



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL PASTO
MARALFALFA *Pennisetum violaceum* CON DIFERENTES NIVELES DE
FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO CON UNA BASE
ESTÁNDAR DE POTASIO”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR:

DIEGO ANTONIO CRUZ PARRA

Riobamba-Ecuador

2008

Esta Tesis fue aprobada por el siguiente Tribunal

Ing. M. C. José María Pazmiño Guadalupe

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. José Herminio Jiménez Anchantuña

DIRECTOR DE TESIS

Ing. M.C. Manuel Enrique Almeida Guzmán

BIOMETRISTA DE TESIS

Ing. M.C. Wilfrido Neptalí Cápele Báez

ASESOR DE TESIS

Riobamba, 08 de Octubre del 2008

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstrac	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
A. EI PASTO MARALFALFA (<i>Pennisetum sp.</i>) UNA REALIDAD	3
1. <u>Origen</u>	3
2. <u>Clasificación taxonómica</u>	5
3. <u>Características generales</u>	6
4. <u>Hábitos de crecimiento y adaptación</u>	7
5. <u>Producción de forraje</u>	8
6. <u>Análisis Bromatológico</u>	8
7. <u>Órganos Vegetativos</u>	9
a. Raíces	10
b. Tallo	10
c. Hojas	10
d. La lígula	10
e. Órganos Reproductivos	10
8. <u>Datos técnicos</u>	12
a. Condiciones Agro-climáticas	12
b. Rendimiento	12
c. Carbohidratos	12
d. Siembra	12
e. Cantidad de semilla por Ha	12
f. Altura	13
g. Corte	13
h. Fertilización	13

i.	Uso	13
j.	Reporte de utilización	13
9.	<u>Ventajas del maralfalfa</u>	14
B.	FERTILIZACIÓN DE PASTIZALES	14
1.	<u>Múltiples propósitos de la fertilización en Pastos</u>	14
2.	<u>Prácticas de fertilización para gramíneas perennes bajo corte</u>	15
C.	EL NITRÓGENO	15
1.	<u>Importancia en la fertilización con Nitrógeno</u>	15
2.	<u>La fertilización con urea</u>	16
a.	Nitrógeno ureico	16
b.	La importancia de la Urea	18
c.	Fitotoxicidad por amoníaco	19
d.	Eficiencia de fertilización: ureas especiales	19
e.	Eficiencia de la fertilización nitrogenada: pastoreo vs. Cortes	19
D.	EL FÓSFORO (P)	20
1.	<u>Importancia del fósforo</u>	20
2.	<u>Movilidad del Fósforo en el suelo</u>	21
3.	<u>Formas y ciclo global del Fósforo en el suelo</u>	22
4.	<u>Formas de fertilizar con Fósforo</u>	23
5.	<u>Deficiencias de fósforo en la Planta</u>	24
E.	EL POTASIO (K).	25
1.	<u>Funcionamiento del K en el sistema suelo-planta</u>	25
2.	<u>Formas de K en el suelo</u>	25
3.	<u>Rol del K en la nutrición vegetal</u>	26
4.	<u>Dinámica del K en el sistema suelo-planta</u>	26
5.	<u>Consideraciones uso del K</u>	27
III.	<u>MATERIALES Y METODOS</u>	28
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	28
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	30
C.	EQUIPOS Y MATERIALES	30

1.	<u>De Campo</u>	30
2.	<u>Laboratorio</u>	31
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	31
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES Y METODOLOGÍA	32
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	33
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	34
1.	<u>Descripción del Experimento</u>	34
2.	<u>Metodología de Evaluación</u>	35
a.	Producción de forraje en materia verde y seca	35
b.	Altura de la planta a los 75, 105 y 135 días	35
c.	Análisis proximal	36
d.	Evaluación Económica	36
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	37
A.	EFFECTO DE LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE FERTILIZACIÓN EN EL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp</i>, A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN DE 75, 105 Y 135 DIAS.	37
1.	<u>Altura del <i>Pennisetum sp</i>, según edad de evaluación</u>	37
a.	75 días	37
b.	105 días	39
c.	135 días	39
2.	<u>Producción de Forraje Verde (PFV), según la edad de evaluación</u>	41
a.	75 días	41
b.	105 días	42
c.	135 días	42
3.	<u>Producción de Materia Seca (PMS), según edad de evaluación</u>	43
a.	75 días	44
b.	105 días	44
c.	135 días	45
B.	EFFECTO DEL FACTOR NITRÓGENO (N) SOBRE EL	

POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> A DIFERENTES EDADES DE EVALUACION DE 75, 105 Y 135 DIAS	47
1. <u>Altura del <i>Pennisetum sp.</i>, según la edad de evaluación</u>	47
2. <u>Producción de Forraje Verde (PFV), según la edad de evaluación</u>	51
3. <u>Producción de materia seca (PMS), según la edad de evaluación</u>	54
C. EFECTO DE LOS NIVELES DE FÓSFORO (P) SOBRE EL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN 75, 105 Y 135 DIAS	59
1. <u>Altura del <i>Pennisetum sp.</i>, según la edad de evaluación</u>	59
2. <u>Producción de Forraje Verde (PFV), según la edad de evaluación</u>	63
3. <u>Producción de Materia Seca (PMS) del <i>Pennisetum sp.</i>, según la edad de evaluación</u>	65
D. EFECTO DE DOS CORTE SOBRE EL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i>	71
1. <u>Altura del <i>Pennisetum sp.</i>, según la edad de evaluación</u>	71
2. <u>Producción de Forraje Verde (PFV) del <i>Pennisetum sp.</i>, según la edad de evaluación</u>	72
3. <u>Producción de Materia Seca (PMS) del <i>Pennisetum sp.</i>, según la edad de evaluación</u>	73
E. POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO EFECTO DEL NITROGENO (N) Y FÓSFORO (P)	74
1. <u>Altura del <i>Pennisetum sp.</i>, a los 135 días de evaluación</u>	75
2. <u>Producción de Forraje Verde, a los 135 días de evaluación</u>	76
3. <u>Producción de Materia Seca (PMS), a los 135 días de evaluación</u>	77
F. INTERACCIÓN DEL EFECTO NITROGENO (N) * FÓSFORO (P) * CORTE EN LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN.	78

G. ANALISIS BROMATOLOGICO DEL <i>Pennisetum sp.</i>	79
1. <u>Materia Seca (MS)</u>	80
2. <u>Proteína Bruta (PB)</u>	81
3. <u>Extracto Etéreo (EE)</u>	81
4. <u>Fibra Cruda (FC)</u>	82
5. <u>Cenizas (CC)</u>	83
H. EVALUACIÓN ECONÓMICA	83
V. <u>CONCLUSIONES</u>	86
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	88
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	89
ANEXOS	

RESUMEN

En la Hacienda "CHUGLLIN", ubicada en el cantón Chambo, Provincia de Chimborazo, se evaluó el potencial forrajero del *Pennisetum violaceum* (Pasto Maralfalfa) bajo el efecto de diferentes niveles de fertilización de Nitrógeno (60 – 90 – 120 kg/ha), Fósforo (60 -90-120 kg/ha) con una base estándar de Potasio (30 kg/ha). Se aplicaron 10 tratamientos, siendo las fuentes de fertilización: la Urea, el Superfosfato Triple y el Muriato de Potasio. Se utilizaron 30 unidades experimentales con dimensiones de 6 x 5 m, bajo un DBCA. El análisis estadístico de los resultados permitió determinar que el mejor tratamiento correspondió al nivel de 90 kg N/ha – 120 kg P/ha y 30 kg K/ha, el mismo que difiere estadísticamente de la mayor parte de los otros tratamientos; registrándose las mayores alturas de: 133.17 cm a los 75 días, 173.50 cm a los 105 días y 212.67 cm a los 135 días, con producciones de forraje verde (FV) de 38 tn/ha a los 75 días, 55.33 tn/ha a los 105 días y 212.67 tn/ha a los 135 días. La edad propicia de corte del *Pennisetum violaceum* se recomienda a los 75 días, ya que a esta edad existe una relación positiva entre la cantidad (184.93 tn FV/ha/año) y calidad (16.70% MS y 15.30% PC) del forraje. El análisis económico evidenció que el mayor índice beneficio/costo reportó el tratamiento de 60 kg N/ha – 120 kg P/ha – 30 kg K/ha. Finalmente se observó que los valores encontrados en esta investigación son inferiores a los que denuncian otros autores, lo que sin duda se debe, a la diferencia de los ecosistemas en donde se realizaron tales investigaciones.

ABSTRAC

In “CHUGLLIN” farm, situated in Chambo Canton, Chimborazo Province, the fodder potential of *Pennisetum violaceum* (Maralfalfa fodder) was evaluated under different Nitrogen Fertilization (60 – 90 – 120 kg/ha), Phosphorus (60 – 90 – 120 kg/ha) with a standard base of Potassium (30 kg/ha). Ten different treatments were applied, having as fertilization sources Urea, Superphosphate triple and Potassium Muriato. Thirty experimental units of 6 x 5 meters were used, under a DBCA. The statistic analysis of result determined that the best treatment corresponded to the one having the following levels: 90 kg N/ha – 120 kg P/ha – 30 kg K/ha, which statistically differs from most of the other treatments, recording the highest: 133.7 cm after 75 days, 173.5 cm after 105 days and 212.67 cm after 135 days, with yields of green fodder of 38 ton/ha after 75 days, 55.33 ton/ha after 105 days and 212.67 ton/ha after 135 days. The recommended ideal age to harvest the *Pennisetum violaceum* is 75 days, since at this age there exist a positive relation between fodder quantity (184.93 ton/fv/ha/year) and quality (16.70% MS and 15.30% PC). The economical analysis showed that the highest profit/expense rate result from the treatment of 60 kg N/ha – 120 kg P/ha – 30 kg K/ha. Finally, the values obtained in this research were lower than those claimend by other authors, which surely is due to the difference of the ecosystems where such studies were carried out.

LISTA DE CUADROS

Nº.		Pág.
1.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO <i>Pennisetum</i>	6
2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL <i>Pennisetum sp</i>	8
3.	EFFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DEL PASTO MARALFALFA (<i>PENNISETUM SP.</i>) ENTRE EL DÍA 40 Y 110 DE CORTE	9
4.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO <i>Pennisetum sp.</i> COSECHADO A DOS EDADES DE REBROTE (56 Y 105 DÍAS)	9
5.	COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CHUGLLIN	28
6.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE CHUGLLIN	29
7.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO DE LA INVESTIGACION	29
8.	CARACTERÍSTICAS DE FERTILIZACIÓN DEL SUELO	29
9.	ESQUEMA Y DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	33
10.	ESQUEMA DEL ADEVA I	34
11.	ESQUEMA DEL ADEVA II	34
12.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES COMBINACIONES DE FERTILIZANTES (TRATAMIENTOS), A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN 75, 105 Y 135 DÍAS	38
13.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N), EN DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN	47
14.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N) Y CORTES A DIFERENTES EDADES DE EVALUACION	58
15.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO DIFERENTES NIVELES DE FOSFORO (P) A DIFERENTES EDADES DE CORTE	59
16.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> EN DIFERENTES CORTES	71
17.	EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N) CON FÓSFORO	

(P) A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN	75
18. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL <i>Pennisetum sp.</i> BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N), FÓSFORO (P) EN DOS CORTES A DIFERENTES EDADES DE EVALUACION	78
19. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL <i>Pennisetum sp.</i> EN DIFERENTES EDADES DE CORTE	80
20. EVALUACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA HA DE FORRAJE VERDE DE <i>Pennisetum sp.</i> BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN	85

LISTA DE GRÁFICOS

Nº.	Pág.
1. Esquema de las espiguillas del pasto maralfalfa (<i>Pennisetum sp.</i>)	11
2. Ciclo de Nitrógeno	17
3. Esquematiza el ciclo global del P en el sistema suelo-planta	22
4. Ubicación geográfica de la investigación	28
5. Distribución de la parcela en estudio	36
6. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> a los 75 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	39
7. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> a los 105 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	40
8. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> a los 135 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	40
9. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> a los 75 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	41
10. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> a los 105 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	42
11. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> a los 135 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	43
12. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> a los 75 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	44
13. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> a los 105 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	45
14. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> a los 135 días bajo la utilización de diferentes tratamientos	46
15. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de n a los 75 días	48
16. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de n a los 105 días	48
17. altura del <i>pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de n a los 135 días	49
18. Regresión del crecimiento del <i>Pennisetum sp.</i> a los 135 días en función de la altura de la planta (AP) y de los niveles de nitrógeno (N)	49
19. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de N a los 75 días	51
20. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> Bajo diferentes niveles	

de N a los 105 días	52
21. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> Bajo diferentes niveles de N a los 135 días	52
22. Regresión de la producción de forraje verde (PFV) a los 135 días en función de la PFV y los niveles de nitrógeno (N)	53
23. Producción de materia seca del <i>pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de N a los 75 días	55
24. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de N a los 105 días	55
25. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de N a los 135 días	56
26. Regresión de la producción de materia seca (PMS) a los 135 días en función de la pms y los niveles de nitrógeno (N)	56
27. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de p a los 75 días	60
28. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de p a los 105 días	60
29. Altura del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de p a los 135 días	61
30. Regresión de la altura de la planta (AP) a los 75 días en función de la altura y los niveles de nitrógeno (N)	62
31. Regresión de la altura de la planta (AP) a los 105 días en función de la altura y los niveles de nitrógeno (N)	62
32. Regresión de la altura de la planta (AP) a los 135 días en función de la altura y los niveles de nitrógeno (N)	63
33. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de P a los 75 días	64
34. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de P a los 105 días	64
35. Producción de forraje verde del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de p a los 135 días	65
36. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de P a los 75 días	66
37. Producción de materia seca del <i>Pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles de P a los 105 días	67
38. Producción de materia seca del <i>pennisetum sp.</i> bajo diferentes niveles	

de P a los 135 días	67
39. Regresión de la producción de forraje verde (PFV) a los 75 días, en función de la PFV y los niveles de fósforo (P)	68
40. Producción de forraje verde (PFV) a los 105 días en función de la PFV y los niveles de fósforo (P)	68
41. Regresión de la producción de forraje verde (PFV) a los 135 días en función de la PFV y los niveles de fósforo (P)	69
42. Regresión de la producción de materia seca (PMS) a los 75 días en función de la PMS y los niveles de fósforo (P)	69
43. Regresión de la producción de materia seca (PMS) a los 105 días en función de la PMS y los niveles de fósforo (P)	70
44. Regresión de la producción de materia seca (PMS) a los 135 días en función de la PMS y los niveles de fósforo (P)	70

LISTA DE ANEXOS

Nº.

1. RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS DE LA INVESTIGACIÓN
2. ANÁLISIS DEL SUELO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN
3. DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EN EL CAMPO
4. REPORTE DE ANÁLISIS DE LABORATORIO
5. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE PLANTAS DEL MARALFALFA (*Pennisetum sp.*), EN DIFERENTES EDADES DE CORTE, POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO CON UNA BASE ESTÁNDAR DE POTASIO
6. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE DEL MARALFALFA (*Pennisetum sp.*), EN DIFERENTES EDADES DE CORTE, POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO CON UNA BASE ESTÁNDAR DE POTASIO
7. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DEL MARALFALFA (*Pennisetum sp.*), EN DIFERENTES EDADES DE CORTE, POR EFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN DE NITRÓGENO Y FÓSFORO CON UNA BASE ESTÁNDAR DE POTASIO

I. INTRODUCCIÓN

La compleja situación de los pastos en Ecuador, cuyas áreas de producción están siendo disminuidas, requieren necesariamente la aplicación de estrategias a nivel nacional para la identificación y solución de los problemas que afectan la producción de los pastos. Es importante que en la actualidad, tanto el gobierno como los organismos afines, propendan a una producción eficiente de pastos, ya que de esta depende la alimentación y nutrición del sector ganadero de nuestro país.

El sector ganadero asienta sus bases de producción en las fuentes provisoras de forraje, la disponibilidad de especies forrajeras de alta producción para la zona de la sierra ecuatoriana es escasa, en especial con lo que tiene que ver en la alimentación de la ganadería lechera, la misma que esta en base de pastos de baja calidad nutricional como son: la grama nativa (*Cynodon sp*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y otros de mejor calidad como el rey grass (*Lolium perenne*) con una producción de materia seca (MS) por hectárea deficiente; dando como resultado una reducida capacidad de carga animal, afectando directamente a la rentabilidad del hato. En términos generales las granjas especializadas cuentan con una escasa variedad de recursos forrajeros que permitan mejorar los niveles de producción.

En el Ecuador desde el año 2005 se ha introducido un nueva especie forrajera denominado Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) desde Colombia, con el propósito de ser una alternativa a la alimentación ganadera. Existe poca información técnica en nuestro país y la poca que existe señala que el maralfalfa es una gramínea de corte, con una alta capacidad de producción de forraje, de buena calidad nutricional y una excelente palatabilidad. Permitiendo aumentar considerablemente la producción animal en especial al ganado lechero; además lo consumen los bovinos, equinos, caprinos y ovinos.

Por los antecedentes expuestos podemos considerar a esta especie como una alternativa en la alimentación de la ganadería, así como en la alimentación en explotaciones semi-intensivas en aves y cerdos; lo que certifica su fácil grado de

adaptación aunque se desconoce sus parámetros productivos en nuestro país, como también la respuesta a la aplicación de fertilizantes químicos, que es precisamente la intención de la presente propuesta, en procura de determinar el nivel óptimo de fertilización de Nitrógeno y Fósforo para obtener la mejor producción de forraje con su respectivo valor nutritivo.

Con los resultados obtenidos de la investigación podremos conocer técnica y científicamente los parámetros productivos necesarios para la adaptación necesarios y manejo del *Pennisetum sp.* (Pasto Maralfalfa), compararlos con otras especies forrajeras de la zona y determinar cuáles serán los mejores niveles de fertilización, para obtener un óptimo rendimiento.

Vale mencionar que esta investigación demuestra; que la calidad y cantidad del *Pennisetum sp.*, esta relacionada directamente con la fertilización que se proporcione al suelo luego de cada corte, por ser un gran extractor de macro y micro – elementos del mismo. La investigación evalúa el potencial forrajero del Pasto Maralfalfa "*Pennisetum sp.*" utilizando diferentes niveles de fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una base estándar de Potasio, para lo cual se planteó los siguientes objetivos:

- ✓ Evaluar los diferentes tratamientos de fertilización con Urea, Superfosfato triple, Muriato de Potasio en diferentes concentraciones de Nitrógeno, fósforo manteniendo una base estándar de Potasio.
- ✓ Determinar el nivel óptimo de fertilización de nitrógeno (N) y fósforo (P) para la producción de forraje verde del *Pennisetum sp.*
- ✓ Determinar la época propicia de corte, encontrando los niveles de producción y nutrientes más adecuados para la alimentación animal.
- ✓ Realizar el análisis del valor nutritivo del pasto cuando este alcance 75, 105 y 135 días del mejor tratamiento de fertilización.
- ✓ Realizar un análisis de costos de producción del forraje y la forma de utilización del *Pennisetum sp.*

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. EI PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) UNA REALIDAD

1. Origen

Varios autores todavía no definen el origen exacto del pasto MARALFALFA, por lo que mencionaremos a continuación las teorías más relevantes.

