

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE TRES SISTEMAS DE FERTILIZACION  
UTILIZANDO RIEGO LOCALIZADO POR EXUDACIÓN EN LA PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD NUTRICIONAL DEL PASTO AUBADE *Lolium sp* EN LA VEREDA CRUZ  
DE AMARILLO, CORREGIMIENTO DE CATAMBUCO

YENNY DELGADO GÓMEZ  
MAURA EDILMA MIPAZ ORTEGA

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

DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE TRES SISTEMAS DE FERTILIZACION  
UTILIZANDO RIEGO LOCALIZADO POR EXUDACIÓN EN LA PRODUCCIÓN Y  
CALIDAD NUTRICIONAL DEL PASTO AUBADE *Lolium sp* EN LA VEREDA CRUZ  
DE AMARILLO, CORREGIMIENTO DE CATAMBUCO

YENNY DELGADO GOMEZ  
MAURA EDILMA MIPAZ ORTEGA

Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Zootecnistas

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 de sus autores”

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

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**HERNAN OJEDA JURADO**  
Jurado delegado

---

**MARINO RODRIGUEZ**  
Jurado

---

**JAIRO OLIVA BURBANO**  
Presidente

---

**LUIS CARLOS OJEDA GAMBOA**  
Copresidente

San Juan de Pasto, Febrero de 2005

**DEDICADO A:**

DIOS: cuando yo más necesitaba de alguien él estuvo allí y no me abandona.

MIS PADRES: Rosa América y Luis Antonio, mis mas fieles amigos quienes estuvieron conmigo en todo momento y lucharon para sacarme adelante.

MIS HERMANOS: Tatiana, Piedad, Jaime y Javier q.e.p.d., ellos me brindaron su apoyo incondicional y depositaron en mi toda su confianza.

MI HIJO: Jaenfranco, su ternura me colma de felicidad y alegría dándome fuerza para continuar con mis metas.

MI ESPOSO: Jairo, por estar conmigo siempre.

YENNY DELGADO GOMEZ

**DEDICO A:**

DIOS: por ser mi guía y luz en cada instante de mi vida

MIS PADRES: Rosita María porque gracias a su esfuerzo, constancia, apoyo incondicional ha estado siempre para guiarme y darme un consejo, llenarme de ánimo para lograr que culminara con éxito esta gran etapa. A mi padre Campo Elías, por sus consejos, valores inculcados que hicieron de mi una mejor persona y poder llegar hacer cada día una persona de bien.

MIS HERMANOS: Beatriz, Doris, Cristina, Gustavo y Omar, por estar día tras día pendientes de mi cuando más los necesitaba.

MI CUÑADO: Juan Carlos, por su apoyo incondicional

MIS AMIGOS y MI FAMILIA.

MAURA EDILMA MIPAZ ORTEGA

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sus agradecimientos a:

JAIRO OLIVA BURBANO, Zoot.

LUIS CARLOS OJEDA GAMBOA, I.A.

HERNAN OJEDA JURADO, Zoot.

MARINO RODRÍGUEZ, I.A.

GUSTAVO CHINGUAL, M.V.

La Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	19
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
4. MARCO TEORICO	22
4.1 FERTILIZACION	22
4.1.1 Fertilización de establecimiento	22
4.1.2 Fertilización de mantenimiento	23
4.1.3 Encalamiento	23
4.1.4 Importancia de los macro y microelementos en los pastos	24
4.1.5 Fertilización química líquida	28
4.1.6 Fertilización orgánica	28
4.2 SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO POR EXUDACIÓN	30
4.2.1 Descripción	30
4.2.2 Características del equipo	31
4.2.3 Características de funcionamiento	32
4.2.4 Estudios y aplicaciones	34
4.3 FERTIRRIGACION	35

4.3.1 Ventajas	36
4.3.2 Estudio comparativo	37
4.3.3 Técnicas de aplicación	37
5. DISEÑO METODOLOGICO	40
5.1 LOCALIZACION	40
5.2 AREA EXPERIMENTAL	40
5.3 SIEMBRA Y CONTROL DE MALEZAS	40
5.4 FERTILIZACION	41
5.5 COSECHA	41
5.6 TRATAMIENTOS	41
5.7 ANALISIS ESTADÍSTICO	41
5.7.1 Modelo propuesto	41
5.7.2 Formulación de hipótesis	42
5.8 VARIABLES EVALUADAS	42
5.8.1 Producción de forraje verde/m <sup>2</sup>	42
5.8.2 Producción de materia seca/m <sup>2</sup>	42
5.8.3 Producción de proteína/m <sup>2</sup>	42
5.8.4 Producción de nutrientes digestibles totales/m <sup>2</sup>	42
5.9 EVALUACION ECONOMICA	42
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
6.1 PRODUCCION DE FORRAJE VERDE EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO	43

6.2 PRODUCCION DE MATERIA SECA EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO	47
6.3 PRODUCCION DE PROTEINA EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO	51
6.4 PRODUCCION DE NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO	55
6.5 ANALISIS ESTADÍSTICO	58
6.5.1 Costos fijos	58
6.5.2 Costos variables	58
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	70

## LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Requerimientos Nutricionales del pasto aubade ( <i>Lolium sp</i> ) kg/Ha/Año	28
Cuadro 2. Resultados del análisis de muestras de suelo	40
Cuadro 3. Producción de forraje verde promedio de tres cortes (kg/m <sup>2</sup> )	43
Cuadro 4. Análisis Bromatológico del pasto Aubade. Promedio de tres cortes en base a materia seca (%).	47
Cuadro 5. Producción de materia seca promedio de tres cortes (kg/m <sup>2</sup> )	48
Cuadro 6. Producción de proteína promedio de tres cortes (kg/m <sup>2</sup> )	51
Cuadro 7. Producción de NDT promedio de tres cortes (kg/m <sup>2</sup> )	55
Cuadro 8. Costos de producción del pasto Aubade por Ha/Año. Costos fijos	58
Cuadro 9. Costos variables del pasto aubade por Ha/Año	59
Cuadro 10. Costos de producción del pasto aubade \$/Ha/Año	60

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Producción de forraje verde promedio de tres cortes en $\text{kg/m}^2$	43
Figura 2. Producción de materia seca promedio de tres cortes en $\text{kg/m}^2$	48
Figura 3. Porcentaje de materia seca promedio de tres cortes	49
Figura 4. Producción de proteína promedio de tres cortes en $\text{kg/m}^2$	52
Figura 5. Porcentaje de proteína promedio de tres cortes	52
Figura 6. Producción de Nutrientes digestibles totales promedio de tres cortes en $\text{kg/m}^2$	56
Figura 7. Porcentaje de NDT promedio de tres cortes	56

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Análisis de varianza para producción de forraje verde (kg/m <sup>2</sup> ) en tres cortes sucesivos	70
Anexo B. Análisis de varianza para producción de materia seca (kg/m <sup>2</sup> ) en tres cortes sucesivos	71
Anexo C. Análisis de varianza para producción de proteína (kg/m <sup>2</sup> ) en tres cortes sucesivos	72
Anexo D. Análisis de varianza para producción de NDT (kg/m <sup>2</sup> ) en tres cortes sucesivos	73
Anexo E. Prueba de comparación de Tukey para las diferentes producciones Evaluadas	73
Anexo F. Resultados obtenidos de producción de forraje verde por aforo de 25 cm <sup>2</sup> en cada corte	74
Anexo G. Composición química del Fertilizante orgánico líquido Reabono	75

## GLOSARIO

**AREA FOLIAR:** medida de la superficie de cada una de las hojas que conforman la parte fotosintética de las plantas.

**CINTA TUBO:** es aquella que cuando se encuentra en funcionamiento forma un tubo y cuando se desocupa queda en forma de cinta.

**CLOROSIS:** estado enfermizo de las plantas verdes que se percibe por la amarillez de la parte verde de las plantas.

**EXUDACIÓN:** o transpiración, es un sistema de riego localizado a través de pequeños poros, produce una banda de humedad ancha continua y uniforme en toda la longitud de líneas de riego, las que pueden colocarse sobre la superficie del suelo o enterradas a la profundidad de mayor desarrollo de las raíces. Con este riego se obtiene una elevada uniformidad de emisión del agua de riego para diferentes presiones de trabajo, dando como resultado un uso más eficiente del recurso agua.

**FENOLOGIA:** estudio de los fenómenos periódicos de las plantas dependientes de factores climáticos (floración, aparición, caída de hojas, fructificación, etc.).

**FERTIRRIEGO:** aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos por medio del agua de riego, creando agua enriquecida con nutrientes.

**FRUCTOSANO:** principal carbohidrato de reserva de las gramíneas de zona templada.

**HIDROPONÍA:** cultivo artificial de plantas mediante una solución de sales inorgánicas en recipientes de concreto u otros.

**OBTURACIÓN:** cierre de una abertura o conducto.

**PLANTAS C<sub>3</sub>:** son las leguminosas y gramíneas de zona templada que durante los primeros estados productivos de la fotosíntesis, están compuestos por 3 carbonos, tienen una menor acumulación de materia seca con un mayor valor nutritivo.

**PLANTAS C<sub>4</sub>:** gramíneas tropicales que poseen características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas, que las hacen potencialmente más eficientes en el proceso fotosintético; tienden a exhibir una mayor acumulación de materia seca pero un menor valor nutritivo.

**PRESURIZADO:** que se encuentra bajo una presión apropiada a las plantas con ambientes de gran presión atmosférica.

**SENEESCENCIA:** disminución gradual del funcionamiento normal de las células por envejecimiento conllevándolas a la muerte individual y después por lo general de todo el individuo.

**TRANSPIRACIÓN:** eliminación de vapor de agua por las plantas realizada a través de la cutícula o de los estomas para la termorregulación y la reacción fotosintética.

**TUBO GEOTEXTIL O PORITEX:** tubo recubierto por una resina porosa, la cual permite el paso de agua en pequeñas cantidades en la medida que la planta vaya necesitando.

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en la Vereda Cruz de Amarillo, Corregimiento de Catambuco, localizada a 13 km de la ciudad de Pasto, ubicada a 2820 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 12°C y una precipitación anual de 1059 mm; el cual consistió en evaluar dos sistemas de fertirrigación del pasto Aubade *Lolium sp* mediante la utilización de riego por exudación frente a una fertilización convencional.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones cada uno, los cuales fueron representados de la siguiente manera:

T0 testigo con fertilización inicial 600 kg/Ha/Año de abono químico 25-15-0-3 representado en N 150 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/Ha/Año y 50 kg de Nitrógeno después de cada corte más la aplicación de riego por exudación (para un total de 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea/año).

Para T1 se aplicó fertirriego por exudación con abono orgánico líquido en dosis de 2600 L/Ha/Año constituyendo en nitrógeno total 340 kg, en fósforo asimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 40 kg/Ha/Año.

Finalmente para el tratamiento T2 se utilizó fertirriego por exudación con fertilizante químico soluble 200 kg/Ha/Año de Superfósforo triple (DAP) más 250 kg de Urea equivalente a 150 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /Ha/Año y posteriormente se realizó una aplicación de 50 kg de Nitrógeno después de cada corte (para un total de 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea/año).

En los dos últimos tratamientos T1 y T2 el suministro de fertilizante se hizo en forma fraccionada tres aplicaciones antes de cada corte.

El análisis estadístico se estableció mediante análisis de varianza con pruebas de comparación de Tukey; en donde presentaron diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas. El T2 que corresponde a fertirriego por exudación con fertilizante químico soluble representando en nitrógeno 550 kg y en fósforo 90 kg/Ha/Año; tuvo el mejor comportamiento con una producción de forraje verde de 5.7 kg/m<sup>2</sup>, un rendimiento de materia seca de 1 kg/m<sup>2</sup>, proteína 0.25 kg/m<sup>2</sup>, Nutrientes Digestibles Totales 0.74 kg/m<sup>2</sup>, y un costo por kilogramo de forraje verde de \$6.4, materia seca de \$36.2, proteína \$139.7 y NDT de \$49.5.

## ABSTRACT

This research was developed in a Village called “Cruz de Amarillo” in “Catambuco”, which is located on 2820 meters over the sea and 13 kilometers far from Pasto, its average temperature is 12°C and its annual precipitation is 1059 mm. This research consisted of evaluating two systems of fertirrigation of the Hay called “Aubade *Lolium sp*” through the use of irrigation by sweating faced to a conventional fertilization.

A block design completely at random was used with three treatments and three repeats each one, which were represented in the following way:

To was the proof with the initial fertilization 600 kg/Ha/per year of chemical fertilizer 25-15-0-3 represented in N 150 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg and 50 kilograms of Nitrogen after every cut more the application of the irrigation by sweating (for a total of 550 kg of nitrogen and 90 kg of phosphorus for Ha/per year).

For T1 a fertirrigation by sweating was used with liquid Organic fertilizer with a quantity of 2600 l/Ha/ per year constituting in total nitrogen 340 kg, in assimilable phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)40 kg/Ha/per year.

Finally, for the treatment T2 was useful a fertirrigation by sweating with chemical soluble fertilizer 200 kg/Ha/per year of Triple Superphosphate (DAP) more 250 kg of Urea equivalent to 150 kg of N and 90 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and later an application of 50 kg of Nitrogen was used after each cut (for a total of 550 kg of nitrogen and 90 kg of phosphorus for Ha/per year).

For the two last treatments T1 and Ta, the supply of fertilizer was carried out in a fractioned way, three applications before each cut.

The statistical analysis was established by means of an analysis of change with proofs of comparison of Turkey; where they presented meaningful differences for every evaluated variable. The T2 that belongs to a fertirrigation by sweating with soluble chemical fertilizer applying 550 kg of nitrogen and 90 kg of phosphorus for Ha/per year; then, it was better with a production of green hay of 5.7 kg/m<sup>2</sup>, a rendition of dry material of 1 kg/m<sup>2</sup>, protein 0.25 kg/m<sup>2</sup>, total digestible nutrients 0.74 kg/m<sup>2</sup> and the cost of kilogram of green hay is 56.4 pesos, dry material of costs 36.2 pesos, protein costs 139.7 pesos and total digestible nutrients costs 49.5 pesos.

## INTRODUCCIÓN

La mayoría de las fincas en el Departamento de Nariño presentan como aspecto de especial sensibilidad la baja disponibilidad de agua para riego, que impide en muchos casos garantizar la viabilidad de los cultivos y la producción pecuaria en general, por lo tanto es indispensable implementar tecnologías que permitan utilizar eficientemente el recurso hídrico cada vez mas escaso, con el fin de lograr el normal desarrollo de los cultivos y la expresión del potencial de producción forrajera de las praderas, como alimento básico de la dieta de rumiantes y herbívoros de interés comercial en esta región del país.

En este sentido, el riego por exudación ofrece varias ventajas para el sector agropecuario tales como: ahorro de fertilizantes y agua de un 50 – 60 % respecto a los sistemas de riego tradicionales; sin problema de filtración, necesita baja presión, oxigena la tierra, se limpia fácilmente; tiene una duración enmarcada dentro de los 30 años ya que es imputrescible.

De otra parte el riego por exudación es un medio idóneo para la aplicación localizada de fertilizantes orgánicos y químicos solubles proceso denominado fertirriego, permitiendo un ahorro sustancial en los mismos, mejorando la disponibilidad de los macro y micro elementos que sustentan alta productividad, constituyéndose en un avance importante en la producción intensiva de forrajes de alta calidad y mayor rendimiento.

En consecuencia, la presente investigación busca establecer si la utilización de fertirriego mejora la productividad y calidad nutricional de pasto aubade (*Lolium sp*), como una alternativa tecnológica que permita solucionar los inconvenientes en este tipo de producción agronómica de interés zootécnico por cuanto se constituye en la base de la producción animal en nuestra región caracteriza como la tercera cuenca lechera y como el primer núcleo productivo de cuyes en el país, en donde este sistema tiene posibilidades amplias de aplicación.

## **1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA**

De manera constante establecer una pradera o cualquier otro tipo de cultivo basado en el comportamiento de los parámetros meteorológicos resulta una operación difícil, impredecible y riesgosa ya que en nuestra zona existen variantes climáticas en cuanto a épocas de invierno y verano; esto dificulta al pequeño productor no solo la obtención de suficientes cantidades de forraje para sustentar la producción pecuaria, sino que las dificultades en la producción de forrajes afectan la calidad nutricional de estos alimentos.

En períodos de verano es indispensable la utilización de riego para mantener los pastos en óptimas condiciones fitosanitarias y vegetativas. La principal limitante es el agua que no en todas las fincas se encuentra en altas cantidades y la utilización de sistemas de riego poco eficientes y de difícil mantenimiento, los cuales hacen que la productividad de los forrajes disminuya ostensiblemente en las épocas de sequía afectando directamente la producción animal.

