suelo y clima. No existe un intervalo fijo óptimo y dado que el objetivo del riego es satisfacer las necesidades del cultivo, habrá de mantener la humedad del suelo en un punto tal que permita una alta transpiración ala planta, esto significa que habrá que variar el intervalo según la época del año.

4.3.2 Tiempo de riego. Por su parte Medina⁴⁴, comenta que el tiempo de riego dependerá de las necesidades del cultivo, del caudal y la dosis de riego a aplicar, el sistema de riego debe aprovecharse al máximo para obtener los mejores beneficios.

4.3.3 Riego por exudación

- **Generalidades.** Es un sistema de última generación creado en Europa para mejorar las limitaciones de otros sistemas de riego tecnificado que existen en la actualidad.

Para este sistema se utiliza el tubo geotextil exudante que libera agua por capilaridad en función de la presión utilizada, produciendo una línea de humedad en todo su recorrido formando una franja de humedad continua en el terreno que resume por toda su longitud⁴⁵.

“el Tubo Exudante, no tiene ninguna separación entre gota y gota en toda su longitud y perímetro del Tubo Geotextil de poliéster, el cual está impregnado por una resina porosa”⁴⁶.

“el tubo poroso no produce flujo turbulento y no ocasiona problemas de erosión; en pendientes mayores del 3% se instala de acuerdo a curvas de nivel y que puede ir en la superficie, cubierto o enterrado de tal manera que el agua y el fertilizante llegue directamente a la raíz de la planta”⁴⁷.

Esta tecnología de riego permite el paso de agua en pequeñas cantidades en la medida que la planta la vaya necesitando. Uno de los principales atributos es la utilización del

⁴³ MEDINA, José. Riego por Goteo, Teoría y Práctica. Madrid: Mundiprensa. 2000. p.156.

⁴⁴ Ibid., p.156.

⁴⁵ OJEDA, Luis. Evaluación del Riego por Exudación en el Cultivo de Lechuga. (Lactuca sativa). Bajo cubierta mediante el uso de tensiómetros. Pasto, 1995, 95.p. Trabajo de grado. (Ingeniero Agrónomo) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

⁴⁶ Ibid., p.15.

⁴⁷ Ibid., p.15.

suelo como reserva de agua, intentando mantenerlo entre límites adecuados para que la planta no tenga estrés entre un riego y otro. Al emisor textil no le afectan las aguas calcáreas y ferruginosas, requiere de una instalación y de manutención de muy bajo costo. La presión ideal del trabajo es entre 0.2 a 1 atmósfera (costo de equipamiento más económica) Por su alta eficiencia, manejo y rentabilidad cuenta con una creciente aceptación en países como Francia, Israel, Brasil, España e Italia, entre otras⁴⁸.

“exudación pertenece o está incluido dentro de los riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) ya que por funcionar a bajas presiones 2 a 3.5 m.c.a., logran bajos caudales, dejando largas emisiones de riego o cortas pero más frecuentes”⁴⁹.

Ojeda⁵⁰, plantea que en el riego por exudación el caudal exudado por el tubo geotextil depende de la presión de riego y de la succión del suelo, que a su vez depende de su estructura, la textura (proporción de arena, limo y arcilla), y que al enterrarlo a 5cm. trabajando a baja presión (3 a 1.5 PSI) realiza un mojado a su alrededor en todos los sentidos, lográndose controlar el caudal establecido por el aumento en la saturación del suelo alrededor del tubo.

“el tubo poroso está asignado para promover el crecimiento de raíces y eliminar los ciclos de poca o demasiada agua. Este se puede colocar debajo de la tierra, dispersándose el agua uniformemente en la zona de la raíces suministrando humedad alas áreas más críticas”⁵¹.

“Cuando el tubo poroso se dispone cubierto en superficie o enterrado, se necesita menor cantidad de agua para obtener un mismo rendimiento de los cultivos respecto a los otros sistemas de riego localizado, ya que se disminuyen notablemente las pérdidas por evaporación, y por lo tanto, hay un uso más eficiente del agua aplicada con el riego”⁵².

“al enterrar el tubo poroso, la evaporación de agua del suelo es insignificante o prácticamente nula. El movimiento ascendente del agua es lento, y la capa seca que se forma en la superficie actúa como una barrera efectiva para la transmisión de calor y la salida de vapor de agua”⁵³.

⁴⁸ ÑUÑO A, A. Riego Exudante. En: Tierra adentro. Vol. 32. No. 2 (Mayo a Junio de 2000); p.17.

⁴⁹ Ibid., p. 18.

⁵⁰ Ibid., p. 28.

⁵¹ MANUAL INFORMATIVO del tubo geotextil exudante. Barcelona, 2001. p. 16.

⁵² Ibid., p. 22.

⁵³ Nueva tecnología del riego localizado. _Fao/Chile. 12 Junio 2002.<<http://www.ruralnet.com.br/poritex/nova.htm>

El tubo exudante libera mayor caudal cuando el suelo se encuentra seco, pero disminuye progresivamente cuando aumenta paulatinamente el porcentaje de saturación del suelo hasta obtener caudales muy bajos, hasta de 0.013 litros/hora/metro lineal de cinta exudante.

Con el riego exudante se obtiene una elevada uniformidad de emisión del agua de riego para diferentes presiones de trabajo, y que esto da lugar a una distribución uniforme de la cantidad de agua aplicada para satisfacer las necesidades de los cultivos, que se traduce en un uso eficiente del agua de riego por parte de los cultivos y en un mayor rendimiento de estos.

Con la utilización del sistema de riego por exudación se logra aumentar los rendimientos de los cultivos como frijol, maíz, maní, sandía etc., como también intensificar cultivos mas rentables para el agricultor como es el tomate, pimentón cebolla de bulbo, melón, zapallo habichuela estropajo, etc.⁵⁴.

También hace referencia de los aspectos mas importantes en la solución de los problemas como son: Facilidad en su manejo y funcionamiento para el pequeño agricultor, sencillo mantenimiento, fácil recogida y extendida (peso por metro 20 gr.) sin ningún problema para realizar labores, funciona con bajas presiones no necesitando energía eléctrica ni motobombas, ahorro de agua entre un 60 y 70% por ser altamente localizado, eficiencia en la fertilización, se puede enterrar, se lo puede dejar sin ningún problema regando en la noche evitando los desvelos para cumplir con los turnos de riego en los traslapes utilizando riego por aspersion, etc.⁵⁵.

En la ciudad de Navarra (España), en 1988 se realizó un ensayo donde se sembró espárrago utilizando tres tipos de riego: por inundación, micro aspersion y exudación. La cinta fue colocada inmediatamente después de cada hilera de la plantación encima de la tierra recién aporcada, con lo que se consiguió un riego totalmente localizado; los resultados obtenidos muestran eficiencia en dicho riego, con un buen desarrollo vegetativo, abundantes brotes nuevos, no existiendo problemas de retirada de la cinta al realizar alguna labor como sucede con los otros sistemas de riego. Los mayores resultados en kilogramos por hectárea. y gramos por planta se lograron utilizando cinta exudante⁵⁶.

⁵⁴ OJEDA. Op.cit., p.27 – 28

⁵⁵ OJEDA, Luis. Implantación de un Sistema de Riego por Medio del Tubo Geotextil Exudante CT a los usuarios del Distrito de Riego: Dalmasia, las Vegas, Municipio de San Lorenzo, Departamento de Nariño. Pasto, 1997. 130 p. Trabajo de Grado. (Administrador agropecuario). Centro Universitario las Tunas – Cuba. p. 42.

⁵⁶ ROMERO, J. El Espárrago, España, Navarra: Instituto Técnico y Gestión del Cereal. (II GA), 1998. p. 136.

Para Ojeda,⁵⁷ el sistema de riego por exudación, el cual se caracteriza por su ahorro de agua y la sencillez en su manejo es necesario realizar el estudio de la necesidad económica del agua para riego, el cual sirve para determinar: máximo aumento en la producción de la cosecha por área, máximo aumento en la productividad por requerimiento unitario de agua, máximo aumento de ingresos en la familia agrícola.

4.3.4 Fertirrigación. Es la incorporación de los nutrientes necesarios para la planta por medio del agua de riego y tiene gran importancia en parcelas con riego localizado. Cuando se disuelve elementos químicos en el agua se debe tener en cuenta la clase y concentración máxima de fertilizante empleado.

El método de “Fertirriego” combina la aplicación de agua de riego con los fertilizantes. Esta práctica incrementa notablemente la eficiencia de la aplicación de los nutrientes, obteniéndose mayores rendimientos y mejor calidad, con una mínima polución del medio ambiente. Los modernos sistemas de riego localizado ofrecen grandes posibilidades de utilización conjunta al poder aplicar los fertilizantes al agua de riego desde el cabezal, mediante los sistemas de inyección de fertilizantes.

El fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. Para programar correctamente el fertirriego se deben conocer la demanda de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo.

Las recomendaciones del régimen de fertirriego para los diferentes cultivos están basadas en la etapa fisiológica, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al ph, la relación NO₃/NH₄, la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales; dando como resultado altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos⁵⁸.

“la práctica de fertirrigación ofrece algunas ventajas como son: ahorro en labores y costos mayor precisión en la aplicación, pues el fertilizante se concentra directamente en las raíces siendo menos el desperdicio de este. Se recomienda que el fertilizante sea completamente soluble en agua, en forma contraria estaría tapando los conductos o tuberías del sistema”⁵⁹.

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, espesores, exudación), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo riego por goteo sólo el 20% es

⁵⁷ Ibid., p.25.

⁵⁸ IMAS, Patricia. Manejo de Nutrientes por Fertirriego en Sistema Frutícolas. Argentina: Tucumán. 1999. p. 215 – 217.

⁵⁹ MARULANDA, E. Riego por Goteo. Palmira: Universidad Nacional del Colombia, 1998. p. 194.

humedecido por los goteros, y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego.

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego. Un pre-requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua⁶⁰.

En regadío, el nivel de abonado debe ser notablemente más alto que en secano, ya que el agua al no ser un factor limitante permitirá mayores producciones, pero ello dará lugar a extracciones de elementos nutritivos (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) más importantes, así como las pérdidas por lavado, especialmente de nitrógeno.

El riego acelera la mineralización de las reservas orgánicas del suelo y se puede notar un notable aumento de los rendimientos, incluso sin abonar. Pero esto durante un corto periodo, ya que rápidamente disminuye si no se reponen las reservas del suelo que se han movilizadas.

Hay muchas razones que apoyan la mayor eficiencia de la utilización de la utilización de abonos al aplicarlos mediante el riego:

- Riego altamente localizado que deposita los nutrientes en el lugar donde la planta puede absorberlos.
- Existe una mayor facilidad para controlar la aplicación de los fertilizantes pudiendo ajustarse a las distintas fases de desarrollo de las plantas
- Distribución de nutrientes de manera uniforme.

Cuando se utiliza conjuntamente el agua y el nitrógeno, aumenta en gran medida la producción de forraje. El riego hace que la efectividad del nitrógeno sea mayor por dos razones: por una parte, lava el exceso superficial inmediato a su aplicación y por otra, se elimina la respuesta tardía durante la época de sequía; esto significa que hay que aumentar la dosis de nitrógeno.

Hay que tener presente que por cada unidad que se incremente la producción, el nitrógeno resulta más barato que el agua; de forma que el costo del extra de forraje

⁶⁰ IMAS, Op. cit., p. 220 – 224.

que se produce mediante el riego, es menor conforme se utiliza la cantidad máxima económica de nitrógeno. Por tanto, es una táctica buena el aplicar grandes cantidades de nitrógeno en los pastizales irrigados.