Según el sitio web <http://www.maralfalfa.com> (2005), señala en el artículo MARALFALFA que se trata de un pasto mejorado de origen Colombiano creado por el Padre José Bernal Restrepo (Sacerdote Jesuita), Biólogo Genetista nacido en Medellín el 27 de Noviembre de 1908, utilizando su Sistema Químico Biológico, S Q B, póstumamente llamado Heteroingerto Bernal (H I B).

El 4 de Octubre de 1965 el Padre José Bernal, utilizando su Sistema Químico Biológico SQB, cruzó el Pasto Elefante (Napier, *Pennisetum purpureum*), originario del África y la grama (*Paspalum macrophyllum*) y obtuvo una variedad que denominó GRAMAFANTE (<http://www.maralfalfa.com>, 2005).

El 30 de Junio de 1969, utilizando el mismo SQB., cruzo los pastos gramafante (elefante y grama) y guaratara del llano (*Axonopus purpussí*) y obtuvo la variedad que denomino MARAVILLA O GRAMATARA. Finalmente el padre José Bernal utilizando el mismo SQB, cruzó: El pasto maravilla o gramatara y la alfalfa (*Medicago sativa Linn*) con el pasto Brasilerio (*Phalaris arudinacea Linn*) y el pasto resultante lo denomino MARALFALFA (*Pennisetum violaceum*) (<http://www.maralfalfa.com>, 2005).

Correa, H. (2005), manifiesta que el origen del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) es aún muy incierto. Existen varias hipótesis al respecto entre las que se encuentra la del sacerdote Jesuita José Bernal Restrepo (1979) quien aseguraba que fue el resultado de la combinación de varios recursos forrajeros entre los cuales están el pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), una grama nativa (*Paspalum macrophyllum*), el gramalote (*Paspalum fasciculatum*), la alfalfa

peruana (*Medicago sativa*) y el pasto brasilero (*Phalaris arundinacea*). Sostenía, además, que este pasto fue una creación suya resultado de la aplicación del denominado Sistema Químico Biológico (S.Q.B), desarrollado por este mismo autor y que es propiedad de la Universidad Javeriana. Los fundamentos y la metodología que sigue el SQB no son descritos por Bernal José (1979), lo que le resta seriedad y credibilidad a sus publicaciones. Una especulación que tiene Corre, H. et al. (2007), al respecto es que podría tratarse de una técnica conocida hoy como hibridación somática o fusión de protoplastos que se utiliza para el mejoramiento genético de materiales vegetales genéticamente muy diferentes entre sí, que era básicamente lo que hacía el padre Bernal.

En la Universidad Javeriana en Bogotá, se informa que ellos no pueden describir la técnica (S.Q.B) propiedad de esta Institución, porque están en proceso de patentarla. Así que habrá que esperar hasta que salga la patente para conocerla científicamente.

Por otro lado, Sánchez, J. y Pérez, A. (2007), comunicación en foro afirman que dicho pasto podría corresponder a un *Pennisetum hybridum* comercializado en Brasil como Elefante Paraíso Matsuda coincidiendo con lo que afirma Hajduk, W. (2004). Este pasto fue el resultado de la hibridación del *Pennisetum americanum* (L.) Leeke con el *P. purpureum* Schum. Según señalan este híbrido es un triploide que puede ser obtenido fácilmente y combina la calidad nutricional del forraje del *Pennisetum americanum* (L.) con el alto rendimiento de materia seca del *P. purpureum* Schum. Este híbrido, sin embargo, es estéril por lo que para obtener híbridos fértiles se ha utilizado Colchicina con lo que duplica el número de cromosomas y se obtiene un híbrido hexaploide fértil (Macon, E. 1992).

Diversos híbridos han sido desarrollados en Estados Unidos con muy buenos resultados tanto en producción como en calidad nutricional (Macon, E. 1992). El *Pennisetum hybridum* fue introducido al Brasil en 1995 a través de la Empresa Matsuda (Vilela, H. 2003). Actualmente existen algunas variantes disponibles en el Brasil que han sido sometidas a evaluaciones agronómicas y productivas con resultados muy promisorios. Cabe señalar que existen variedades dentro el pasto maralfalfa el cual hay que determinar.

2. Clasificación taxonómica

Molina, S. (2005). Señalan que la identificación y clasificación taxonómica de las gramíneas no es fácil. Las gramíneas, como familia, son fácilmente reconocidas pero resulta difícil distinguir los diferentes géneros y especies. Incluso para los botánicos más versados y experimentados resulta complicado poder establecer con claridad la clasificación taxonómica de muchas gramíneas. Tal es el caso de la maralfalfa (*Pennisetum sp*). Esto se debe posiblemente a que la mayoría de las gramíneas no posee perianto y si lo tienen es muy reducido y, además, presentan un ovario muy simple. Así, estas dos características tan importantes para las dicotiledóneas, son casi completamente inexistentes en las gramíneas. Mientras que dicha ausencia esta compensada por otras características, estas a su vez no son tan evidentes (Häfliger, R. y Scholz, F. 2002).

Las gramíneas pertenecen a la familia Poaceae, la más grande de las familias del reino vegetal. Según Dawson, S. y Hatch, T. (2002), dicha familia esta compuesta por 5 sub-familias las cuales presentan un alto grado de variabilidad, de manera que la asignación de un ejemplar a una determinada sub-familia se basa más en el número de caracteres compartidos con otros miembros de un grupo determinado, que en uno o en algunos caracteres claves.

En cualquier caso la Panicoideae es una de las sub-familias dentro de la cual se encuentra la tribu Paniceae. Dentro de esta tribu, a su vez, se encuentra el género *Pennisetum* el cual agrupa a cerca de 80 especies (Dawson, S. y Hatch, T. 2002) Muestras del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp*) obtenidas de la finca Guamurú, en San Pedro de los Milagros (Antioquia), fueron analizadas por Sánchez y Pérez (comunicación en foro) en el Herbario MEDEL de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, identificándolo tentativamente como *Pennisetum violaceum* (Lam.) Rich. ex Pers. Sánchez, J. y Pérez, A. (2007), (comunicación en foro) advierten, sin embargo, que no existe total certeza sobre su identidad y que, ya sea que se trate de una especie silvestre o del híbrido mencionado anteriormente (*P. americanum* L. x *P. purpureum* Schum), su identificación correcta requerirá de estudios morfológicos y citogenéticos adicionales.

La variabilidad del denominado pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) deja un nivel de incertidumbre que sólo se podría aclarar mediante un muestreo general en diferentes sitios que indique la variación geno- y fonotípica de la especie (Sánchez, J. y Pérez, A. 2007), comunicación en foro, por lo que se clasifica al género *Pennisetum* como lo muestra el cuadro 1.

Cuadro 1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO *Pennisetum*

Familia	Sub-familias	Tribus	Géneros	Especies
<i>Poaceae</i>	<i>Pooideae</i> <i>Chloridoideae</i> <i>Oryzoideae</i> <i>Bambusoideae</i> <i>Panicoideae</i>	<i>Andropogoneae</i> <i>Festuceae</i> <i>Hordeae</i> <i>Agrostideae</i> <i>Paniceae</i>	<i>Axonopus</i> <i>Brachiaria</i> <i>Cenchrus</i> <i>Digitaria</i> <i>Echinochloa</i> <i>Eriochloa</i> <i>Melinis</i> <i>Panicum</i> <i>Paspalidium</i> <i>Paspalum</i> <i>Pennisetum</i>	<i>americanum</i> <i>purpureum</i> <i>clandestinum</i> <i>typhoides</i> <i>violaceum</i> <i>Villosum</i>

Fuente: Correa, H. et al. (2007). "Maralfalfa: Mitos y Realidades I".

3. Características generales

Según <http://www.maralfafa.com>, (2005), señala las características principales del pasto:

- Es una gramínea muy adaptable a diversas condiciones topográficas y climáticas.
- El crecimiento es casi el doble de otros pastos de la zona.
- Es un pasto suave.
- La Maralfalfa es altamente palatable y dulce, más que la caña forrajera.
- Existen muchos tipos de pasto elefante parecido genéticamente. Uno solo es Maralfalfa, no se debe confundir.
- Posee un alto nivel de proteínas, en nuestros cultivos en base seca nos ha dado hasta el 17.2% de proteína.
- Posee un alto contenido de carbohidratos azúcares que lo hacen muy apetecible por los animales.
- En la zona ha superado en un 25% de crecimiento a pastos; como el King Gras, Taiwán Morado, elefante, etc.

4. Hábitos de crecimiento y adaptación

Especie perenne alta, crece en matorros, los tallos pueden alcanzar de 2 a 3 centímetros de diámetro y alturas de dos a tres metros y hasta cuatro metros si se le deja envejecer. Las hojas tienen de dos a cuatro centímetros de ancho y de treinta a setenta centímetros de largo; la superficie es lisa a partir de los 900 msnm. y por debajo de esa altura desarrolla pubescencia, la panícula es parecida a una espiga dura cilíndrica y densamente pubescente, comúnmente de 15 a 20 centímetros de largo, muy florecida, las espiguillas crecen en racimos con un callo peludo en la base y con cerdas escabrosas (<http://www.maralfalfaprogreso.com>, 2007).

Esta gramínea crece bien desde el nivel del mar hasta los 2700 metros. Se comporta bien en suelos con fertilidad media o alta y de pH bajos. Su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. En alturas superiores a los 2200 metros su desarrollo es más lento y la producción es inferior. No se conoce con exactitud que cantidad de forraje se ve disminuida a alturas superiores a los 2 200 msnm y como afecta las condiciones climáticas: luminosidad, precipitaciones (<http://www.maralfalfa.com>, 2005).

5. Producción de forraje

En zonas con suelos pobres en materia orgánica, que van de franco-arcillosos a franco-arenosos, en un clima relativamente seco, con ph de 4,5 a 5 a una altura aproximada de 1.750 m.s.n.m. y en lotes de tercer corte, se han obtenido cosechas a los 75 días con una producción promedio de 28,5 kilos por metro cuadrado, es decir, 285 toneladas por hectárea, con una altura promedio por caña de 2,50 mts. Los cortes se deben realizar cuando el cultivo alcance aproximadamente un 10 % de espigamiento (<http://www.adoos.com.co>, 2005).

6. Análisis Bromatológico

De acuerdo con diversos estudios realizados éstos son los resultados de los contenidos nutricionales del Pasto Maralfalfa, como señalan en el cuadro 2, 3 y 4:

Cuadro 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL *Pennisetum sp*

Nutrientes	%
Humedad	79,33
Fibra	53,33
Grasa	2,10
Cenizas	13,5
Carbohidratos Solubles	12,2
Nitrógeno	2,6
Proteína	16,25
Mg	0,29
Calcio	0,80
Fósforo	0,33
Potasio	3,38
Proteína Digestible	7,43
TND	63,53

Fuente: <http://www.maralfalfaprogreso.com>, 2007.

Es conocido que el contenido de humedad de los forrajes puede constituirse en una limitante para el consumo de materia seca (CMS) (NRC, 1989). En ese sentido, se podría presumir que en igualdad de condiciones podría existir un menor CMS en pastos suculentos frente a pastos con mayor contenido de MS. De

hecho, el alto contenido de humedad en los pastos de clima frío altamente fertilizados podría ser un limitante mucho mayor que el contenido de PC y de FDN, tanto para el CMS como para la producción de leche (Correa, H. et al. 2007).

Cuadro 3. EFECTO DEL NIVEL DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum sp.*) ENTRE EL DÍA 40 Y 110 DE CORTE.

Parcelas	MS	PC	EE	Cen	FDN	FDA	Lig.	CNF
Fertilizada	11,79	18,41	2,90	12,95	56	37,96	7,27	23,95
Sin Fertilización	12,11	22,05	3,40	9,75	53,9	35,8	6,84	19,8
Promedio	11,95	20,23	3,15	11,35	54,57	36,81	7,03	21,77
P (desviación)	0,63	0,12	0,13	0,06	0,3	0,39	0,83	0,18
% CV.	12,6	24,9	22,64	27,67	10,25	14,67	42,26	29,55

MS = Materia Seca.

PC = Proteína Cruda.

EE = Extracto Etéreo.

Cen = Cenizas.

CFN = Digestibilidad verdadera de los Carbohidratos.

Fuente: Correa, H. et al. (2007). "Maralfalfa: Mitos y Realidades II".

FDN = Fibra detergente Neutro.

FDA = Fibra detergente Ácida.

Lig. = Lignina.

Cuadro 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO *Pennisetum sp.* COSECHADO A DOS EDADES DE REBROTE (56 Y 105 DÍAS).

	Edad		P
	56	105	
PC	21.8	11.9	0.000
PCIDA	1.97	0.76	0.030
PCIDN	4.11	1.73	0.000
EE	2.51	1.66	0.010
FDN	54.7	66.9	0.000
Lig	7.05	9.61	0.110
CNE	14.6	10.9	0.000
Cen	10.4	10.5	0.970

Fuente: <http://www.cipav.org.co>, (2005).

7. Órganos Vegetativos

Según Correa, H. (2007), en su investigación Maralfalfa: Mitos y Realidades,

realiza una caracterización de cada uno de los órganos vegetativos del pasto, de la siguiente manera:

a. Raíces

Las raíces del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) son fibrosas y forman raíces adventicias que surgen de los nudos inferiores de las cañas, son de crecimiento rápido y de alta capacidad de profundizar en el suelo.

b. Tallo

Estas cañas conforman el tallo superficial el cual esta compuesto por entrenudos, delimitados entre sí, por nudos. Los entrenudos en la base del tallo son muy cortos, mientras que los de la parte superior del tallo son más largos. Los tallos no poseen vellosidades.

c. Hojas

Las ramificaciones se producen a partir de los nudos y surgen siempre a partir de una yema situada entre la vaina y la caña. La vaina de la hoja surge de un nudo de la caña cubriéndola de manera ceñida. Los bordes de la vaina están generalmente libres y se traslapan. Es muy común encontrar bordes pilosos, siendo esta una característica importante en su clasificación.

d. La lígula

Que corresponde al punto de encuentro de la vaina con el limbo, se presenta en corona de pelos. Mientras que la longitud y el ancho de las hojas pueden variar ampliamente dentro de una misma planta. La presencia de pelos en el borde de las hojas, es otro elemento fundamental en la descripción de esta especie.

e. Órganos Reproductivos

En general, lo que se considera como la flor de las gramíneas no es más que una

inflorescencia parcial llamada espiga. De acuerdo con la ramificación del eje principal y la formación o no de pedicelos en las espigas, se pueden distinguir diversos tipos de inflorescencias siendo las más generales la espiga, la panícula y el racimo. En el caso particular del pasto *Pennisetum sp*, las inflorescencias se presentan en forma de panícula las cuales son muy características del género *Pennisetum*. (Dawson S, Hatch T, 2002), como muestra el gráfico 1.

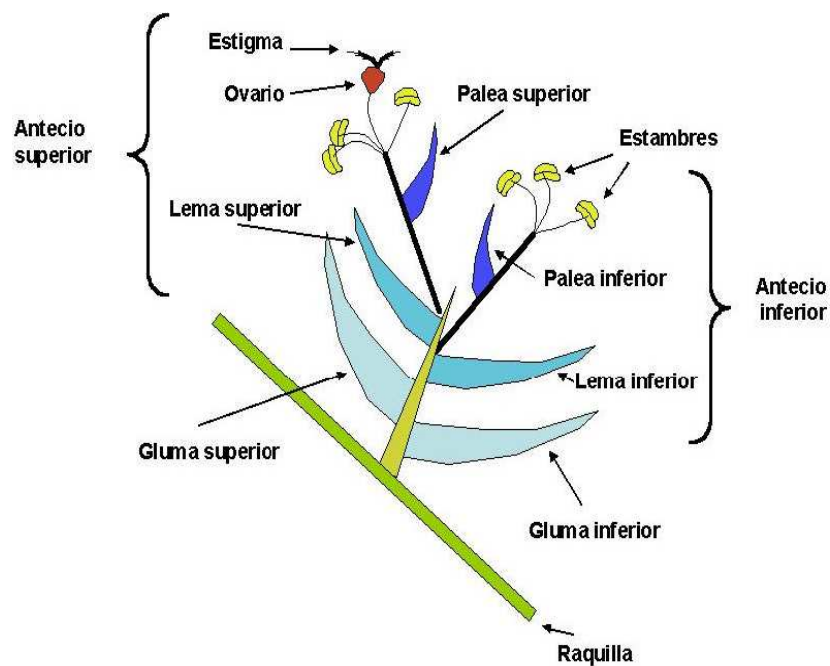


Gráfico 1. Esquema de las espiguillas del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*)

Las espiguillas en el pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) es típica del género *Pennisetum*, esto es, presenta seis brácteas: dos glumas, dos lemas y dos paleas. Sin embargo, hace falta adelantar una descripción más detallada de las mismas. Algunas claves para su clasificación a partir de las estructuras que se pudieran hallar, son las siguientes: las flores bajas pueden estériles y vigorosas o sin estambres, las flores superiores pueden ser fértiles, con un tamaño entre la mitad o igual al de las flores inferiores; las primeras glumas pueden estar fusionadas con callos, sin rodear la base de la espiga y sin aristas; la lema de la parte superior es suave, sin arista, de color café a amarillo o púrpura, glabrosa, con márgenes redondeadas o planas, sin aristas; la palea de las flores superiores están presentes. Poseen tres estambres; y las anteras son oscuras o grises (Dawson, S. y Hatch, T. 2002).

8. Datos técnicos

Según <http://www.maralfalaprogreso.com>. (2007), página encargada en la comercialización del pasto, señalan que el Maralfalfa es una variedad de pasto dulce muy rico en nutrientes, del género *Pennisetum*, (*Pennisetum violaceum*) de la familia del que comúnmente conocemos como Elefante, con los siguientes datos técnicos:

a. Condiciones Agro-climáticas

Se da en alturas comprendidas desde el nivel del mar hasta 3000 metros. Se adapta bien a suelos con fertilidad media a alta. Su mejor desarrollo se obtiene en suelos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje.

b. Rendimiento

Se han cosechado entre 28 Kg. y 44 Kg. por metro cuadrado, dependiendo del manejo del cultivo.

c. Carbohidratos

Tiene un 12 % de carbohidratos (azúcares, etc.) por lo tanto es muy apetecible por los animales herbívoros.

d. Siembra

La distancia recomendada para sembrar la semilla vegetativa, es de cincuenta centímetros (50 cm.) entre surcos, y dos (2) cañas paralelas a máximo tres centímetros (3 cm.) de profundidad.

e. Cantidad de semilla por Ha

Con 4.000 Kilos de tallos por Hectárea.

f. Altura

A los 70 días alcanza alturas hasta de 3 metros de acuerdo con la fertilización y cantidad de materia orgánica aplicada.

g. Corte

Para el primer corte se debe dejar espigar todo el cultivo, los siguientes cortes cuando la planta tenga un 10% de espigamiento, aproximadamente a los 40 días posteriores a cada corte.

h. Fertilización

Responde muy bien a la aplicación de materia orgánica y a la humedad sin encharcamiento, después de cada corte se recomienda aplicar por hectárea lo siguiente:

Abono 10.20.20 (Urea, Fósforo y Potasio).