De otra parte, los esquemas tradicionales de fertilización no permiten el suministro constante de nutrientes durante el ciclo vegetativo; estos se reducen a aplicaciones esporádicas en grandes cantidades lo cual puede ocasionar pérdida de nutrientes por la volatilización especialmente compuestos nitrogenados (N) y que por la cantidad de mano de obra utilizada, hacen esta práctica costosa.

En consecuencia, para la producción de forraje de alta calidad es necesario suministrar los nutrientes requeridos por la planta en las cantidades adecuadas, de manera constante y con la humedad necesaria que permita su vehiculización y absorción; en este punto el riego por exudación, permite dosificar cantidades de fertilizantes de manera exacta, logrando la mayor productividad forrajera con el efecto sobre la producción animal sea cual fuere el propósito.

De otra parte el sistema de riego por exudación permite cuantificar las necesidades de agua en el cultivo evitando el desperdicio del recurso; por esta razón resulta una alternativa tecnológica viable en las actuales condiciones climáticas, caracterizadas por épocas de marcada sequía en verano y otros eventos ambientales extremos como el fenómeno del niño y la niña, que aunado a la acelerada deforestación afectan el ciclo normal de lluvias, de tal manera que es posible solventar esta limitante mediante la utilización racional del agua disponible para riego en diferentes zonas del Departamento y del País.

De tal manera que la realización de esta investigación permite actualizar los conocimientos respecto a la producción de forraje, proyectada sobre la base de tecnología de vanguardia y aporta al avance de esta área de conocimiento básico en la formación de profesionales cuyo objeto es la producción pecuaria y agrícola; así mismo es posible validar sistemas de manejo de forrajes con miras a mejorar los rendimientos de los pequeños y medianos productores en el Departamento.

## **2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

La utilización de riego por exudación facilita la aplicación de fertilizantes de una manera óptima para el cultivo, de allí la necesidad de evaluar la aplicación de diferentes tipos de fertilizantes por medio de fertirriego, cuantificar la necesidad económica de agua, la eficiencia en la utilización de fertilizantes y determinar al mismo tiempo su impacto en cuanto al mejoramiento de la cantidad y calidad de forraje por unidad de superficie cultivada bajo este sistema.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de tres sistemas de fertilización utilizando riego localizado por exudación en la producción y calidad nutricional del pasto aubade (*Lolium sp*) en la vereda Cruz de Amarillo, Corregimiento de Catambuco.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ❖ Evaluar la producción de forraje verde y materia seca por área de superficie entre los tratamientos experimentales.
- ❖ Determinar la producción de proteína y energía bruta por unidad de superficie en los diferentes sistemas de fertilización y riego.
- ❖ Realizar un análisis parcial de costos.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 FERTILIZACION

Las especies forrajeras particularmente las gramíneas responden muy bien a la fertilización, en términos de la cantidad de forraje producido por unidad de superficie. Esta respuesta positiva se debe principalmente al Nitrógeno; sin embargo la mayor cantidad de forraje producido conlleva necesariamente a una mayor extracción o demanda de otros nutrientes, particularmente 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 a la fertilización, se perderá una parte del efecto del nitrógeno aplicado y además disminuirá acentuadamente el valor nutritivo del forraje<sup>1</sup>.

La respuesta de los pastos a la fertilización se puede considerar desde diferentes aspectos. El efecto más notable de la fertilización está representada por un incremento en la producción de materia seca, que es la respuesta que generalmente se analiza para demostrar los beneficios obtenidos con esta práctica, otro aspecto a tener en cuenta es la calidad del forraje, medida por el contenido de los distintos nutrimentos utilizados por el animal, como proteína, minerales o variaciones en la digestibilidad del pasto, efecto de la fertilización también se manifiesta en el incremento productivo de una explotación y finalmente la fertilización debe mejorar la rentabilidad de la explotación, es decir debe aumentar los ingresos del productor, mediante un adecuado retorno económico, como consecuencia de la práctica aplicada<sup>2</sup>.

#### 4.1.1 Fertilización de establecimiento. Pantoja, Correa y Melo<sup>3</sup> manifiestan que:

En Nariño, se ha encontrado que los pastos responden muy bien a la fertilización nitrogenada, igualmente se ha demostrado la conveniencia de hacer aplicaciones de fósforo y en menor proporción de potasio. En la fertilización de establecimiento juega un papel muy importante el fósforo especialmente debido a que es un elemento determinante del desarrollo radical. La deficiencia de fósforo durante el establecimiento comprometerá muy seriamente el futuro de la pradera.

---

<sup>1</sup>BERNAL EUSSE, Javier. Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío. Bogotá : Monómeros Colombo-Venezolanos, 1998. p. 353.

<sup>2</sup>Ibid., p. 353.

<sup>3</sup>PANTOJA, Carlos; CORREA, Ramón y MELO, Marco. Recomendaciones técnicas para los cultivos y especies pecuarias prioritarias en el área de influencia del creced altiplano de Nariño. Pasto : Instituto Colombiano Agropecuario, 1989. p. 47.

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. No es recomendable hacer una fertilización muy fuerte al momento de la siembra porque las plántulas utilizan las reservas de la semilla y no son tan eficientes como las plantas desarrolladas para utilizar fertilizantes<sup>4</sup>.

**4.1.2 Fertilización de mantenimiento.** Según Salamanca<sup>5</sup> “la fertilización de mantenimiento está encaminada a devolver al suelo los nutrientes extraídos por los pastos, con el objeto de que la producción forrajera no decaiga aceleradamente debido a la pérdida de la fertilidad del suelo y de esta manera conserve el buen nivel de productividad en la explotación”.

Pantoja, Correa y Melo<sup>6</sup> manifiestan que:

El éxito de la duración de producción de una pradera depende de su manejo y la fertilización de mantenimiento sobre todo con la aplicación de nitrógeno, sin embargo se ha visto que es necesario hacer aplicaciones de abono compuesto NPK, por lo menos anualmente adicionando también elementos menores. Las combinaciones de NP, NS son también fundamentales para mantener altos rendimientos en pasturas mejoradas y debidamente manejadas .

**4.1.3 Encalamiento.** Incrementa los contenidos de Ca, Mg y P del forraje, especialmente cuando se hace con cal dolomítica. La sobredosis de cal agrícola puede tener como consecuencia una disminución en la concentración de Mg en el forraje, especialmente en especies como los raigrases que se caracterizan por absorber cantidades bajas de este nutrimento. Mejora los contenidos de micronutrientes en el forraje debido a que estos se encuentran como impurezas de las cales, especialmente Mn, Zn, Co, Cu y Mo; pero más importante aún es el efecto de la cal sobre el pH, que modifica la disponibilidad de algunos nutrimentos<sup>7</sup>.

En pastos establecidos pueden con el tiempo desarrollarse problemas de acidez, particularmente por el uso de fertilizantes nitrogenados que requieren controlarse a través del encalado. Cuando el pasto está establecido no es posible incorporar la cal como se lo hace a la siembra de la pastura. Sin embargo se pueden corregir problemas de acidez en pastos establecidos aplicando cal a la superficie. En un pasto establecido

---

<sup>4</sup>CUASTUMAL P., Fanny y CUASTUMAL P., Jairo. Efecto de sustancias orgánicas en el pasto Tetralite (*Lolium hybridum*) sobre la producción de biomasa en el municipio de Yacuanquer. Pasto 1999. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. p. 16.

<sup>5</sup>SALAMANCA, Rafael. Pastos y forrajes : producción y manejo. Bogotá : Editorial USTA, 1986. p. 67.

<sup>6</sup>PANTOJA, CORREA y MELO, Op. cit., p. 49.

<sup>7</sup>BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit., p. 342.

la zona de actividad radicular es superficial debido a que las raíces mueren y se descomponen en una zona restringida a los primeros 15 a 20 cm superficiales del suelo, enriqueciendo esta zona con materia orgánica y nutrientes. La cal puede penetrar en el primer estrato superficial (0-5 cm) controlando la acidez en la zona de mayor actividad radicular<sup>8</sup>.

**4.1.4 Importancia de los macro y micronutrientes en los pastos.** El aubade es exigente en fertilización especialmente en nitrógeno, fósforo, calcio, azufre, magnesio, cobre, zinc y boro. Al momento de la siembra se debe hacer la fertilización de establecimiento que deberá incluir todos los elementos que según el análisis químico del suelo se encuentren en cantidades inferiores a las requeridas por el pasto<sup>9</sup>.

▪ **Nitrógeno.** Estrada<sup>10</sup> argumenta que:

Es el principal constituyente de los aminoácidos de la planta que generan las proteínas y ácidos nucleicos, además de formar parte de vitaminas, fosfolípidos y clorofila. Su principal función es aumentar el vigor de la planta, dar el color verde a las hojas y a la planta en general, promover la formación de yemas y por lo tanto es el elemento que promueve la formación del tejido vegetal potencializando el crecimiento de la planta. En la planta su deficiencia conduce a un bajo crecimiento, color verde pálido, escaso macollamiento y por ende conlleva a una mala calidad, sin embargo los excesos de nitrógeno en la planta determinan un excesivo crecimiento, volcamiento y toxicidad.

“Se considera como uno de los elementos más limitantes para la obtención de una buena producción y calidad de los forrajes, sin embargo las fuertes dosis y frecuencia de aplicación del nitrógeno debe ser adecuada ya que las altas aplicaciones son costosas y puede perjudicar a la planta y al suelo afectando la producción y calidad del pasto”<sup>11</sup>.

Si los pastos quedan con muy poca área foliar después del corte o pastoreo, es conveniente esperar un poco hasta que se haya desarrollado cierta área foliar, para hacer la aplicación de Nitrógeno químico, fundamentalmente porque después del .corte o pastoreo estas plantas inician nuevamente su crecimiento con base en sus

---

<sup>8</sup>BERNAL EUSSE, Javier. Encalado y uso de correctivos del suelo en pastos. En: SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE; ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHJE y SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Curso Manejo de pastos y conservación de forrajes : Memorias técnicas. Bogotá : Produmédios, 2002. p. 24.

<sup>9</sup>ARGÜELLES MENDOZA, Germán; ALARCÓN MILAN, Enrique. Principales pastos de corte en Colombia. Bogotá : Ediciones Produmédios, 1999. p. 20.

<sup>10</sup>ESTRADA ALVAREZ, Julián. Pastos y forrajes para el trópico Colombiano. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2001. p. 50.

<sup>11</sup>HURTADO GOMEZ, Carlos J. Y REALPE CHICAIZA, Carlos A. Respuesta del pasto aubade (*Lolium sp.*) a la aplicación de diferentes niveles de abono orgánico en la Vereda Cabrera. Pasto1998. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. p. 30.

reservas de carbohidratos (plantas C<sub>4</sub> Almidones y plantas C<sub>3</sub> Fructosanos) hasta desarrollar lámina foliar y reiniciarse la fotosíntesis y de esta manera reactivar la absorción de los nutrientes del suelo por parte de los pastos. Este tiempo después del corte depende de la altura a la que haya quedado el pasto y la cantidad de lámina foliar fotosintéticamente activa del pasto en dicho corte, por lo tanto se debe dejar entre 3-15 días antes de la aplicación del fertilizante químico<sup>12</sup>.

Los efectos de la fertilización nitrogenada son: incremento en la velocidad de crecimiento, aumento en la producción de forraje, mejoramiento en la calidad del forraje especialmente en el contenido de proteína bruta y fortalecimiento relativo de los pastos mejorados con respecto a la mezcla. En relación a la calidad del forraje respecto al contenido de proteína.<sup>13</sup>.

Para establecer las recomendaciones de fertilizantes nitrogenados, en algunos cultivos se han tenido en cuenta el contenido de materia orgánica, textura del suelo, precipitación pluvial. Debido a que la utilización de nitrógeno es más lenta en climas fríos que en climas cálidos, posiblemente debido a la acción inhibidora de la temperatura en los procesos microbiológicos lo cual resulta una lenta tasa de nitrificación<sup>14</sup>.

“Existe una correlación significativa entre el contenido hídrico del suelo y la eficiencia en el uso del nitrógeno, así una deficiencia de agua produce un estrés fisiológico en la planta, que disminuye la tasa de crecimiento debido a una reducción en la tasa de incremento de área foliar”<sup>15</sup>.

Es importante señalar que el efecto del nitrógeno sobre la dinámica del crecimiento (en este caso la tasa de aparición foliar) está afectado por las variables del medio, tales como la luminosidad. Existe una interacción entre alto nivel de este elemento y alta intensidad de iluminación que produce un adecuado nivel de carbohidratos, necesario para originar un incremento significativo de la aparición foliar<sup>16</sup>.

Se han reportado disminuciones de hasta el 7% en el contenido de materia seca del forraje, cuando se fertiliza con nitrógeno, debido a un aumento en el contenido de agua en la planta. El efecto general de la aplicación de nitrógeno es un aumento en

---

<sup>12</sup>ESTRADA, Op. cit., p. 51.

<sup>13</sup>GUZMÁN, citado por HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 30.

<sup>14</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 30.

<sup>15</sup>ROMERO C., *et al.* Efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes morfológicos del pasto estrella (*Cynodon plectostachus*) en la zona de Bajo Tocuyo estado de Falcón. [online]. Falcón, Venezuela: FONIAP, s.f. [citado 12 may., 2004]. Disponible en: <<http://www.ceniap.gov.ve/zt160/texto/estrella.htm>>

<sup>16</sup>ROMERO, Op. cit., p. 45.

la producción de materia seca y proteína por unidad de área, así como la producción de grandes cantidades de hojas, cuando se dispone de suficiente humedad. El efecto estimulador que ejerce el nitrógeno especialmente en la producción de hojas tiene como resultado inmediato una disminución en el contenido de los carbohidratos de reserva especialmente fructosana<sup>17</sup>.

- **Fósforo.** Es un constituyente principal de los ácidos nucleicos, fosfolípidos y vitaminas, además es un elemento indispensable para todos los procesos que requieren energía en la planta. Como función en la planta, interviene en la producción de raíces y en la formación de estructuras de reproducción (semillas). La deficiencia de fósforo determina un bajo crecimiento y desarrollo de la planta produciendo tallos cortos y raíces escasas. El exceso de este elemento tiene como consecuencia que acelera la maduración de la planta<sup>18</sup>.

Según Quintero y Boschetti<sup>19</sup>:

Las plantas que sufren deficiencias de P reducen la expansión foliar, determinando una menor superficie foliar y un menor número de hojas, juntamente con un amarillamiento y senescencia prematura de las hojas maduras. En contraste el contenido de proteínas y de clorofila por unidad de área foliar no es muy afectado. Frecuentemente el contenido de clorofila es aun mayor en plantas deficientes lo que les da a las hojas un color verde oscuro, sin embargo la eficiencia fotosintética por unidad de clorofila es mucho menor. El crecimiento aéreo se deprime mas que el radical destinando las plantas una proporción mayor de carbohidratos hacia las raíces. Todo esto resulta en una subutilización de los recursos del ecosistema como la radiación y el agua, lo que determina inferiores producciones de forraje.

- **Potasio.** Estimula el crecimiento de la raíz y mejora la resistencia de los cultivos a las enfermedades, juega un papel importante en la fotosíntesis, transporte de productos de la fotosíntesis. Favorece la formación de vasos xilemáticos más grandes y distribuidos de manera más uniforme en todo el sistema radicular. Los síntomas de deficiencia son: crecimiento lento, clorosis tallos débiles, las plantas deficientes en potasio no pueden usar eficientemente el agua y otros nutrientes del suelo y son menos tolerantes al ataque de plagas y enfermedades, además, disminuye la producción de semillas<sup>20</sup>.
- **Azufre.** Las plantas requieren este elemento para la síntesis de aminoácidos esenciales para el crecimiento, componente de proteínas, procesos fotosintéticos,

---

<sup>17</sup>BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit., p. 340.

<sup>18</sup>ESTRADA, Op. cit., p. 55.

<sup>19</sup>QUINTERO, Carlos y BOSCHETTI, Gustavo. Manejo del fósforo en pasturas. [online]. Buenos Aires : Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER, jun. 2002 [citado 25 ene., 2004]. Disponible en: <<http://www.fertilizar.org.ar/articulos.htm>>

<sup>20</sup>CALIFORNIA PLANT HEALTH ASSOCIATION. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. México : Editorial Limusa, 2004. p. 95.

actividad enzimática, constitución de vitaminas. En general, los requerimientos de azufre por los cultivos son de magnitud análoga a los de fósforo. Su deficiencia se manifiesta de la misma manera que la de nitrógeno. El azufre está muy relacionado con el metabolismo del nitrógeno tanto en la planta como en el animal. Contenidos adecuados de azufre aumentan el contenido de proteína de los forrajes<sup>21</sup>.