Aunque aún no se ha determinado el tope máximo de aplicación de nitrógeno, desde el punto de vista económico, se sabe que excede los 250 kg./ha/año⁶¹.

⁶¹ HARDY, Op. cit., p.230.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

El presente proyecto se llevó a cabo en la finca San Bernardo de Miraflores, vereda Cruz de Amarillo, corregimiento de Catambuco, ubicada a 13 kilómetros del municipio de Pasto, posee una altitud de 2880 m.s.n.m con una temperatura media de 12°C, una precipitación anual de 1059mm y una humedad relativa de 75%⁶².

5.2 ÁREA EXPERIMENTAL

Para la investigación se preparó un lote de 106 metros cuadrados del cual se tomó una muestra de suelo para su análisis físico y químico.

Se hicieron nueve (9) parcelas, donde se dejó una distancia de 80cm entre ellas; a lo largo de la parcela se trazó 6 surcos de alfalfa, separados entre sí por 40 cm. y entre ellos se instaló el tubo geotextil exudante, o sea a 20 cm. de cada surco. (Anexo D).

5.3 EQUIPOS

- Bomba calorimétrica de oxígeno parr 1341
- Bomba de oxígeno parr 1108
- Cápsula para combustión
- Estufa
- Desecador
- Digestor Kjeldahl

⁶² Instituto de Estudios Medioambientales y Meteorológicos (IDEAM) Pasto, Colombia, 2004.

- Equipo de riego con las siguientes partes:
 - 1 Llave de paso (Para toma de agua)
 - 1 Tanque de 250 litros para almacenamiento de agua
 - 2 Canecas de 20 litros donde se mezclan y disuelven los fertilizantes cada uno respectivamente
- 3 manómetros
- Accesorios: Codos, niples, tees, reducciones, uniones, conectores, sillines, etc.
- Tubería de abastecimiento por la cual se conduce el agua desde el cabezal de control hasta los sectores de riego.
- Líneas de riego: Las que proporcionan agua al cultivo por medio del tubo geotextil

5.4 INSUMOS

Los insumos empleados para el experimento fueron:

clorpirifos en dosis de $0.125 \text{ g}/25\text{m}^2$ (50 kg./ha/año), abono químico comercial grado 10-30-10 con una dosis de $900 \text{ g}/25\text{m}^2$ (733kg/ha/año), fertilizante sólido altamente soluble grado 16-30-10, en dosis de $900 \text{ g}/25\text{m}^2/180$ días (733kg/ha/año), fertilizante orgánico líquido con una composición 19.5 – 3.9 – 20 g/lit., herbicida metribuzina en dosis de 20cc por bomba de 20 litros, fungicida benomil en dosis de 10g por bomba de 20 litros y boro con dosis de 20 gr. por bomba de 20 litros (Anexo B y Anexo C).

5.5 MATERIALES

- Baldes
- Bomba de espalda
- Hoz
- Cuchillos
- Bolsas plásticas

- Guantes
- Balanza
- Palas
- Machete
- Estacas
- Fibra
- Clavos

5.6 MÉTODOS

5.6.1 Preparación del suelo. Se realizó una limpieza general del área experimental y luego se efectuó la preparación del suelo con azadón, trazado y levantamiento de eras.

5.6.2 Siembra y control fitosanitario. En primer lugar se hizo un control general de chisas, con la incorporación de clorpirifos. La siembra se hizo a chorrillo con la variedad alfa genes 10-10 y se efectuó a los ocho días de aplicar el insecticida, a una profundidad de 2cm formando surcos de 2.8m de largo y con una distancia entre ellos de 40cm; la densidad de siembra fue de 15 kg. por hectárea. A los 30 y 60 días posteriores a la siembra se hizo dos deshierbes manuales; y después de cada corte se hizo un control fitosanitario con la aplicación de benlate; a los 50 días después de la siembra y luego a los 20 días después de cada corte para el control de peca común (*Pseudopeziza medicaginis*).

5.6.3 Fertilización. Esta operación se calculó de acuerdo al análisis de suelos (cuadro5), a los requerimientos del cultivo y a la producción esperada. Fue así como la fertilización convencional se efectuó en una sola dosis al voleo al momento de la siembra. A los tratamientos 1 y 2 esta operación se hizo por medio del fertirriego que consistió en fraccionar la cantidad total en aplicaciones parciales cada 8 días durante todo el periodo de ensayo.

Cuadro 5. Resultados del análisis de muestras de suelo.

| CONCEPTO | VALOR |
|------------------------------|--------------|
| Ph | 6.2 |
| Materia orgánica % | 14.3 |
| Densidad aparente g/cc. | 0.7 |
| Fósforo ppm. | 17.3 |
| CICG meq/100g. | 42 |
| Calcio de cambio meq/100g. | 9.2 |
| Magnesio de cambio meq/100g. | 2.7 |
| Potasio de cambio meq/100g. | 1.21 |
| Aluminio de cambio meq/100g. | * |
| Hierro ppm. | 136 |
| Manganeso ppm. | 6.8 |
| Cobre ppm. | 1.72 |
| Zinc ppm. | 8.0 |
| Boro ppm. | 0.4 |
| Textura grado textural | Ar -A |
| Nitrógeno Total % | 0.13 |
| Carbono orgánico % | 8.28 |

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad de Nariño, 2004.

5.6.4 Cosecha. El primer corte se realizó a los 90 días de la siembra, para esta labor se tomó un área útil de 3.5 metros cuadrados eliminando plantas de la periferia para evitar el efecto de borde; un indicativo a tener en cuenta en este corte fue que los retoños de la corona tuvieron más de 7cm de largo; las plantas se cortaron a 10 cm. del piso, posteriormente se pesó la cantidad de forraje de cada repetición y se llevó a laboratorio donde se mezclaron uniformemente las tres réplicas de cada tratamiento para sacar una sola, luego se hicieron dos cortes cada 40 días siguiendo las indicaciones anteriormente nombradas.

5.6.5 Análisis bromatológico. Se utilizó el análisis químico proximal para determinar materia seca, proteína cruda y energía bruta, según el método estandarizado en el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño. Esta determinación se hizo después de cada corte en los distintos tratamientos; para obtener información acerca de la composición nutricional de la alfalfa.

5.7 TRATAMIENTOS

T0 = Testigo: Fertilización química a chorrillo al momento de la siembra con fertilizante completo en dosis de 733 kilogramos por hectárea por año de la fórmula 10-30-10 de N-P-K respectivamente, con 73.3 kilogramos de nitrógeno, 220 kilogramos de fósforo y 73.3 gramos de potasio por hectárea por año, más riego por exudación.

T1 = Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación, con fertilizante completo altamente soluble a razón de 733 kilogramos por hectárea por año de la fórmula 16-30-10 de N-P-K respectivamente, que contienen 117.2 kilogramos de nitrógeno, 220 kilogramos de fósforo y 73.3 kilogramos de potasio por hectárea por año, con aplicaciones de 16 kilogramos por hectárea cada 8 días.

T2 = Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación, con fertilizante orgánico líquido utilizando 1.692 litros por hectárea por año con 33 kilogramos de nitrógeno, 220 kilogramos de fósforo y 34 kilogramos de potasio con aplicaciones de 37 litros por hectárea por año cada 8 días.

Todos los tratamientos recibieron cantidades similares de nitrógeno, fósforo y potasio y aplicaciones foliares de elementos menores en especial boro, en dosis de 30 kilogramos por hectárea.

5.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para efectos del presente estudio se planteó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos que son:

Fertilización convencional más irrigación, Fertirrigación química, y la Fertirrigación orgánica; donde cada tratamiento contiene tres repeticiones, la unidad experimental corresponde a un área de 8.4 m² (2.8m x 3m) en cada una de ellas se trazaron seis surcos (Anexo A).

5.8.1 Modelo propuesto. Con los datos obtenidos se efectuó un análisis de varianza de acuerdo al siguiente modelo estadístico:

$$X_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}.$$

X_{ij} = Respuesta del forraje M

μ = Media general

B_j: Efecto de bloque j

T_i: Efecto del tratamiento i

E_{ij}: Error experimental debido a la interacción i del bloque j.

Para determinar cual es el mejor tratamiento se efectuó la prueba comparativa de Tukey.

5.9 PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

5.9.1 Hipótesis nula: $H_0 = U_1 = \dots = U_t$; la aplicación de los diferentes fertilizantes y el sistema de riego exudante no producen diferencias en las variables evaluadas.

5.9.2 Hipótesis alterna: $H_a = U_1 \neq U_2 \dots U_t$; La aplicación de los diferentes fertilizantes y el sistema de riego exudante produce diferencias en por lo menos una de las variables productivas evaluadas.

5.10 VARIABLES EVALUADAS

5.10.1 Producción de forraje verde por hectárea. En cada parcela se tomó una muestra y se aforó; la primera muestra fue a los primeros 90 días, luego cada 40 días, el material se pesó y se transformó a toneladas por hectárea.

5.10.2 Producción de materia seca por hectárea. De cada parcela se tomó una muestra de forraje verde, compuesta por tres submuestras que constituían las tres repeticiones; la cual se llevó a la estufa a 60°C por 72 horas, luego se hizo el pesaje y al final se obtuvo la cantidad con respecto al peso del forraje verde y se transformó a toneladas por hectárea.

5.10.3 Producción de proteína por hectárea. Esta se determinó por el método Kjeldahl, luego se hizo el cálculo en toneladas por hectárea.

5.10.4 Producción de nutrientes digestibles totales por hectárea. Se determinó mediante la utilización del calorímetro adiabático para efectuar la combustión de la muestra contenida en una bomba de oxígeno. La bomba se sumerge en una cantidad determinada de agua midiendo el aumento de la temperatura de agua, se puede calcular las unidades de calor liberados, para transformarlas a toneladas de nutrientes digestibles totales por hectárea.

5.11 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para establecer la viabilidad económica de los factores de estudio se siguió metodología para evaluación económica de proyectos de investigación agropecuaria que propone la doctora Delia Cino del instituto de Ciencia Animal de la Habana que para este caso se utilice la valoración de costo beneficio en el cual solo se considera aquellos factores económicos que difieren entre los tratamientos manteniendo estables aquellos que son comunes

5.11.1 Costos de producción por kilogramo de materia seca. Se obtiene al dividir el costo de producción de forraje verde sobre los kilogramos de materia seca obtenidos en cada tratamiento.

5.11.2 Costos de producción por kilogramo de proteína. Se obtiene al dividir el costo de producción de forraje verde sobre los kilogramos de proteína en base seca obtenida en cada tratamiento.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE

Los resultados obtenidos para la variable producción de forraje verde en toneladas por hectárea por corte, en cada uno de los tratamientos evaluados aparecen descritos en el cuadro 6 figura 1.