Abono 15-15-15 (Urea, Fósforo y Potasio).

i. Uso

La pagina Web <http://www.maralfalfaprogreso.com>. (2007). señala que lo consumen bien los bovinos, equinos, caprinos y ovinos. Se ha ensayado con muy buenos resultados el suministro en aves y cerdo, para el ganado de leche se debe dar fresco, para el ganado de ceba y equinos se recomienda siempre suministrarlo marchito, además puede ser ensilado.

j. Reporte de utilización

La misma página Web reportan que en una finca con tres hectáreas de Maralfalfa se puede tener 155 vacas de ordeño con 60 kilos de pasto por animal, pues, cada hectárea llega a producir mas de 280.000 kilos que dividimos en los 30 días del mes, nos da 9.333 kilos día. Si cada vaca produce en promedio 15 litros de leche

se le deben dar tres kilos de concentrado por día, que con un valor promedio de Bs.635 por Kg. Equivalente a Bs.1.875 por vaca, por los 155 animales nos dará un ahorro total de Bs. 8.718.900 al mes.

En Novillos de Engorde se han alcanzado hasta los 1.416 Gramos diarios de ganancia en peso, a base de pasto maralfalfa, agua y sal a voluntad.

9. Ventajas del maralfalfa

Correa, H. (2005), manifiesta que las ventajas del Maralfalfa son las siguientes:

- Posee un alto nivel de proteínas, en nuestros cultivos en base seca nos ha dado hasta el 17,2% de proteína.
- Posee un alto contenido de carbohidratos (azúcares) que lo hacen muy apetecible por los animales.
- En la zona ha superado en un 25% de crecimiento a pastos como el King Grass, Taiwán Morado, Elefante, etc.

B. FERTILIZACIÓN DE PASTIZALES

1. Múltiples propósitos de la fertilización en Pastos

Torres, M. (2002), señala que para optimizar la producción de pasto es necesario efectuar un manejo muy eficiente, integrando diferentes tecnologías, tanto de manejo como de utilización de insumos. La fertilización resulta una práctica de gran impacto productivo en las praderas, mejorando la producción de materia seca y el valor nutritivo del forraje y representa una herramienta muy interesante para mejorar la productividad forrajera bajo ambientes desfavorables. El resultado de la fertilización permite alcanzar esquemas viables desde el punto de vista productivo y económico. Ello explica la creciente expansión de la aplicación de fertilizantes en prácticas como el rejuvenecimiento de pasturas degradadas; promociones de rey grass u otras especies; manejo de forrajeras intersembradas, etc. Se resaltan algunos de los múltiples beneficios y propósitos en los que el uso de fertilizantes puede optimizar la productividad de los forrajes en situaciones edáficas complicadas y los fundamentos nutricionales que sustentan los criterios de aplicación.

Robinson, D. (2005), señala que la fertilidad de los suelos es un factor clave para el crecimiento de las plantas y tiene una gran influencia sobre la productividad y la calidad del forraje, en especial con referencia a su contenido de proteína cruda.

El mismo autor señala que bajo condiciones limitantes de producción, el agregado de nutrientes aumenta la productividad de biomasa y la concentración de nutrientes en el forraje. Existe una relación directa entre el nivel de fertilidad del suelo y el resultado de la producción ganadera, debido a que la calidad del forraje, indicador de la satisfacción de los requerimientos nutricionales de los rumiantes.

En condiciones de utilización bajo corte y conservación, casi toda la pastura se remueve, restando muy pocos nutrientes para reciclarse en el sistema, como sería en los sistemas bajo pastoreo donde parte vuelve al suelo como excreciones animales. Esto resulta en requerimientos nutricionales mucho más alto que en pastoreo directo (Robinson, D. 2005).

2. Prácticas de fertilización para gramíneas perennes bajo corte

Robinson, D. (2005), menciona que la mayoría de las gramíneas perennes cultivadas tiene altos requerimientos de N. y los suelos donde se los cultiva generalmente son bajos en materia orgánica y proveen bajas cantidades de N al cultivo. De este modo el N es normalmente el nutriente más limitante y su aplicación resulta en altas respuestas en cantidad y en calidad. El N es el nutriente más fácil de manejar para satisfacer los objetivos de producción. La clave de una fertilización nitrogenada adecuada es aplicar la cantidad adecuada en el momento correcto usando la clase de fertilizante adecuado. Un programa de fertilización para un cultivo forrajero varía ampliamente dependiendo de la especie, potencial de producción bajo condiciones de suelo y clima donde se la produce y objetivo de producción de cada establecimiento en particular.

C. EL NITRÓGENO

1. Importancia en la fertilización con Nitrógeno

Gross, A. (1998), señala que el nitrógeno ejerce una acción de choque sobre la vegetación. Una planta bien provista de nitrógeno brota pronto, adquiere un gran desarrollo de la hoja y tallos, y toma un color verde oscuro, debido a la abundancia de clorofila. Una buena vegetación hace prever una intensa actividad asimiladora, es decir, un crecimiento activo y una cosecha grande. Por ello el nitrógeno es el factor que determina los rendimientos y es la base del abono. Es necesario que se tome en cuenta algunas precauciones para evitar los inconvenientes de una vegetación excesiva, que son:

- El retraso de la maduración: La planta demasiado alimentada con nitrógeno continúa desarrollándose, y tarda en madurar, lo que generalmente es un inconveniente. (Menor riqueza en azúcares de la fruta y la remolacha)
- En realidad, la absorción tardía de nitrógeno retrasa la maduración, al estimular el desarrollo vegetativo, mientras que se aplica el nitrógeno en la época adecuada, acelera el crecimiento y, en consecuencia aumenta la precocidad.

2. La fertilización con urea.

a. **Nitrógeno ureico.**

Este grupo pertenece al grupo de las aminas, que posee un 46% de nitrógeno amoniacal, o más exactamente, ureico. La urea es de origen francés y se prepara en forma de perlitas de uno o dos milímetros, de donde se deriva el nombre de urea perlada (Gross, A. 1998). Observemos el ciclo del Nitrógeno en el gráfico 2.

La urea se hidroliza en el suelo y pasa al estado de nitrógeno amoniacal, que ha su vez se nitrifica.

Gross, A. (1998), señala dos particularidades de la urea son:

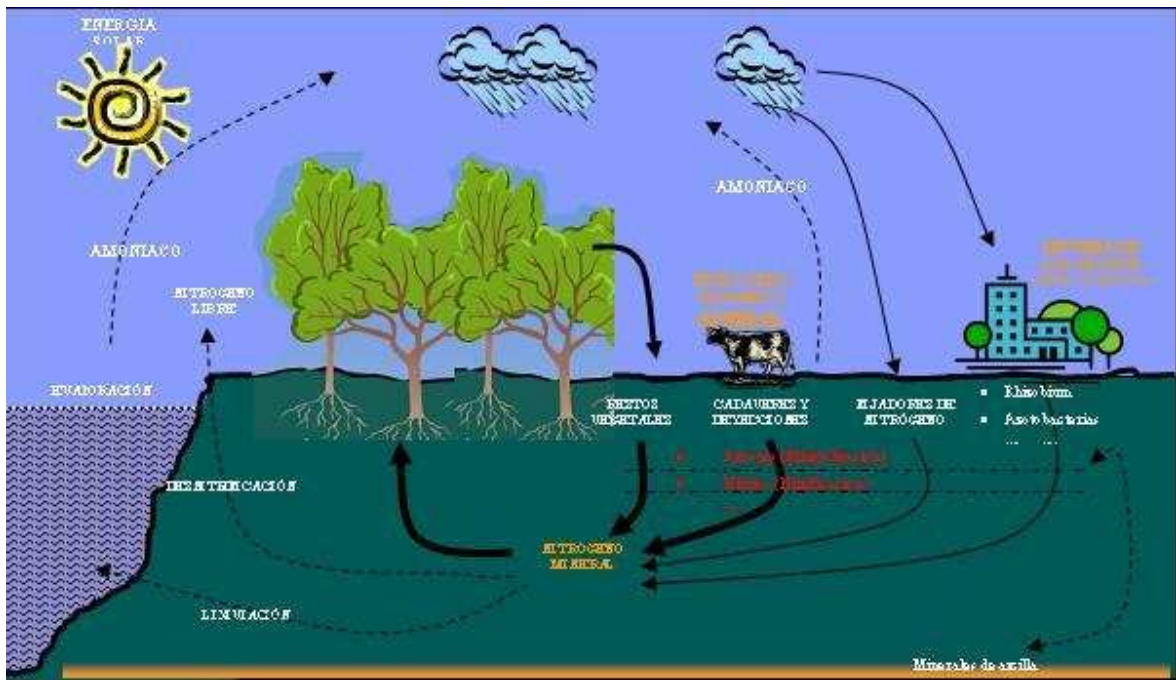


Gráfico 2. Ciclo de Nitrógeno

1. Mientras la urea no se ha hidrolizado, desciende a través del suelo como un nitrato, sin ser retenida por el poder absorbente. Una vez hidrolizada, se comporta como un abono amoniacal.
2. La utilización de la urea por la planta necesita, por lo tanto, la acción previa de una diastasa microbiana: la ureasa. Por lo tanto una buena actividad microbiana y una riqueza satisfactoria de humus favorecerá la hidrólisis.

La urea no es exigente en cuanto a la naturaleza del suelo, con excepción de los suelos muy ácidos, que son muy poco activos biológicamente. En todos los suelos moderadamente ácidos se puede apreciar que la urea no deja ningún ion ácido en el suelo y que el amoníaco liberado después de la hidrólisis libera temporalmente el PH en medio punto. (Guerrero, R. 1998)

La eficacia de la urea se da siempre que cumpla condiciones inherentes a sus características particulares; hay que evitar el riesgo de volatilización parcial del amoníaco liberado de la hidrólisis, cuando esta se realiza al aire libre. Como norma general, se debe enterrar la urea después de su aplicación, mediante una labor ligera, sobre todo en suelos calizos y en tiempo seco, de modo que no se

c. Fitotoxicidad por amoníaco

Si se aplican grandes cantidades de urea junto a la semilla, se puede producir daño de semillas o inhibir la germinación debido a la acción fitotóxica del amoníaco. Para prevenir este problema, es recomendable agregar no más de 30 kg de N/ha en suelos con mayor contenido de MO y texturas medias, mientras que en suelos de textura gruesa y menor contenido de MO no se debería superar los 12 a 15 kg de N/ha. Estas son dosis orientativas, y pueden variar dependiendo de otros factores: tipo de semillas, pH y CIC del suelo, contenido hídrico en la aplicación, etc. (INTA, 2000)

d. Eficiencia de fertilización: ureas especiales

Existen ureas especiales, que por diferentes mecanismos reducen la velocidad con la que se efectúa la hidrólisis enzimática de la urea. Así, encontramos ureas de liberación lenta como la urea - formaldehído; de liberación controlada, como la urea recubierta con aditivos acidificantes (Ej. ureas recubiertas con azufre) y los inhibidores de la ureasa. En este último caso, mediante la incorporación de sustancias inhibidoras temporarios de la ureasa, se reduce la velocidad con la que se genera la hidrólisis, y por lo tanto se minimiza la volatilización del NH_3 . La utilización de este tipo de productos se encuentra en forma experimental actualmente. (INTA, 2000).

Dentro de la gama de productos mencionada, los inhibidores de la ureasa son los que tienen las mejores perspectivas de desarrollo como alternativa para reducir las pérdidas de N-NH_3 fuera del sistema suelo-planta. Un ejemplo de este tipo de productos son las fosforamidas, como el nBPT (N-Butil-Tiofosforic triamide). Sin duda, el elevado costo de este tipo de sustancias es una limitante severa para la difusión de este tipo de tecnologías en el ámbito productivo extensivo (Cortes, F. 1985).

e. Eficiencia de la fertilización nitrogenada: pastoreo vs. Cortes

INTA. (2000), señala que en sistemas ganaderos bajo pastoreo, en donde se

efectúan importantes agregados de N vía fertilizante se suelen obtener menores eficiencias globales de uso de N debido a las siguientes causas:

- En condiciones de pastoreo, no se cosecha el total del forraje disponible.
- La eficiencia de utilización del N por parte de los animales es reducida (son usuales valores menores al 10% en vacunos de carne y de alrededor del 20% para vacas lecheras).

Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG). 2000, señala se devuelven al suelo importantes cantidades de N a través de heces y orina que producen incrementos en el N mineral del suelo. Este aumento del N en la solución del suelo es susceptible de ser perdido fuera del sistema suelo-planta-animal a través de diferentes vías: lixiviación de nitratos, desnitrificación de N_2 , volatilización de N como amoníaco (NH_3).

En localidades en donde se hacen cortes mecánicos del recurso forrajero, la eficiencia teórica de recolección es del 100%, y obviamente no se presentan los aportes de N por parte de los animales. (INTA, 2000)

D. EL FÓSFORO (P)

1. Importancia del fósforo

Monreal, L. (1998), manifiesta que el fósforo es un componente muy activo que solo se puede manejar por medio de un compuesto químico como el superfosfato triple que es de origen mineral. El fósforo disponible en el suelo se encuentra en forma de iones forfóricos, de los que el más abundante es el ion monovalente (PO_4^{3-}) y también existen iones bivalentes ($H_2PO_4^-$) cuya proporción varía según el PH.

Gross, A. (1998), definió al fósforo como ácido fosfórico (P_2O_5), que es el resultado de la combinación del fósforo con el oxígeno, sin embargo se utiliza como es de costumbre el ácido fosfórico que tiene apenas un 44% de fósforo. El fósforo disponible en el suelo se encuentra en forma de iones fosfóricos de los

que el más abundante es el ion monovalente (PO_4H_2^-) y también existe iones bivalentes (PO_4H^-) cuya proporción varía según el pH. Además, recomienda la aportación de fósforo preferentemente anual y durante el invierno en forma soluble (superfosfato) por ejemplo para praderas de alfalfa. Para praderas temporales se aconseja incorporar antes de la siembra 80 a 100 unidades de una forma menos soluble.

2. Movilidad del Fósforo en el suelo

La dinámica del fósforo (P) en el suelo, en conjunto con el conocimiento de la fisiología de los cultivos, son dos aspectos esenciales para básicos para entender cómo funciona este nutriente en el sistema suelo-planta y por lo tanto representa el primer pilar para elaborar cualquier esquema de diagnóstico de las necesidades de fertilización (MAG, 2000).

El P, luego del nitrógeno, es el macronutriente que en mayor medida limita el rendimiento de los cultivos en este caso de los pastizales. Interviene en numerosos procesos bioquímicos a nivel celular y se lo considera un nutriente esencial para las plantas (Gross, A. 1998).

La misma autor pública que movimiento del P se realiza principalmente por difusión, y en mucha menor medida por flujo masal.

Los factores principales que influyen en el ritmo de difusión son:

- Constante de solubilidad del P: es una propiedad química intrínseca del elemento.
- Gradiente de concentración de P entre dos puntos considerados.
- Distancia entre los puntos entre los que se realiza la difusión y tortuosidad del medio.
- Humedad: la difusión se realiza en medio acuoso, por lo que se transforma en un factor crítico.
- Temperatura: la difusión del P aumenta con el incremento de la temperatura.

3. Formas y ciclo global del Fósforo en el suelo

El P en el suelo se encuentra formando parte de pooles orgánicos e inorgánicos. Dependiendo del tipo de suelo, se puede decir que entre 60-50% corresponde a la fracción orgánica, mientras que el resto se encuentra en forma inorgánica. Las formas orgánicas se hallan en el humus del suelo, en diferentes niveles de estabilización. Dentro de la compleja configuración del humus, podemos distinguir sustancias orgánicas más accesibles para las plantas (lábil) y otras de menor accesibilidad (no lábil). El motor que mueve todas las formas orgánicas y que realizan la mineralización del P orgánico, es la actividad microbiana (Conti, C. 2000).

El P inorgánico está representado por diferentes fracciones o pooles:

- P presente en los minerales primarios (básicamente apatitas).
- P adsorbido (labil) en las arcillas.
- P en solución: es el que pueden aprovechar las plantas: $\text{HPO}_4 =$ y H_2PO_4^-
- P no lábil (poco disponible) representado por P precipitado/Ocluido.

El ciclo Biológico de P se traduce en el gráfico 3.

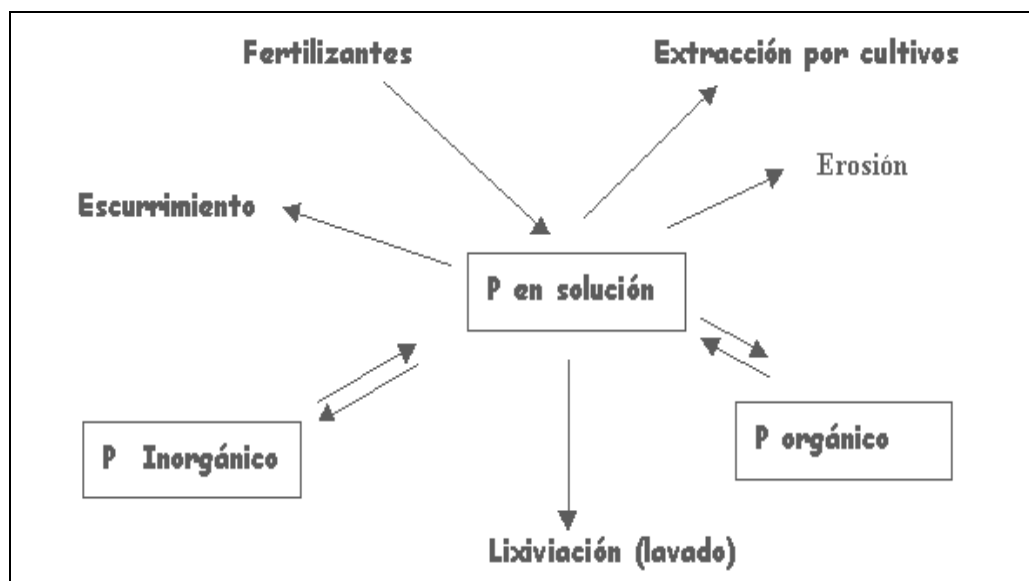


Gráfico 3. Esquematiza el ciclo global del P en el sistema suelo-planta

Desde un punto de vista práctico, interesa conocer las entradas y salidas de P del sistema suelo-planta y cómo es la movilidad del nutriente en el suelo. Como se

desprende de la observación del ciclo global del P, la única entrada al sistema proviene del agregado de fertilizantes fosfatados, mientras que las salidas pueden por extracción en los granos cosechados (la más importante en situaciones de erosión mínima); erosión; escurrimiento, lixiviación (de escasa importancia, como se mencionará más adelante). A medida que el P disponible en la solución del suelo es absorbido por las plantas, es repuesto a partir de la mineralización del humus, de las fracciones más lábiles de las arcillas y en forma mucho más lenta, desde la mineralogía primaria. Este reaprovisionamiento de P hacia la solución del suelo, se realiza mediante un equilibrio químico dinámico. Por todo lo mencionado previamente, en planteos productivos sin fertilización, la disponibilidad de P se va reduciendo en forma progresiva, a diferencia de nutrientes como el N, en donde, además del agregado de N vía fertilizante, puede existir fijación biológica del N atmosférico a través de la simbiosis entre ciertas bacterias (por ejemplo, del género *Rhizobium*) y las leguminosas (Quintero, C. y Boschetti, N. 2003).