- **Magnesio.** Es un nutriente esencial para las plantas, constituye el núcleo de la molécula de clorofila, además es importante porque fomenta la absorción y transporte del fósforo, ayuda en el almacenamiento de los azúcares dentro de la planta, es el activador, más común de enzimas asociadas con el metabolismo energético, participa en el proceso fisiológico de la absorción del CO<sub>2</sub>. Su deficiencia produce hojas pequeñas, las más jóvenes débiles y propensas al ataque de hongos, suele haber caída permanente de hojas; en algunas plantas hay puntos cloróticos entre las venas<sup>22</sup>.
- **Calcio.** Para Zamorano<sup>23</sup> su función está relacionada con la formación de las paredes y membranas celulares; activa los sistemas enzimáticos y transformación de carbohidratos y aminoácidos y en la reducción de los NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. En los cultivos su deficiencia se deriva de los bajos contenidos de calcio en el suelo que se correlacionan con problemas de toxicidad del aluminio.
- **Boro.** Estrada<sup>24</sup> afirma que:  
Este elemento aumenta la permeabilidad en las membranas y por ende facilita el transporte de carbohidratos, participa en la síntesis de la lignina, es esencial para la división celular, está asociado a la absorción del calcio y su empleo por las plantas, regula la relación potasio / calcio en las plantas y es esencial para la síntesis de proteínas. Los síntomas de deficiencia son la muerte de las plantas en desarrollo, las hojas tienen una textura gruesa y a veces se rizan, el crecimiento radicular se atrofia, baja el contenido de carbohidratos de reserva.
- **Zinc.** Zamorano<sup>25</sup> menciona que este elemento desempeña una función en la síntesis del ácido nucleico y las proteínas, contribuye a la utilización del P y el N en las plantas, es necesario para producir clorofila y la formación de carbohidratos, ayuda a las sustancias

---

<sup>21</sup>ASPIOLA, Enrique. El ciclo del azufre. [online]. s.n. s.f. [citado 23 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.fisicanet.com.ar/monografias/es-04-ciclo-del-azufre.html>>

<sup>22</sup>ALTAMIRANO, Silvia. Las bases técnicas del fertirriego. [online]. s.n. s.f. [citado 23 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.chileriego.cl/revista/diario10/-14.htm>>

<sup>23</sup>ZAMORANO F., A. Los nutrientes del suelo. [online]. s.n. 4 may. 2003 [citado 29 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.fertiberia.com/servicios-on-line/guía-de-abonado/forrajes2.htm>>

<sup>24</sup>ESTRADA, Op. cit., p. 98.

<sup>25</sup>ZAMORANO, Op. cit., 2003.

u hormonas del crecimiento. Su deficiencia ocasiona un bajo desarrollo de las partes jóvenes de las pasturas.

**Cuadro 1. Requerimientos Nutricionales del pasto aubade (*Lolium sp*) kg/Ha/Año**

NUTRIENTE	REQUERIMIENTO
Nitrógeno	432
Fósforo ( $P_2O_5$ )	110
Potasio ( $K_2O$ )	480
Azufre	20

Fuente: Fried y Broeshart (1965), Mendoza, P. (1980), y Guerrero R. (1997)

**4.1.5 Fertilización química líquida.** Según Estrada<sup>26</sup> son los desechos líquidos que resultan de la descomposición anaeróbica de los estiércoles. Funcionan como reguladores del crecimiento de las plantas. Los abonos orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno amoniacal, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Según COLJAP<sup>27</sup> es una línea de fertilizantes diseñada en base en los estados de desarrollo de un cultivo, que se caracteriza por tener una composición completa y balanceada de nutrientes en altas concentraciones, una alta solubilidad, una baja salinidad, reacción ácida y ausencia de sodio y cloro. Estas características le permiten una diversidad de usos como son el fertirriego, las aplicaciones sólidas, foliares y la hidroponía.

**4.1.6 Fertilización orgánica.** “El efecto benéfico de la aplicación de abonos orgánicos, se debe al suministro inmediato de sustancias nutritivas y al mejoramiento o mantenimiento de las condiciones físicas del suelo, tal como la granulación, la estabilidad estructural y la relación aire-agua; es decir, los abonos son acondicionadores físicos del suelo de valor incalculable”<sup>28</sup>.

---

<sup>26</sup>ESTRADA, Gabriela. Fertirrigación : Caracterización y preparación de fertilizantes líquidos para fertirrigación. Bogotá : Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1997. p. 6.

<sup>27</sup>COLJAP. Fertirriego. [online]. Bogotá, oct. 2003 [citado 22 nov., 2003]. Disponible en: <<http://www.coljap.com>>

<sup>28</sup>RESTREPO RIVERA, Jairo. Agricultura orgánica : Biofertilizantes preparados y fertilización a base de mierda de vaca. Santiago de Cali : Fundación Juquira Candirú, 2002. p. 17.

“Estos fertilizantes están compuestos principalmente por combinaciones de origen vegetal, animal, fermentadas o fermentables destinadas al mantenimiento o mejora del volumen de materia orgánica del suelo”<sup>29</sup>.

Los fertilizantes orgánicos ejercen multilateral efecto sobre las propiedades agronómicas de los suelos y, en caso de adecuada utilización, elevan de manera importante la cosecha de los pastos. Se debe señalar en primer lugar de los beneficios que los fertilizantes orgánicos confieren a los suelos el aumento en humus de los mismos, adquiriendo éstos propiedades muy beneficiosas, tales como la mayor absorción de radiación, las mejoras en la estructura del suelo, el incremento de la actividad microbiológica y el aporte de nutrientes<sup>30</sup>.

Otra propiedad importante del abono orgánico en general es su aporte de nutrientes para los vegetales. Con los fertilizantes orgánicos entran en el suelo todos los elementos nutritivos (tanto macro como micro) indispensables para las plantas. Para el estiércol de ganado vacuno, por ejemplo, entran por tonelada de materia seca cantidades aproximadas de 20 kg de nitrógeno, 9 kg de fósforo, 26 kg de potasio, etc<sup>31</sup>.

Los fertilizantes orgánicos no son sólo fuente de alimentación nutricional para las plantas, sino que también lo son de anhídrido carbónico. En la descomposición de estos abonos se desprende mucho gas carbónico que satura el aire del suelo y como resultado mejora la nutrición aérea de las plantas, necesaria para la obtención de buenas cosechas<sup>32</sup>.

- **Caldos microbianos.** Los caldos microbianos son mezclas entre productos orgánicos y algunos químicos nobles combinados, funcionando como biofertilizantes y mejoradores del suelo; entre los materiales más usados está el estiércol de animales, plantas y algunos sulfatos adicionándoles agua fresca, melaza, cal, leche, levadura, cisco de arroz, pulpa de café, etc. Estas mezclas generalmente proceden de la multiplicación de microorganismos benéficos que ayuda a sintetizar o transformar los nutrientes, haciéndolos más asimilables a la planta y al suelo, sin dejar tóxicos en el sistema; de esta manera la planta aumenta la capacidad para asimilar los alimentos, transformándola para un mayor crecimiento<sup>33</sup>.

---

<sup>29</sup>MILA PRIETO, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Bogotá : Editorial UNISUR, 2001. p 73.

<sup>30</sup>RODRIGUEZ JIMÉNEZ, José V. Fertilizantes orgánicos. [online]. 12 jun. 2002 [citado 25 ene., 2004]. Disponible en: <<http://www.terra.com.es/personal/forma-xxi/com017.htm>>

<sup>31</sup>Ibid., 2002.

<sup>32</sup>Rodríguez, Op. cit., 2002.

<sup>33</sup>ROSAS ROA. Agricultura orgánica práctica : Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Bogotá : Editorial Medios Impresos, 2001. p. 58.

Las ventajas de los caldos microbianos son las siguientes:

- Favorecen y estimulan los microorganismos del suelo
- Los suelos mejoran la capacidad de retención de humedad
- Aportan permanentemente materia orgánica
- Mejoran y estimulan el crecimiento de los cultivos
- Disminuyen la alta dependencia de insumos agrícolas externos de las fincas
- Mejoran las condiciones físico-químicas del suelo
- Se logran cosechas de mejor calidad bromatológica
- Se logran cosechas más productivas con unos costos de producción menores
- Estos compuestos orgánicos son fácil preparación
- Aplicación práctica y sencilla, no generan problemas de residualidad<sup>34</sup>.

## 4.2 SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO POR EXUDACION

El riego exudante es un sistema de última generación creado en Europa para mejorar las limitaciones de otros sistemas de riego tecnificado que existen en la actualidad. Esta tecnología funciona gracias a un tubo textil recubierto por una resina porosa, la cual permite el paso de agua en pequeñas cantidades en la medida que la planta la vaya necesitando. Uno de sus principales atributos es la utilización del suelo como reserva de agua, intentando mantenerlo entre los límites adecuados para que la planta no tenga estrés entre un riego y otro; requiere de una instalación de mantenimiento de muy bajo costo. Puede instalarse en la superficie, tapado y enterrado. Por su alta eficiencia, durabilidad, manejo y rentabilidad cuenta con una creciente aceptación en países como .Francia, Israel, Brasil, España e Italia, entre otros<sup>35</sup>.

El riego por exudación (transpiración) es un sistema de riego localizado a través de pequeños poros, produce una banda de humedad ancha continua y uniforme en toda la longitud de líneas de riego, las que pueden colocarse sobre la superficie del suelo o enterradas a la profundidad de mayor desarrollo de las raíces. Con este riego se obtiene una elevada uniformidad de emisión del agua de riego para diferentes presiones de trabajo, dando como resultado un uso más eficiente del recurso agua<sup>36</sup>.

**4.2.1 Descripción.** Según Pizarro citado por Ojeda<sup>37</sup> “exudación pertenece o está incluido dentro de los Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF) ya que por funcionar a bajas

---

<sup>34</sup>Ibid., p. 58.

<sup>35</sup>ÑUÑO A., Santiago. Riego exudante. En: Tierra adentro. Vol. 32; No. 2 (may-jun. 2000). p. 17.

<sup>36</sup>RIVEROS, Felipe. Riego localizado por exudación. [online]. Sevilla, jun. 2003 [citado 29 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.members.fortunecity.es/felipe-riveros.ht>>

<sup>37</sup>PIZARRO, citado por OJEDA GAMBOA, Luis Carlos. Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) bajo cubierta mediante el uso de tensiómetros. Pasto, 1995, 95 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de NARIÑO. Facultad de Ciencias Agrícolas.

presiones 2 a 3.5 metros de columna de agua (m.c.a)., logran bajos caudales, dejando largas emisiones de riego o cortas pero mas frecuentes”.

"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 longitud"<sup>38</sup>.

El Manual Informativo del Tubo Geotextil Exudante utilizado por Ojeda<sup>39</sup> “señala que el sistema de riego por exudación, 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”.

Con el riego exudante se obtiene una elevada uniformidad de emisión del agua 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<sup>40</sup>.

"El tubo poroso está asignado para promover el crecimiento de raíces y eliminar los ciclos de poca o demasiada agua. Este se puede dejar superficialmente o enterrar, dispersándose el agua uniformemente en la zona de las raíces suministrando humedad a las áreas más críticas"<sup>41</sup>.

**4.2.2 Características del equipo.** La cinta-tubo llamada así porque cuando se encuentra en funcionamiento forma un tubo y cuando se desocupa queda en forma de cinta, la cual es flexible, enrollable y resistente. No se pudre, es de mayor duración, no le afectan las temperaturas extremas, sin embargo se recomienda ocultarla bajo tierra; con un buen manejo, posee gran resistencia a la tracción y al reventamiento<sup>42</sup>.

---

<sup>38</sup>DE LA CONCHA, María. Una alternativa para riego localizado : El riego por exudación mediante el tubo geotextil C.T. España : Nutrifitos 90, 1990. p. 86.

<sup>39</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, citado por OJEDA, Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) bajo cubierta mediante el uso de tensiómetros, p. 90.

<sup>40</sup>OJEDA, Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) bajo cubierta mediante el uso de tensiómetros, Op. cit., p. 86.

<sup>41</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE. Barcelona. España, 1990. p. 10.

<sup>42</sup>Ibid., p. 10.

“Las pruebas de laboratorio realizadas al tubo geotextil exudante muestran una alta resistencia al reventamiento, la cual alcanza los 15 kg/cm<sup>2</sup> cuando la cinta es nueva y 10 kg/cm<sup>2</sup> cuando la cinta es usada por más de cinco años”<sup>43</sup>.

De la Concha citada por Ojeda manifiesta que "la durabilidad se encuentra enmarcada entre los treinta años por su imputrescibilidad, a la cual no le afectan las temperaturas extremas y resiste los rayos ultravioleta"<sup>44</sup>.

**4.2.3 Características de funcionamiento.** "El Manual Informativo del Tubo Geotextil Exudante menciona que se produce una línea ancha y continua de humedad, ya que proporciona una franja homogénea de agua en toda su longitud con un ahorro de agua hasta de un 60% necesitando menor presión a saber de 2-5 m de columna de agua (m.c.a)"<sup>45</sup>.

Según Ojeda<sup>46</sup> "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 l/h/metro lineal de cinta exudante".

De la Concha<sup>47</sup> afirma que “el tubo 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. No produce un flujo turbulento y no ocasiona problemas de erosión. En pendientes mayores del 3% se instala de acuerdo a curvas de nivel”.

Según el Manual Informativo del Tubo Geotextil Exudante<sup>48</sup> establece que 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.

En un suelo más o menos seco, el agua exudada a través de la "pared capilar" del tubo poroso está sujeta a la succión o fuerza hidráulica negativa de este suelo seco, y se distribuye en el suelo por la acción de las fuerzas de capilaridad y de gravedad. En consecuencia, el frente húmedo se desplaza en todas las direcciones a partir del tubo poroso, también lateralmente y hacia arriba, resultando

---

<sup>43</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, Op. cit., p. 17.

<sup>44</sup>DE LA CONCHA, Op. cit., p. 88.

<sup>45</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, Op. cit., p. 20.

<sup>46</sup>OJEDA, Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros, Op. cit., p. 139.

<sup>47</sup>DE LA CONCHA, Op. cit., p. 88.

<sup>48</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, Op. cit., p. 22.

la propagación de un frente húmedo con una forma más o menos cilíndrica en todo el alrededor y en toda la longitud de la línea del tubo exudante, dependiendo fundamentalmente su dimensión y forma del tipo de suelo. Entonces, al ir disminuyendo el contenido de agua del suelo debido a la extracción que realizan las plantas, la succión de agua del tubo poroso por parte del suelo va aumentando, y hace que el caudal exudado también aumente, manteniendo siempre en el suelo un alto contenido de agua<sup>49</sup>.

La Nueva Tecnología del Riego Localizado establece que “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”<sup>50</sup>.

“La presión mínima requerida por el tubo C.T. es de  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  lo que no ocurre con otros sistemas de riego como es el de goteo ( $1 \text{ kg/cm}^2$ ) y microaspersión ( $2 \text{ kg/cm}^2$ )”<sup>51</sup>.

El sistema de regulación del caudal en el riego exudante permite regar de forma continua, de manera que sea el propio sistema suelo-planta quien establezca la demanda de agua del tubo poroso para satisfacer las necesidades de las plantas en cada momento, sin que se produzcan pérdidas por percolación en profundidad por debajo de la zona que ocupan las raíces<sup>52</sup>.

“Con el riego continuo, el agua evapotranspirada es continuamente restituida por el tubo poroso. De este modo, las plantas siempre disponen de las condiciones óptimas de humedad en la zona ocupada por las raíces, que comporta un óptimo desarrollo del cultivo con unas altas producciones”<sup>53</sup>.

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<sup>54</sup>.

---

<sup>49</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, Op. cit., p. 23.

<sup>50</sup>NUEVA TECNOLOGÍA del riego localizado. FAO, 12 abr. 2002 [12 jun., 2003]. Disponible en : <<http://www.ruralnet.com.br/poritex/nova.htm> >

<sup>51</sup>OJEDA, Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros, Op. cit., p. 7.

<sup>52</sup>MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE, Op. cit., p. 23

<sup>53</sup>Ibid., p. 23.

<sup>54</sup>OJEDA, Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros, Op. cit., p. 28.

El caudal es mayor durante los 2 ó 3 primeros riegos debido a que aún no está estabilizada la porosidad del material del tubo. Después de los primeros riegos, el caudal de poritex se estabiliza en los valores predeterminados para el diseño de los sectores de riego. Por este motivo, es aconsejable realizar la puesta de la instalación del sistema de riego regando primero sólo la mitad de cada sector de riego de los previstos para riego simultáneo en el diseño hidráulico inicial, y regulando la presión a 0,2 atmósferas, y a continuación, regar la otra mitad también a 0,2 atmósferas de presión<sup>55</sup>.

**4.2.4 Estudios y aplicaciones.** “En España se han realizado ensayos en muchos cultivos desde 1982, y fue creado este sistema para dar solución a problemas relacionados con la incomodidad en la mecanización de las tareas agrícolas, eficacia de un mejor sistema para una buena fertilización, obturación de emisores (goteros), textura física del terreno”<sup>56</sup>.