Cuadro 6. Promedio de producción de forraje verde por hectárea por corte.

| Sistemas de fertilización. | promedio ton/ ha/corte. |
|---|--------------------------------|
| Fertilización química a chorrillo al momento de la siembra mas riego por exudación con 73.3 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 18 AB |
| Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con 117.2 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 21 A |
| Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con 33 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 34 kg./ha de K ₂ O. | 14.2 B |

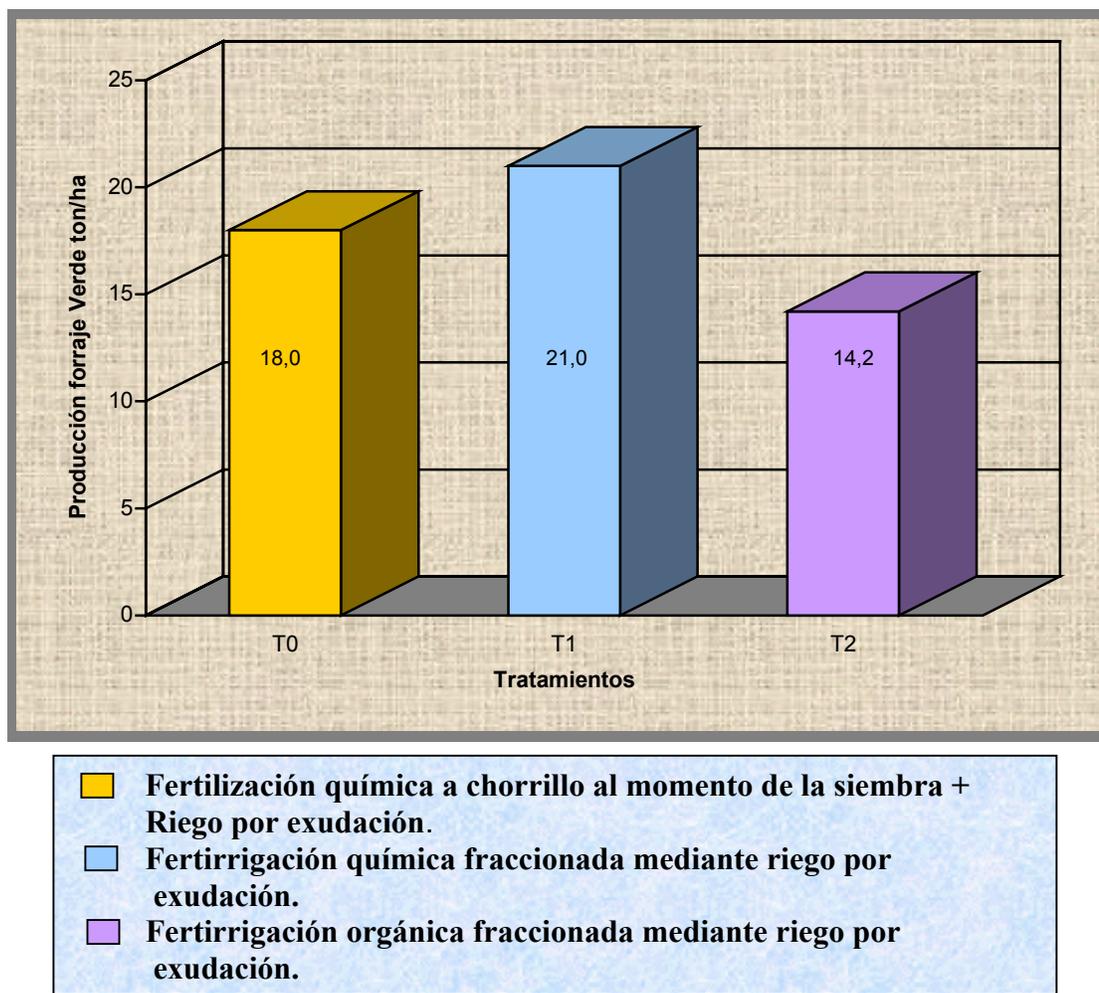
Letras mayúsculas distintas en las columnas indican valores estadísticamente diferentes prueba de Tukey $p > 0.05$

Al efectuar el análisis de varianza se determinó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos (Anexo E).

El cuadro 6 muestra que las mayores producciones de forraje verde en toneladas por hectárea por corte fueron obtenidas en el sistema fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con una aplicación de 117.2 kilogramos de nitrógeno, 220 kilogramos de fósforo y 73.3 kilogramos de potasio por hectárea por año; con una producción promedio de 21 toneladas de forraje verde por hectárea por corte.

La segunda producción corresponde al sistema; Fertilización química a chorrillo + riego por exudación con una aplicación de 73.3 kilogramos de nitrógeno, 220 kilogramos de fósforo y 73.3 kilogramos de potasio por hectárea por año y una producción promedio de 18 toneladas de forraje verde por hectárea por corte. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos.

Figura 1. Promedio de producción de forraje verde expresado en ton/ha para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos.



Por último se reportó el sistema de fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con una aplicación similar a los anteriores tratamientos y con una producción de 14.2 toneladas de forraje verde por hectárea por corte, este no tuvo diferencias significativas con respecto al sistema fertilización convencional a chorrillo mas riego por exudación, a pesar que el primero (fertirrigación orgánica fraccionada (T2)) reporta las menores producciones en el presente experimento.

Los resultados indican que la mejor producción de forraje verde por hectárea por corte se debió probablemente a una aplicación de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y elementos menores) cada 8 días, acorde con los requerimientos de la planta durante su ciclo vegetativo, diferente a la fertilización química a chorrillo que lo hace únicamente al momento de la siembra.

Por su parte Alarcón afirma que, “la alfalfa necesita al menos 40 kilogramos de nitrógeno por hectárea para un arranque inicial y mayores cantidades de fósforo y potasio, que aplicados en forma de fertirrigación resulta beneficiosa; por una parte el fósforo ayuda a un buen crecimiento radicular y un establecimiento exitoso, así mismo el potasio es esencial para mantener altos rendimientos, aumentar la tolerancia al frío e incrementar la persistencia”⁶³.

Pearson y Hughes sostienen que, “cuando se utiliza conjuntamente el agua y el nitrógeno aumenta en gran medida la producción de forraje. El riego hace que la efectividad del nitrógeno sea mayor por dos razones: por una parte, lava el exceso superficial inmediato a su aplicación y por otra, se elimina la respuesta tardía durante la época de sequía; esto significa que hay que aumentar la dosis de nitrógeno”⁶⁴.

Imas plantea que, “si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo, esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye, cuando los nutrientes se encuentran en las zonas secas donde el suelo no es regado”⁶⁵.

Así mismo Ojeda afirma:

El sistema de riego por exudación que posee una eficiencia de más del 95% permitió la entrega directa y uniforme del fertilizante altamente soluble especialmente del nitrógeno y del potasio, ya que el fósforo puede ser fijado más fácilmente por el suelo, situación que pudo haber sido compensada por el hecho de aplicarlo en pequeñas dosis a través del ciclo vegetativo.

Con la utilización del sistema de riego por exudación se logra aumentar los rendimientos de los cultivos como frijol, maíz, maní, sandía etc. Como también intensificar cultivos más rentables para el productor⁶⁶.

Las menores producciones se reportan en el sistema de fertirrigación orgánica fraccionada, aunque corte tras corte se nota su incremento en cuanto a producción de forraje verde pero no logró superar a los demás sistemas de fertilización.

⁶³ ALARCÓN, Op. Cit., p.136.

⁶⁴ PEARSON Y HUGHES, Op., Cit., P.365.

⁶⁵ IMAS, Op. Cit., p. 230.

⁶⁶ OJEDA, Op. cit., p. 56.

Según Gomes, “Esto se debe a la lenta mineralización de los abonos orgánicos en estas condiciones climáticas a 10 grados de temperatura y 2.880 m.s.n.m por eso la planta los empieza a aprovechar a medida que transcurren los cortes. El fertilizante orgánico se deposita en el suelo ayudando a la mineralización de los nutrientes presentes allí, gracias al contenido de los ácidos húmicos y fúlvicos para posteriormente ser absorbidos por la planta”⁶⁷.

Para Hardy⁶⁸, el riego suplementario aplicado en la cantidad correcta, en forma acertada y en su debida oportunidad produce con frecuencia aumentos en el rendimiento, que son mucho mayores a los producidos por la aplicación de abonos y fertilizantes; además es mucho mas económico.

los resultados obtenidos en esta investigación que son de 21.100 kilogramos por hectárea por corte, superan a los encontrados por otros autores, debido probablemente a que los suelos son muy fértiles y presentan unos contenidos altos de materia orgánica de 14.3 %, que junto con la eficiente fertilización, y los adecuados niveles de humedad proporcionan al suelo las condiciones optimas determinantes para la toma de nutrientes reflejadas en el forraje y así mismo en su valor nutritivo.

Salamanca reporta que:

Con fertilización y buenas condiciones de humedad se han logrado producciones aproximadamente de 125 toneladas de forraje verde por hectárea por año, con un periodo de recuperación entre cortes de 60.8 días lo que equivale a 20.8 toneladas de forraje verde por hectárea por corte, por lo tanto los valores obtenidos pueden considerarse bajos, sin embargo es posible mejorar la capacidad productiva incrementando la densidad de siembra⁶⁹.

Ceron y Delgado, “bajo la aplicación de lombricompuesto en el cultivo de alfalfa en el municipio de colon (Génova) reportan rendimientos productivos para la variedad alfagenes 10-10 que oscilan entre 9.9 – 11.5 toneladas de forraje verde por hectárea por corte”⁷⁰.

⁶⁷ GOMEZ, Op. Cit., p.107.

⁶⁸ HARDY, Op. cit., p.258.

⁶⁹ SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes, producción y manejo. Bogotá, USTA, 1930, 320p

⁷⁰ CERÓN, José y DELGADO Luis. Efecto de la aplicación de una fuente del municipio de Colón Génova en el departamento de Nariño. Pasto, 2001. 72p. trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal.

6.2 PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA

En el cuadro 7 figura 2, aparecen registrados los valores medios de producción de materia seca expresados en toneladas por hectárea para cada uno de los tratamientos evaluados, el análisis de varianza (Anexo E) determinó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

Cuadro 7. Promedio de producción de materia seca por hectárea por corte

| Sistemas de fertilización. | Promedio ton/ ha/corte. |
|--|------------------------------------|
| Fertilización química a chorrillo al momento de la siembra mas riego por exudación con 73.3kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 2.4 AB |
| Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con 117.2 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 2.9 A |
| Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con 33 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 34 kg./ha de K ₂ O. | 2.0 B |

Letras mayúsculas distintas en las columnas indican valores estadísticamente diferentes prueba de Tukey $p > 0.05$