En sistemas agrícolas sin problemas de erosión, la principal salida de P se efectúa por la extracción en las cosechas, ya que la lixiviación es prácticamente nula debido a la reducida movilidad del P en el suelo. (Gross, A. 1998).

4. Formas de fertilizar con Fósforo

Por las características de movilidad del P mencionadas previamente, el fertilizante fosfatado debería ser colocado a la siembra y lo más cerca de las semillas. Lo más aconsejable es hacerlo por debajo y al costado de la línea de siembra. En suelos bien provistos de P, en donde se realizan aplicaciones de P de reposición, las diferencias entre aplicar al voleo o en líneas a la siembra, se reducen considerablemente. En planteos de siembra directa (con menores temperaturas medias de suelo y menores aportes de P por mineralización) la fertilización a la siembra, adquiere más trascendencia aún. (INTA, 2000)

Cortes, F. (1985), manifiesta que existe una importante interacción de los fosfatos aportados por el fertilizante con la fase sólida del suelo, hace que el aprovechamiento instantáneo del P aplicado sea realmente escaso. La eficiencia

de fertilización varía según el tipo de suelo (fundamentalmente pH y tipo de arcillas); fuente de fertilizante, y técnica de aplicación, pero en términos generales es muy reducida: alrededor de 10-20%. Sin embargo, el P remanente no se va del suelo, sino que queda en el mismo generando efectos residuales en cultivos posteriores. Esta es una característica muy importante de este elemento ya que es posible desarrollar esquemas de fertilización fosfatada variando la dosis de fertilizante en función de la relación insumo/producto. Cuando esta relación es más favorable, es factible incrementar el nivel de P aplicado, mientras que en años desfavorables, es posible, o bien no fertilizar (aprovechando el efecto residual) o bien reducir la dosis.

5. Deficiencias de fósforo en la Planta

Plant Food Institute. (1984), determina los siguientes factores:

- Hojas, ramas y tallos purpúreos.
- Madurez y desarrollo lentos.
- Pequeños tallos delgados.
- Carece de germinación en granos pequeños.
- Bajo rendimientos de frutos y semillas.

Domínguez, A. (1998), señala que los signos más característicos de la deficiencia de fósforo es: el tamaño de la planta reducido, el desarrollo se hace lento, se retrasa la maduración de las hojas, ramas y tallos. Las plantas adquieren un color verde muy fuerte u ocasionalmente aparece tintes purpúreos. En todo caso las cosechas se ven reducidas aún antes de que aparezcan síntomas carenciales en la planta.

Gross, A. (1998), señala que una alimentación insuficiente de fósforo se manifiesta en un retraso del crecimiento, fecundación defectuosa, movimiento anormal de las reservas, retraso de la maduración, presenta un follaje de color verde oscuro, casi azulado, y por el amarillamiento y secado de la punta de la hoja estas presentan una ondulación características.

E. EL POTASIO (K).

1. Funcionamiento del K en el sistema suelo-planta

Torres, M. (2002), manifiesta que el potasio (K) es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que permiten el funcionamiento de sistemas agropecuarios. Cumple funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de los cultivos. Si bien en gran parte de los suelos de la Región Sierra su disponibilidad edáfica aún no es limitante, en zonas tropicales y subtropicales, con suelos más meteorizados como los oxisoles y ultisoles, el agregado de K a través del uso de fertilizantes es una práctica cotidiana. Conocer las bases de su dinámica en sistemas agrícolas, es el primer paso para el diseño de estrategias de fertilización sustentables.

2. Formas de K en el suelo

Conti, C. (2000), menciona que el K edáfico se encuentra formando parte de diferentes pools, de distinta disponibilidad para las plantas. La de rápida disponibilidad corresponde al K de la solución del suelo (que representa menos del 1% del K total del suelo). La forma química en la que se encuentra este nutriente es como ión K^+ , el cual se mueve fundamentalmente por difusión. Este K^+ se haya en equilibrio dinámico con el K adsorbido en las arcillas, denominado K intercambiable y con las formas de escasa accesibilidad: K fijado al complejo arcilloso (5-10%) y K estructural o de reserva (90-95%).

La Enciclopedia Terranova. (1995), revela que la tasa de pasaje de formas de K más estables a más lábiles esta determinada por factores ambientales (humedad y temperatura de suelo) y por la capacidad buffer del suelo. Suelos de texturas medias a arcillosos poseen mayor capacidad buffer que los de texturas gruesas. Por lo tanto, en éstos suelos la concentración de K^+ en la solución del suelo varia significativamente ante cambios en factores ambientales, mientras que en los suelos arcillosos, el rango de concentración se mantiene relativamente constante. Asimismo, el agregado de K vía fertilizante incrementa rápidamente el nivel de

este nutriente inmediatamente disponible, mientras que en suelos de texturas medias a finas, parte del mismo pasa a formas menos lábiles (K intercambiable o fijado).

3. Rol del K en la nutrición vegetal

Torres, M. (2002) señala que el K cumple funciones trascendentes en la fisiología de las plantas. Actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la traslocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, mejora la nodulación de las leguminosas, etc. Asimismo, una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades.

Gross, A. (1998) manifiesta que las deficiencias de K no solo pueden determinar pérdidas de rendimiento, sino también pueden afectar la calidad de los productos cosechados. En términos generales, para la mayoría de las especies cultivadas, los síntomas de deficiencia se presentan como clorosis (y en casos severos de carencia, necrosis) en los márgenes y puntas de las hojas. Debido a la movilidad de este nutriente dentro de la planta, es común que los síntomas se evidencien sobre todo en las hojas más viejas.

4. Dinámica del K en el sistema suelo-planta

Desde una perspectiva de manejo racional de los fertilizantes, interesa saber cuáles son las entradas y salidas de K en el sistema suelo-planta. De esta manera, la estrategia de fertilización sustentable debería tener como meta maximizar el aprovechamiento del K agregado, y al mismo tiempo minimizar las pérdidas del K fuera del agro ecosistema. (Terranova, 1995)

En la página web <http://www.miranet.com>. (2006), en su artículo sobre el Potasio señala que las entradas de K al sistema suelo-planta provienen básicamente de la fertilización. Esto explica la rapidez con la que se pierde la fertilidad potásica en suelos no fertilizados. En cuanto a las pérdidas, la principal vía corresponde a la extracción por parte de los cultivos y de no existir erosión, la otra vía a monitorear

es la lixiviación de K^+ . Este proceso adquiere más relevancia en suelos de texturas gruesas, y está determinado por una serie de factores: ocurrencia de eventos de lluvia o uso de riego, profundidad del sistema radicular de los cultivos, presencia de flujos preferenciales de agua en el perfil, grado de cobertura, dosis de fertilizante, etc. En suelos como los de la Región Pampeana, debido al reducido movimiento de K^+ a través del perfil, la lixiviación de K^+ tendría escasa relevancia agronómica. En la literatura científica internacional, se mencionan valores máximos de lixiviación de K^+ del orden de 15-20 kg/ha/año, cuando se combinan suelos de texturas gruesas y eventos de lluvias o uso de riego.

Gross, A. (1998), manifiesta que en zonas tropicales y subtropicales, el escenario edáfico cambia totalmente. Las intensas precipitaciones y la presencia de suelos muy meteorizados, determinan que gran parte del K^+ disponible en la solución del suelo sea lavado fuera de la zona de aprovechamiento radical.

5. Consideraciones uso del K

INTA. (2000), manifiesta que desde el punto de vista del manejo del potasio, es fundamental tener en cuenta las bases del funcionamiento del K en el sistema suelo-planta. En suelos como los de la Región Sierra, si bien los niveles de K son en general suficientes para cubrir la demanda de la mayoría de los cultivos, su inclusión en fertilizaciones balanceadas puede ser interesante debido a la eventual interacción con otros nutrientes. En zonas con climas caracterizados por altas precipitaciones y suelos muy meteorizados (por ejemplo, Oriente) la fertilización potásica es una herramienta imprescindible para alcanzar niveles de producción elevados y de óptima calidad.

III. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en la provincia del Chimborazo, cantón Chambo, en la hacienda “CHUGLLIN” de propiedad del Ing. Edwin Alzamora. La distancia entre el centro poblado del Cantón Chambo es 1 km vía Ulpan. El trabajo experimental tuvo una duración de 210 días (trabajo de campo). Su localización geográfica se muestra en el gráfico 4, y cuadro 5.



Gráfico 4. Ubicación geográfica de la Investigación

Cuadro 5. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CHUGLLIN.

PARÁMETROS	UNIDAD
Latitud Occidental	78° 35'32"
Latitud Sur	01° 42' 32"
Altitud	2 700 msnm

Fuente: Municipio del Cantón Chambo (2003).

Las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de estudio se resumen en el cuadro 6.

Cuadro 6. CONDICIONES METEOROLOGICAS DE CHUGLLIN.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Temperatura	°C	14.00
Humedad relativa	%	67
Precipitación anual	mm	714

Fuente: Municipio del Cantón Chambo (2003).

Las características del suelo luego de un análisis, proyectaron los siguientes resultados reportados por el cuadro 7 y 8.

Cuadro 7. CARACTERISTICAS DEL SUELO DE LA INVESTIGACION.

PARÁMETROS	VALORES
PH	6.5
Relieve	Regular
Tipo de Suelo	Arcilloso
Riego	Existente
Drenaje	Bueno
Pendiente	5%

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Facultad de Recursos Naturales (2007).

Cuadro 8. CARACTERISTICAS DE FERTILIZACIÓN DEL SUELO.

Parámetros	Unidad	Resultados	Método/Norma	Fertilidad
N	%	0.06	Kjelhal	Bajo
K asimilable	meq/100 gr	0.13	Absorción Atómica	Bajo
P asimilable	Ppm	7.89	Espectofotométrico	Bajo
Ca asimilable	meq/100 gr	2.89	Absorción Atómica	Bajo
Mg asimilable	meq/100 gr	0.25	Absorción Atómica	Bajo
Zn asimilable	Ppm	1.01	Absorción Atómica	Bajo
Fe asimilable	Ppm	20.30	Absorción Atómica	Bajo
Cu asimilable	Ppm	0.74	Absorción Atómica	Bajo
Mn asimilable	Ppm	1.40	Absorción Atómica	Bajo

Fuente: Central de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental CESTTA (2007).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

La investigación se desarrolló en un cultivo establecido de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) de aproximadamente 10 meses de edad, de segundo corte. Las unidades experimentales fueron constituidas por parcelas de 6 x 5 metros, para cada tratamiento; en la investigación se aplicaron diez tratamientos con tres repeticiones, teniendo un total de 30 parcelas (incluido el testigo), las parcelas se delimitaron con estacas y rótulos de identificación, dejando un distanciamiento de 1 metro por cada parcela para evitar posibles efectos de borde, el área total del campo experimental es de 1080 m².

C. EQUIPOS Y MATERIALES

1. De Campo

Materiales y Herramientas

- Azadones.
- Flexómetro.
- Carretilla.
- Estacas.
- Hoces.
- Machetes.
- Material Vegetativo ya establecido.
- Piola.
- Rastrillos.
- Regla graduada.
- Rótulos de Identificación.
- Tarjetas de identificación.
- Tijeras.

Equipos:

- Tractor.
- Cosechadora.

- Remolque forrajero
- Balanza de Precisión.
- Bomba de fumigar.
- Cámara fotográfica.
- Filmadora.

Fertilizantes:

- Urea. (46 % de Nitrógeno).
- Súper Fosfato Triple. (60 % de Fósforo).
- Muriato de Potasio. (60 % de Potasio).

Herbicida:

- Glifosato.

2. Laboratorio:

- Estufa.
- Fundas de Papel.
- Balanza de reloj.
- Balanza Analítica.
- Computadora.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En la presente investigación se emplearon 9 tratamientos; correspondientes a diferentes niveles de fertilización de Nitrógeno (N), Fósforo (P) con una base estándar de Potasio (K), además se incluyó un tratamiento testigo el cual no se aplicó ninguna fertilización, todos los tratamientos tuvieron 3 repeticiones, como se lo señala en el croquis del Anexo 3.

Los tratamientos fueron distribuidos en un D.B.C.A, analizándolo estadísticamente de dos formas; como un experimento bifactorial cuyos factores en estudio son las combinaciones de fertilización y Cortes, que se ajustaron en conformidad con el siguiente modelo lineal aditivo:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + B_j + \phi_l + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Valor del parámetro en determinación.

μ = Media Poblacional.

α_i = Efecto de los Tratamientos (combinaciones de fertilización)

B_j = Efecto del número de cortes.

ϕ_l = Efecto de los Bloques.

ε_{ij} = Efecto de Error Experimental.

La segunda forma se trata de un diseño trifactorial cuyos factores en estudio son los niveles N, P y cortes, el K fue tomado como una base estándar sin tomarlo como factor adicional, por lo que los datos se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + B_j + \delta_k + \phi_l + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Valor del parámetro en determinación.

μ = Media Poblacional.

α_i = Efecto del nivel de Nitrógeno (N).

B_j = Efecto del nivel de Fósforo (P).

δ_k = Efecto del número de cortes.

ϕ_l = Efecto de los Bloques.

ε_{ij} = Efecto de Error Experimental.

El esquema del experimento empleado se reporta en el cuadro 9.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES Y METODOLOGÍA

- Altura de la Planta a los 75, 105 y 135 días.
- Producción de Forraje Verde a los 75, 105 y 135 días.
- Producción de Materia Seca a los 75, 105 y 135 días.
- Análisis Proximal a los 75, 105 y 135 días.

- Evaluación Económica.
- Resistencia a Enfermedades.

Cuadro 9. ESQUEMA Y DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Tratamiento	Fertilizantes kg/ha			Area m ²	Repeticiones	Total (m ²)
	N	P	K			
T0	0	0	0	30	3	90
T1	60	60	30	30	3	90
T2	60	90	30	30	3	90
T3	60	120	30	30	3	90
T4	90	60	30	30	3	90
T5	90	90	30	30	3	90
T6	90	120	30	30	3	90
T7	120	60	30	30	3	90
T8	120	90	30	30	3	90
T9	120	120	30	30	3	90
AREA TOTAL						900

Elaborado: Cruz Diego (2008).

F. ANALISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados obtenidos se sometieron al siguiente análisis estadístico:

- Análisis de Varianza (ADEVA).
- Separación de medias según la prueba de Tukey a niveles de significancia 0,05 %.
- Análisis de Regresión y correlación.

Se realizó un análisis bifactorial de las combinaciones de fertilización y los Cortes, al que se incluyó al tratamiento testigo, teniendo el esquema del ADEVA como lo señala el cuadro 10.

Los resultados fueron procesados en los programas estadísticos de Exel, SAS V8 y MINITAB 14.

Cuadro 10. ESQUEMA DEL ADEVA I

Fuentes de Variación	Desarrollo	Resultado
Total	$(10 \times 3 \times 2) - 1$	59
Tratamientos	10 - 1	9
Cortes	2 - 1	1
Trata * Corte	9 * 1	9
Repeticiones	3-1	2
Error	Diferencia	38

Se realizó un análisis trifactorial de los niveles de Nitrógeno, fósforo y cortes para determinar sus niveles óptimos.

Cuadro 11. ESQUEMA DEL ADEVA II.

Fuentes de Variación	Desarrollo	Resultado
Total	$(9 \times 3 \times 2) - 1$	53
N	3-1	2
P	3-1	2
Cortes	2-1	1
N*P	4*1	4
N*Cortes	2*1	2
P*Cortes	2*1	2
N*P*Cortes	2*2*1	4
Repeticiones	3-1	2
Error	Diferencia	34

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Descripción del Experimento

La investigación se desarrolló en un cultivo establecido de maralfalfa (*Pennisetum sp.*) de aproximadamente 10 meses de edad, de segundo corte.

Se partió con un corte de igualación mecánica (tractor y cortadora) dejando una altura de planta de 5 cm, luego del cual se tomó una muestra del suelo para determinar su composición química y encontrar las posibles deficiencias de nutrientes en el suelo.

Luego de 21 días del corte y previo al sorteo correspondiente se aplicaron los diferentes niveles de fertilización, los mismos que están relacionados con la composición química del suelo, pero al carecer de información de los requerimientos del *Pennisetum violaceum*, estos niveles son orientativos.

Las fuentes de fertilización fueron la Urea, Superfosfato Triple y Muriato de Potasio para el Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente, los cálculos se realizaron en unidades puras de Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Las únicas labores culturales del cultivo se resumen en el control de malezas y la aplicación del riego en función de las condiciones ambientales que predominen en la zona de estudio.

2. Metodología de Evaluación

a. Producción de forraje en materia verde y seca

La producción de forraje se evaluó, aplicando una modificación al método del cuadrante, tomado una área de 10 m² en la parcela en cada época de corte: 75, 105 y 135 días respectivamente, se procedió al corte y luego al pesaje con los materiales apropiados; de esta muestra se tomó una sub-muestra (1kg) para determinar la materia seca en el laboratorio inmediatamente luego del corte. Se subdividió la parcela como lo muestra el gráfico 5.

b. Altura de la planta a los 75, 105 y 135 días

Se midió la altura de la planta; desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja más alta (ya que el crecimiento de la hoja es erecto), correspondientes a tres plantas de cada parcela realizadas al azar. Las medidas se efectuaron a los 75, 105 y 135 días, para luego registrar sus promedios en centímetros.

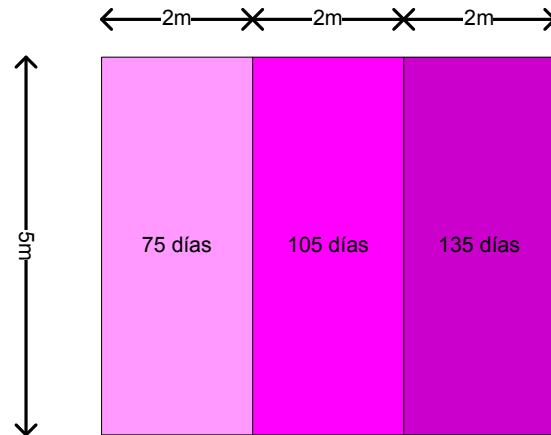


Gráfico 5. Distribución de la parcela en estudio.

c. Análisis proximal

Se realizó en 2 tratamientos: El mejor tratamiento en Producción de Forraje Verde y altura de la planta (corresponde al T6) y de un tratamiento al azar (T2). Se tomaron muestras de 1kg de forraje, en varias edades del ciclo vegetativo de: 30, 75, 105 y 135 días, para analizar un análisis bromatológico por el método de Weende, el cual analiza los siguientes parámetros: Humedad, Cenizas, Fibra, Proteína Bruta y Extracto Etéreo. El análisis permitirá tener un criterio técnico de ubicar cual es la mejor edad de corte para el *Pennisetum sp.*

d. Evaluación Económica

En este parámetro se evaluó los costos (egresos) de mantener el pasto (no de establecer), control de malezas, fertilización y corte/cosecha, (método ABC), para luego comparar con los ingresos de alimentar al ganado con el *Pennisetum sp.*

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. EFECTO DE LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE FERTILIZACIÓN EN EL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp*, A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN DE 75, 105 Y 135 DIAS.