Ojeda, quien fue el pionero en evaluar y traer la tecnología a Colombia, sostiene que el sistema de riego exudante, que corresponde al tipo de aplicación lineal, vino a solucionar muchos mas problemas que los que tenían en Europa y a causar un gran impacto positivo a nivel del Agricultor, del Técnico, de los Profesionales, y agronómicamente a nivel de los suelos, del recurso agua y respuesta de los cultivos<sup>57</sup>.

Los aspectos más 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 g y 200 m ocupan un volumen de 6 litros aproximadamente) 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 aspersión, etc<sup>58</sup>.

En la ciudad de Navarra (España), en 1988 se realizó un ensayo donde se sembró espárrago utilizando tres tipos de riego: por inundación, microaspersión 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;

---

<sup>55</sup>MANUAL INFORMATIVO poritex : Riego localizado. [online]. s.n. jun. 2002 [citado 22 abr., 2003]. Disponible en: <[http://www.poritex.com/riego con poritex.htm](http://www.poritex.com/riego_con_poritex.htm)>

<sup>56</sup>DE LA CONCHA, Op. cit., p. 29.

<sup>57</sup>OJEDA GAMBOA, Luis Carlos. Implantación de un sistema de riego por medio del tubo geotextil exudante a los usuarios del distrito de riego : Dalmacia Vegas. Municipio de San Lorenzo. Departamento de Nariño. Pasto, 1997. Trabajo de grado (Especialista en Administración Agropecuaria y Desarrollo Sostenible). Centro Universitario Las Tunas-Cuba. p. 54.

<sup>58</sup>Ibid., p.54.

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 Kg por Ha y g. Planta se lograron utilizando cinta exudante<sup>59</sup>.

De la Concha<sup>60</sup> menciona que el Servicio de extensión Agraria de Israel, ha comprobado en los últimos años que la obturación de los goteros ocasionados por las raíces de las plantas, en los cultivos hidropónicos, no ocurre con la utilización del tubo geotextil exudante de fabricación española, además han observado un mayor y más equilibrado desarrollo del sistema radicular de la planta.

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<sup>61</sup>.

### 4.3 FERTIRRIGACIÓN

El fertirriego es la aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos por los sistemas de riego presurizados, creando un agua enriquecida con nutrientes. Los fertilizantes sólidos, simples o multinutrientes, tienen normalmente una concentración mayor que los líquidos, y pueden almacenarse y transportarse con mayor facilidad. Formulaciones especialmente preparadas para fertirriego, no obstante tienen la ventaja de su disolución mas segura, granulometría mas adecuada para garantizar un grado determinado, ventajas que no siempre implican un mayor costo<sup>62</sup>.

La "Fertirrigación" es la aplicación de los fertilizantes y, más concretamente, la de los alimentos nutritivos que precisan las plantas junto con el agua de riego. Se trata, por tanto, de aprovechar los sistemas de riego como medio para la distribución de estos alimentos nutritivos utilizando el agua como vehículo en el que se disuelven éstos. No todas las técnicas de riego permiten realizar la fertirrigación, puesto que la principal exigencia de esta técnica es obtener la máxima uniformidad en la

---

<sup>59</sup>ROMERO MARTINEZ, J. El espárrago. España-Navarra : Instituto Técnico y de Gestión del Cereal (ITGA), 1998. P. 37.

<sup>60</sup>DE LA CONCHA, Op. cit., p. 140.

<sup>61</sup>OJEDA GAMBOA, Luis Carlos. Estudio de la necesidad económica del agua para riego, mediante el sistema de Riego del Tubo Geotextil Exudante C.T., en nueve cultivos de clima cálido, dirigido al pequeño agricultor del corregimiento de Remolino. Proyecto de Investigación Adaptativa. Programa Nacional de Transferencia Agropecuaria-PRONATTA, Bogotá : 1997. p. 129.

<sup>62</sup>LUPIN, M.; MAGEN, H. Y GAMBASH. Preparando uno mismo soluciones para fertirriego. [online]. Buenos Aires, ago. 2001 [citado 18 mar., 2004]. Disponible en: <<http://www.fertilizar.org.ar/articulos.htm>>

aplicación de los fertilizantes. Básicamente se asocia con riegos localizados de alta frecuencia (riego por goteo, exudación, microaspersión, etc.)<sup>63</sup>.

“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”<sup>64</sup>.

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<sup>65</sup>.

El cultivo a campo abierto y/o en suelos arcillosos permite utilizar un método de dosificación de fertilizantes más simple y económico. En estos casos se aplica el método de dosificación "cuantitativa", en el cual la concentración del fertilizante va variando durante su aplicación, pero esto no es crítico ya que no se requiere una dosificación exacta y pareja. Generalmente se usan fertilizantes simples y económicos, las dosis aplicadas deben tener en cuenta el contenido de nutrientes en el suelo y la cantidad de nutrientes aportados mediante la fertilización de base<sup>66</sup>.

**4.3.1 Ventajas.** 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<sup>67</sup>.

Las ventajas de este sistema son: dosificación racional de los fertilizantes, ahorro considerable de agua, utilización de aguas incluso de mala calidad, nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento de rendimiento y calidad de frutos, control de la contaminación, mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes;

---

<sup>63</sup>DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. Fertirrigación. [online]. s.n. 12 sep. 2003 [citado 23 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.fertiberia.com/servicios-on-line/guía-de-abonado/frutales2.htm>>

<sup>64</sup>IMAS, Op. cit., p. 110.

<sup>65</sup>IMAS, Patricia. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutícolas. Argentina : Tucumán, 1999. p. 110.

<sup>66</sup>Ibid., p. 112.

<sup>67</sup>MARULANDA, E. Riego por goteo. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 49.

adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas determinadas, durante todos y cada uno de los días del ciclo<sup>68</sup>.

**4.3.2 Estudio comparativo.** Haremos una comparación de los diferentes sistemas de abonado: el clásico con abonos sólidos y el de fertirrigación.

- **Abonado clásico**

- ❖ **Nitrogenados.** Antes de regar, si al echar los abonos se quedan en la superficie, por la acción del sol pueden descomponerse y perderse en forma de gas amoníaco. El sulfato amónico es de los que más se pierde. Después de regar, el nitrógeno es retenido y lo puede tomar la planta poco a poco; el nitrógeno nítrico no es retenido, por lo que si no lo aprovecha la planta es arrastrado, perdiéndose con las aguas de drenaje, contaminando las aguas subterráneas<sup>69</sup>.
  - ❖ **Fosforados.** Antes de regar, en las aplicaciones en seco queda fuertemente retenido en los primeros centímetros de la superficie, lo que obliga a enterrarlo en las labores preparatorias, pudiéndose presentar problemas de retrogradación que consiste en la transformación en compuestos calizos insolubles, aumentando todavía más las dificultades que tienen las plantas para absorberlo. Después de regar, baja escasamente unos milímetros por lo que no hay pérdidas, pero si falta de eficacia en el abonado. Con respecto a los potásicos: antes de regar, parecido a los fosforados. Después de regar, desciende bastante más que los fosforados, incluso pueden producirse pérdidas después de varios riegos<sup>70</sup>.
- **Fertirrigación.** No es preciso marcar diferencias físicas entre los distintos elementos. Con la fertirrigación se pone el abono al alcance inmediato de las raíces, así como con su fraccionamiento en diez o más veces al mes, evitamos que se pierdan los excesos. Con respecto al fósforo, si se aplica en fertirrigación, sólo por el hecho de ir disuelto, ya se facilita la penetración y asimilación<sup>71</sup>.

**4.3.3 Técnicas de aplicación.** Legarda, Puentes y Arteaga<sup>72</sup> indican que:

---

<sup>68</sup>PORTAL TECNOCIENCIA. Especial cultivos hidropónicos. [online]. Sevilla, may. 2003 [citado 29 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos-hidroponicos/11.htm>>

<sup>69</sup>MOYA TALENS, Jesús Antonio. Riego localizado y fertirrigación. 3 ed. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2002. p. 366.

<sup>70</sup>MOYA, Op. cit., p. 367.

<sup>71</sup>Ibid., p. 367.

<sup>72</sup>LEGARDA BURBANO, Lucio; PUENTES LEAL, Gerardo y ARTEAGA MENESES, German. El sistema de riego por exudación, una alternativa viable para la producción de cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto : Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 2001. p. 7.

Para que la fertirrigación sea efectiva, el tiempo de riego y lámina de agua deben ser determinados de acuerdo a la etapa fisiológica del cultivo, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub>, la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales; dando como resultado altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos. Si se aplica más agua de la que la zona radicular puede retener, no solamente su uso es ineficiente, sino que se producirá un lavado de nutrientes y productos químicos móviles por debajo de la zona radicular.

“La aplicación del agua es lenta, lo cual garantiza la imposibilidad de arrastre del suelo por medio de la escorrentía superficial, lixiviación y el desplazamiento del suelo; es decir que aplica al agua a la planta, teniendo en cuenta la velocidad de absorción de las raíces, manteniendo siempre un equilibrio adecuado de la humedad del suelo”<sup>73</sup>.

“El pH de la solución debe ser controlable y manteniendo dentro de los valores óptimos para el suelo y la planta en cuestión. En la mayoría de los casos se debe procurar que tenga un valor inferior próximo a 7”<sup>74</sup>.

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, exudación), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo riego por goteo sólo el 20% del suelo es 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<sup>75</sup>.

“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 prerequisite esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua”<sup>76</sup>.

Se debe tener en cuenta la compatibilidad en donde los fertilizantes se pueden mezclar formando mezclas estables que no alteren su calidad, la efectividad de los fertilizantes simples utilizados, ni la presentación del producto final. No todos los fertilizantes simples se pueden mezclar. Al hacer mezclas debe evitarse mezclar fertilizantes amoniacales con fertilizantes de reacción alcalina (cal agrícola, cal

---

<sup>73</sup>Legarda, Puentes y Arteaga, Op. cit., p. 4.

<sup>74</sup>MARTINEZ, citado por OJEDA, Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L) bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros, Op. cit., p. 12.

<sup>75</sup>IMAS, Op. cit., p. 118.

<sup>76</sup>Ibid., p. 118.

dolomítica, etc.) porque el nitrógeno puede perderse como  $\text{NH}_3$  al formarse carbonato de amonio que es inestable y deja volatilizar el amonio. No deben mezclarse fertilizantes fosfóricos solubles en agua, como los superfosfatos con cal libre, porque puede insolubilizar el fósforo<sup>77</sup>.

“Existen riesgos de toxicidad, salinización, contaminación de aguas subterráneas, peligro de corrosión y requerimientos de seguridad, así como también por su compatibilidad”<sup>78</sup>.

“Los fertilizantes muy higroscópicos como nitratos, urea y algunas sales potásicas, se humedecen y se compactan después de mezclados; por lo tanto deben mezclarse antes de aplicarse”<sup>79</sup>.

La solubilidad de los fertilizantes también varía con la temperatura de la solución. La mayoría de los fertilizantes al solubilizarse enfrían más el agua en que se están disolviendo. Mientras más fría el agua, menor es la disolución y por lo tanto menor es la cantidad de fertilizante que se puede aprovechar. Este concepto es especialmente importante cuando se utiliza agua fría de pozo o en el invierno. Para lograr una buena solubilidad del fertilizante es recomendable verificar la temperatura del agua con un termómetro y compararlas con tablas que relacionan la solubilidad con la temperatura. Si el agua está muy fría se puede entibiar antes de hacer la mezcla. También es posible agregar un fertilizante que al disolverse genera calor, por ejemplo el ácido fosfórico<sup>80</sup>.

Debe evitarse la formación de precipitados para conseguir el máximo aprovechamiento y uniformidad de aplicación de los fertilizantes durante la fertirrigación. Cuando se aplican fertilizantes, debe regarse sin fertilizantes al principio y al final del riego, porque en estas fases es mayor el riego de que se produzcan precipitados; además siempre debe instalarse un filtro de malla después del punto de inyección de los fertilizantes para retener las impurezas, precipitados, etc., que puedan contener o provocar los abonos<sup>81</sup>.

---

<sup>77</sup>SIERRA POSADA, José Oscar. Fertilización de pasto y forrajes de clima frío. En : SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE; ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE y SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Curso Manejo de pastos y conservación de forrajes : Memorias técnicas. Bogotá : Produmedios, 2002. p. 45.

<sup>78</sup>NATHAN, citado por CADENA CEBALLOS, Víctor y MUÑOZ CABRERA, Andrés. Determinación de la cantidad óptima de agua aprovechable en los cultivos de Sandía (*Citrus vulgaris L.*), Maíz (*Zea mays*), Zapallo (*Cucúrbita moschata*), Cebolla cabezona (*Allium Cepa L.*) bajo el sistema de riego por exudación en el Corregimiento del Remolino. Nariño. Pasto 2001. 174p. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

<sup>79</sup>Ibid., p. 45.

<sup>80</sup>ALTAMIRANO, Op. cit., 2003.

<sup>81</sup>MANUAL INFORMATIVO PORITEX, Op. cit., p. 22.

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

### 5.1 LOCALIZACION

El presente trabajo se realizó en la Vereda Cruz de Amarillo, Corregimiento de Catambuco; a 13 km al sur de la ciudad de San Juan de Pasto, a una altura de 2820 m.s.n.m., una temperatura promedio de 12°C, precipitación anual 1.059 mm, humedad relativa de 75%<sup>82</sup> y suelos que presentan las siguientes características según análisis de laboratorio:

**Cuadro 2. Análisis de muestra de suelos**

MUESTRA	UNIDAD	
pH		6.2
Materia orgánica	%	14.3
Densidad aparente	g/cc	0.7
Fósforo	ppm	17.3
CIC	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: Universidad de Nariño, Laboratorio de Suelos, 2004.

### 5.2 AREA EXPERIMENTAL

Se utilizó un lote de 112.36m<sup>2</sup>, dividido en nueve parcelas de 9m<sup>2</sup> y con una distancia entre calles de 0.8 m.

### 5.3 SIEMBRA Y CONTROL DE MALEZAS

Se utilizó pasto raygras Aubade *Lolium sp* sembrado al voleo con una densidad de 25 kg/Ha empleando semilla certificada. El control de malezas se hizo en forma manual.

---

<sup>82</sup>INSTITUTO DE ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES Y METEOROLÓGICOS. IDEAM. Pasto, 2003.

## 5.4 FERTILIZACION

La fertilización corresponde a los tratamientos que se describen más adelante:

## 5.5 COSECHA

Este experimento tuvo una duración de 150 días divididos en tres cortes, el primero se hizo a los 60 días de haber sembrado el pasto y los dos restantes cada 45 días. Para el corte se utilizó un aforo de 25cm<sup>2</sup> el cual se lanzó al azar en cada una de las parcelas y se hicieron tres aforos por parcela dejando un borde de 10 cm, luego se cortó el pasto y posteriormente fue pesado.

## 5.6 TRATAMIENTOS

Se evaluaron los siguientes tratamientos:

- ❖ T0 (testigo) se hizo con química con 25-15-0-3 en una cantidad de 600 kg/Ha/Año al momento de la siembra, representado en N 150 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg y 50 kg/Ha de Nitrógeno después de cada corte (para un total de 550 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea por año) se hizo riego por exudación constantemente.
- ❖ El tratamiento T1 corresponde a fertirrigación orgánica líquida, aplicada en forma fraccionada antes de los tres cortes, en dosis de 2600 L/ha/año, constituyendo en nitrógeno total 340 kg, en fósforo asimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 40 kg.
- ❖ El tratamiento T2 corresponde a fertirrigación química, el cual se efectuó con 200 kg/Ha/Año de Superfosfato triple DAP más 250 kg de Urea, equivalente a 150 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en forma fraccionada antes de cada corte y después de cada corte se aplicó 50 kg/Ha de Nitrógeno (para un total de 550 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea por año).

## 5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La evaluación de la producción de forraje y el análisis bromatológico se realizó por medio de un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres repeticiones por tratamiento.

**5.7.1 Modelo propuesto.** Para las evaluaciones del forraje se propuso el siguiente modelo:

$Y_{ij} = \mu + B_j + T_i + E_{ij}$  donde:

$Y_{ij}$  = repuesta de forraje

$\mu$  = media general

$B_j$  = efecto del bloque j

$T_i$  = efecto del tratamiento i

$E_{ij}$  = error experimental debido a la interacción del bloque  $j$  y del tratamiento  $i$

Los datos obtenidos en las diferentes variables se procesaron en el paquete estadístico SAS 2000, la comparación de medias se realizó por medio de la prueba de Tukey.

### **5.7.2 Formulación de hipótesis.**

**a.**  $H_0 = H_0$ : La utilización de fertirriego químico – orgánico y el sistema convencional de fertilización no produce diferencia en las variables evaluadas durante la producción de pasto aubade.