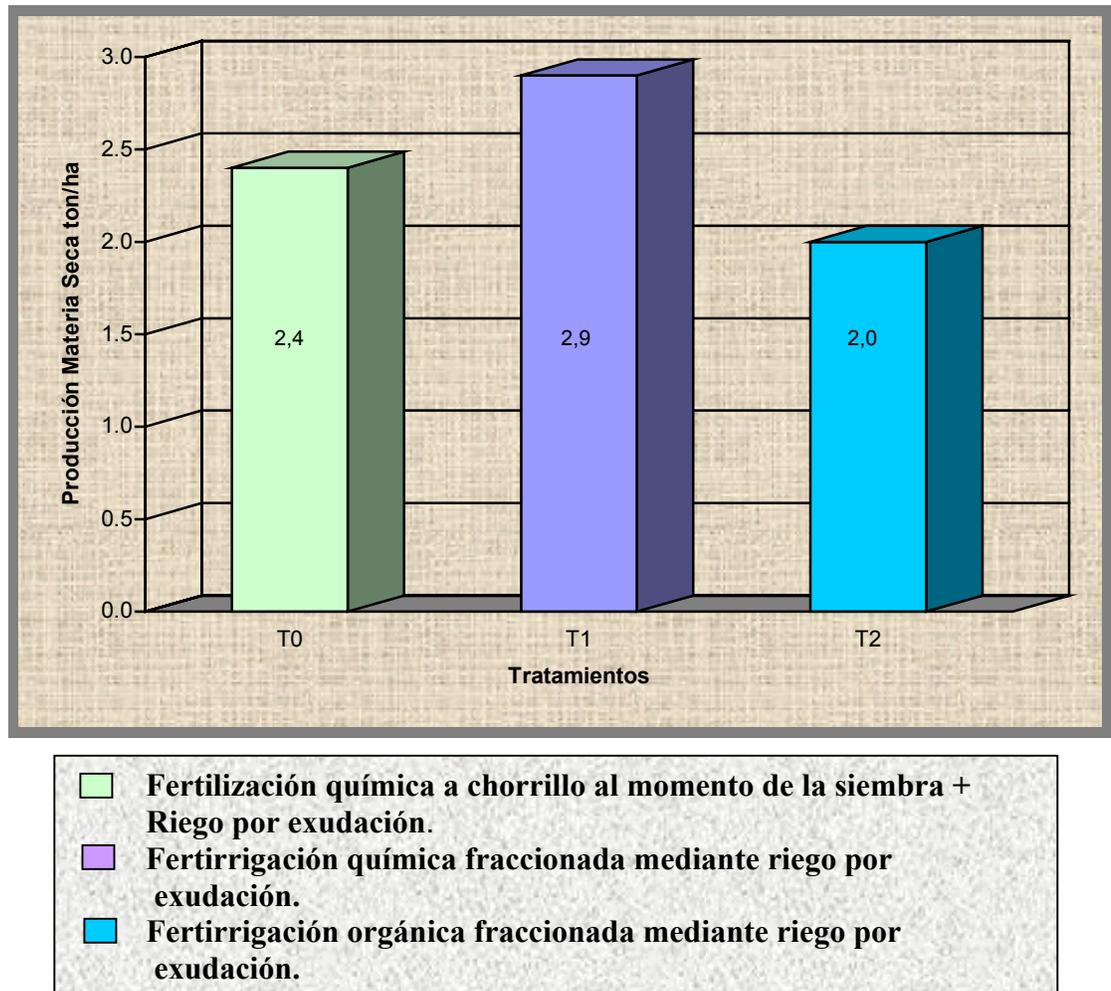
el cuadro 7 muestra que las mayores producciones de materia seca fueron observadas en el sistema de fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación (T1) con una producción de 2.9 toneladas de materia seca por hectárea por corte.

En seguida se encuentra la producción que corresponde al sistema de fertilización química a chorrillo mas riego por exudación (T0) con una producción de 2.4 toneladas de materia seca por hectárea por corte; sin encontrar diferencias estadísticas entre ellos.

La menor producción de materia seca la reportó el sistema fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación (T2) con 2.0 toneladas de materia seca por hectárea por corte, sin embargo no presentó diferencias estadísticas con respecto al sistema de fertilización química a chorrillo mas riego por exudación (T0).

Estos forrajes presentaron una mayor producción de proteína lo que contribuyó al bajo contenido de materia seca, debido probablemente a que el flujo de agua altamente localizado contribuyó a la transformación rápida de nitritos en nitratos y así una rápida asimilación por parte de la planta. Por otra parte el exceso de fertilización provoca en los

Figura 2. Promedio de producción de materia seca expresada en ton/ha para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos.



pastos unas características especiales como un verde profundo, un pasto suculento con grandes producciones de biomasa y elevados porcentajes de proteína pero bajos niveles de materia seca. El riego produjo mayor disponibilidad de agua y así una absorción constante por parte de la planta la cual acumula agua en sus tejidos, esta disponibilidad de humedad provocó un mayor crecimiento de tallos, mayor macollamiento, y así el potasio conjuntamente con el fósforo intervinieron en la economía del agua absorbida disminuyendo la transpiración.

Por su parte Bernal argumenta que:

Existe una correlación negativa entre materia seca y contenido de nitrógeno del forraje, el problema fisiológico que se presenta desde el punto de vista del manejo del

forraje, es el momento del corte adecuado en el cual el aumento en el porcentaje de nitrógeno se compense por la disminución en la producción de materia seca para maximizar la producción de proteína, si se cosecha demasiado tierno el contenido de nitrógeno será alto pero el rendimiento de materia seca será bajo y viceversa. Existe evidencia de que el corte afecta menos la producción de proteína que la producción de materia seca⁷¹.

Las dosis corrientes de fertilizantes tienen una tendencia a disminuir los contenidos de materia seca posiblemente debido a que la menor disposición de carbohidratos estructurales que le permite a la planta retener mayor humedad en los espacios intercelulares de sus tejidos. Por otra parte los mayores porcentajes de carbohidratos estructurales en la planta pueden afectar la retención de humedad en sus tejidos por la rigidez y baja permeabilidad de sus membranas⁷².

“A medida que la humedad del suelo disminuye los porcentajes de materia seca también aumentan; debido a la disminución del área foliar y aumento en el número de tallos que es donde se alojan la mayor cantidad de carbohidratos estructurales y menor contenido de humedad incrementando los valores de materia seca”⁷³.

“la humedad determina en parte la calidad del forraje porque durante las épocas de sequía la planta tiende a lignificarse más pronto y por consiguiente a disminuir más rápidamente su valor nutritivo. Durante las épocas humedad o bajo condiciones de riego, el pasto permanece verde y su lignificación es menor”⁷⁴.

Los mayores resultados obtenidos en esta investigación son de 2.9 toneladas de materia seca por hectárea por corte superaron a las obtenidas por otros autores como:

⁷¹ BERNAL, Javier. Pastos y Forrajes Tropicales, Producción y Manejo. cuarta Edición. Colombia: Ángel Agro-Ideagro, 2003.p.54-83.

⁷² ACOSTA, Wilmer y MONCAYO, Oscar. Valor Nutritivo del Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* hoechst) Bajo dos Sistemas de Labranza y Diferentes Sistemas de Fertilización Orgánica y/o Mineral en Zona de Ladera. Pasto, 2002. trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal.24.

⁷³ VASQUES, E y TORRES, S. Fisiología Vegetal. La Habana, Cuba: Pueblo y Edición.1987.p.324.

⁷⁴ BERNAL, Op. cit.,p.85.

Ceron y Delgado⁷⁵, bajo la aplicación de lombricompuesto en el cultivo de alfalfa en el municipio de colon (Génova) reportan rendimientos productivos para materia seca en la variedad alfagenes 10-10 de 0.24 toneladas por hectárea por corte.

Impulsemillas⁷⁶, En estudios realizados en Cundinamarca con fertilización química y diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio efectuando cortes a las 7 y 10 semanas obtuvo valores de 0.17 toneladas de materia seca por hectárea por corte.

⁷⁵ CERÓN, José y DELGADO Luis. Efecto de la aplicación de una fuente de lombricompuesto en el municipio de Colón Génova en el departamento de Nariño. Pasto, 2001. 72p. trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal.

⁷⁶ IMPULSE MILLAS, Bogotá, Colombia: 2002.p.3.

6.3 PRODUCCIÓN DE PROTEÍNA

En el cuadro 8 figura 3 aparecen registrados los valores medios de producción de proteína expresados en toneladas por hectárea para cada uno de los tratamientos evaluados, el análisis de varianza (Anexo F) determinó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

Cuadro 8. Promedio de producción de proteína por hectárea por corte.

| Sistemas de fertilización | promedio ton/ha/corte |
|---|------------------------------|
| Fertilización química a chorrillo al momento de la siembra mas riego por exudación con 73.3 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 0.8 AB |
| Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con 117.2 kg./m ² de N; 220 kg./m ² de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./m ² de K ₂ O. | 1.02 A |
| Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con 33 kg./m ² de N; 220 kg./m ² de P ₂ O ₅ ; y 34 kg./m ² de K ₂ O. | 0.7 B |

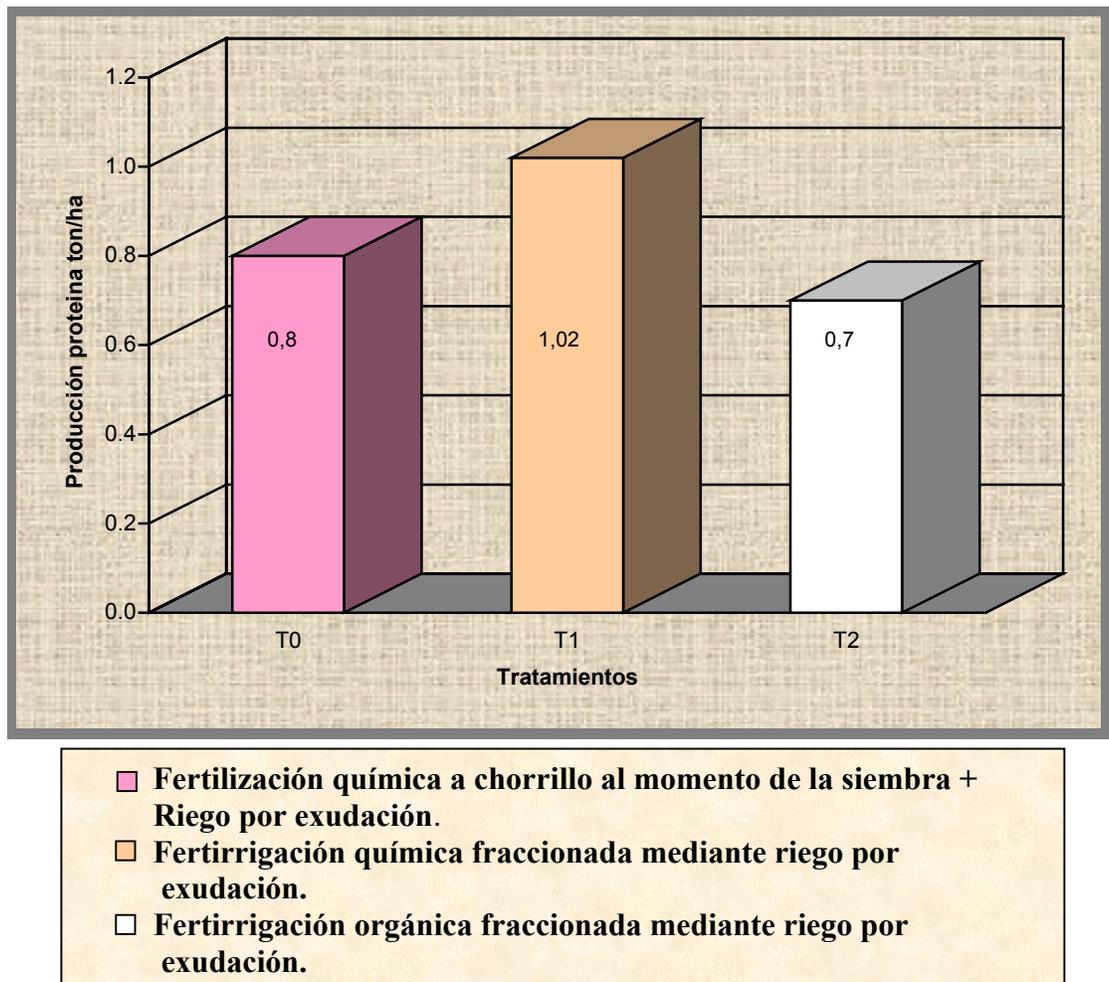
Letras mayúsculas distintas en las columnas indican valores estadísticamente diferentes Prueba de Tukey $P < 0.05$.