En la presente investigación, se evaluaron 9 tratamientos de fertilización con Nitrógeno, Fósforo y una base estándar de Potasio, además se añadió un tratamiento testigo sin fertilización, se valoró cual de los 10 tratamientos obtiene el mayor potencial forrajero del *Pennisetum sp*. (Maralfalfa). Cuadro 12.

El potencial forrajero evalúa 3 aspectos: la altura de la planta (AP), producción de forraje verde (PFV) y producción de materia seca (PMS).

1. Altura del *Pennisetum sp*, según edad de evaluación

Los diferentes Tratamientos empleados en la fertilización del *Pennisetum sp*. afectaron estadísticamente la altura de la planta durante los periodos de evaluación a 75, 105 y 135 días, del cual se desprenden el siguiente análisis:

a. 75 días

Conforme al análisis de los tratamientos; sobre la altura de la planta a los 75 días, luego de realizar la separación de medias por medio de Tukey se obtuvo que la mayor altura registrada fue el tratamiento T6 con 133.17 cm, la misma que difiere estadísticamente ($P < 0.01$) con el tratamiento testigo (T0), que reportó la menor altura con 122.00 cm. Cabe indicar que el tratamiento T6, no difiere estadísticamente con los demás tratamientos con fertilización, excepto con el T1. Lo que evidencia que se manifestó el efecto de la fertilización y sus respectivos niveles, como se puede observar en el gráfico 6.

Cuadro 12. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES COMBINACIONES DE FERTILIZANTES (TRATAMIENTOS), A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN 75, 105 Y 135 DÍAS.

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS EVALUADOS										Prob.	cv										
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9												
<u>Corte a los 75 Días</u>																						
Altura de Planta (cm.)	122.00	c	126.83	bc	129.83	ab	133.00	a	128.83	ab	131.17	ab	133.17	a	130.17	ab	131.67	ab	132.50	a	<.0001	2
Producción de Forraje Verde (t/Ha)	27.33	c	30.67	bc	33.83	abc	37.00	ab	31.68	abc	35.68	ab	38.000	a	32.50	abc	36.83	ab	34.50	abc	0.0002	10
Producción de Materia Seca (t/Ha)	4.75	c	5.12	bc	5.65	abc	6.18	ab	5.29	abc	5.96	ab	6.3467	a	5.43	abc	6.15	ab	5.76	abc	0.0500	10
<u>Corte a los 105 Días</u>																						
Altura de Planta (cm.)	163.50	b	170.00	a	170.17	a	172.83	a	170.83	a	171.50	a	173.50	a	171.00	a	172.17	a	172.00	a	0,0001	1
Producción de Forraje Verde (t/Ha)	39.33	c	46.67	bc	51.33	ab	52.83	ab	48.50	ab	51.33	ab	55.33	a	50.50	ab	51.83	ab	53.33	a	<.0001	5
Producción de Materia Seca (t/Ha)	6.84	c	8.12	bc	8.93	ab	9.20	ab	8.44	ab	8.93	ab	9.63	a	8.79	ab	9.02	ab	9.63	ab	0,0002	5
<u>Corte a los 135 Días</u>																						
Altura de Planta (cm.)	189.67	f	194.33	ef	197.50	de	203.83	bc	197.50	de	202.33	cd	212.67	a	203.00	c	208.00	ab	211.00	a	<.0001	1
Producción de Forraje Verde (t/Ha)	74.83	g	84.50	f	89.83	ef	104.67	bc	96.67	ed	101.33	cd	112.50	a	103,67	bcd	108.83	ab	104.17	bc	<.0001	2
Producción de Materia Seca (t/Ha)	13.02	g	15.37	f	16.34	ef	19.04	bc	17.58	ed	18.44	cd	20.46	a	18.86	bcd	19.80	ab	18.95	bc	0,0001	2

T0 = Testigo

T1 = 60N - 60P - 30K

T2 = 60N - 90P - 30K

T3 = 60N - 120P - 30K

T4 = 90N - 60P - 30K

T5 = 90N - 90P - 30K

T6 = 90N - 120P - 30K

T7 = 120N - 60P - 30K

T8 = 120N - 90P - 30K

T9 = 120N - 120P - 30K

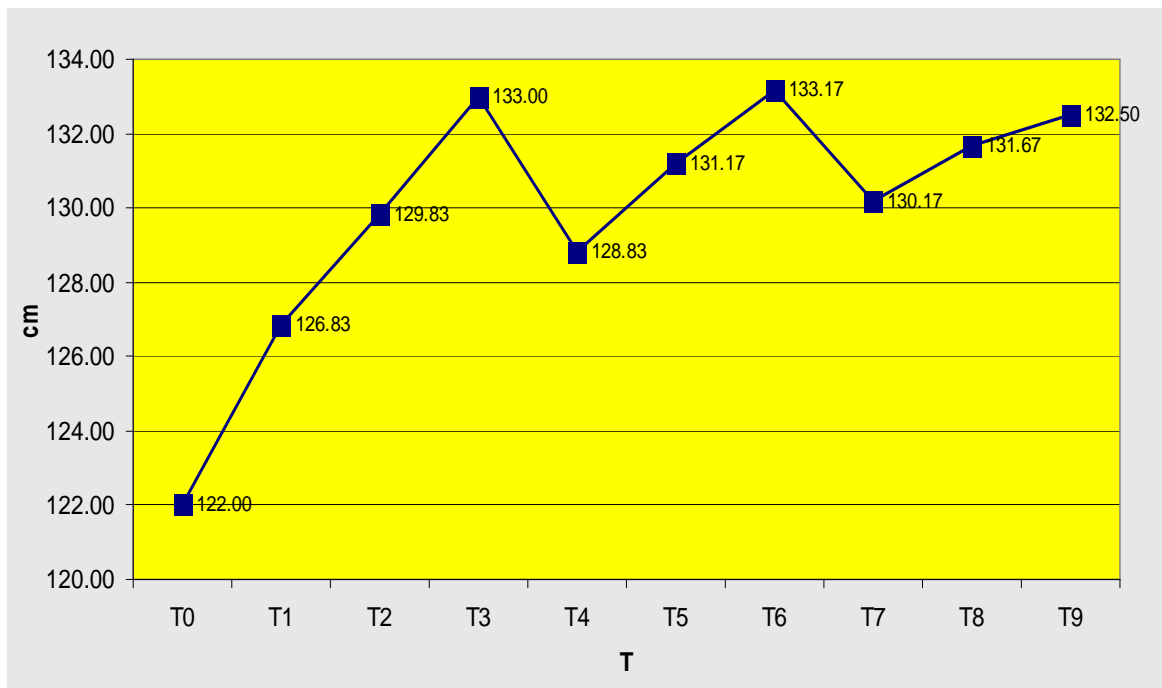


Gráfico 6. Altura del *Pennisetum sp.* a los 75 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

b. 105 días

Al realizar el análisis de la varianza, como se lo indica en el Cuadro 12, se observa que existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre el tratamiento testigo en comparación con los tratamientos con fertilización, siendo el mejor tratamiento numéricamente observado el (T6) con un promedio de 173.50 cm de altura, y observando la menor altura del Tratamiento testigo (T0) con 163.50 cm. Por lo que se ratifica que el *Pennisetum sp.* es exigente en nutrientes en su desarrollo longitudinal, como se representa en el gráfico 7.

c. 135 días

Se encontró una altura promedio de 201.98 cm, mostrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos empleados, obteniendo en la separación de medias por medio de Tukey la mayor altura de 212.67 cm del tratamiento T6, seguida sin existir diferencias con el tratamiento T9 de 211.00 cm.

Las menores alturas son reportadas por los tratamientos T0 y T1 con 189.67 cm y

194.33 cm respectivamente, existiendo diferencias entre ellos. Como se representa en la gráfico 8.



Gráfico 7. Altura del *Pennisetum* sp. a los 105 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

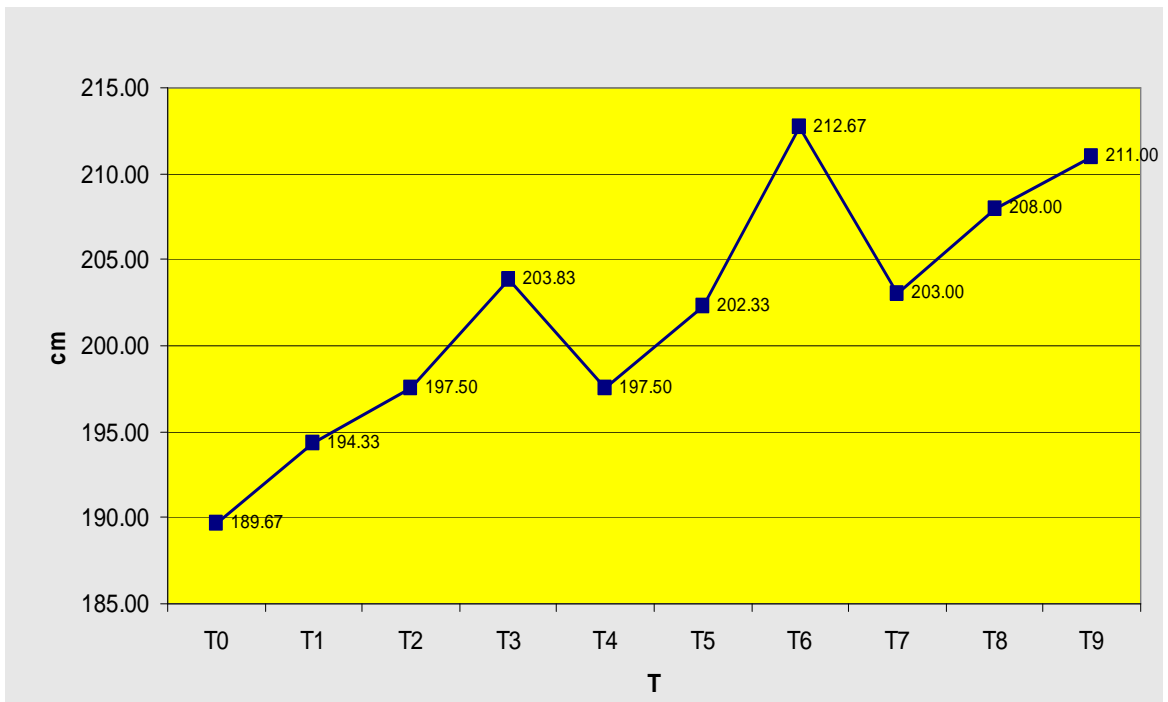


Gráfico 8. Alta del *Pennisetum* sp. a los 135 días bajo la utilización de diferentes tratamientos.

2. Producción de Forraje Verde (PFV), según la edad de evaluación

Los diferentes Tratamientos empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.* afectaron estadísticamente la Producción de Forraje Verde durante los periodos de evaluación a 75, 105 y 135 días; como se reportan en el cuadro 12, del cual se desprenden el siguiente análisis:

a. 75 días

Se obtuvo un producción promedio de 33.80 tn/ha de FV, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos empleados, observando en la separación de medias por medio de Tukey los mejores resultados con el Tratamiento (T6) con 38.00 tn/ha de PFV, existiendo diferencias con todos los demás tratamientos.

Las menores producciones se tienen con la tratamiento testigo (T0) con una producción de 27.33 tn/ha de FV, difiriendo con todos los demás tratamientos, por lo que se demuestra que el *Pennisetum sp.*, necesariamente requiere ser fertilización, como se observa en el gráfico 9.

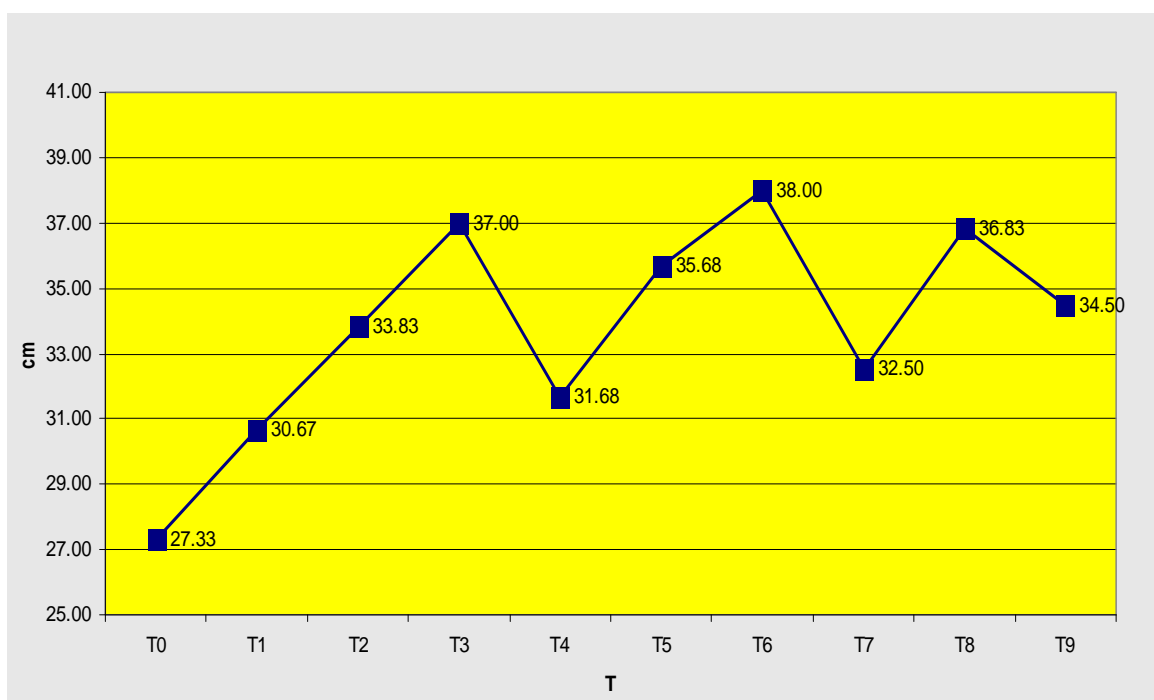


Gráfico 9. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* a los 75 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

b. 105 días

La producción de Forraje Verde promedio es de 50.10 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos empleados, observando en la separación de medias por medio de Tukey, las mayores producciones reportadas son las del tratamiento T6 con 53.33 tn/ha de FV, seguido sin diferencias numéricas del tratamiento T9.

Las menores PFV, se observan en el Tratamiento testigo (T0), con un producción de 39.33 tn/ha de FV, existiendo diferencias con los demás tratamientos, por lo que se corrobora la utilización de fertilizantes en este pasto, como se representa en el gráfico 10.

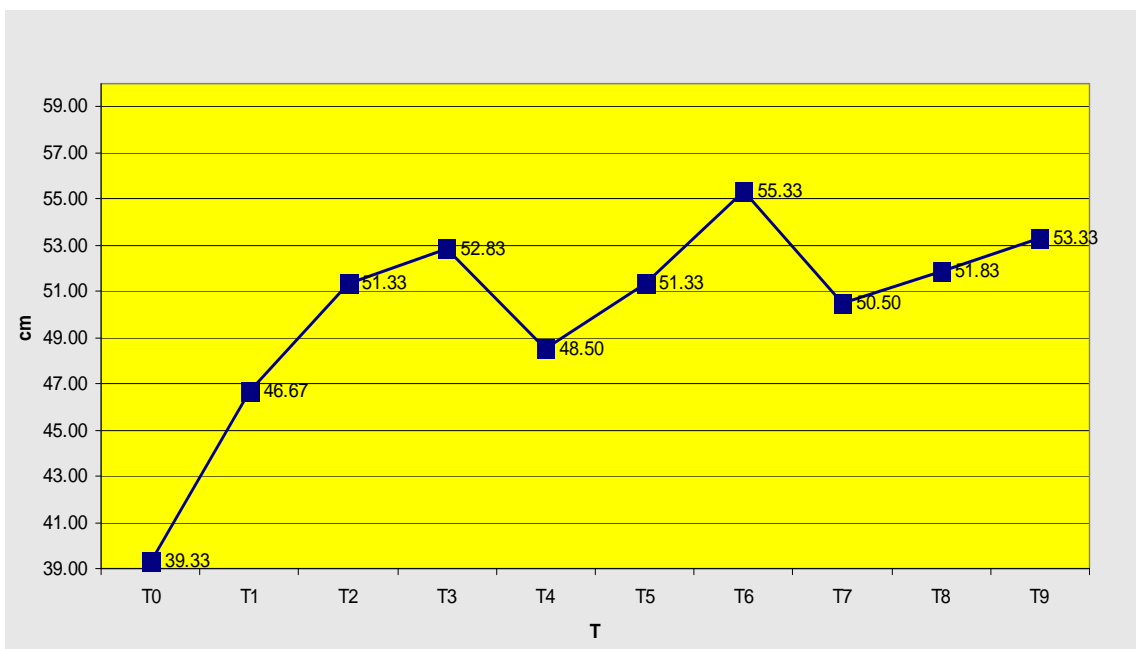


Gráfico 10. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* a los 105 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

c. 135 días

El promedio encontrado en esta edad es de 97.48 tn/ha de PFV, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos empleados, observando en la separación de medias por medio de Tukey que las mayores

producciones son reportadas por el tratamiento T6 con 112.50 tn/ha de FV, difiriendo de los demás tratamientos.

Las menores producciones de Forraje Verde son reportadas por el Tratamiento testigo (T0) con promedio de 74.83 tn/ha, existiendo diferencias con los demás tratamientos empleados, por lo que se asegura que para incrementar la producción de Forraje verde se debe utilizar fertilizantes. Como se representa en el gráfico 11.