**b.**  $H_0 = H_1$ : La utilización de fertirriego orgánico y químico produce diferencias en por lo menos una variable evaluada en la producción de pasto aubade.

## **5.8 VARIABLES EVALUADAS**

**5.8.1 Producción de forraje verde por metro cuadrado.** Las muestras de forraje se recogieron en cada parcela por medio de un aforo después dejando un borde de 10 cm para evitar la alteración de los resultados. El primer corte se realizó a los 60 días; el segundo y tercer corte cada 45 días, se efectuaron los respectivos pesajes en una balanza de precisión y posteriormente se transformaron los datos a toneladas por hectárea.

**5.8.2 Producción de materia seca por metro cuadrado.** Se determinó por medio de análisis proximal de Weende. Teniendo en cuenta la producción de forraje verde por metro cuadrado y con los porcentajes obtenidos en el análisis bromatológico se procedió a calcular la producción de materia seca por  $m^2$  y luego se transformaron a ton/Ha.

**5.8.3 Producción de Proteína por metro cuadrado.** Esta se determinó por el método kjedahl. Con la producción de materia seca y los porcentajes de proteína obtenidos del análisis químico se calculó la producción por  $m^2$  y se convirtieron los datos a ton/Ha.

**5.8.4 Producción de Nutrientes Digestibles Totales (NDT) por metro cuadrado.** A partir de los resultados obtenidos del análisis bromatológico de Energía Bruta en kcal/100 g y con la producción de materia seca se transformaron estos valores a Energía Digestible y posteriormente a NDT para calcular su producción en  $m^2$  y luego en ton/Ha.

Los anteriores análisis bromatológicos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño.

## **5.9 EVALUACION ECONOMICA**

El estudio económico se realizó teniendo en cuenta los costos totales de producción, a través de los costos fijos y los costos variables para cada uno de los tratamientos evaluados.

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

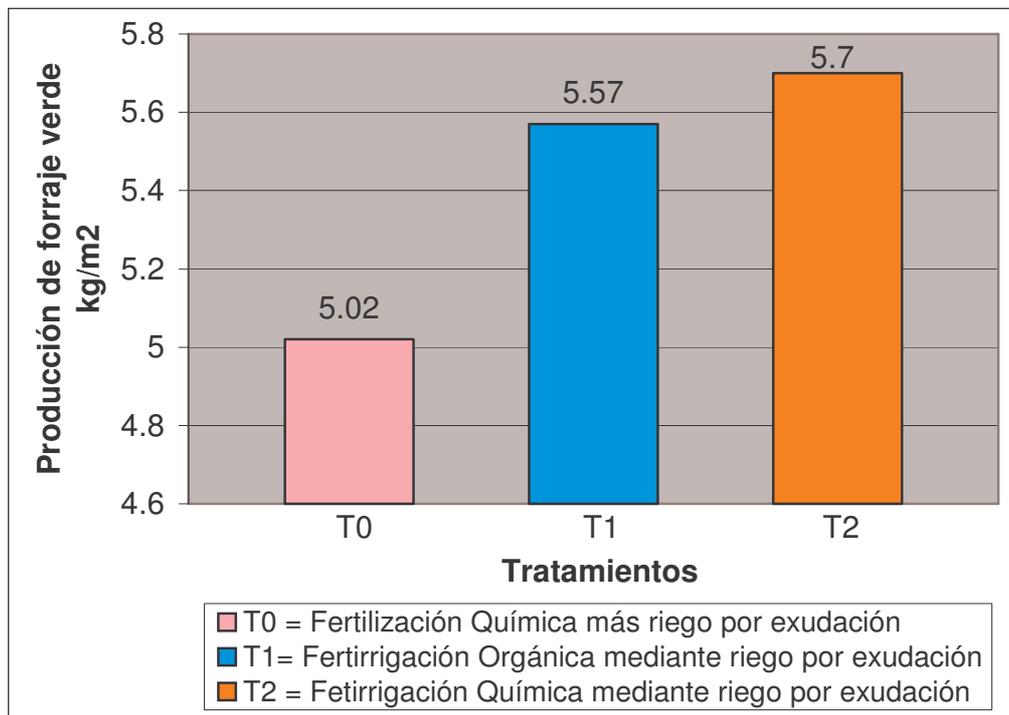
### 6.1 PRODUCCION DE FORRAJE VERDE EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO

Los resultados se muestran en el Cuadro 3. y Figura 1.

**Cuadro 3. Producción promedio de Forraje Verde promedio de tres cortes (kg/m<sup>2</sup>)**

Método de fertilización	Promedio kg/m <sup>2</sup>
T0 Fertilización Química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	5.02b
Fertirrigación orgánica más riego por exudación (340 kg de N y 40 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	5.57a
Fertirrigación química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	5.7a

**Figura 1. Producción de forraje verde promedio de tres cortes en kg / m<sup>2</sup>**



De lo anterior se realizó el análisis de varianza presentando diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. Anexo A. De los resultados obtenidos se

procedió a realizar la prueba de comparación de Tukey ( Anexo E) en donde se observó que presentaron mayor producción promedio por metro cuadrado Cuadro 3. los tratamientos:

Fertirrigación química por medio del riego por exudación, la cual se efectuó con 200 kg/Ha/Año de Superfosfato triple DAP más 250 kg de Urea/Ha/Año , equivalente a 150 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo aplicada en forma fraccionada cada diez días y después de cada corte se suministró 50 kg/Ha de Nitrógeno (para un total de 550 kg de N y 90 kg de  $P_2O_5$  por hectárea/año) obtuvo la mayor producción de forraje verde de 5.7 kilogramos por metro cuadrado. La producción de la fertirrigación química fue estadísticamente diferente a lo obtenido en la fertilización convencional a nivel de 5% de probabilidad estadística.

La segunda mejor producción de 5.57 kilogramos por metro cuadrado se logró con fertirrigación orgánica líquida por medio del riego por exudación, aplicada en forma fraccionada cada 10 días, en dosis de 2600 L/ha/año, constituyendo en nitrógeno total 340 kg, en fósforo asimilable ( $P_2O_5$ ) 40 kg por hectárea/año. Siendo la fertirrigación química y la orgánica estadísticamente iguales.

La menor producción 5.02 kilogramos por metro cuadrado se obtuvo con fertilizante completo 25-15-0-3 en dosis de 600 kg más riego por exudación equivalente a 150 kilogramos de nitrógeno, 90 kilogramos de fósforo por hectárea anualmente al momento de la siembra y 50 kilogramos de nitrógeno por hectárea suministrados después de cada corte (para un total de 550 kg de N y 90 kg de  $P_2O_5$  por hectárea/año).

Lo anterior se debe probablemente a que la fertirrigación química proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta en forma paulatina y en pequeñas proporciones, las cuales a pesar de fenómenos como la fijación del fósforo soluble, la lixiviación del nitrógeno, pueden resultar mayormente aprovechables por la planta que cuando se aplican en forma convencional al momento de la siembra.

Por otra parte la fertirrigación química puede presentar ventaja sobre la fertirrigación orgánica en estas condiciones climáticas, en las cuales se puede esperar una baja tasa de mineralización del nitrógeno especialmente.

Al respecto Bernal sostiene que las plantas se nutren normalmente a través de sus raíces mediante la absorción de nutrientes presentes en la solución del suelo; por lo tanto mientras más soluble sea la forma en la cual se encuentra un nutrimento más rápido y fácil es absorbido por la planta<sup>83</sup>.

La fertilización se fraccionó de acuerdo a la etapa del cultivo suministrándole a cada planta lo necesario para la fase continua, manteniendo un óptimo desarrollo al no tener deficiencias nutricionales.

---

<sup>83</sup>BERNAL EUSSE, Javier. Pastos y forrajes tropicales : producción y manejo. 4 ed. Bogotá: Editorial Ideagro. 2003. p. 184.

Bockman afirma que para el crecimiento óptimo de las plantas, estas deben disponer de nutrientes: en la solución del suelo, en cantidades apropiadas y equilibradas, y en el momento adecuado. Cuando se producen deficiencias notables el crecimiento y desarrollo de las plantas se ven negativamente afectados<sup>84</sup>.

Al mantener la humedad constante por medio del sistema de riego y el agua lluvia que también contribuyó, se produce un mayor crecimiento radicular y de la planta debido a una máxima absorción de nutrientes.

Según el IDEAM la precipitación presentada durante los meses de Abril-Agosto tiempo que duró el periodo experimental fue de 343 mm, semanalmente en promedio corresponde a 17 mm<sup>85</sup>. Sin embargo se observa una disminución en la producción de forraje verde en el tercer corte posiblemente influenciado por la baja en la precipitación (50 mm promedio mensualmente) en el mes de Agosto, periodo de verano.

Al respecto Bernal argumenta que los raigrases son muy exigentes en humedad, especialmente los tetraploides anuales. Para un normal desarrollo se requieren 25 - 30 mm de precipitación o riego por semana. En casi todas las zonas de clima frío es necesario aplicar riego, por lo menos durante algunos periodos, aún en zonas de alta precipitación debido a la distribución desuniforme de la misma<sup>86</sup>.

Salamanca reporta que el uso de agua suplementaria aumenta la calidad y cantidad de los nutrientes absorbidos por la planta. Por tal razón las plantas se desarrollan mejor y aprovechan más los fertilizantes, aumentan en volumen y contenido de nutrientes esenciales. El riego permite una continuidad en la producción y proporciona un forraje succulento y de buena calidad en épocas secas<sup>87</sup>.

Estrada afirma que “la disponibilidad de humedad es uno de los factores físicos más determinantes en la tasa de crecimiento de la biomasa forrajera”<sup>88</sup>.

Según el análisis de suelo el contenido de fósforo es bajo y las cantidades aportadas fueron las requeridas por el cultivo por lo tanto la fertilización tuvo un mayor efecto.

---

<sup>84</sup>BOCKMAN, Oluf Chr., *et al.* Agricultura y fertilizantes : fertilizantes en perspectiva. Oslo-Noruega : Hydro Agri, 1993. p. 17.

<sup>85</sup>INSTITUTO DE ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES Y METEOROLÓGICOS. IDEAM. Pasto, 2004.

<sup>86</sup>BERNAL, Pastos y forrajes tropicales : producción y manejo, Op. cit., p. 528.

<sup>87</sup>SALAMANCA, Op. cit., p. 38.

<sup>88</sup>ESTRADA, Pastos y forrajes para el trópico Colombiano, Op. cit., p. 136.

Lo anterior es corroborado por Viveros quien señala que cuando las cantidades de fósforo o potasio presentes en el suelo sean bajas, la probabilidad de obtener una respuesta económica a la fertilización será mayor al 80% mientras que con valores medios la probabilidad es del 50% y con valores altos menos del 10%<sup>89</sup>.

Teniendo en cuenta la textura del suelo que es Arcillo arenoso, este es un suelo liviano con buena porosidad y aireación facilitando el desarrollo del sistema radicular, presenta una buena capacidad de almacenamiento de humedad favoreciendo la absorción de nutrientes debido también al alto contenido de materia orgánica la cual se desmineralizó y se puso más a disposición en la solución del suelo; características que ayudaron a obtener la producción antes mencionada.

Al respecto Viveros manifiesta que “un suelo arcillo arenoso presenta las siguientes características: infiltración y permeabilidad pobre, buena capacidad de retención de humedad y fertilidad potencial”<sup>90</sup>.

Según Legarda para la mayoría de las plantas, las concentraciones de las raíces absorbentes es mayor en la parte superior de la zona radical (por lo general a unos 30 cm de la superficie) y cerca de la base de la planta. El grado de extracción es más rápido en la zona de mayor concentración de la raíz y bajo condiciones favorables de temperatura y aireación<sup>91</sup>.

Diversos autores en trabajos de investigación realizados con esta especie forrajera reportan las siguientes producciones:

Izquierdo citado por Bernal, señala que con la aplicación de 75 Kg. de Nitrógeno/Ha/Corte, con intervalos entre corte de 45 días una producción de 20.8 ton/Corte encontró efectos lineales sobre los rendimientos de raigras aubade, encontrándose una respuesta más intensa durante los periodos de lluvia en Subachoque-Cundinamarca<sup>92</sup>.

Hurtado y Realpe reportan una producción de 33.1 ton/Ha/Corte de raigras aubade en la Vereda Cabrera, Municipio de Pasto con fertilización orgánica en cantidad de 16 ton /Ha<sup>93</sup>.

---

<sup>89</sup>VIVEROS ZARAMA, Miguel. Curso avanzado de riego a distritos de pequeña escala : Interpretación de análisis de suelos. Chachagui : INAT, 1996. p.6.

<sup>90</sup>VIVEROS, Op. cit., p. 5.

<sup>91</sup>LEGARDA BURBANO, Lucio. Importancia de los parámetros hidrofísicos del suelo y requerimientos del cultivo en el diseño de un sistema de riego por aspersión. Pasto : INAT, 1996. p. 6.

<sup>92</sup>IZQUIERDO, citado por BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit., p. 348.

<sup>93</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 46.

Con la utilización del sistema de fertilización mediante riego por exudación se producen mayores rendimientos en todos los tratamientos; con fertirrigación química por medio del riego por exudación con Superfosfato triple en dosis de 200 kg más 250 kg de Urea/Ha/Año, equivalente a 150 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por Ha/Año en forma fraccionada cada diez días y 50 kg de Nitrógeno aplicados después de cada corte (para un total de 550 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea/año) se obtuvo una producción de 59.2 ton/Ha/Corte.

La segunda mejor producción se logró con fertirrigación orgánica por medio del riego por exudación con la aplicación de 2600 L/Ha/Año constituyendo en nitrógeno total 340 kg, en fósforo asimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 40 kg suministrados en forma fraccionada cada diez días, se obtuvo un rendimiento de 55.7 ton/Ha/Corte.

Con fertilizante completo 600 kg/Ha/Año de 25-15-0-3 más riego por exudación representado en Nitrógeno 150 kg, 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicados al momento de la siembra y 50 kg de Nitrógeno por hectárea después de cada corte 50.2 ton/Ha/Corte (para un total de 550 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea/año).

Imas en estudios realizados en tomate cultivado en invernadero bajo el sistema de fertirrigación alcanzó un rendimiento de 200-250 ton/Ha versus 60-80 ton/Ha cuando es cultivado a campo abierto; conforme a esto, la absorción de nutrientes con fertirriego y bajo invernadero se duplica o triplica en comparación con el tomate cultivado a campo abierto<sup>94</sup>.

## 6.2 PRODUCCION DE MATERIA SECA EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO

En el Cuadro 4. se presenta el análisis bromatológico del pasto aubade . La producción de materia seca en kg/m<sup>2</sup> obtenida en cada tratamiento se observa en el Cuadro 5, Figura 2.

**Cuadro 4. Análisis Bromatológico del pasto Aubade. Promedio de tres cortes en base a materia seca (%).**

<b>Análisis</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
Materia Seca	17.49	17.82	17.73
Ceniza	16.23	14.95	15.57
Extracto Etéreo	4.45	4.91	4.56
Fibra Cruda	30.16	27.65	29.16
Proteína	28.56	29.76	25.93
Extracto no Nitrogenado	20.58	22.7	24.78
Extracto Libre de Nitrógeno	20.6	22.73	24.78

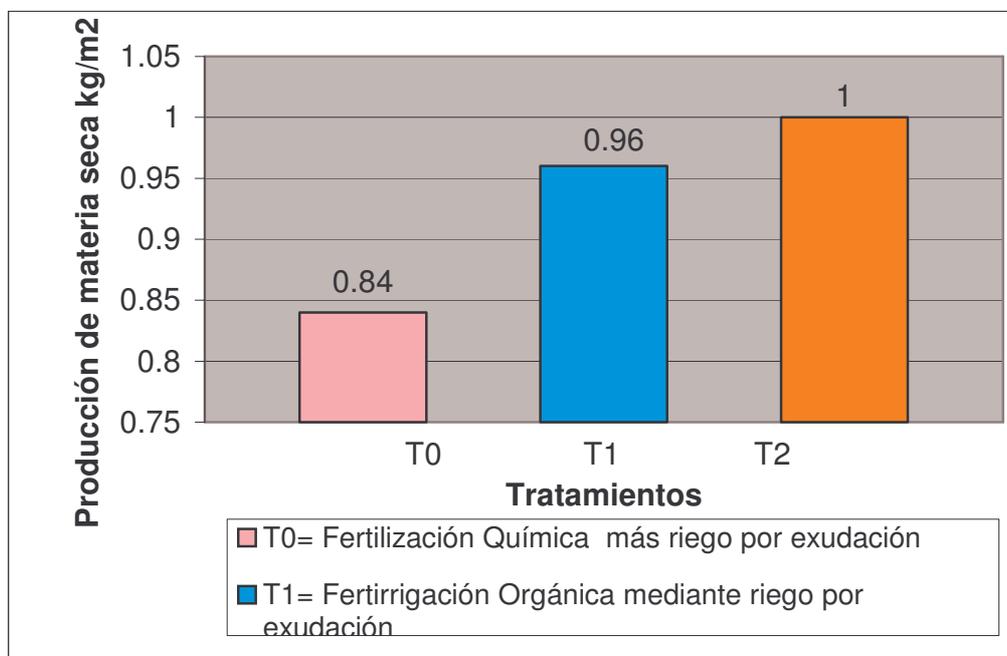
Fuente : Universidad de Nariño. Laboratorio de Bromatología. Pasto, 2004.