Las mayores producciones de proteína por hectárea por corte fueron encontradas en el sistema fertirrigación química fraccionada(T1) mediante riego por exudación con 1.02 toneladas de proteína por corte presentando diferencias estadísticas significativas con respecto al sistema fertilización química a chorrillo mas riego por exudación(T0) con 0.8 toneladas de proteína por corte y al sistema fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación (T2)con 0.7 toneladas de proteína por corte, pero entre los dos últimos sistemas: fertilización química a chorrillo mas riego por exudación y sistema de fertirrigación orgánica (T0 Y T2) no hubo diferencias estadísticas significativas.

Los valores obtenidos en este trabajo son un reflejo de las bondades aportadas por las fuentes de nitrógeno y el sistema de riego debido a su interacción positiva, lo cual concuerda con Bernal quien afirma que:

La fertilización en general aumenta el contenido de proteínas y minerales aumentando por consiguiente el valor nutritivo, el contenido de proteína verdadera de los pastos varía cuando se expresa como porcentaje del contenido total de nitrógeno, que es el que se determina en los análisis corrientes. La proteína verdadera generalmente constituye entre el 75 y 85% de la proteína bruta que se determina multiplicando el nitrógeno total por un factor de 6.25⁷⁷.

Figura 3. Promedio de producción de proteína expresada en ton/ha para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos.



⁷⁷ BERNAL, pastos y Forrajes Tropicales: Producción y Manejo, Op. cit., p.95.

Burbano por su parte comenta que:

La incorporación directa de los fertilizantes en el horizonte de influencia radicular junto con niveles adecuados de humedad estimuló la actividad microbiana nitrificante encargados de la conversión del amonio en nitratos el cual es directamente asimilado y traslocado por la síntesis de tejido y compuestos nitrogenados⁷⁸.

Vásquez y Torres también afirman que:

La incorporación directa de las fuentes de nitrógeno ya sean de origen orgánico o mineral estimulan la dinámica de los microorganismos presentes en el suelo encargados de la descomposición o mineralización de nutrientes aplicados volviendo disponible el nitrato el cual es utilizado en la síntesis proteica en la parte aérea de la planta. Adicionalmente el comportamiento de las lluvias puede influenciar en la deposición de proteína en el pasto, encontrando una correlación positiva entre precipitación versus contenido de proteína deduciendo que la fracción proteica de los pastos aumenta a medida que hay más precipitación⁷⁹.

Según Crampton⁸⁰, es probable que el contenido de proteína de un forraje constituya una medida directa de la energía digestible porque el contenido proteico de los alimentos suele ser muy digestible, por ejemplo los forrajes que son más ricos en proteína es casi seguro que en correspondencia sean más pobres en materia seca, de allí que dicho forraje sea más digestible.

Los mayores niveles de proteína de 34.49% encontrados en la presente investigación superan en gran medida los encontrados por otros autores:

Solarte, en “evaluación del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo un sistema de fertilización química en suelos del altiplano de pasto encontró un porcentaje de proteína de 16-18% siendo mayor en la variedad africana”⁸¹.

⁷⁸ BURBANO, Hernán. Las Enmiendas Orgánicas. En: fertilización de Cultivos en Clima Frío. Bogotá, Colombia. Vol. 2, No.3 (ene.-jun.1985), p.5.

⁷⁹ VASQUES y TORRES. Op. cit., p.143.

⁸⁰ CRAMPTON, E.W. Nutrición Animal Aplicada. Zaragoza, España: Acribia, 1980.p.15

⁸¹ SOLARTE, Op. cit., p.59.

Ceron y Delgado, “en estudios y aplicación de una fuente de lombricompostado en el cultivo de alfalfa en el municipio de Colon Génova, lograron promedios de proteína cruda que van en un rango de 19-22%”⁸².

Bernal determinó, “la composición proteica en la alfalfa en tres estadios de cultivo: prefloración 25.3%, principio de floración 22.9%, mitad de floración 19% de acuerdo a lo anterior se puede identificar la variación en diferentes estadios; además encontró en Boyacá (prefloración) 42.25% y Cundinamarca (prefloración) 25.98%”⁸³.

*Análisis de laboratorio Universidad de Nariño reporta 33% de proteína cruda, en un cultivo de alfalfa en la localidad de río bobo municipio de pasto.

Consemillas en “estudios realizados con suelos y praderas del departamento de cundinamarca notifica valores de proteína que oscilan entre 18-24% para alfalfa”⁸⁴.

⁸² CERON y DELGADO, Op. cit., p 55.

⁸³ BERNAL, pastos y Forrajes Tropicales: Producción y Manejo, Op. cit., p.103.

* ENTREVISTA con Sandra Delgado, Jefe de Laboratorios de Bromatología, Universidad de Nariño. San Juan de Pasto, octubre 10 de 2004.

⁸⁴ CONSEMILLAS, Op. cit., p.9.

6.4 PRODUCCIÓN DE NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES.

En el cuadro 9 figura 4 aparecen registrados los valores medios de producción de nutrientes digestibles totales expresados en toneladas por hectárea para cada uno de los tratamientos evaluados, el análisis de varianza (Anexo F) determinó diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 9. Promedio de producción de nutrientes digestibles totales por hectárea por corte.

| Sistemas de fertilización | promedio ton/ha/corte |
|---|------------------------------|
| Fertilización química a chorrillo al momento de la siembra mas riego por exudación con 73.3 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 1.9 AB |
| Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con 117.2 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 73.3 kg./ha de K ₂ O. | 2.2 A |
| Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con 33 kg./ha de N; 220 kg./ha de P ₂ O ₅ ; y 34 kg./ha de K ₂ O. | 1.6 B |

Letras mayúsculas distintas en las columnas indican valores estadísticamente diferentes, prueba de Tukey P<0.05.

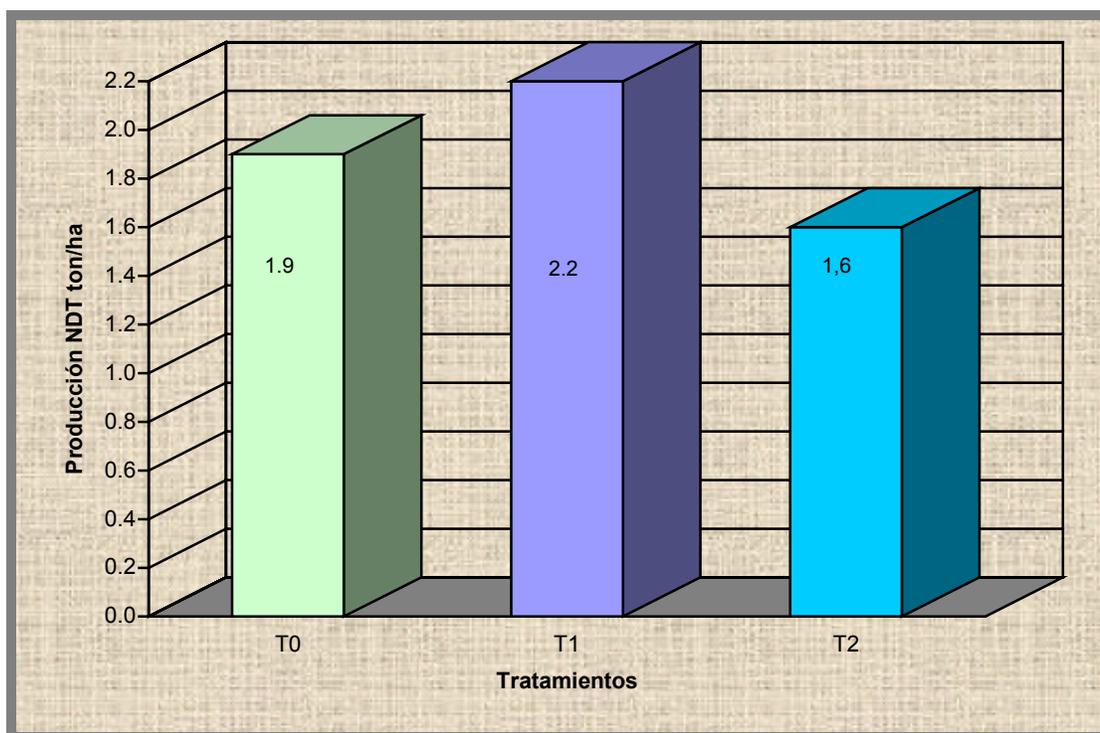
Las menores producciones fueron encontradas el sistema fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con 1.6 toneladas por hectárea por corte de nutrientes digestibles totales. Siendo estadísticamente similar con respecto al sistema de fertilización química a chorrillo mas riego por exudación. (T0).

Las mayores producciones en nutrientes digestibles totales las consiguió el sistema fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación (T1) con 2.2 toneladas por hectárea por corte, sin embargo el sistema fertilización química a chorrillo mas riego por exudación (T0) con una producción de 1.9 toneladas por hectárea por corte, fue igual estadísticamente al sistema de fertirrigación química mediante riego por exudación (T1).

Los valores superiores encontrados en los tratamientos fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación y fertilización química a chorrillo más riego por exudación (T1 y T0) se vieron influenciados probablemente por un mejor equilibrio de los nutrientes

en el suelo ya que como se observa en su composición bromatológica siempre fueron superiores al sistema de fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación (T2).

Figura 4. Promedio de producción de nutrientes digestibles totales expresados en ton/ha para cada tratamiento evaluado durante tres cortes consecutivos.



- Fertilización química a chorrillo al momento de la siembra + Riego por exudación.
- Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación.
- Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación.

Cheque nos dice que: “la determinación de los nutrientes digestibles totales se basa en la supuesta equivalencia de los carbohidratos, proteínas y grasas como fuente de energía; sólo los nutrientes absorbidos pueden producir energía”⁸⁵.

Muslera afirma que:

⁸⁵ CHEEKE, Peter. Alimentación y Nutrición Animal. Primera edición. Zaragoza, España: Acribia.1995.p.

La fijación de nitrógeno por la asociación rhizobium-leguminosa depende de las condiciones ambientales. Estos niveles condicionan el nivel de hidratos de carbono producidos por la planta como la fijación de nitrógeno se realiza por una simbiosis en la que la planta suministra la energía (hidratos de carbono) que el nódulo utiliza para fijar nitrógeno, todos los factores que influyen indirectamente afectan la fijación de nitrógeno⁸⁶.

Al respecto Benítez et al afirma que, “el nitrógeno aplicado al suelo puede mejorar sustancialmente los niveles energéticos del mismo por el incremento de extractos libres de nitrógeno que se constituyen como reservas potenciales de energía para la planta”⁸⁷.

Al analizar el comportamiento de la alfalfa se observó que los mayores contenidos energéticos se presentaron en el tercer corte de cada tratamiento lo cual según el mismo autor se puede atribuir a que “la planta tuvo mayor disponibilidad de nutrientes acumulados en el suelo, estos nutrientes no se destinaron a formación de tejido radical sino a formación de nutrientes”⁸⁸.

⁸⁶ MUSLERA, Enrique y RATERA, Clemente, Op. cit., p.342.

⁸⁷ BENÍTEZ, et al, Los pastos en Cuba.instituto de ciencia animal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación.1983.p.226.

⁸⁸ Ibid, p.227.

6.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

El estudio económico se determinó con base en un análisis parcial de costos, en el cual se tuvo en cuenta los valores tanto de establecimiento como de mantenimiento del cultivo de alfalfa; y el costo del sistema de riego para lo cual se estimó su vida útil en 21 años y el costo actual por hectárea para amortizarlo consecutivamente en cada año.