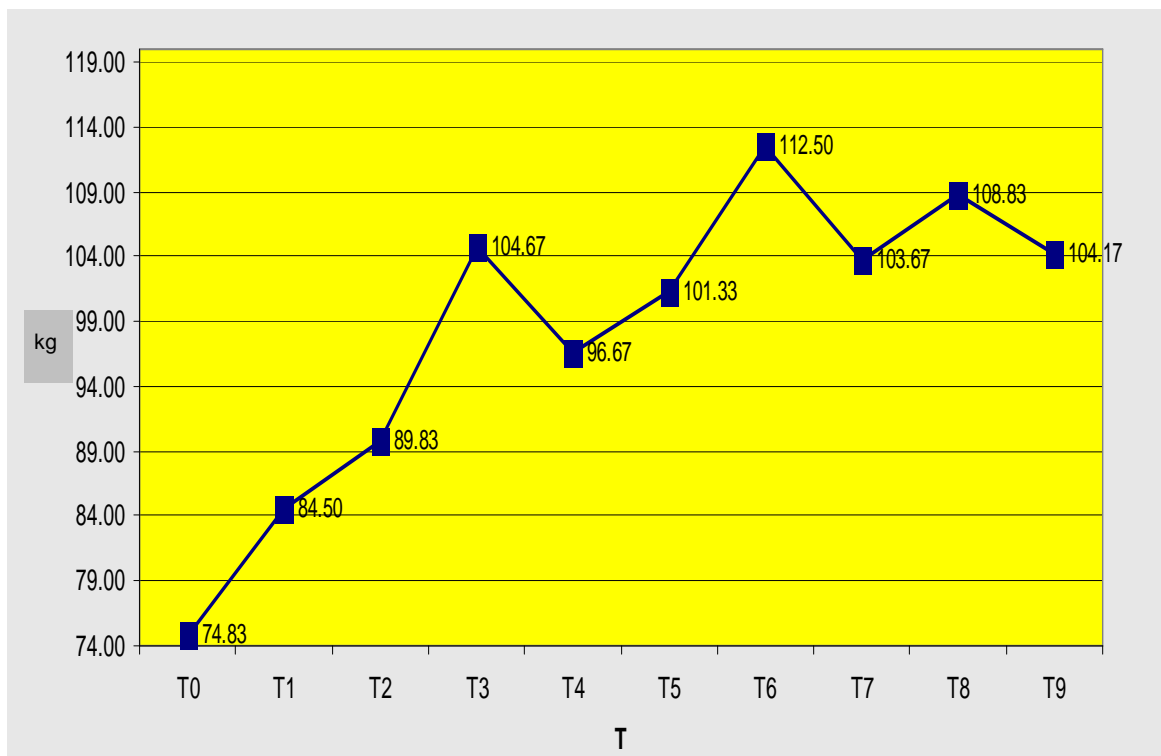


Gráfico 11. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* a los 135 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

3. Producción de Materia Seca (PMS), según edad de evaluación.

Los diferentes Tratamientos empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.* afectaron estadísticamente la Producción de Materia Seca durante los periodos de evaluación a 75, 105 y 135 días; como se reportan en el cuadro 12, del cual se desprenden el siguiente análisis:

a. 75 días

Se obtuvo un producción promedio de 5.66 tn/ha de MS, existiendo diferencias altamente significativas entre los tratamientos empleados, observando en la separación de medias por medio de Tukey los mejores resultados con el Tratamiento (T6) con 6.35 tn/ha de PMS, existiendo diferencias con todos los otros tratamientos.

Las menores producciones se tienen con la tratamiento testigo (T0) con una producción de 4.75 tn/ha de MS, difiriendo con todos los demás tratamientos, por lo que se demuestra que el *Pennisetum sp.*, requiere fertilización, como lo indica el gráfico 12.

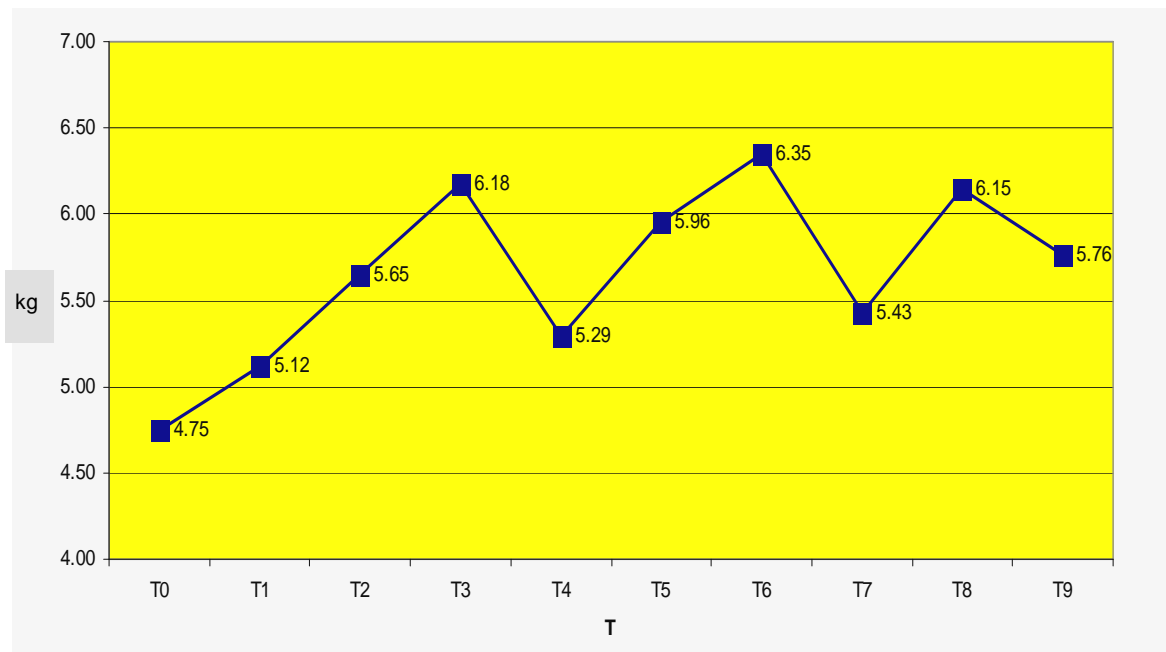


Gráfico 12. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* a los 75 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

b. 105 días

La producción de Materia Seca promedio es de 8.60 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos empleados, observando en la separación de medias por medio de Tukey las mayores producciones reportadas las tiene el tratamiento T6 con 9.63 tn/ha de MS, seguida sin

diferencias del Tratamiento T9, como lo señala el cuadro 12.

Las menores PMS, se observan en el Tratamiento testigo (T0), con un producción de 6.84 tn/ha de MS, existiendo diferencias con los demás tratamientos, por lo que se corrobora la necesidad de utilizar fertilizantes en este pasto, como representa el gráfico 13.

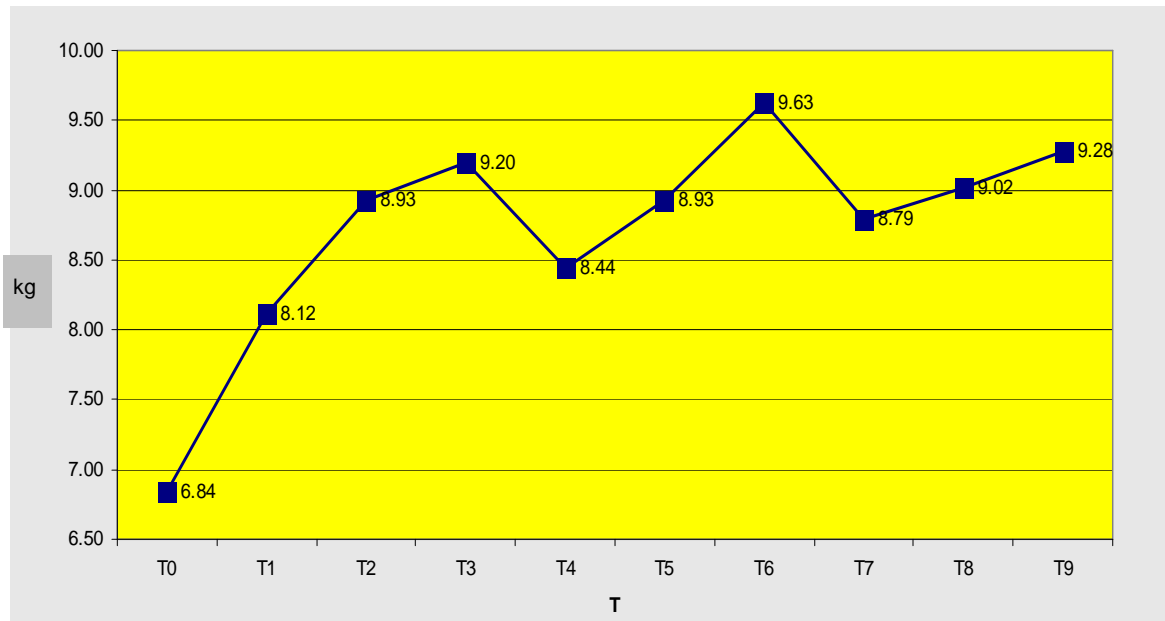


Gráfico 13. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* a los 105 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

c. 135 días

El promedio encontrado en esta edad es de 97.48 tn/ha de MS, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos empleados, observando en la separación de medias por medio de Tukey que las mayores producciones son reportadas por el tratamiento T6 con 20.46 tn/ha de MS, difiriendo de los demás tratamientos.

Las menores producciones de Materia Seca son reportadas por el Tratamiento testigo (T0) con 13.02 tn/ha de MS, existiendo diferencias con los demás tratamientos empleados, por lo que se asegura que para incrementar la producción de Forraje verde se debe utilizar fertilizantes. Como se representa en el gráfico 14.

El mejor tratamiento evaluado en los diferentes parámetros es el Tratamiento T6 el cual muestra las mayores: alturas, producciones de forraje verde y producciones de materia seca, por lo que se recomienda la utilización de 90 kg de Nitrógeno, 120 Kg. de Fósforo y 30 Kg. de Potasio.

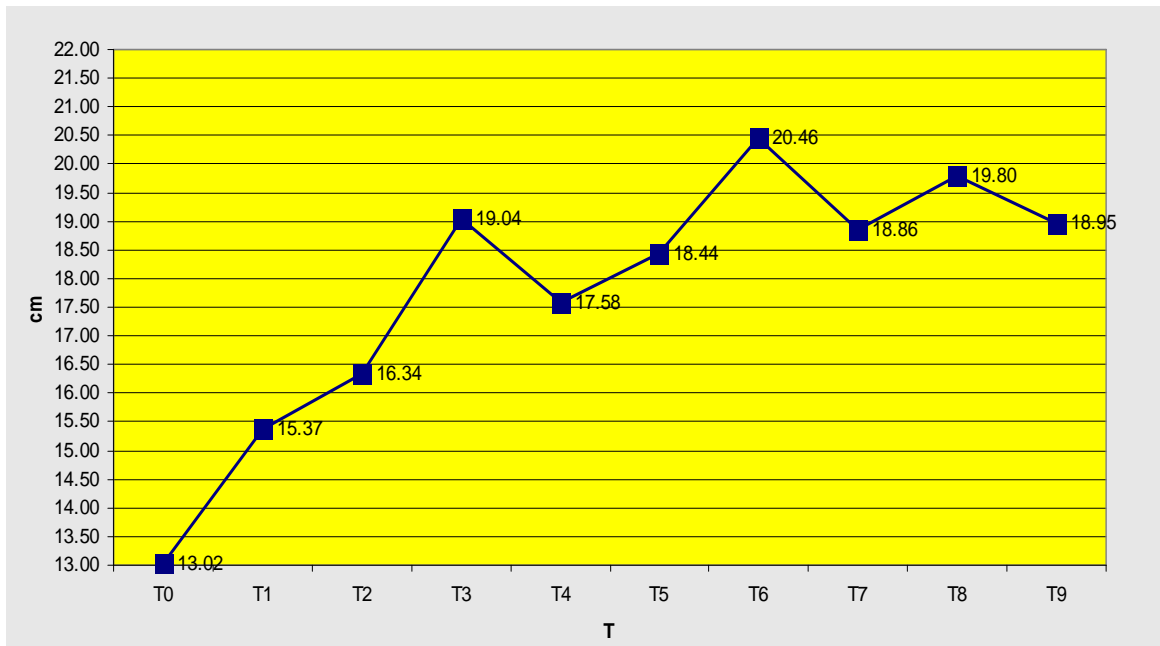


Gráfico 14. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* a los 135 días bajo la utilización de diferentes Tratamientos.

Para encontrar los niveles óptimos de utilización de los nutrientes como; N,P, las interacciones y las posibles regresiones a utilizar, se debe realizar un estudio por factor empleado:

Factores en estudio:

- Factor Nitrógeno (N).
- Factor Fósforo (P)
- Factor Potasio (K).
- Factor Corte.

El factor Potasio se descartó al ser una constante en los tratamientos, de la misma manera el tratamiento testigo fue eliminado para el estudio de los factores, por no contar con la constante de potasio.

B. EFECTO DEL FACTOR NITRÓGENO (N) SOBRE EL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.*, A DIFERENTES EDADES DE EVALUACION DE 75, 105 Y 135 DIAS

1. Altura del *Pennisetum sp.*, según la edad de evaluación

Los diferentes niveles de N empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.* afectaron estadísticamente la altura de la planta durante los periodos de evaluación a 75, 105 y 135 días; como se reportan en el cuadro 13, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de corte:

Cuadro 13. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N), EN DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN.

PARÁMETROS	NIVELES DE NITRÓGENO (N)			PROBABILIDAD	% CV			
	60	90	120					
Altura 75 días (cm)	129.89	a	131.06	a	131.44	a	0.19	2.013
Altura 105 días (cm)	171.00	a	171.94	a	171.72	a	0.28	1.059
Altura 135 días (cm)	198.56	c	204.17	b	207.33	a	<.0001	1.439 **
PFV 75 días (tn/ha)	33.83	a	35.11	a	34.61	a	0.59	10.88
PFV 105 días (tn/ha)	50.28	a	51.72	a	51.89	a	0.09	4.53
PFV 135 días (tn/ha)	93.00	c	103.50	b	105.56	a	<.0001	2.18 **
PMS 75 días (tn/ha)	5.65	a	5.87	a	5.78	a	0.59	10.88
PMS 105 días (tn/ha)	8.75	a	9.00	a	9.03	a	0.09	4.54
PMS 135 días (tn/ha)	16.92	c	18.83	b	19.2	a	<.0001	2.18 **

PFV = producción de Forraje Verde.

** = Altamente significativo

PMS = Producción de Materia Seca.

* = Significativo.

La altura promedio obtenida del *Pennisetum sp.* a los 75 días fue de 130.80 cm, en esta época de corte no existe diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los niveles de N utilizados, aunque numéricamente las mayores alturas se encuentran en el nivel N de 120 kg/ha seguida del nivel N 90 kg/ha y finalmente el nivel N de 60 Kg. N/ha, mostrando alturas de 131.44 , 131.06 y 129.89 cm, respectivamente, como se lo representa el gráfico 15.

En tanto a los 105 días de evaluación se encontró una altura promedio de 171.56 cm, mostrando que no existe diferencias significativas entre los niveles de N

utilizados, pero numéricamente las mayores alturas se encuentran en el nivel de 90 kg N/ha seguida 120 kg N/ha y finalmente 60 kg N/ha, con alturas de 171.94, 171.72, y 171.00 cm, respectivamente, como se observa en el gráfico 16.

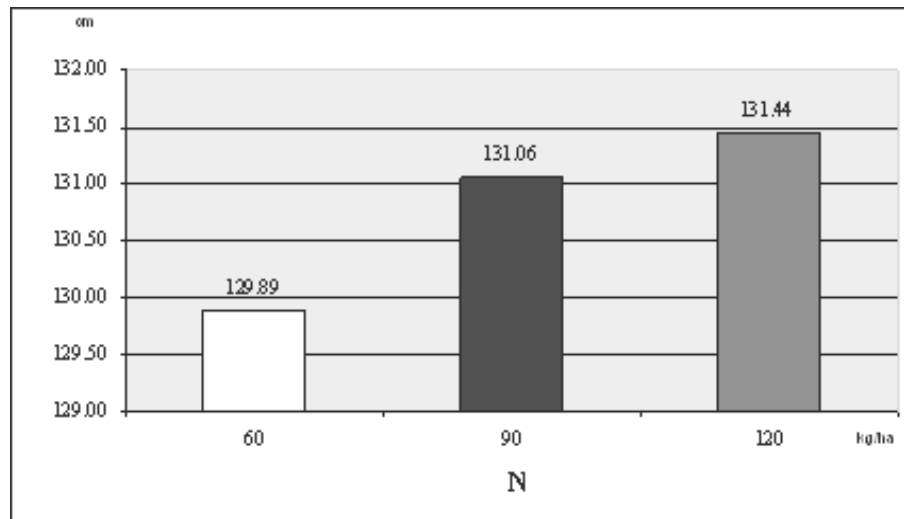


Gráfico 15. Altura del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 75 días

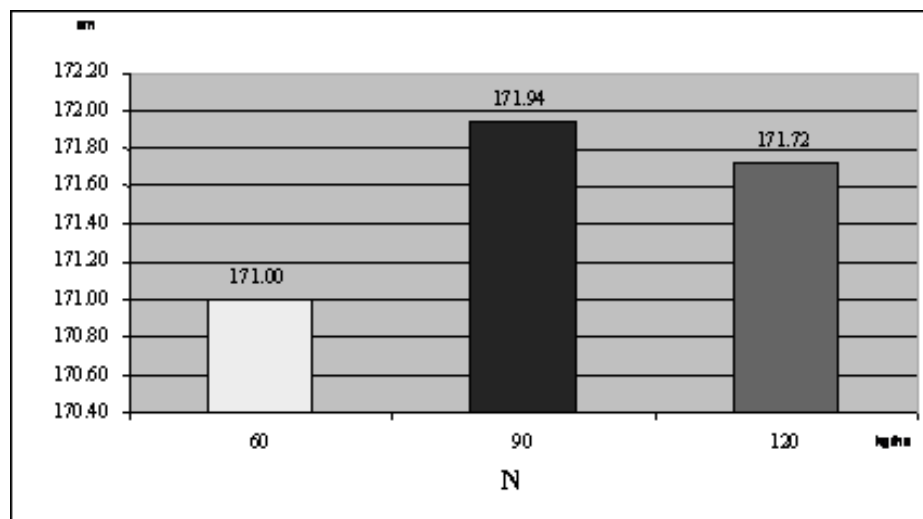


Gráfico 16. Altura del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 105 días.

A los 135 días de la evaluación se encontró una altura promedio de 203.35 cm, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de N empleados, obteniendo en la separación de medias por medio de Tukey una mayor altura registrada; con el nivel N de 120 kg /ha con una altura de 207.33 cm, seguida por 90 kg/ha con una altura de 204.17 cm, y finalmente con el nivel N de 60 kg/ha con una altura de 198.56 cm, representado en el gráfico 17.

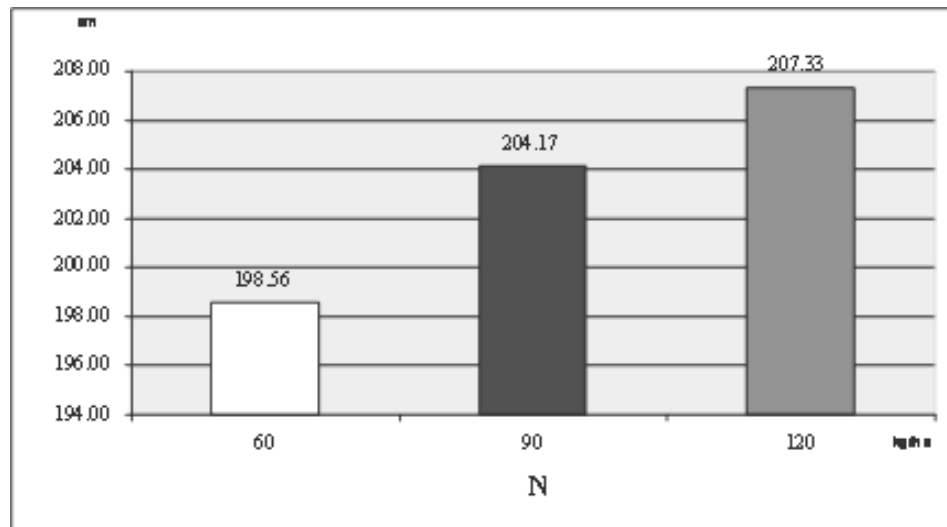


Gráfico 17. Altura del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 135 días.