<sup>94</sup>IMAS, Op. cit., p. 119.

**Cuadro 5. Producción de Materia Seca promedio de tres cortes (kg/m<sup>2</sup>)**

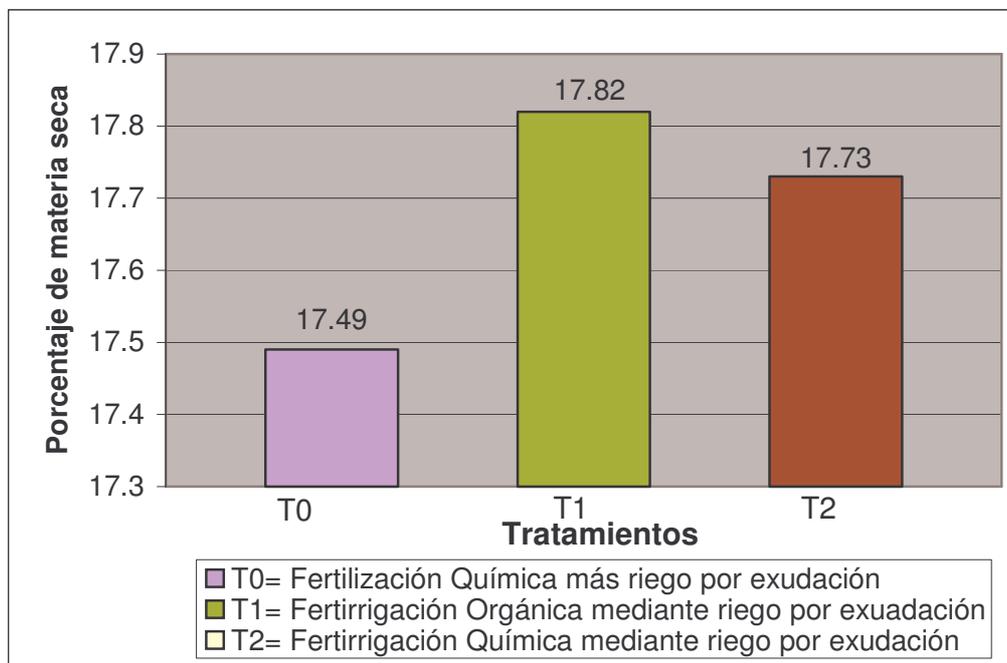
Método de fertilización	Promedio kg/m <sup>2</sup>
T0 Fertilización Química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.84b
Fertirrigación orgánica más riego por exudación (340 kg de N y 40 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.96a
Fertirrigación química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	1.00a

**Figura 2. Producción de materia seca promedio de tres cortes en kg / m<sup>2</sup>**



Al realizar el análisis de varianza Anexo B., se demostró que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos. En la prueba de comparación de Tukey se encontró que los tratamientos (T2) fertirrigación química por medio del riego por exudación, la cual se efectuó con 200 kg/Ha/Año de Superfosfato triple DAP más 250 kg de Urea/Ha/Año, equivalente a 150 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente aplicada en forma fraccionada cada 10 días y después de cada corte se suministró 50 kg/Ha de Nitrógeno (para un total de 550 kg de N y 90 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea/año) obtuvo la mayor producción de materia seca de 1 kilogramo por metro cuadrado.

**Figura 3. Porcentaje de materia seca promedio de tres cortes**



La segunda mejor producción de 0.96 kilogramos por metro cuadrado se logró con fertirrigación orgánica líquida por medio del riego por exudación (T1), aplicada en forma fraccionada cada 10 días, en dosis de 2600 L/ha/año, constituyendo en nitrógeno total 340 kg, en fósforo asimilable ( $P_2O_5$ ) 40 kg por hectárea/año. Siendo la fertirrigación química y la orgánica estadísticamente iguales.

La menor producción 0.84 kilogramos por metro cuadrado se obtuvo con fertilización química 600 kg de 25-15-0-3 más riego por exudación equivalente a 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, 90 kilogramos de fósforo por hectárea anualmente aplicados al momento de la siembra y 50 kilogramos de nitrógeno suministrados después de cada corte (para un total de 550 kg de N y 90 kg de  $P_2O_5$  por hectárea/año).

El Cuadro 5. nos indica que durante el primer corte se obtuvo una baja producción de materia seca y de buena calidad, probablemente debido a la alta concentración de nitrógeno presente en la solución del suelo; en el segundo corte aumentó un poco mientras que en el tercer corte su rendimiento ascendió notablemente; es decir que a medida que se incrementa la edad del pasto la producción de materia seca también aumenta.

Los resultados encontrados pueden explicarse de acuerdo con lo afirmado por Bockman, puesto que un adecuado crecimiento implica la construcción de material estructural en celulosa, proteína y carbohidratos solubles sustancias orgánicas básicas en las estructuras vegetales, proceso que al no estar limitado por nutrientes

permite una síntesis óptima que se refleja en incremento en los contenidos de materia seca, proceso que se ve favorecido con el aumento de la edad de los cultivos<sup>95</sup>.

Hurtado y Realpe lograron una producción de 6 ton materia seca/Ha/Corte con la aplicación de 300 kg de 10-30-10 en la Vereda Cabrera, municipio de Pasto<sup>96</sup>.

Consemillas en el Corregimiento de Catambuco alcanza una producción de 4.7-5 ton/Ha/Corte<sup>97</sup>.

Estos valores son inferiores a los encontrados en esta investigación para todos los tratamientos, con fertirrigación química por medio del riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente se produjo 10 ton/Ha/Corte, mediante fertirrigación orgánica por medio del riego por exudación aplicando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea anualmente se obtuvo 9.6 ton/Ha/Corte y con el suministro de 25-15-0-3 más riego por exudación utilizando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente 8.4 ton/Ha/Corte.

Según análisis bromatológico Orozco y Torres encuentran un porcentaje de materia seca de 13.8% en el municipio de Pasto<sup>98</sup>.

En el laboratorio de bromatología de la Universidad de Nariño se reportan los siguientes valores: en la Vereda Guam Municipio de Carlosama 16.35%, en Cumbal 15.24%, en la Granja Botana 15.49%<sup>99</sup>.

Delgado y Zambrano en el municipio de Pasto reportan un contenido de materia seca de 14.69%<sup>100</sup>.

Datos que son inferiores a los encontrados en el estudio para todos los tratamientos en porcentaje de materia seca con fertirrigación orgánica mediante riego por exudación utilizando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea por año 17.82%, para la fertirrigación química mediante riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente 17.73% y con la aplicación de fertilizante completo

---

<sup>95</sup>BOCKMAN, Op. cit., p. 17.

<sup>96</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 47.

<sup>97</sup>CONSEMILLAS. Passerel o raigras anual mejorado. Bogotá, 2002.

<sup>98</sup>OROZCO y TORRES, Op. cit., p. 15.

<sup>99</sup>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA. Análisis bromatológicos. Pasto, 2004.

<sup>100</sup>DELGADO, Crisoly Geraldine y ZAMBRANO ROSERO, María de los Angeles. Utilización de diferentes niveles de heno de forraje de avena (*Avena sativa*) como suplemento pasto aubade (*Lolium sp*) en la alimentación de cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). Pasto, 1994. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. p. 12.

25-15-0-3 equivalente a 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 17.49%.

En CORPOICA – Obonuco se obtuvo un porcentaje de materia seca de 20.62%<sup>101</sup>, mientras que Hurtado y Realpe en la Vereda Cabrera, municipio de Pasto logran 18.38% con la aplicación de fertilizante 10-30-10 en dosis de 300 kg/Ha<sup>102</sup>. Estos resultados son superiores a los alcanzados en la presente investigación.

### 6.3 PRODUCCION DE PROTEINA EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO

La producción de proteína alcanzada en el presente estudio se observa en el Cuadro 6, Figura 3.

El análisis de varianza para producción de proteína mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos experimentales Anexo C. Una vez realizada la prueba de comparación de Tukey se determinó cual ofrece la mayor producción de proteína en kilogramos por metro cuadrado lográndose con la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación empleando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea por año 0.28 kilogramos.

La segunda mejor producción con fertirrigación química mediante riego por exudación utilizando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente se alcanzó 0.25 kilogramos por metro cuadrado.

La menor producción se logró con fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación aplicando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 0.23 kilogramos por metro cuadrado, siendo todos los tratamientos estadísticamente iguales.

**Cuadro 6. Producción de Proteína promedio de tres cortes (kg/m<sup>2</sup>)**

Método de fertilización	Promedio kg/m <sup>2</sup>
T0 Fertilización Química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.23b
Fertirrigación orgánica más riego por exudación (340 kg de N y 40 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.28a
Fertirrigación química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.25b

<sup>101</sup>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA, Op. cit. p. 50.

<sup>102</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 59.

Figura 4. Producción de proteína promedio de tres cortes en kg / m<sup>2</sup>

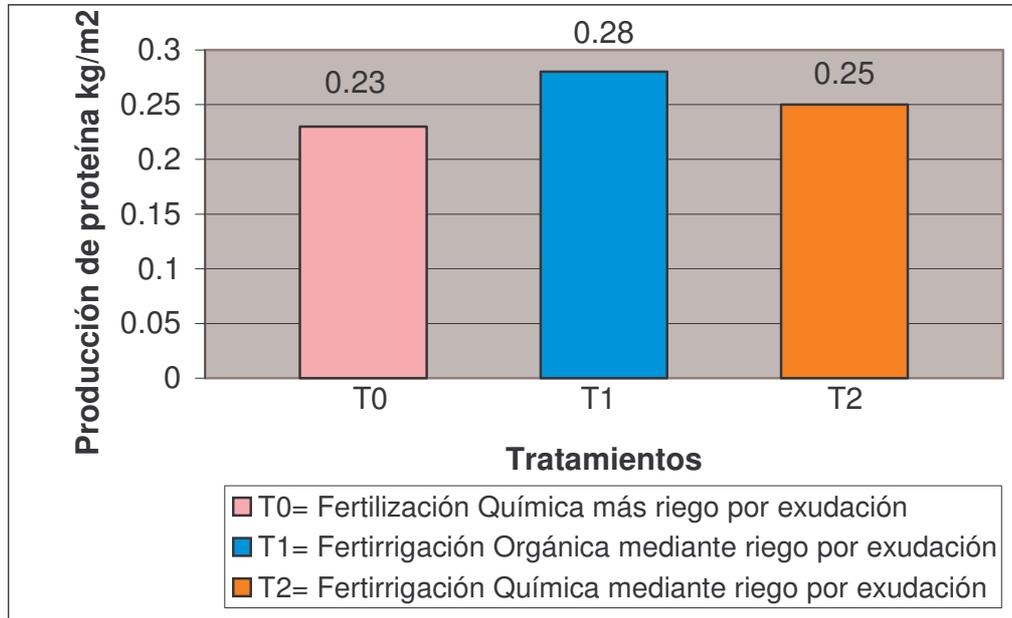
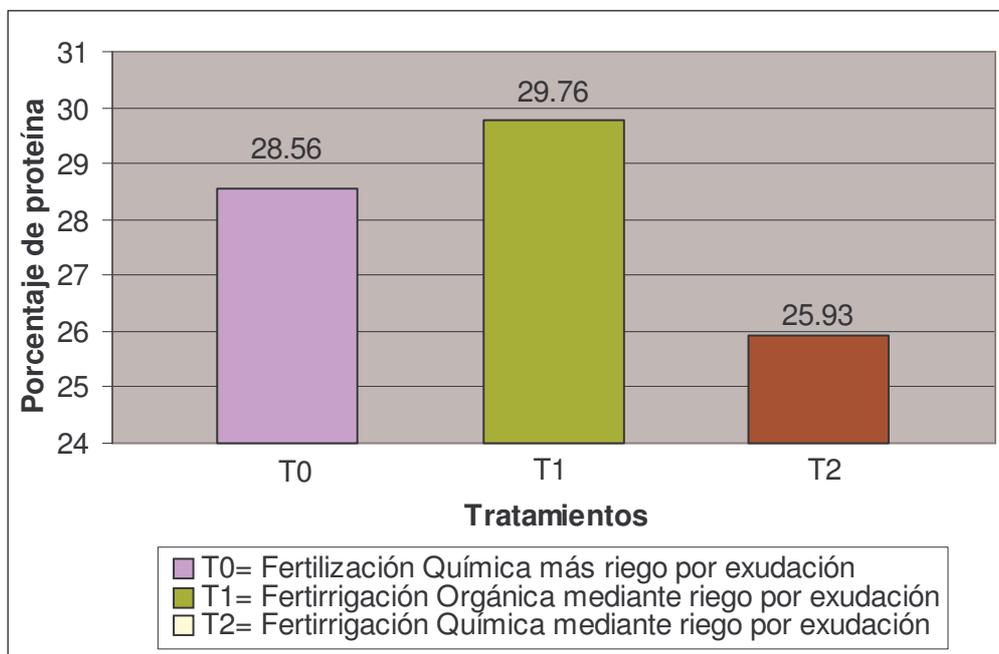


Figura 5. Porcentaje de proteína promedio de tres cortes



En el Cuadro 6 se observa que en el primer corte la producción de proteína es baja en comparación con los demás cortes para todos los tratamientos. Estos resultados obtenidos son de plantas jóvenes que tienen un bajo contenido de materia seca debido también al alto contenido de nitrógeno presente en la solución del suelo proveniente de la mineralización de la materia orgánica existente en el suelo y el aporte por medio de la fertilización.

En el segundo y tercer corte la producción de proteína se incrementan. Estos valores van aumentando con la edad del pasto, porque asciende el contenido de materia seca, encontrándose un incremento en la producción de proteína pero disminuyendo la calidad de la misma; debido al alto contenido del material lignificado.

Los resultados obtenidos se corroboraron según Noller y Rhykerd citados por Bernal cuando afirman que se han reportado disminuciones de hasta el 7% en el contenido de materia seca del forraje, cuando se fertiliza con N, debido a un incremento en el contenido de agua en la planta. El efecto general de la aplicación de N es un aumento en la producción de materia seca y proteína por unidad de área, así como la producción de grandes cantidades de hojas cuando se dispone de suficiente humedad<sup>103</sup>.

Estrada manifiesta que la calidad nutritiva de los pastos definida por su genotipo puede ser modificada por factores propios de la planta (estado de madurez), por factores ambientales (temperatura, radiación y disponibilidad de agua) o por factores de manejo (corte) y por las propiedades físicas del suelo (fertilidad)<sup>104</sup>.

Estos resultados son clasificados como excelentes y suficientes para satisfacer la gran proporción de los requerimientos nutricionales de los animales en crecimiento y producción. Fudge y Fraps citados por Bernal clasifican la proteína así: de excelente calidad cuando es superior a 16.5%; de buena calidad entre 12 y 16.4%; de regular calidad entre 7.5 y 11.9% y deficiente calidad cuando es inferior a 7.4%<sup>105</sup>.

Bernal afirma que acerca del efecto de la fertilización sobre la calidad del forraje, los resultados son muy variables. El elemento más debatido ha sido el Nitrógeno ya que existe una serie de contradicciones en relación con los efectos de este elemento sobre la calidad del forraje y la salud de los animales<sup>106</sup>.

---

<sup>103</sup>NOLLER y RHYKERD, citados por BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit., p. 340.

<sup>104</sup>ESTRADA, Op. cit., p. 121.

<sup>105</sup>FUDGE y FRAPS, citados por BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit. p. 340.

<sup>106</sup>BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit., p. 339.

Consemillas en el Corregimiento de Catambuco encontró una producción de 1.3 ton de proteína/Ha/Corte<sup>107</sup>.

Hurtado y Realpe en la Vereda Cabrera, municipio de Pasto lograron una producción de 1 ton/Ha/Corte<sup>108</sup>.

Producciones que son inferiores a las encontradas en el estudio para todos los tratamientos. Con fertirrigación orgánica mediante riego por exudación utilizando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea por año se alcanzó 2.8 ton/Ha/Corte, con fertirrigación química mediante riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente 2.5 ton/Ha/Corte y con fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación aplicando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 2.3 ton/Ha/Corte.

A medida que aumenta la edad del pasto disminuye la producción y el contenido de proteína, por cuanto la síntesis biológica prioriza la construcción de estructuras carbonadas como carbohidratos solubles y complejos.