Además se calculó la producción promedio de forraje verde por hectárea por corte y luego se hizo la conversión a toneladas por año para cada tratamiento.

Con lo anterior se obtuvo el precio de un kilogramo de forraje fresco, seco y el valor para un kilogramo de proteína, así como el beneficio que se obtiene en cada uno de ellos para determinar cual es el mejor.

6.5.1 Costos de producción por kilogramo de forraje verde. Al evaluar el costo total por tratamiento del cultivo de alfalfa, (cuadro 10), se observó que el tratamiento más económico fue el testigo (fertilización química a chorrillo al momento de la siembra con fertilizante completo más riego por exudación) con un valor de \$ 28.44 por kilogramo de forraje verde por año (\$4.109.295/ha/año) seguido del tratamiento fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con un valor de \$37.81 por kilogramo de forraje verde por año (\$6.394.895/ha/año), y por último el tratamiento fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con un valor de \$ 147.88 por kilogramo de forraje verde por año (\$17.119.295/ha/año).

Para calcular la producción de forraje verde por metro cuadrado por año que es un dato importante para los respectivos cálculos, se hizo teniendo en cuenta la producción de forraje verde por metro cuadrado en cada uno de los tratamientos, estimando un valor promedio para los tres cortes y multiplicados por ocho que es el número de cortes que se pueden obtener en un año con estas características.

Los resultados fueron los siguientes:

(T1) Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación con una producción 168 toneladas de forraje verde por hectárea por año, (16.8 kilogramos de forraje verde por metro cuadrado por año).

(T0) Fertilización química a chorrillo, al momento de la siembra más riego por exudación con una producción de 144 toneladas de forraje verde por hectárea por corte, (14.2 kilogramos de forraje verde por metro cuadrado por año).

(T2) Fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación con una producción de 113.6 toneladas de forraje verde por hectárea por corte, (11.36 Kilogramos de forraje verde por metro cuadrado por año).

Los resultados encontrados demuestran que el tratamiento testigo fertilización convencional a chorrillo mas riego por exudación con un costo por kilogramo de forraje verde de \$ 28.44 es el más viable económicamente en comparación con el tratamiento fertirrigación química mediante riego por exudación con \$ 37.81, lo cual da pie para afirmar que si bien los resultados obtenidos que se deben al mejor desempeño fisiológico en producción de forraje verde por parte del tratamiento fertirrigación química , no compensan sus costos para superar al tratamiento fertilización convencional a chorrillo mas riego por exudación que tuvo un buen desempeño y fue el que produjo mayor beneficio ya que obtuvo menores costos de producción.

Por otra parte el tratamiento fertirrigación orgánica mediante riego por exudación resultó antieconómico debido a sus altos costos de producción ya que fueron de \$ 147.88 y a su bajo rendimiento en forraje verde. La explicación más acertada es que para cumplir con las necesidades fisiológicas del cultivo; con fertilizante orgánico se deben suministrar grandes volúmenes ya que las concentraciones de los distintos elementos nutritivos son bajas lo cual conlleva a incorporar amplias dosis de dicho fertilizante, aumentando drásticamente los costos de producción.

6.5.2 Costos de Producción por kilogramo de materia seca. Al realizar el análisis parcial de costos (cuadro 10) se encontró que el valor mas económico en producción por kilogramo materia seca lo consiguió el tratamiento fertilización convencional a chorrillo mas riego por exudación, que fue de \$ 210 y una producción considerable de la misma reportando 19.2 toneladas de materia seca por hectárea por año. Adicionalmente el tratamiento fertirrigación química mediante riego por exudación ocupó el segundo lugar en cuanto a costos de producción por kilogramo de materia seca con un valor de \$ 267.6, y una producción de 23.2 toneladas de materia seca por hectárea por año, y por ende su ingreso fue más bajo aunque tuvo una mayor producción que el tratamiento fertilización convencional a chorrillo mas riego por exudación., situación que se debe a los altos costos por concepto de fertilizante altamente soluble que no alcanzaron a solventar los valores obtenidos con el tratamiento anterior.

De otra parte los menores ingresos se obtuvieron con el tratamiento fertirrigación orgánica. La principal causa fue la adición de grandes volúmenes para cumplir con los requerimientos de la planta; que a pesar de subsanar las exigencias del cultivo y obtener producciones en materia seca de 16 toneladas por hectárea por año, sus costos alrededor de \$ 1041.45 por kilogramo de materia seca fueron relativamente altos.

6.5.3 Costos de producción por kilogramo de proteína. El análisis de costos reporta que el tratamiento más económico para la producción de proteína lo constituye el tratamiento fertilización convencional a chorrillo mas riego por exudación con un valor \$ 642.07 y con una producción de 6.4 toneladas de proteína por hectárea por año en base seca.

Si comparamos el tratamiento fertirrigación química mediante riego por exudación con una producción de 8.16 toneladas de proteína por hectárea por año observamos que la producción del primero con 6.4 toneladas de proteína por hectárea por corte es inferior a la del tratamiento fertilización química fraccionada; pero así mismo sus costos son del orden de \$ 799.36 por kilogramo de proteína por hectárea por año lo que refleja un incremento considerable; y aunque produzcan mas cantidad de proteína no logran superar sus costos al sistema de fertilización química a chorrillo mas riego por exudación.

En esta circunstancia el tratamiento fertirrigación orgánica con \$3.057.01 por kilogramo de proteína por hectárea por corte fue el más costoso ya que obtuvo una producción del orden de 5.6 toneladas de proteína por hectárea por año que se considera baja, lo que proporciona altos costos de producción.

Si bien los tres tratamientos obtuvieron valores similares en porcentaje de proteína; lo que provocó diferencias entre ellos fue la producción de forraje. Esto se demuestra que a mayor producción de forraje, mayor será la cantidad de proteína.

Cuadro 10. Análisis parcial de costos para determinar el valor por tratamiento/ha/año.

| Concepto | Fertilización química a chorrillo al momento de siembra mas riego por exudación (T0). | | | Fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación (T1). | | | fertirrigación orgánica fraccionada mediante riego por exudación (T1). | | |
|--|---|---------------------|------------------|---|--------------------|------------------|--|--------------------|-------------------|
| | Cant. | V.U | V.T | Cant. | V.U | V.T | Cant. | V.U | V.T |
| Costos de establecimiento | | | | | | | | | |
| Preparación del terreno y siembra | 25 obreros | 12.000 | 300.000 | 25 obreros | 12.000 | 300.000 | 25 obreros | 12.000 | 300.000 |
| Insecticida | 50 Kg. | 5.000 | 250.000 | 50 Kg. | 5.000 | 250.000 | 50 Kg. | 5.000 | 250.000 |
| Sistema de riego exudante | 12.500 m. | ♥83.33 | 1041.666 | 12.500 m. | ♥83.33 | 1.041.666 | 12.500 | ♥83.33 | 1041.666 |
| Accesorios sist. riego | varios | ----- | *62.428,57 | varios | ----- | *62.428,57 | varios | ----- | *62.428,57 |
| Mantenimiento sist. riego | ♦6 jornales mas químicos | 12.000 | 72.000 | ♦6 jornales mas químicos | 12.000 | 72.000 | ♦6 jornal. mas químicos | 12.000 | 72.000 |
| Fertilización química | 730 Kg. | 1.000 | 730.000 | 730 Kg. | 3.720 | 2.715.600 | ----- | ----- | ----- |
| Fertilización orgánica | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | 1.680 lt. | 8.000 | 13.440.000 |
| Semilla | 30 Lb. | 10.000 | 300.000 | 30 Lb. | 10.000 | 300.000 | 30 Lb. | 10.000 | 300.000 |
| Costo parcial | ----- | ----- | 2.484.095 | ----- | ----- | 4.769.695 | ----- | ----- | 15.494.095 |
| Costos de mantenimiento | | | | | | | | | |
| Fertilización foliar | 1 Kg. | 10.000 | 10.000 | 1 Kg. | 10.000 | 10.000 | 1 Kg. | 10.000 | 10.000 |
| Hervicida | 600 cc. | 21.000 (250 cc.) | 403.200 | 600 cc. | 21.000 (250 cc) | 403.200 | 600 cc. | 21.000 (250 cc) | 403.200 |
| Fungicida | 300 g. | 10.500 (100 g.) | 252.000 | 300 g. | 10.500 (100 g.) | 252.000 | 300 g. | 10.500 (100 g.) | 252.000 |
| Mano de obra (cortes fertilización,etc) | 80 jornales (8 cortes) | 12.000 | 960.000 | 80 jornales (8 cortes) | 12.000 | 960.000 | 80 jornale (8 cortes) | 12.000 | 960.000 |
| Costo parcial | ----- | ----- | 1.625.200 | ----- | ----- | 1.625.200 | ----- | ----- | |
| Costo total/ha/año | ----- | ----- | 4.109.295 | ----- | ----- | 6.394.895 | ----- | ----- | 17.119.295 |

Cuadro 11. Valores de producciones en los diferentes tratamientos para el análisis de costos.

| Concepto | Tmto.0 | Tmto.1 | Tmto.2 |
|--|----------------|----------------|-----------------|
| Pcc. prom. en Kg. de fv/ha/corte | 18.060 | 21.140 | 14.470 |
| Pcc. prom. en Kg. de fv/ha/año | 144.480 | 169.120 | 115.760 |
| Pcc. prom. en Kg. de m.s/ha/año | 19.504.8 | 23.896,6 | 16.437.92 |
| Pcc. prom. en Kg. de prot/ha/año (en base seca) | 6.400 | 8.000 | 5.600 |
| Costo de pcc por Kg. de fv/ha/año | **28.44 | **37.81 | **147.88 |
| Costo de pcc por Kg. de m.s/ha/año | 210 | 267.6 | 1.041.45 |
| Costo de pcc por Kg. de prot/ha/año | 642.07 | 799.36 | 3.057.01 |

Donde:

Pcc. = producción.

m.s. = materia seca.

f.v. = forraje verde.

Prot.= proteína.

Prom. = promedio.

NOTA:

Los valores descritos con símbolos en la tabla de costos indican:

♥ el metro de tubo geotextil exudante cuesta \$1.750 por metro lineal, el cual tiene una duración de 21 años que discriminados para cada año dan un valor de \$ **83.33**.

* Los accesorios para el sistema de riego cuestan \$1.311.000 con periodo de duración de 21 años, lo cual da un valor anual de \$ **62.428.57**.

♦ El mantenimiento del sistema de riego incluye el trabajo de 6 jornales por año más la aplicación de productos químicos para su correcta limpieza.

** Para calcular el valor del kilogramo de forraje verde se divide el costo total por hectárea por año de cada tratamiento; sobre los kilogramos de forraje verde producidos en un año. Ejemplo: $\$4.109.295/144.480 = \28.44 por kilogramo de forraje verde por año. El mismo procedimiento se sigue para calcular el valor del kilogramo de materia seca (\$210) y de proteína (\$642.07).