Al realizar el análisis de regresión del crecimiento del pasto *Pennisetum sp.* tomando como referencia la altura de la planta en función de los niveles de Nitrógeno, se estableció en un solo caso: de 135 días de corte, una tendencias lineal altamente significativa, que determinan que las plantas presentan un crecimiento ascendente mientras se incremente el nivel de N, pero no en una forma proporcional, como se demuestra en el gráfico 18.

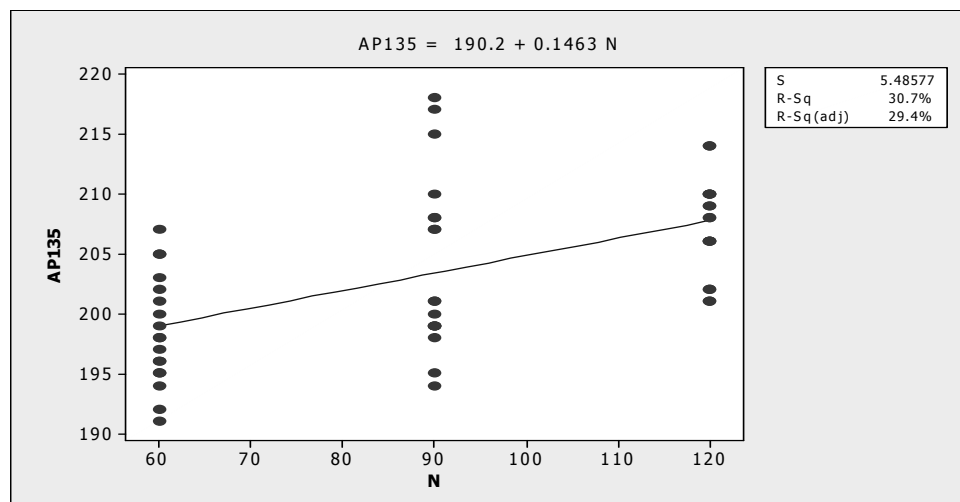


Gráfico 18. Regresión del crecimiento del *Pennisetum sp.* a los 135 días en función de la altura de la planta (AP) y de los niveles de Nitrógeno (N).

Los resultados obtenidos en las alturas de la planta con la fertilización de Nitrógeno confirman que es un elemento indispensable para el crecimiento de la

planta como lo asegura Gross, A. (1998), quien afirma que la aplicación de abonos nitrogenados bajo los climas templados se traduce en un aumento sustancial de los rendimientos, lo que permite explotar al máximo el potencial productivo de los forrajes, de forma afín Monreal, L. (1998) señala que el límite de la productividad está limitada por la cantidad máxima de nitrógeno que la planta necesite y no de la que puede ser aplicada, como se puede observar especialmente en las producciones de FV, MS y alturas a los 75 días.

Las necesidades de fertilización de Nitrógeno señaladas por <http://www.maralfalfa.com> de 15 kg de N/ha (15-15-15) son mayores en esta investigación, seguramente al tratarse de diferentes condiciones ambientales, características del suelo, etc. el *Pennisetum sp.* al ser un pasto de corte al que no se añade mayormente material orgánico (heces y orinas de los animales) por lo que tiene la necesidad de un cronograma de fertilización. El *Pennisetum sp.* posee una capacidad alta de extracción de minerales del suelo, por lo que si no se fertiliza habitualmente el suelo quedará desprovisto de minerales y la producción y calidad del forraje estará limitada (Márquez, F. 2007).

Vale mencionar que ninguna de las alturas alcanzadas en las diferentes épocas de corte, por efecto de N; se comparan a las reportadas por los sitios web <http://www.adoos.com.co> que a los 75 días que reporta un promedio de altura de caña de 2.50 metros de alto, de la misma manera en <http://www.ergomix.com> en foro reportan alturas de 4 metros a los 90 días. Existen diferencias entre las condiciones ambientales donde se realizaron las investigaciones, ya que la mayor parte de ellas se localizan en la región trópico de Colombia.

Las alturas reportadas por Correa, H. (2005) a los 75 días con un promedio de 165.9 cm con fertilización orgánica, son relacionadas pero aun siendo mayores a las de este estudio. Si bien las alturas encontradas son menores a las de su especie, al compararlas con otras gramíneas de la zona templada y/o fría como *Lolium perenne* (rye grass), *Holcus lanatus* (holco) y *Dactylis glomerata* (pasto azul), *Poa palustris* (Poa), las que alcanzan una altura no mayor a los 2.00 m en el caso del rye grass durante todo su ciclo vegetativo (<http://www.infoagro.com>, 2007). El Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) supera considerablemente a las especies

mencionadas alcanzando grandes alturas superando los 3.50 m en su vida vegetativa en esta zona, hay que considerar que el *Pennisetum sp.* es un forraje de corte tomando en cuenta las ventajas y desventajas que representa.

2. Producción de Forraje Verde (PFV), según la edad de evaluación

Los diferentes niveles de N empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.* afectaron estadísticamente la PFV durante los periodos de evaluación, del cual se desprenden el siguiente análisis por época de corte:

A los 75 días de corte la PFV alcanza un promedio de 34.52 kg/ha, sin mostrar diferencias significativas entre los niveles de N utilizados, aunque numéricamente la mayor producción de forraje verde se obtuvo con el nivel N de 90 kg/ha con una producción de 35.11 kg/ha, seguida del nivel N de 120 kg/ha con una producción de 34.61 kg/ha, finalmente el nivel N de 60 kg/ha con una PFV de 33.83 kg/ha, como se lo representa en el gráfico 19.

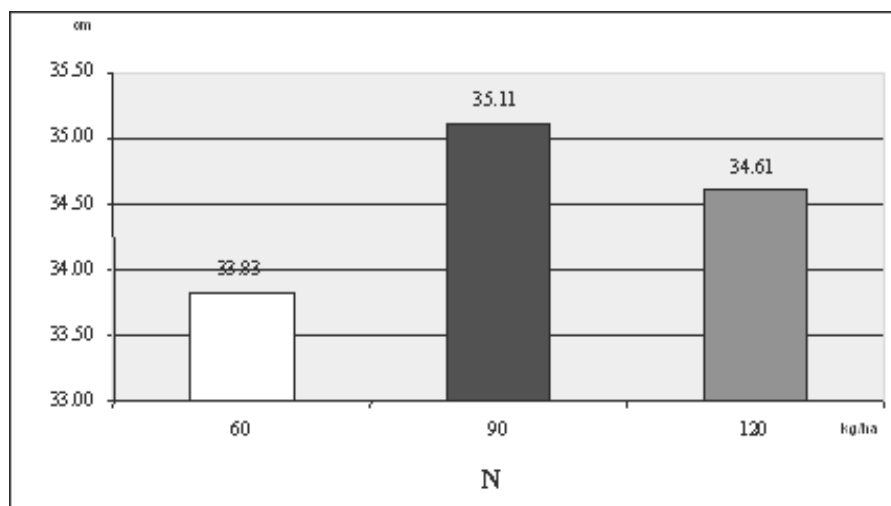


Gráfico 19. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 75 días.

A los 105 días de corte la PFV se obtiene un promedio de 51.30 kg/ha, sin mostrar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los niveles de N, aunque numéricamente la mayor PFV la registraron el mayor nivel de N empleado (120 kg/ha) con 51.89 tn/ha, seguida de manera descendente los niveles N de 90 y 60

kg/ha con producciones de 51.72 y 50.27 tn/ha, respectivamente. Como se representa en el gráfico 20.

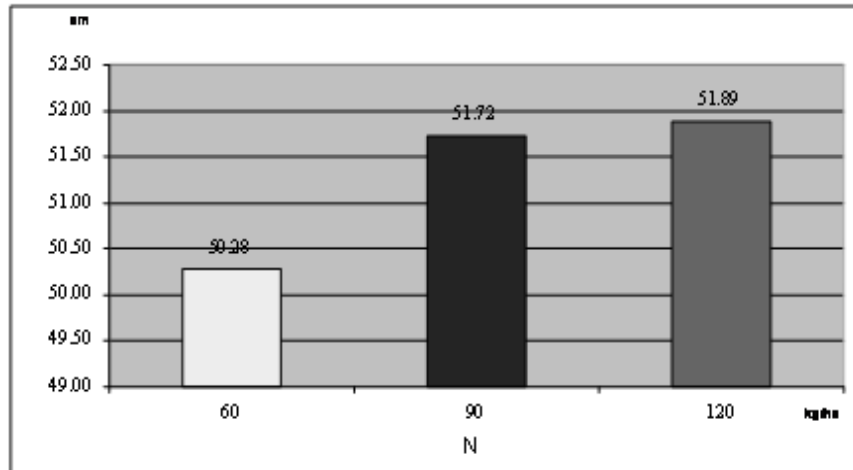


Gráfico 20. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 105 días.

A los 135 días de la evaluación se reportó una PFV con promedio de 100.68 tn/ha, existen diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de N utilizados, obteniendo en la separación de medias por el método de Tukey la mejor producción de FV con 105.56 tn/ha correspondiente al nivel de 120 kg/ha, seguida ambos resultados con diferencias altamente significativas de 103.50 y 93.00 tn/ha pertenecientes a los tratamientos de 90 y 60 kg de N/ha respectivamente, como se lo puede observar en el gráfico 21.

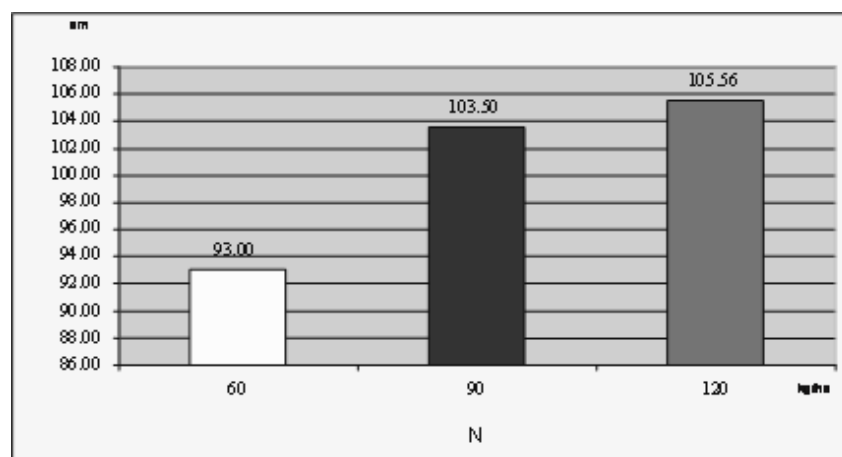


Gráfico 21. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 135 días

Al realizar el análisis de regresión de la Producción del pasto *Pennisetum sp.* tomando como referencia la PFV en función de los niveles de Nitrógeno, se estableció únicamente a la edad de 135 días de evaluación, una tendencias lineal altamente significativa, que determinan que las plantas presentan un producción ascendente mientras se incremente el nivel de N, pero no en una forma proporcional, como se demuestra en el gráfico 22.

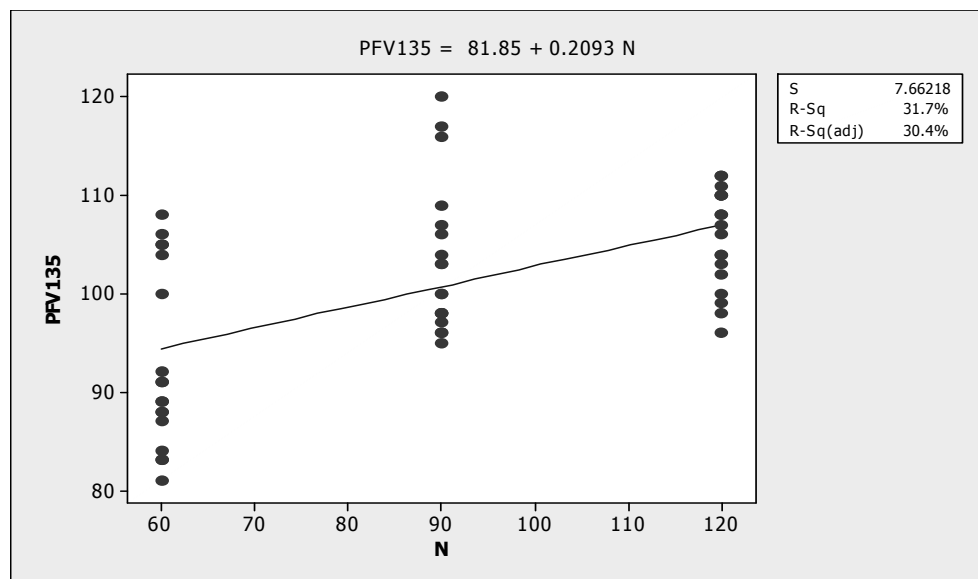


Gráfico 22. Regresión de la Producción de Forraje Verde (PFV) a los 135 días en función de la PFV y los niveles de Nitrógeno (N).

La producción de Forraje verde se incrementa paulatinamente mientras exista los nutrientes adecuado para su desarrollo donde no existan limitantes en especial de N (Guerrero, R. 1998) este elemento es el más importante cuando se realiza la fertilización, se confirma la necesidad de N al observar menores producciones con el nivel más bajo de nitrógeno, pero de la misma forma el exceso de N provoca una reacción de choque (Gross, A. 1998) que reduce la producción de Forraje verde.

Las producciones de Forraje Verde obtenidas del *Pennisetum sp.* en las diferentes edades de corte por efecto del nitrógeno no se asemejan a las reportadas en el sitios Web <http://www.maralfalfaprogreso.com>, (2007) quines muestran PFV de 45 tn/ha a los 45 días y Molina, S. (2005), reporta una PFV de 34.63 tn/ha a los mismos 45 días de edad, ambos estudios acordes al desarrollo

de la planta que alcanza en este sitio ecológico. Para que las PFV en esta investigación (otro sitio ecológico) se asemejen a los parámetros mencionados el *Pennisetum sp.* deberá tener una edad aproximada de 90 días.

El Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) alcanzan altas PFV a épocas de corte superiores a los 60 días en este sitio ecológico, que comparadas con otros pastos de la zona templada como: *Lolium perenne* (rye grass), *Holcus lanatus* (holco) y *Dactylis glomerata* (pasto azul), *Poa palustris* (Poa), *Medicago sativa* (Alfalfa), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), entre otros (<http://www.infoagro.com>, 2007), cuya producción de forraje verde no supera las 25 tn/ha en el caso de los *Lolium híbridos* (Rye grass mejorados), el *Pennisetum sp.* se considera una alternativa para mejorar estas PFV superando ampliamente a los pastos antes mencionados. Por otra parte si bien la cantidad de FV es apreciable, las características nutricionales no están definidas aún en nuestro medio (Jiménez, J. 2008)

3. Producción de materia seca (PMS), según la edad de evaluación

Los diferentes niveles de N empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.* afectaron estadísticamente la PMS durante los periodos de evaluación, del cual se desprenden el siguiente análisis por época de corte.

A los 75 días de corte se obtuvo una PMS promedio de 5.77 tn/ha, sin mostrar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los niveles de N empleados, aunque existen diferencias numéricas entre los niveles mostrando una mayor producción con 90 kg de N/ha obteniendo una producción de 5.87 tn/ha, seguida del nivel N de 120 kg/ha con una PMS de 5.78 kg/ha, y finalmente el nivel mas bajo (60 kg de N/ha) con una PMS de 5.65 kg/ha, como se muestra en el gráfico 23.

A los 105 días de la evaluación se encontró un promedio de la PMS de 8.93 tn/ha, sin mostrar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los niveles de N utilizados, aunque si difieren numéricamente encontrando la mayor producción con el nivel N de 120 kg/ha con una PMS de 9.03 tn/ha, seguida del nivel N de 90 kg/ha con una

producción de 9.00 tn/ha, finalmente el nivel más bajo de N (60 kg/ha) reporta una PMS de 8.75 tn/ha, como se representa en el gráfico 24.

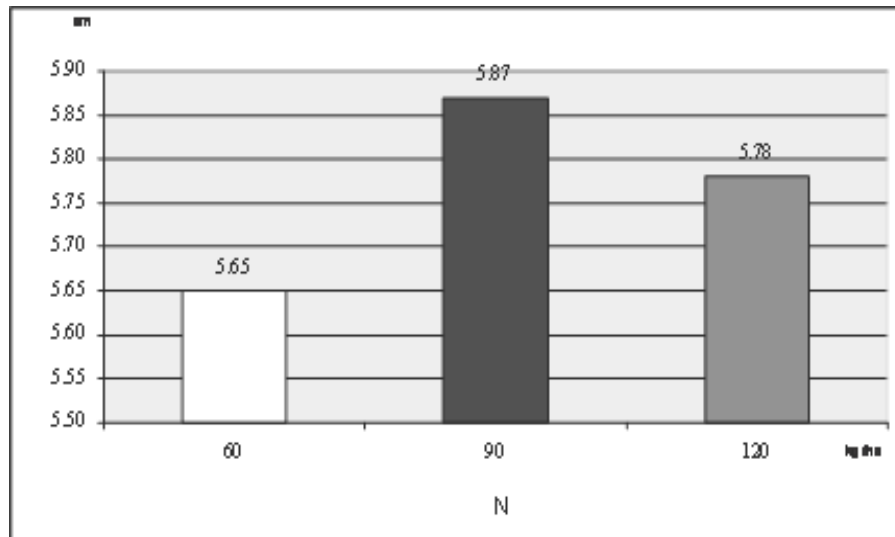


Gráfico 23. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 75 días.

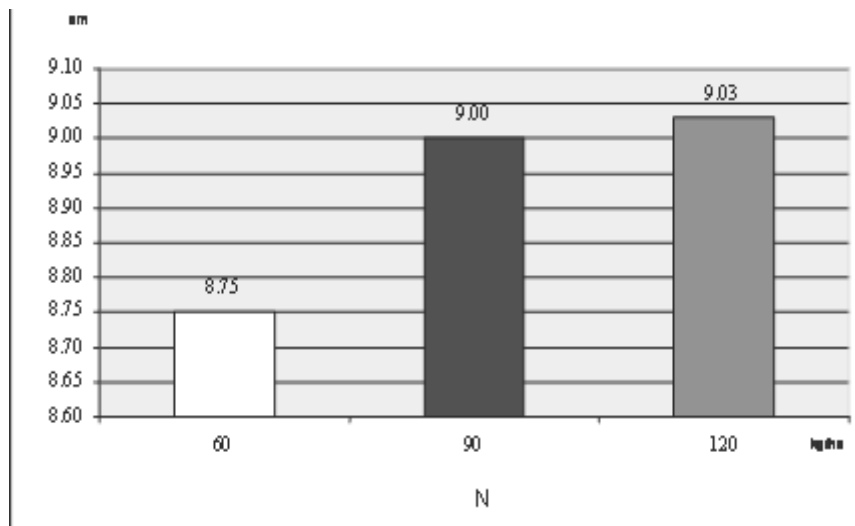


Gráfico 24. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 105 días.

En las respuestas obtenidas a los 135 días se encontró una producción promedio de MS de 18.31 tn/ha, mostrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de N empleados, en la separación de medias por medio de Tukey señala que las mayores PMS se encontraron mientras más altos son los

niveles de N dando los siguientes resultados; 19.2, 18.83 y 16.92 tn/ha de los niveles de N de 120, 90 y 60 kg/ha, como se demuestra en el gráfico 25.