Con relación al análisis bromatológico Hurtado y Realpe en la Vereda Cabrera, municipio de Pasto alcanzaron un porcentaje de proteína de 16.75% con la adición de 12 toneladas de abono orgánico/Ha<sup>109</sup>.

Orozco y Torres en el municipio de Pasto obtuvieron 13.44% de proteína<sup>110</sup>.

Delgado y Zambrano en el municipio de Pasto encontraron un contenido de proteína de 14.5%<sup>111</sup>.

De acuerdo con análisis bromatológicos realizados en la Universidad de Nariño se encontraron los siguientes datos: en la Vereda Guam Municipio de Carlosama 16.94% y en el Municipio de Cumbal 17.76%, en la finca Chimangual 12.7% y en CORPOICA – Obonuco 22.79%<sup>112</sup>.

Los porcentajes de proteína mencionados anteriormente son menores a los encontrados en el presente trabajo para todos los tratamientos que fue de 29.76% con la aplicación de

---

<sup>107</sup>CONSEMILLAS, Op. cit., 2002.

<sup>108</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 59.

<sup>109</sup>Ibid., p. 58.

<sup>110</sup>OROZCO y TORRES, Op. cit., p. 14.

<sup>111</sup>DELGADO y ZAMBRANO, Op. cit. p. 14.

<sup>112</sup>LABORATORIO DE BROMATOLOGIA, Op. cit., 2004.

fertirrigación orgánica mediante riego por exudación usando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea por año, seguida por el suministro de fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea anualmente 28.56%, para la fertirrigación química mediante riego por exudación aplicando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año se obtuvo 25.93% de proteína.

Consemillas alcanzó 26 y 28% de proteína en el Corregimiento de Catambuco<sup>113</sup>, valores que superan a la fertirrigación química mediante riego por exudación con 25.93% de proteína; pero son inferiores a la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación con 29.76% y con fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación 28.56% respectivamente.

#### **6.4 PRODUCCION DE NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES (NDT) EN KILOGRAMOS POR METRO CUADRADO**

La producción de NDT obtenida en los tres cortes y en cada tratamiento se muestran en el Cuadro 7, Figura 4.

**Cuadro 7. Producción de NDT promedio de tres cortes (kg/m<sup>2</sup>)**

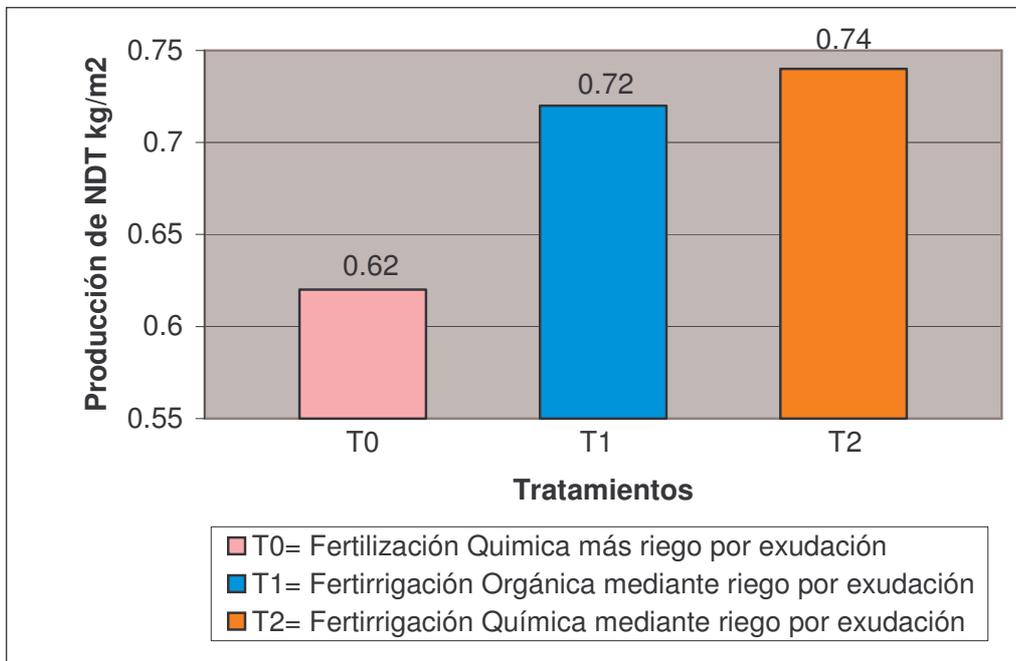
<b>Método de fertilización</b>	<b>Promedio kg/m<sup>2</sup></b>
T0 Fertilización Química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.62b
Fertirrigación orgánica más riego por exudación (340 kg de N y 40 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.72a
Fertirrigación química más riego por exudación (550 kg de N y 90 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha/Año)	0.74a

Al realizar el análisis de varianza para el contenido energético en el forraje obtenido se determinaron diferencias estadísticas altamente significativas. Anexo D. Al aplicar la prueba de comparación de Tukey se determinó que los mejores tratamientos como se muestran en el Cuadro 7. fueron con fertirrigación química mediante riego por exudación aplicando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 0.74 kg por metro cuadrado

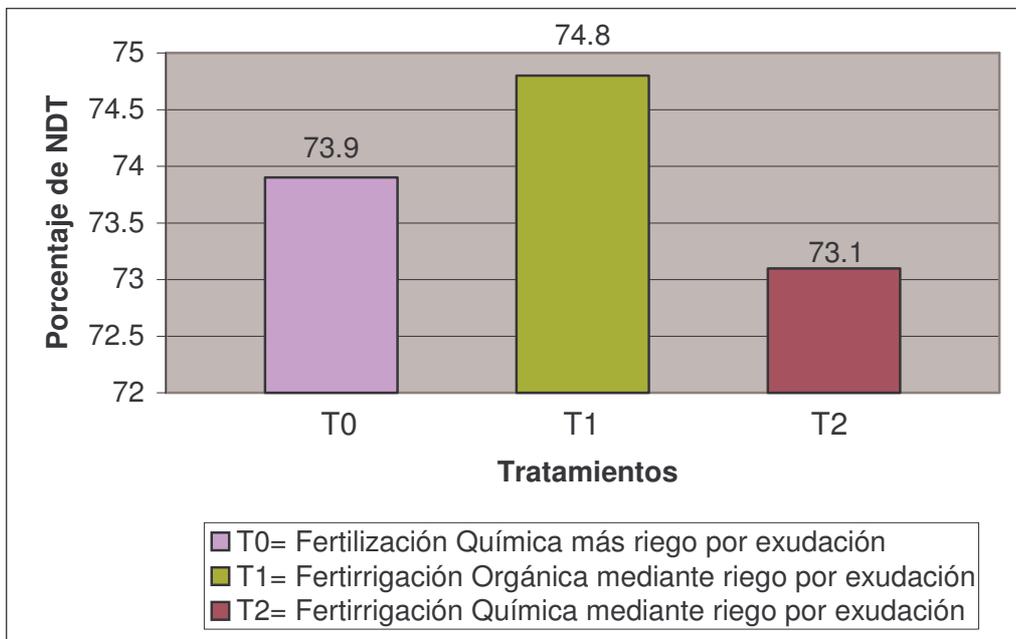
La segunda mejor producción se logró con la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación utilizando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea anualmente 0.72 kg por metro cuadrado. Siendo la fertirrigación química y la orgánica estadísticamente iguales.

<sup>113</sup>CONSEMILLAS, Op. cit., 2002.

**Figura 6. Producción de Nutrientes Digestibles Totales NDT promedio de tres cortes en kg / m<sup>2</sup>**



**Figura 7. Porcentaje de nutrientes digestibles totales promedio de tres cortes**



La menor producción fue para la fertilización con 25-15-0-3 más riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 0.62 kg por metro cuadrado.

Durante el primer corte como se observa en el Cuadro 7 la producción de nutrientes digestibles totales es baja en comparación con los demás cortes, el mayor rendimiento se presentó con la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación, seguida por la fertirrigación química mediante riego por exudación y finalmente con la fertilización completa 25-15-0-3 más riego por exudación, en el segundo corte la producción se incrementó tan solo un poco en los diferentes tratamientos, mientras que en el tercer corte aumentó considerablemente en todos los tratamientos.

Esta variación en la producción de nutrientes digestibles totales durante los tres cortes en los tratamientos se debió principalmente al mayor contenido de extractos libres de nitrógeno presentados por la frecuencia y método de aplicación de los fertilizantes que estuvieron más a disposición para el sistema radicular principalmente el aporte de Nitrógeno, también se debe al incremento de materia seca. A medida que aumenta la edad del pasto también asciende la producción de energía y disminuye su contenido.

De acuerdo con Bernal el aumento en los Extractos Libres de Nitrógeno (ELN) como respuesta a una mayor área foliar puede influir positivamente en los contenidos energéticos del forraje ya que permite optimizar sus procesos de fotosíntesis y síntesis de reservas energéticas especialmente carbohidratos no estructurales<sup>114</sup>.

Benítez *et al* afirman que “el nitrógeno aplicado al suelo puede mejorar sustancialmente los niveles energéticos del mismo por el incremento en los extractos libres de nitrógeno que se constituyen como reservas potenciales de energía para la planta”<sup>115</sup>.

Vásquez y Torres argumentan que:

Los carbohidratos se forman en los vegetales mediante la fotosíntesis, la energía radiante del sol es capturada por la clorofila y transformada en energía química, la eficiencia con que se lleva a cabo dicho proceso depende de la cantidad de luz incidente y la cuánta en que esta es captada por las hojas de la planta que funcionan análogamente como paneles solares para captar y transformar la energía lumínica en energía química<sup>116</sup>.

Hurtado y Realpe en la Vereda Cabrera, municipio de Pasto encontraron una producción de 3.42 ton/Ha/Corte de NDT con la aplicación de 12 ton de abono orgánico/Ha<sup>117</sup>.

---

<sup>114</sup>BERNAL, Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío, Op. cit., p. 342.

<sup>115</sup>BENITEZ, C., *et al*. Los pastos en Cuba. La Habana : pueblo y educación, 1983. p. 81.

<sup>116</sup>VASQUEZ, E. y TORRES, S. Fisiología vegetal. La Habana : pueblo y educación, 1987. p. 156.

<sup>117</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 59.

Esta producción es menor a la encontrada en el estudio que fue para la fertirrigación química mediante riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 7.4 ton/Ha/Corte; con fertirrigación orgánica mediante riego por exudación aplicando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea anualmente 7.2 ton/Ha/Año y con la fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación utilizando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año 6.2 ton/Ha/Corte respectivamente.

Consemillas en el Corregimiento de Catambuco reporta un porcentaje de NDT de 76%<sup>118</sup>. Valor que es superior a los alcanzados en el presente trabajo para todos los tratamientos los cuales fueron con fertirrigación orgánica mediante riego por exudación 74.8%, con fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación 73.9% y para la fertirrigación química mediante riego por exudación 73.1%; pero son superiores a los encontrados por Hurtado y Realpe en la Vereda Cabrera, municipio de Pasto con la aplicación de 12 ton de abono orgánico/Ha que es de 60.13%<sup>119</sup>.

## 6.5 ANALISIS ECONOMICO

**6.5.1 Costos fijos.** Incluye la instalación del sistema de riego, preparación del suelo y siembra, semilla e insecticida. Estos costos fueron iguales para todos los tratamientos.

**6.5.2 Costos variables.** Dentro de estos se encuentran los fertilizantes (urea, granulados, orgánico líquido) y la mano de obra para mantenimiento.

Todos estos costos se tuvieron en cuenta para determinar el costo de producción de 1 kilogramo de forraje verde y de materia seca por metro cuadrado.

**Tabla 8. Costos de producción del pasto Aubade/Ha/Año. Costos fijos**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARO	V. TOTAL
-Instalación sistema de riego	global			1091000
- Preparación suelo y siembra	jornal	30	10000	300000
- Insecticida	kg	12	4500	54000
- Semilla	kg	25	4400	110000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1555000</b>

NOTA: el valor del sistema de riego por exudación corresponde al valor total dividido entre la vida útil.

<sup>118</sup>CONSEMILLAS, Op. cit., 2002.

<sup>119</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 59.

**Tabla 9. Costos variables del pasto aubade por Ha/Año**

<b>DETALLE</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
<b>Fertilización Química más riego por exudación</b>				
- Fertilización inicial	kg	600	840	504000
-Fertilización mantenimiento (Urea)	kg	800	920	736000
-Mano de obra	jornal	20	10000	200000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1440000</b>
<b>Fertirrigación orgánica mediante riego por exudación</b>				
- Fertilizante orgánico líquido	lt	2600	3500	9100000
- Mano de obra	jornal	20	10000	200000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>9300000</b>
<b>Fertirrigación química mediante riego por exudación</b>				
- Urea	kg	1050	920	966000
- Superfosfato triple	kg	200	1040	208000
- Mano de obra	jornal	20	10000	200000
<b>SUBTOTAL</b>				<b>1374000</b>

**Cuadro 10. Costos de producción del pasto aubade \$/Ha/Año**

DETALLE	Fertilización con 25-15-0-3 más riego por exudación	Fertirrigación orgánica mediante riego por exudación	Fertirrigación química mediante riego por exudación
TOTAL COSTOS FIJOS	1555000	1555000	1555000
TOTAL COSTOS VARIABLES	1440000	9300000	1374000
<b>TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>2995000</b>	<b>10855000</b>	<b>2929000</b>
Producción promedio de F.V. kg/Ha/Año	401600	445600	456000
<b>Costo de producción F.V. \$/kg/m<sup>2</sup></b>	<b>7.4</b>	<b>24.3</b>	<b>6.4</b>
Producción promedio de M.S. kg/Ha/Año	70239	79405	80848
<b>Costo de producción M.S. \$/kg/m<sup>2</sup></b>	<b>42.6</b>	<b>136.7</b>	<b>36.2</b>
Producción promedio de Proteína kg/Ha/Año	20060	23630	20963
<b>Costo de producción proteína \$/kg/m<sup>2</sup></b>	<b>149.3</b>	<b>459.3</b>	<b>139.7</b>
Producción promedio de NDT kg/Ha/Año	51906.6	59395	59100
<b>Costo de producción NDT \$/kg/m<sup>2</sup></b>	<b>57.7</b>	<b>182.7</b>	<b>49.5</b>

Para el establecimiento del costo de producción de 1 kilogramo de forraje verde se tuvo en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Costo kg F. V. (\$)} = \frac{\text{Costo producción Aubade \$/Ha/Año}}{\text{Producción F. V. kg/Ha/Año}}$$

$$\text{Costo kg F. V. (\$)} = \frac{2995000}{401600} = 7.4$$

El costo de producción kg/m<sup>2</sup> para el T0 es de \$ 7.4

De igual manera se aplica el mismo procedimiento para los demás tratamientos evaluados.

De acuerdo con el Cuadro 10. se observa que el tratamiento T2 presentó el menor costo de producción por kilogramo de forraje verde con \$6.4 debido al alto rendimiento que obtuvo, con la aplicación de fertirrigación química mediante riego por exudación en dosis de 200 kg de Superfosfato triple más 250 kg de Urea por hectárea por año equivalente a 150 kg de nitrógeno, 90 kg de fósforo por hectárea anualmente aplicados en forma fraccionada cada diez días y 50 kg de Nitrógeno después de cada corte (para un total de 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea/año).

El segundo fue el tratamiento T0 con un costo de producción de \$7.4 por kilogramo de forraje verde con la aplicación de 600 kg/Ha/Año de fertilizante completo 25-15-0-3 más riego por exudación representado en 150 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año al momento de la siembra y 50 kg de Nitrógeno después de cada corte(para un total de 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea/año).

El mayor costo de producción se presentó en el tratamiento T1 fertirrigación orgánica líquida mediante riego por exudación 2600 L/Ha/Año constituyendo en nitrógeno total 340 kg, en fósforo asimilable (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 40 kg por hectárea anualmente, aplicados en forma fraccionada cada diez días con \$24.36 por kilogramo de forraje verde, valor que estuvo influenciado por las bajas concentraciones de nutrientes de este fertilizante que fueron requeridas en altas cantidades y también su alto costo en el mercado.

El menor costo de producción por kilogramo de materia seca se obtuvo con fertirrigación química mediante riego por exudación empleando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea por año con \$36.2 valor favorecido por su alto rendimiento de forraje verde y contenido de materia seca, seguido por la fertilización con 25-15-0-3 más riego por exudación utilizando 550 kg de nitrógeno y 90 kilogramos de fósforo por hectárea anualmente con \$42.6 y el mayor costo lo reportó la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación aplicando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea por año con \$136.7.