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La fertilización orgánica y mineral bajo un sistema de riego por exudación permiten obtener mayores rendimientos agronómicos en el cultivo de alfalfa logrando así alta cantidad y calidad nutricional.
- El tratamiento 1, fertirrigación química fraccionada mediante riego por exudación, presentó los mejores rendimientos tanto en producción así como en los niveles de proteína y energía; no obstante fue el que ocupó el segundo lugar en cuanto a costos de producción con \$37.81 por kilogramo de forraje verde producido por año.
- Partiendo de la base que los forrajes son la fuente principal en la alimentación animal, la alfalfa (*Medicago sativa*) cultivada bajo un sistema de riego con Fertirrigación orgánica y/o mineral se muestra como una alternativa viable para la producción animal en nuestra región.
- El abono orgánico y mineral junto con el sistema de riego incrementaron los contenidos de proteína y energía digestible, y a su vez disminuyeron la materia seca.
- La Fertirrigación aportó al cultivo de alfalfa, los fertilizantes y el agua en forma adecuada y localizada, permitiendo niveles de humedad óptimos y por consiguiente mayor disponibilidad de nutrientes.
- El riego es una alternativa viable en la producción y calidad nutricional de los cultivos, ya que permite una producción constante sin problemas de estacionalidad.
- La aplicación de nitrógeno y fósforo por medio del riego en forma fraccionada permitió que dichos elementos llegaran directamente a la raíz de la planta sin presentar problemas de fijación ni volatilización.

7.2 RECOMENDACIONES

- Divulgar y transferir los resultados de esta investigación para que los productores adopten nuevas alternativas con respecto al manejo y fertilización por medio del riego por exudación en distintos cultivos.
- Llevar a cabo ensayos de fertilización por medio del riego en otros pastos utilizando diferentes tipos y dosis de fertilizante.
- Realizar pruebas de digestibilidad en animales, con alfalfa sometida a fertilización por medio del riego exudante, para así comprobar el verdadero aporte de nutrientes al animal y mirar su viabilidad en función de la producción de carne y/o leche, determinando realmente su beneficio.
- Tratar de sustituir en forma gradual el uso de fertilizantes químicos por estiércoles en forma líquida en los cultivos, siguiendo algunos parámetros técnicos y logísticos propuestos en esta investigación.
- Comparar el sistema de riego por exudación con los sistemas convencionales para evaluar su comportamiento y la eficiencia de cada uno, en diferentes clases de pastos.
- Investigar sobre la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en el cultivo de alfalfa.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, Wilmer y MONCAYO, Oscar. Valor Nutritivo del Pasto Kikuyo (*Pennisetum Clandestinum* hoechst) Bajo dos Sistemas de Labranza y Diferentes Sistemas de Fertilización Orgánica y/o Mineral en Zona de Ladera. Pasto, 2002. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal. 120.p.

ALARCÓN, Eugenio y HERRERA, Gustín. Pastos y forrajes. Bogotá: ICA, 1979. 150.p.

ALFARO, P. S. Algo sobre alfalfa. En: Agricultura Tropical. México. Vol. 2. No. 12. (marzo a julio 1952) 22.p.

ASPIOLA, Jesús. Nueva Tecnología de riego localizado. Santiago de Chile, 1999. 46.p.

BARRETO, M. y LARKIN, P. Producción lechera y de carne en los trópicos. México: Diana, 1979. 300.p.

BENÍTEZ, et al. Los Pastos en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación. 1983. 226.p.

BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales. Tercera Edición. Bogotá: Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo, 1994. 575.p.

BERNAL, Javier. Pastos y forrajes tropicales: Producción y manejo. Cuarta Edición. Colombia: Ángel Agro-Ideagro, 2003. 370.p.

BURBANO, Hernán. Las enmiendas orgánicas. En: fertilización de Cultivos en clima Frío. Bogotá, Colombia: Vol. 2, No.3 (ene-jun.1985), 25.p.

CERON, José y DELGADO Luis. Efecto de la aplicación de una fuente de lombricompuesto en el cultivo de alfalfa en una región fiquera del municipio de Colón Génova en el departamento de Nariño. Pasto, trabajo de Grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal. 2001.71.p.

CHEEKE, Peter. Alimentación y Nutrición Animal. Primera edición. Zaragoza, España: Acribia.1995. 500.p.

COLLAZOS, Oscar. Abonos y fertilizantes. Bogotá: Planeta, 1992. 230.p.

CONSEMILLAS, Suelos y Praderas. Medellín, Colombia: 2000. 12.p.

CRAMPTON, EW. Nutrición Animal Aplicada. Zaragoza, España: Acribia, 1980. 420.p.

- CUASTUMAL, Fanny y CUASTUMAL, Jairo. Efecto de sustancias orgánicas en el pasto tretralite (Lolium Hibridum) sobre la producción de biomasa. Pasto. Trabajo de grado (zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. Departamento de procesamiento y producción animal. 1999. 88.p.
- CROWDER, L.V. La alfalfa en los trópicos. Agricultura Tropical. Colombia: Salvat, 1965. 399.p..
- DE LA CONCHA, M. Una alternativa para riego localizado: En: El riego por exudación mediante el tubo Geotextil. C.T. España: Nutrifitos 90,1990. 235.p.
- DELGADO, Alfonso. Pastos y forrajes. Pasto: Instituto Tecnológico Agrícola. Universidad de Nariño. Departamento de Zootecnia, 1966. 180.p.
- DEL POZO, Manuel. La alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. Madrid: Mundi – prensa, 1983. 302.p.
- GARCÍA, José. Edagología y Fertilización Agrícola. Barcelona: Aedos. 1982. 75.p.
- GÓMEZ, Jairo. Abonos orgánicos. Santiago de Cali: Feriva, 2000. 130.p.
- GROS, André. Abonos: Guía práctica de la fertilización. Madrid: Mundiprensa. 1981. 432.p.
- HARDY, Frederick. Edafología Tropical. México: herrero hermanos, 1970. 225.p.
- HUGHES, HEATH, Maurice y METCALFF, Darriel. Forrajes. México: Continental, 1979. 480.p.
- IMAS, Patricia. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutícolas. Argentina: Tucumán, 1999. 236.p.
- IMPULSEMILLAS. Bogota Colombia, 2002. 8.p.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Programa Nacional de Pastos y Forrajes. Bogotá: ICA, 1980. 320.p.
- JORDÁN, Louis. Forrajicultura y pasticultura. Barcelona: Aedos, 1955. 269.p.
- JUSCAFRESA, Baudilio. Forrajes: Fertilización y valor nutritivo. Barcelona: AEDOS. S.f, 460.p.
- MANUAL INFORMATIVO del tubo Geotextil exudante. Barcelona, España: 1990. 30.p.
- MANUAL INFORMATIVO Riego Localizado Tubo Geotextil Exudante. Barcelona, 2001. 26.p.

MÁRQUEZ, S. Investigaciones al cultivo de alfalfa. En: El Campesino. México. Vol. 1. No. 51 (22 de febrero de 1974), 580.p.

MARTÍNEZ, A. Fertirrigación. En: Revista de extensión agraria. Madrid. Vol. 2. No. 2 (Junio a julio de 1981), 25.p.

MARULANDA, E. riego por goteo. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 1998. 123.p.

MEDINA, José. Riego por Goteo: Teoría y Práctica. Madrid: Mundiprensa. 2000. 450.p.

MICHELIN, Albert. Algunos resultados en la fertilización de pastos. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1984. 730.p.

MILA, Alberto. Suelos, Pastos y Forrajes. Bogotá: Unisur, 2001. 280.p.

MUSLERA, Enrique y RATERA, Clemente. Praderas y Forrajes. Madrid: Mundiprensa, 1991. 290.p.

Nueva tecnología de riego localizado. FAO/ Chile. 12 Junio 2002.
<http://www.ruralnet.com.br/poritex/nova.htm>

ÑUÑO, A. Riego exudante. En: Tierra Adentro. Vol. 32. No. 2 (Mayo a junio de 2000), 40.p.

OSORIO, Liliana y ROLDAN, Juan. Cultivo de Pastos y Forrajes. Colombia: Grupo Latino, 2003. 265.p.

PEARSON, HUGHES Y OTROS. Explotación de Pastos. Zaragoza: Acriba, 1979. 890.p.

OJEDA GAMBOA, Luis Carlos. Estudio de la necesidad económica del agua para riego, mediante el sistema de Riego del Tubo Geotextil Exudante CT, en nueve cultivos de clima cálido, dirigido al pequeño agricultor del corregimiento de El Remolino. Bogotá, Proyecto de Adaptación Adaptativa. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – PRONATTA. 1990. 90.p.

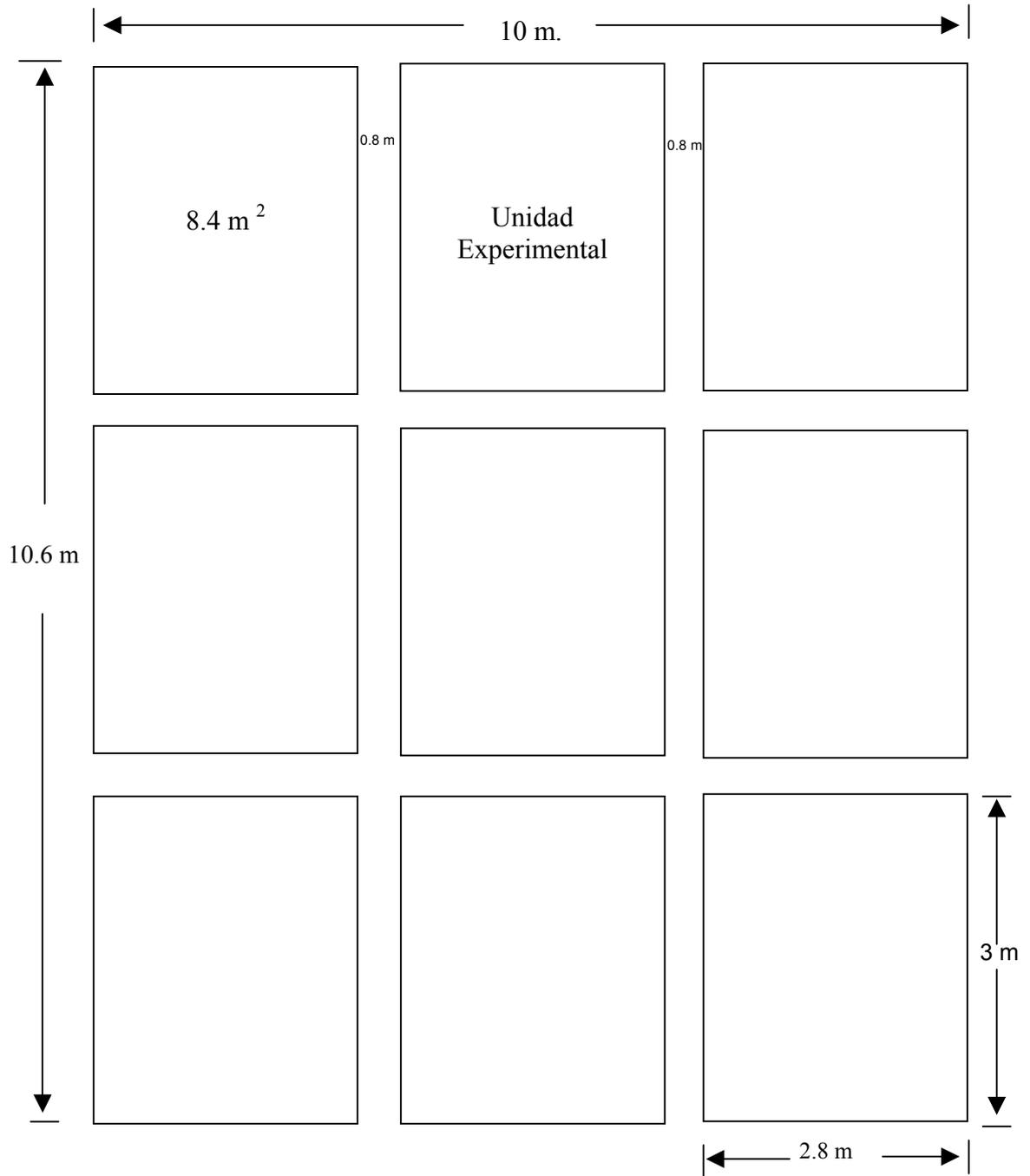
----- Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa) Bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros. Pasto, (Trabajo de grado) (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. 1995. 95.p.

----- Implantación de un sistema de riego por medio del tubo Geotextil exudante CT a los usuarios del distrito de riego: Dalmacia Las Vegas, Municipio de San Lorenzo, Departamento de Nariño. Pasto, Trabajo de grado (Especialista en Administración Agropecuaria y desarrollo sostenible). Centro Universitario las Tunas – Cuba. 1997 54.p.

- QUIROZ, Eduardo. Curso de suelos, pastos y ganadería para el Valle del Cauca. Palmira: ICA, 1968. 125.p.
- RAMIREZ, Amanda e IPAZ, Lennin. Efecto del enclamiento y una enmienda orgánica en el desarrollo y producción de seis variedades de (*Medicago Sativa*) en terrenos ácidos del municipio de Guachucal. Pasto, Colombia. Trabajo de grado (Zootecnista) Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 1996. 76.p.
- ROMERO, J. El espárrago, Navarra: Instituto Técnico y Gestión del Cereal. (II GA), 1988. 40.p.
- SALAMANCA, Rafael. Pastos y Forrajes: Producción y manejo. Bogotá: USTA, 1990. 320.p.
- SALDARRIAGA, V.A. Plagas en pastos y forrajes. Medellín: ICA, 1979. 275.p.
- SEGURA, M y CHAMBLE S. Forrajes en el Perú. México: Continental. 1970. 421.p.
- SHEPHERDS, B. et. al. Ensiling an pasture crops year book agric. Estado Unidos: Departamento de agricultura, 1984. 290.p.
- SILVA, Mario. Reconocimientos generales sobre gramíneas y leguminosas de clima frío, medio y cálido. Pasto: ICA – DRI, 1983. 18.p.
- SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA EL SUELO: Fertirrigación. Bogotá: línea Editores Ltda., 1997. 180.p.
- SOLARTE, Lucy. Evaluación del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*). Pasto, Trabajo de grado (zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal. 1986. 79.p.
- VÁZQUEZ, E y Torres, S. Fisiología vegetal. La Habana, Cuba: Pueblo y educación, 1987. 643.p.
- VILLAMIZAR, F. et.al. La alfalfa, gramíneas y leguminosas de Colombia. Bogota: ICA 1989. 456.p.
- VILLEGAS, Enriqueta. Manual de Fertilizantes. Bogotá: Números, 1987. 63.p.
- VIVEROS, Miguel. Manual de Laboratorios de Suelos. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1980. 109.p.
- WILLARD, Garman. Manual de fertilizantes. México: Limusa, 1982. 25.p.

ANEXOS

Anexo A. Diseño del área experimental



Anexo B. composición del fertilizante químico para fertirriego

| N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO | PH |
|-----|-------------------------------|------------------|-----|-----|-------|
| (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (g/l) |
| 16 | 30 | 10 | 0.4 | 0.4 | 5.3 |

Además de estos nutrientes también contiene elementos menores como magnesio, azufre, hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

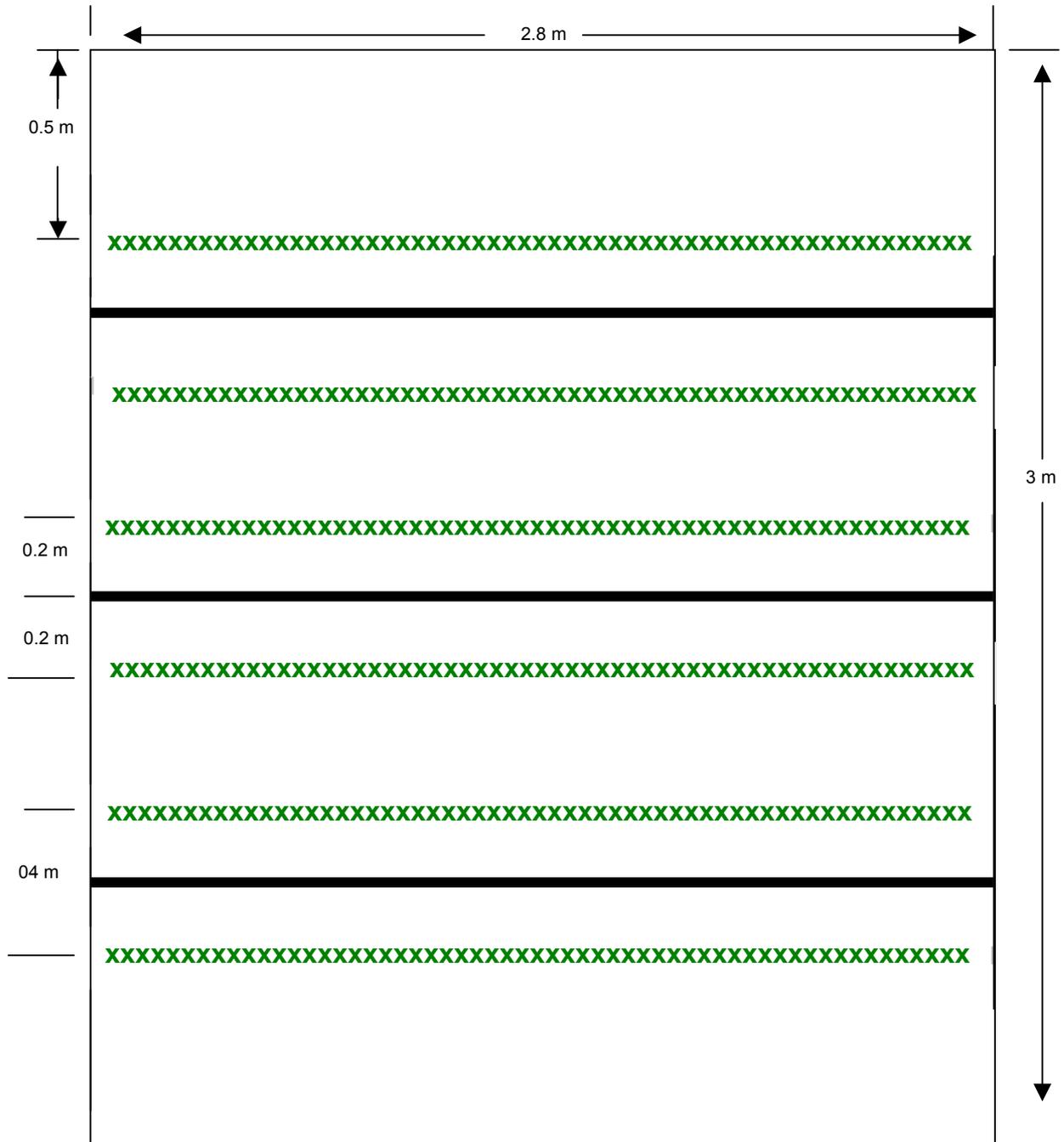
Fuente: Coljap, 2.003.

Anexo C. composición del fertilizante orgánico líquido para fertirriego

| COMPONENTE | g/l |
|---|------|
| Materia orgánica | 260 |
| Extractos húmicos | 195 |
| Nitrógeno total | 19.5 |
| Fósforo Asimilable (P ₂ O ₅) | 130 |
| Potasio soluble | 20 |
| Boro | 3.9 |
| Calcio (CaO) | 39 |

Fuente: Biofertilizantes de Colombia, 2.003.

Anexo D. Diseño de la unidad experimental



————— Tubo Geotextil Exudante

xxxxxxxxxx Surcos de Alfalfa

Anexo G. producción de forraje verde, materia seca, proteína y nutrientes digestibles totales (NDT) en toneladas por hectárea en 3 cortes consecutivos.

| Tratamiento | VARIABLES | 1.er Corte | 2.o. Corte | 3.er Corte |
|--------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| T0 | Forraje verde | 17.2 | 17.7 | 19.2 |
| | Materia seca | 2.1 | 2.5 | 2.6 |
| | Proteína | 0.65 | 0.86 | 0.89 |
| | NDT | 1.8 | 1.9 | 2.2 |
| T1 | Forraje verde | 20.3 | 22.1 | 20.9 |
| | Materia seca | 3.0 | 2.8 | 3.0 |
| | Proteína | 0.99 | 1.06 | 1.02 |
| | NDT | 2.1 | 2.3 | 2.4 |
| T2 | Forraje verde | 11.5 | 14.7 | 17.1 |
| | Materia seca | 1.5 | 2.1 | 2.4 |
| | Proteína | 0.52 | 0.75 | 0.84 |
| | NDT | 1.2 | 1.7 | 2.0 |

Fuente: Esta investigación.

Anexo H. Análisis químico proximal de alfalfa en base seca para el T0.

| | 1.er Corte | 2.o Corte | 3. er Corte |
|---------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Materia seca (%) | 12.54 | 14.08 | 13.92 |
| Ceniza (%) | 15.22 | 11.36 | 13.84 |
| Extracto etéreo (%) | 2.89 | 2.20 | 3.89 |
| Fibra (%) | 30.69 | 22.54 | 23.14 |
| Proteína (%) | 30.15 | 34.66 | 33.49 |
| E. N. N (%) | 21.05 | 29.24 | 25.66 |
| Energía (Kcal/100g) | 459 | 421 | 448 |

Fuente: Laboratorio de bromatología Universidad de Nariño.

Anexo I. Análisis químico proximal de alfalfa en base seca para el T1.

| | 1er. Corte | 2o. Corte | 3er.Corte |
|---------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Materia seca (%) | 14.69 | 13.09 | 14.61 |
| Ceniza (%) | 13.59 | 11.90 | 12.89 |
| Extracto etéreo (%) | 2.61 | 2.33 | 4.24 |
| Fibra (%) | 22.40 | 26.70 | 21.11 |
| Proteína (%) | 33.17 | 36.68 | 33.63 |
| E. N. N (%) | 28.23 | 22.39 | 28.13 |
| Energía (Kcal/100g) | 419 | 426 | 441 |

Fuente: Laboratorio de bromatología Universidad de Nariño.

Anexo J. Análisis químico proximal de alfalfa en base seca para el T2.

| | 1.er Corte | 2.o Corte | 3.er Corte |
|---------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Materia seca (%) | 13.64 | 14.72 | 14.24 |
| Ceniza (%) | 14.08 | 11.17 | 13.23 |
| Extracto etéreo (%) | 3.04 | 2.16 | 4.15 |
| Fibra (%) | 28.82 | 20.25 | 21.84 |
| Proteína (%) | 32.87 | 34.56 | 34.51 |
| E. N. N (%) | 21.20 | 31.86 | 26.28 |
| Energía (Kcal/100g) | 426 | 427 | 441 |

Fuente: Laboratorio de bromatología Universidad de Nariño.

Anexo K. Requerimientos nutricionales de alfalfa utilizados en la investigación

| N | P2O5 | K2O | Mg | S | B | Mo | PRODUCCIÓN |
|-----|------|-----|----|----|----|----|---------------|
| 318 | 85 | 340 | 52 | 28 | 30 | 30 | 70 Ton/f.v/ha |

Fuente: FRIED Y BROESHART, 1965; Y MENDOZA, P. 1980.