El menor costo de producción por kilogramo de proteína se presentó en la fertilización con 25-15-0-3 más riego por exudación aplicando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea/año con \$149.3 aunque tuvo el rendimiento más bajo comparado con los demás

tratamientos su alto contenido de proteína le favoreció para reducir sus costos de producción, la fertirrigación química mediante riego por exudación utilizando 550 kg de nitrógeno y 90 kg de fósforo por hectárea/año con \$139.7 le sigue en su orden y la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación empleando 340 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea/año con \$459.3 obtuvo el mayor costo.

La fertirrigación química mediante riego por exudación reportó el menor costo de producción por kilogramo de Nutrientes Digestibles Totales con \$49.5 debido al alto rendimiento presentado seguido por la fertilización con 25-15-0-3 más riego por exudación con \$57.7 y el mayor costo fue para la fertirrigación orgánica mediante riego por exudación con \$182.7.

Estos resultados al ser comparados con los de Hurtado y Realpe en la Vereda Cabrera municipio de Pasto, quienes determinaron un costo de producción de \$ 22.61 que hoy corresponden a \$27 por kilogramo de materia seca con la aplicación de 8 toneladas de abono orgánico por hectárea<sup>120</sup>. Valores que son inferiores a los alcanzados en la presente investigación. El alto costo del forraje se encuentra influenciado por el sistema de riego por exudación y este se compensa con la calidad nutricional que se genera.

---

<sup>120</sup>HURTADO y REALPE, Op. cit., p. 65.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

Existen ventajas en la respuesta a la aplicación del fertirriego en cuanto a la asimilación del nitrógeno y el fósforo con respecto a la fertilización química, mientras más soluble se encuentre el fósforo, su aprovechamiento por las plantas será mayor evitando su fijación en el suelo; con relación al nitrógeno se evitan pérdidas por volatilización.

Con el suministro de fertilizantes por medio del sistema de riego por exudación en forma fraccionada los rendimientos son mejores, puesto que las plantas están recibiendo continuamente los nutrientes requeridos para su normal crecimiento y desarrollo obteniéndose una mayor producción y mejorando también su calidad nutricional.

La respuesta a la fertilización orgánica y mineral fue similar, no obstante los mayores costos se presentaron con la fertirrigación orgánica debido a las bajas concentraciones de nutrientes y las altas cantidades necesitadas por las plantas, de igual manera su elevado costo en el mercado.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

Debido a las bajas concentraciones de elementos en los fertilizantes orgánicos líquidos se hace necesario de grandes aplicaciones de este material para aportar las cantidades apropiadas de nutrientes, por lo tanto no es aconsejable realizar estas fertilizaciones pues los costos en el mercado son muy altos, sería conveniente elaborar uno mismo estos abonos para reducir los costos que generan.

Con el sistema de riego por exudación se producen altos rendimientos, además, se mejora la calidad nutricional del pasto, se facilita su manejo, hay una mayor eficiencia en la aplicación de fertilizantes, larga durabilidad y ahorro de agua; por lo tanto se debe implementar esta técnica en extensiones a pequeña escala.

Comparar el sistema de fertilización convencional con el sistema de riego por exudación.

Analizar el efecto de la fertirrigación y el corte para determinar la sostenibilidad de la producción.

Al efectuar el análisis bromatológico del pasto determinar la proteína verdadera del forraje para establecer el contenido de nitratos y nitritos.

## 8. BIBLIOGRAFIA

ALTAMIRANO, Silvia. Las bases técnicas del fertirriego. [online]. Santiago, feb. 2002 [citado 23 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.chileriego.cl/revista/diario10/-14.htm>>

ARGUELLES MENDOZA, German; ALARCON MILLAN, Enrique. Principales pastos de corte en Colombia. Bogotá : Ediciones produmedios, 1999. p. 20.

ASPIOLA, Enrique. El ciclo del azufre. [online]. s.n. s.f. [citado 23 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.fisicanet.com.ar/monografias/es-04-ciclo-del-azufre.html>>

BENITEZ, C., *et al.* Los pastos en Cuba. La Habana, Cuba : pueblo y educación, 1983. 676 p.

BERNAL EUSSE, Javier. Encalado y uso de correctivos del suelo en pastos. En : SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE; ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE y SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA. Curso Manejo de pastos y conservación de forrajes : Memorias técnicas. Bogotá : Produmedios, 2002. p. 19-31.

----- Fertilización de pastos mejorados y cultivos de clima frío. Bogotá : Monómeros Colombo – Venezolanos, 1998. 425 p.

----- Pastos y forrajes tropicales : Producción y manejo. 4 ed. Bogotá : Editorial IDEAGRO, 2003. 700 p.

BOCKMAN, Oluf Chr., *et al.* Agricultura y fertilizantes : fertilizantes en perspectiva. Oslo-Noruega : Hydro Agri, 1993. 263 p.

CALIFORNIA PLANT HEALTH ASSOCIATION. Manual de fertilizantes para cultivos de alto rendimiento. México : Editorial Limusa, 2004. 366 p.

CADENA CEBALLOS, Víctor y MUÑOZ CABRERA, Andrés. Determinación de la cantidad óptima de agua aprovechable en los cultivos de Sandía (*Citrus vulgaris L.*), Maíz (*Zea mays*), Zapallo (*Cucúrbita moschata*), Cebolla cabezona (*Allium cepa L.*) bajo el sistema de riego por exudación en el Corregimiento del Remolino, Nariño. Pasto, 2001, 174 p. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

CONSEMILLAS. Passerel o raigras anual mejorado. Bogotá, 2002.

COLJAP. Fertirriego. [online]. Bogotá, oct. 2003 [citado 22 nov., 2003]. Disponible en: <<http://www.coljap.com>>

CUASTUMAL PANTOJA, Fanny; CUASTUMAL PANTOJA, Jairo J. Efecto de sustancias orgánicas en el pasto Tetralite (*Lolium hybridum*) sobre la producción de biomasa en el municipio de Yacuanquer. Pasto, 1999, 98 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

DE LA CONCHA, M. Una alternativa para riego localizado : El riego por exudación mediante el tubo geotextil C.T. España : Nutrifitos 90, 1990. p. 138-235.

DELGADO, Crisoly Geraldine y ZAMBRANO ROSERO, María de los Angeles. Utilización de diferentes niveles de heno de forraje de avena (*Avena sativa*) como suplemento pasto aubade (*Lolium sp*) en la alimentación de cuyes de engorde (*Cavia porcellus*). Pasto, 1994, 67 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. Fertirrigación. [online]. s.n. s.f. [citado 23 ene., 2005]. Disponible en:  
<<http://www.fertiberia.com/servicios-on-line/guía-de-abonado/frutales2.htm>>

ESTRADA ALVAREZ, Julián. Pastos y forrajes para el trópico Colombiano. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2001. 320 p.

ESTRADA, Gabriela. Fertirrigación : Caracterización y preparación de fertilizantes líquidos para fertirrigación. Bogotá : Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1997. 61 p.

HURTADO GOMEZ, Carlos J; REALPE CHICAIZA, Carlos A. Respuesta del pasto aubade (*Lolium sp*) a la aplicación de diferentes niveles de abono orgánico en la Vereda Cabrera. Pasto, 1998, 94 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

IMAS, Patricia. Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutícolas. Argentina : Tucumán, 1999. p. 110 - 120.

LEGARDA BURBANO, Lucio. Importancia de los parámetros hidrofísicos del suelo y requerimientos del cultivo en el diseño de un sistema de riego por aspersión. Pasto : INAT, 1996. 31 p.

LEGARDA BURBANO, Lucio; PUENTES LEAL, Gerardo y ARTEAGA MENESES, Germán. El sistema de riego por exudación, una alternativa viable para la producción de cultivos de clima cálido en regiones secas. Pasto : Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, 2001. 55 p.

LUPIN, M.; MAGEN, H. Y GAMBASH. Preparando una misma solución para fertirriego. [online]. Buenos Aires, ago. 2001 [citado 18 mar., 2004]. Disponible en: <<http://www.fertilizar.org.ar/articulos.htm>>

MANUAL INFORMATIVO DEL TUBO GEOTEXTIL EXUDANTE. Barcelona, España, 1990. p. 1 - 25.

MANUAL INFORMATIVO poritex : Riego localizado. [online]. s.n. jun. 2002 [citado 22 abr., 2003]. Disponible en: <[http://www.poritex.com/riego con poritex.htm](http://www.poritex.com/riego%20con%20poritex.htm)>

MARULANDA, E. Riego por goteo. Palmira : Universidad Nacional de Colombia, 1998. p. 49 - 153.

MILA PRIETO, Alberto. Suelos, pastos y forrajes. Bogotá : Editorial UNISUR, 2001. p. 73.

MOJHANNA INSUASTY, Bairon. Forrajes para alimentación de bovinos en el trópico. Pasto : Universidad de Nariño, 1998. 132 p.

MOYA TALENS, Jesús Antonio. Riego localizado y fertirrigación. 3 ed. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2002. 366 p.

NUEVA TECNOLOGÍA del riego localizado. FAO, 12 abr. 2002 [12 jun., 2003]. Disponible en : <http://www.ruralnet.com.br/poritex/nova.htm>

ÑUÑO, Santiago. Riego exudante. En : Tierra adentro. Vol. 32; No. 2 (may. – jun. 2000). p. 17.

OJEDA GAMBOA, Luis Carlos. Evaluación del riego por exudación en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L*) bajo cubierta, mediante el uso de tensiómetros. Pasto, 1995, 95 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

------. 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 Remolino. Proyecto de Investigación Adaptativa. Bogotá : Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria – PRONATTA. Convocatoria, 1997. 129 p.

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

OROZCO, Luz y TORRES, Liliana. Efecto comparativo de los forrajes alfalfa (*Medicago sativa*) y pasto aubade (*Lolium sp*) con y sin suplemento en la fase productiva del cuy (*Cavia porcellus*). Pasto, 1996, 63 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias.

PANTOJA, Carlos; CORREA, Ramón y MELO, Marco. Recomendaciones técnicas para los cultivos y especies pecuarias prioritarias en el área de influencia del creced altiplano de Nariño. Pasto : Instituto Colombiano Agropecuario, 1989. 47 p.

RESTREPO RIVERA, Jairo. Agricultura orgánica : Biofertilizantes preparados y fertilización a base de mierda de vaca. Santiago de Cali : Fundación Juquira Candirú, 2002. 17 p.

PORTAL TECNOCENCIA. Especial cultivos hidropónicos. [online]. Sevilla, may. 2003 [citado 29 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos-hidroponicos/11.htm>>

RODRIGUEZ JIMÉNEZ, José V. Fertilizantes orgánicos. [online]. 12 jun. 2002 [citado 25 ene., 2004]. Disponible en: <<http://www.terra.com.es/personal/forma-xxi/com017.htm>>

RIVEROS, Felipe. Riego localizado por exudación. [online]. Sevilla, jun. 2003 [citado 29 ene., 2005]. Disponible en: <<http://www.members.fortunecity.es/felipe-riveros.ht>>

QUINTERO, Carlos y BOSCHETTI, Gustavo. Manejo del fósforo en pasturas. [online]. Buenos Aires : Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER, jun. 2002 [citado 25 ene., 2004]. Disponible en: <<http://www.fertilizar.org.ar/articulos.htm>>

ROMERO C., *et al.* Efecto de la fertilización nitrogenada sobre los componentes morfológicos del pasto estrella (*Cynodon plectostachus*) en la zona de Bajo Tocuyo estado de Falcón. [online]. Falcón, Venezuela: FONIAP-Estación experimental, s.f. [citado 12 may., 2004]. Disponible en: <<http://www.Ceniap.gov.ve/zt1601/texto/estrella.htm>>

ROMERO MARTINEZ, J. El espárrago. España – Navarra : Instituto Técnico y de Gestión del Cereal (ITGA), 1998. p. 36 - 40.

ROSAS ROA, Antonio. Agricultura orgánica práctica : Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Bogotá : Editorial Medios Impresos, 2001. p. 56-66.

SALAMANCA, Rafael a. Pastos y forrajes : Producción y manejo. Bogotá : Editorial USTA, 1986. 380 p.

SIERRA POSADA, José Oscar. Fertilización de pastos y forrajes de clima frío. En : SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE; ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE LECHE y SOCIEDAD DE AGRICULTORES DE COLOMBIA.

Curso Manejo de pastos y conservación de forrajes : Memorias técnicas. Bogotá : Produmedios, 2002. p. 45.

VASQUEZ, E. y TORRES, S. Fisiología vegetal. La Habana, Cuba : pueblo y educación, 1987. 643 p.

VIVEROS ZARAMA, Miguel. Curso avanzado de riego a distritos de pequeña escala : Interpretación de análisis de suelos. Chachagui : INAT, 1996. 28 p.

ZAMORANO F., A. Los nutrientes del suelo. [online]. s.n. 4 may. 2003 [citado 29 ene., 2005]. Disponible en:  
<<http://www.fertiberia.com/servicios-on-line/guía-de-abonado/forrajes2.htm>>

# **ANEXOS**

**Anexo A. Análisis de varianza para producción de forraje verde (kg/m<sup>2</sup>) en tres cortes sucesivos.**

<b>F. V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Tratamiento	2	2.38115556	1.19057778	6.20**	0.0080
Repetición	2	1.10248889	0.55124444	2.87**	0.0800
Bloque	2	0.23786667	0.11893333	0.62**	0.5481

C.V. = 8.06%

\* = Diferencias Significativas

\*\* = Diferencias altamente significativas

N.S. = No significativo

C.V. = Coeficiente de variación

**Anexo B. Análisis de varianza para producción de materia seca (kg/m<sup>2</sup>) en tres cortes sucesivos.**

<b>F. V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Tratamiento	2	0.12856296	0.06428148	10.13**	0.0009
Repetición	2	0.01827407	0.00913704	1.44**	0.2606
Bloque	2	0.00356296	0.00178148	0.28*	0.7582

C.V. = 8.46%

\* = Diferencias Significativas

\*\* = Diferencias altamente significativas

N.S. = No significativo

C.V. = Coeficiente de variación

**Anexo C. Análisis de varianza para producción de proteína (kg/m<sup>2</sup>) en tres cortes sucesivos.**

<b>F. V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Tratamiento	2	0.00925185	0.00462593	11.24**	0.0005
Repetición	2	0.00145185	0.00072593	1.76 **	0.1970
Bloque	2	0.00038519	0.00019259	0.47*	0.6329

C.V. = 7.89%

\* = Diferencias Significativas

\*\* = Diferencias altamente significativas

N.S. = No significativo

C.V. = Coeficiente de variación

**Anexo D. Análisis de varianza para producción de NDT (kg/m<sup>2</sup>) en tres cortes sucesivos.**

<b>F. V.</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt;F</b>
Tratamiento	2	0.07311852	0.03655926	10.01**	0.0010
Repetición	2	0.00820741	0.00410370	1.12**	0.3449
Bloque	2	0.00191852	0.00095926	0.26*	0.7717

C.V. = 8.66%

\* = Diferencias Significativas

\*\* = Diferencias altamente significativas

N.S. = No significativo

C.V. = Coeficiente de variación

**Anexo E. Prueba de comparación de Tukey para las diferentes producciones evaluadas**

<b>Tratamiento</b>	<b>Forraje verde</b>	<b>Materia seca</b>	<b>Proteína</b>	<b>NDT</b>
T0	5.02 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.62 <sup>b</sup>
T1	5.57 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>	0.28 <sup>a</sup>	0.72 <sup>a</sup>
T2	5.70 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>	0.74 <sup>a</sup>

Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias estadísticas

**Anexo F. Resultados obtenidos de producción de forraje verde por aforo de 25 cm<sup>2</sup> en cada corte**

<b>CORTES</b>	<b>T0</b>			<b>T1</b>			<b>T2</b>		
	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>
<b>Primer corte</b>	300	300	350	350	400	300	350	450	320
	300	350	360	400	400	250	350	420	300
	270	230	270	370	370	350	400	400	420
<b>Segundo corte</b>	350	390	370	330	390	390	380	410	420
	410	390	320	320	385	400	370	430	418
	350	370	360	400	380	380	420	400	410
<b>Tercer corte</b>	233	224	280	355	326	356	309	312	314
	328	245	208	240	271	325	392	335	290
	351	301	162	260	283	347	357	286	328

### **Anexo G. Composición química del Fertilizante orgánico líquido Reabono**

Materia orgánica	30.3g/l
Carbono orgánico	15.1g/l
Nitrógeno total	132.2g/l
Nitrógeno amoniacal	3g/l
Nitrógeno nítrico	120.3g/l
Nitrógeno orgánico	8.9g/l
Fósforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	15g/l
Potasio soluble en agua (K <sub>2</sub> O)	7.3g/l
Calcio	4.4g/l
Magnesio	1.9g/l
Azufre	2.6g/l
Hierro	0.4g/l
Cobre	0.4g/l
pH	4.0
Densidad	1.07g/cm <sup>3</sup>