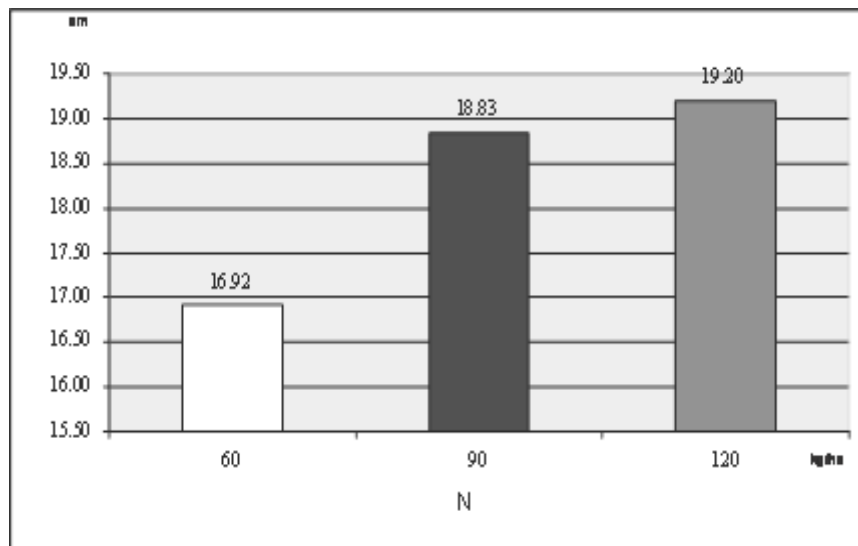


Gráfico 25. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de N a los 135 días.

El análisis de regresión de la Producción del pasto *Pennisetum sp.* tomando como referencia la PMS en función de los niveles de Nitrógeno, se estableció solamente en el caso de 135 días de corte una tendencias lineal altamente significativa, que determinan que las plantas presentan un producción ascendente mientras se incrementa el nivel de N, pero no en una forma proporcional, como se demuestra en el gráfico 26.

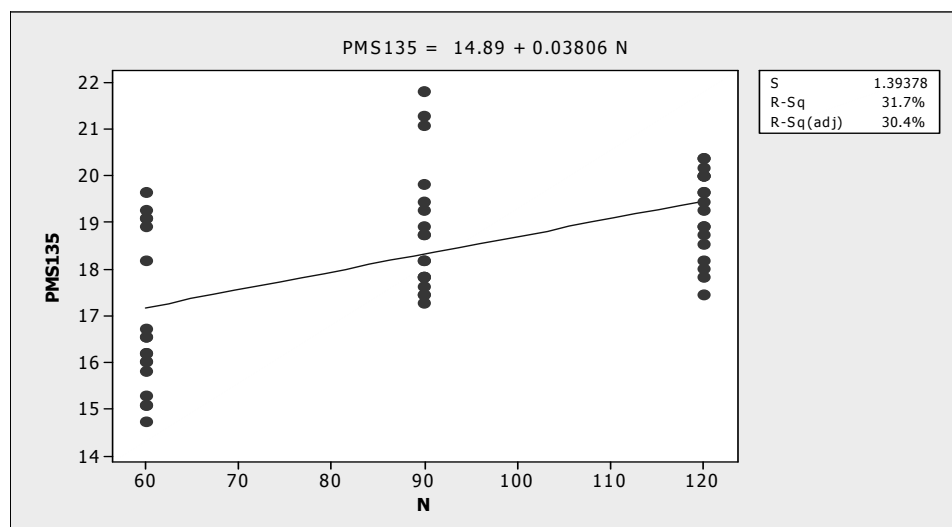


Gráfico 26. Regresión de la Producción de Materia Seca (PMS) a los 135 días en función de la PMS y los niveles de Nitrógeno (N).

El contenido de Materia seca se incrementa mientras avanza la edad del *Pennisetum sp.* como habitualmente suele suceder en los vegetales y más aun en los pastos (Guevara P, 2004), ya que ellos comienzan a incrementar sus contenido de Fibra en especial la lignina, y esta a su vez es una limitante para la digestibilidad del pasto (Correa, J. 2007).

Los diferentes niveles de nitrógeno utilizados en la fertilización, incrementan la producción de FV en todas las edades de corte (con cierta excepción a los 75 días) mientras mayores sean los niveles de N utilizados. De la misma forma se incrementa la producción de Materia Seca (PMS) gradualmente a la PFV por la cantidad producida.

Luego del análisis bromatológico cuadro 18. realizado al *Pennisetum sp.* en tratamientos diferentes muestran que no existen diferencias en el contenido de MS del pasto, por lo que se deduce que no afecta la fertilización en la composición bromatológica del pasto como lo asegura Correa, J. 2007, pero si en el potencial forrajero como lo aseguramos con esta investigación.

Es conocido que el contenido de humedad de los forrajes puede constituirse en un limitante para el consumo de materia seca (NRC, 1989). En ese sentido, se podría presumir que en igualdad de condiciones podría existir un menor consumo de materia seca en pastos suculentos frente a pastos con mayor contenido de MS, según Correa, J. 2007, volviéndose una limitante al consumir básicamente H₂O.

Por efecto de la interacción entre los niveles de Fertilización de Nitrógeno y el número de cortes, se registro que la altura de la planta solamente a los 105 días presenta diferencias significativas ($P < 0.05$), realizada la separación de medias por Tukey demuestra que la mayor altura reportada es de 173.33 cm correspondiente al nivel 90 kg de N/ha del primer corte, y la menor altura registrada es del nivel mas bajo de 60 kg de N/ha con una altura de 169.56 cm. Señalando que el mejor nivel de N presentado es de 90 kg N/ha. Como se demuestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N) Y CORTES A DIFERENTES EDADES DE EVALUACION.

Niveles		NITRÓGENO * CORTES					
N	Cortes	Altura 105			PMS 135		
		días	PFV 135 días	días	PFV 135 días	días	
60	1	172.44	ab	93.56	b	17.02	b
60	2	169.56	b	92.44	b	16.82	b
90	1	173.33	a	105.78	a	19.24	a
90	2	170.56	ab	101.22	ab	18.41	ab
120	1	171.78	ab	104.89	a	19.08	a
120	2	171.67	ab	103.22	ab	18.78	ab
Probabilidad		0.046		0.001		0.001	
% CV		1.06		2.18		2.18	
		*		**		**	

PFV = Producción de Forraje Verde.

PMS = Producción de Materia Seca

* Significativo.

** Altamente Significativo

Elaborado: Cruz Diego (2008)

La misma interacción muestra diferencia altamente significativas ($P < 0.01$) en la PFV y PMS a los 135 días, realizada la separación de medias por medio de Tukey indica que la mayor PFV y PMS la tienen los niveles de 90 y 120 kg/ha con producciones de forraje verde de 105.78 tn/ha y 104.89 tn/ha, respectivamente; y producciones de Materias Seca de 19.24 y 19.08 tn/ha, respectivamente. Comparten el mismo rango de significancia los niveles de 90 y 120 kg de N/ha, mostrando el primer nivel una diferencia numérica mayor y por análisis económico indicamos que el nivel de 90 Kg de N/ha es el mejor nivel.

El potencial forraje se reduce a medida que incrementan el número de cortes, debido a que el *Pennisetum sp.* es un extractor eficiente de nutrientes del suelo como lo señala <http://www.adoos.com.co>, y debe ser fertilizado constantemente.

El efecto de disminución del potencial forrajero no fue muy claro ya que se trabajo todos los cortes dentro de una sola parcela. Los análisis de regresión demuestran

que existe una reducción en el potencial forrajero mientras se incrementan el número de cortes como es razonable pensarlo.

C. EFECTO DE LOS NIVELES DE FÓSFORO (P) SOBRE EL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN 75, 105 Y 135 DIAS

1. Altura del *Pennisetum sp.* según la edad de evaluación

Los diferentes niveles de P empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.* afectaron estadísticamente la altura de la planta durante los periodos de evaluación de 75, 105 y 135 días; como se reportan en el Cuadro 15, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de corte:

Cuadro 15. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO DIFERENTES NIVELES DE FOSFORO (P) A DIFERENTES EDADES DE CORTE

PARÁMETROS	NIVELES DE FÓSFORO (P)			PROBABILIDAD	% CV				
	60	90	120						
Altura 75 días	128.61	b	130.89	a	132.89	a	0.0001	2.01	**
Altura 105 días	170.611	b	171.28	b	172.78	a	0.0035	1.06	**
Altura 135 días	198.28	c	202.61	b	209.17	a	<.0001	1.44	**
PFV 75 días	31.61	b	35.44	a	36.50	a	0.0011	10.88	**
PFV 105 días	48.56	c	51.500	b	53.83	a	<.0001	4.529	**
PFV 135 días	94.94	c	100.00	b	107.11	a	<.0001	2.18	**
PMS 75 días	5.28	b	5.92	a	6.10	a	0.0010	10.88	**
PMS 105 días	8.45	c	8.96	b	9.37	a	<.0001	4.54	**
PMS 135 días	17.27	c	18.19	a	19.48	b	<.0001	2.18	**

PFV = Producción de Forraje Verde.

PMS = Producción de Materia Seca.

** = Altamente significativo

Elaborado: Cruz Diego (2008)

A los 75 días de evaluación se tiene una altura promedio de 130.80 cm, encontrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P empleados, en la separación de medias por medio de Tukey señala que la mayor altura es 132.89 cm. proveniente del nivel P de 120 kg/ha, seguida sin mostrar

diferencias el nivel de 90 kg/ha con una altura de 130.89 cm., finalmente el nivel P de 60 kg/ha con una altura de 128.61 cm., pudiendo ser observada estas diferencias en el gráfico 27.

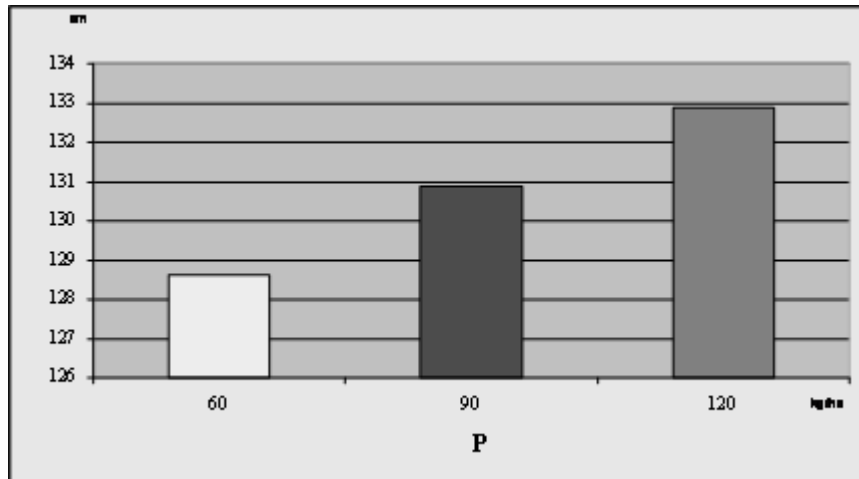


Gráfico 27. Altura del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 75 días.

Los resultados a la edad de 105 días se obtuvo una altura promedio de 171.56 cm, encontrado diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P utilizados, la separación de medias por el método de Tukey demuestra que la mayor altura es 172.78 cm proveniente al nivel P de 120 kg/ha, seguida con diferencias significativas de los niveles P de 90 y 60 kg/ha las que poseen alturas de 171.28 y 170.61 cm., respectivamente; como lo representa en el gráfico 28.

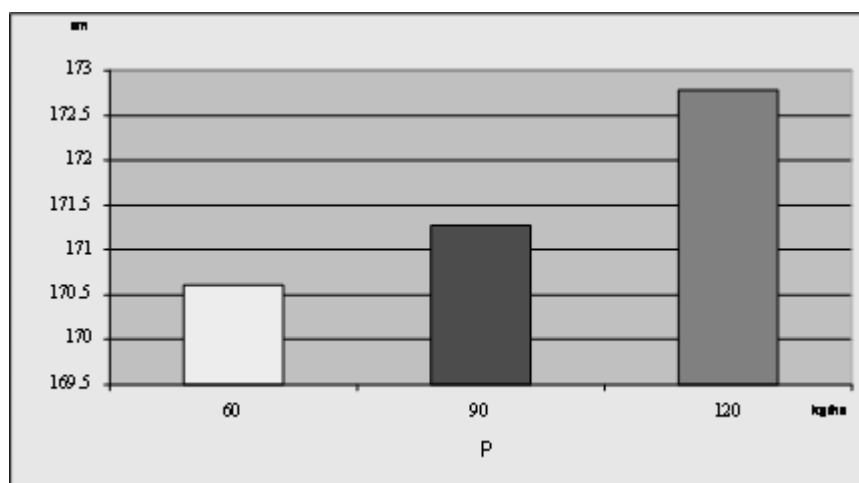


Gráfico 28. Altura del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 105 días.

A los 135 días de evaluación se obtuvo una altura promedio de 203.35 cm., encontrando diferencias altamente significativas entre los niveles de P utilizados en la fertilización, dando como resultado la separación de medias por medio de Tukey que el mayor nivel P (120 kg/ha) mostró una altura de 209.17 cm, seguida por alturas inferiores de 202.61 y 198.28 cm. correspondientes a los niveles de 90 y 60 kg P/ha, observando estas diferencias en el gráfico 29.

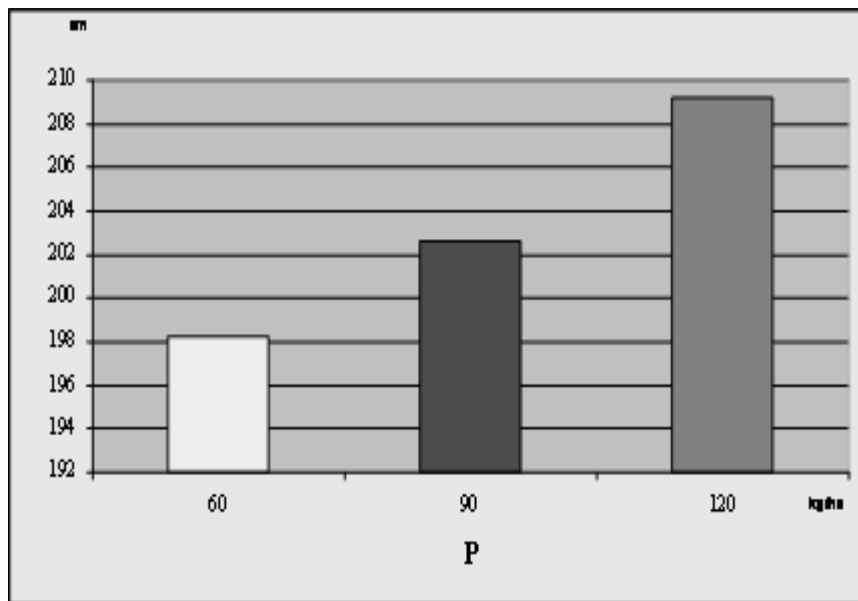


Gráfico 29. Altura del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 135 días.

El análisis de la regresión del crecimiento del *Pennisetum sp.* tomando como referencia la altura de la planta con los niveles de P utilizados se establecieron en todas las edades de corte una tendencia lineal altamente significativa, que determinan que la planta presentan un crecimiento ascendente incrementando los niveles de P, pero no en una forma proporcional, como se demuestra en los gráficos 30,31 y 32.

El *Pennisetum sp.* mostró alcanzar mayor altura con la fertilización de P de las mostradas en este mismo estudio con la fertilización de N, se deduce que el P participa más activamente en el desarrollo longitudinal de la planta que el N. Según Gross A, (1986) las funciones vegetal que cumple el N y P son similares y por lo tanto son complementarias entre sí.

Las alturas alcanzadas por el *Pennisetum sp.* a las diferentes edades de cortes por efecto de P, son menores a las reportadas por la página Web <http://www.sedarh.gov.mx> quienes manifiestan que el Maralfalfa alcanza una altura de 2.50 m a los 75 días de corte, en cambio Restrepo E, (2004); señala que el pasto puede alcanzar una altura de 4.00 m a los 90 días con una fertilización adecuada, esto se debe a que las investigaciones se realizaron en diferentes sitios ecológicos.

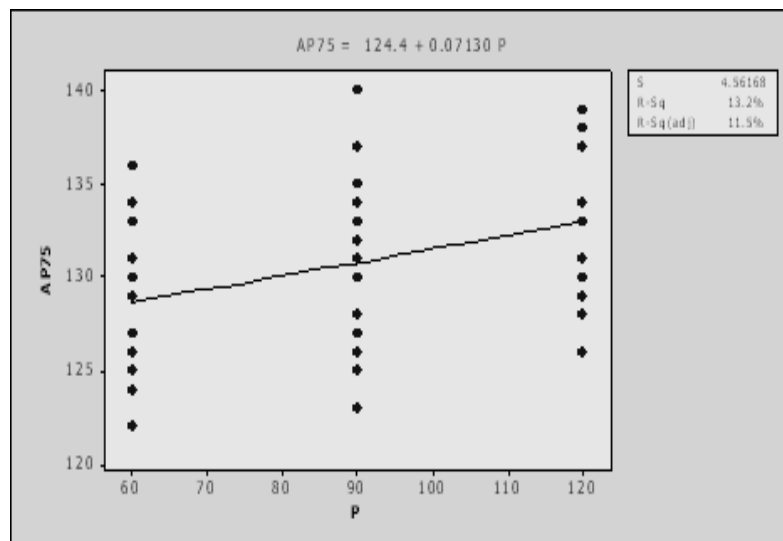


Gráfico 30. Regresión de la Altura de la planta (AP) a los 75 días en función de la altura y los niveles de Nitrógeno (N).

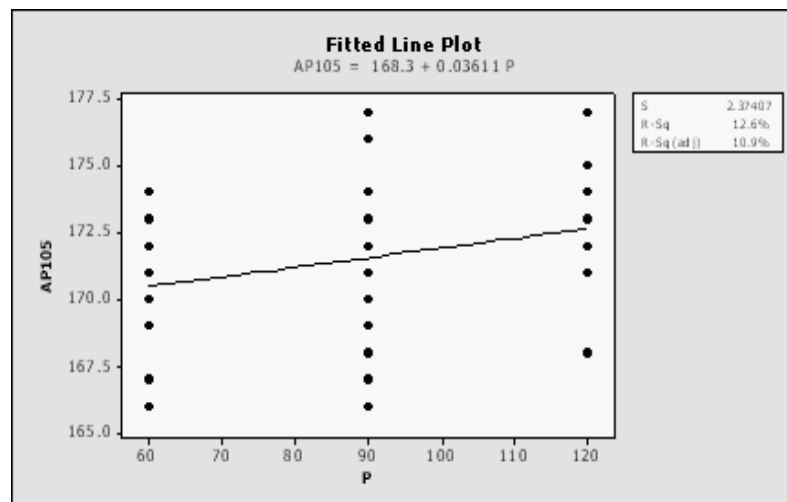


Gráfico 31. Regresión de la Altura de la Planta (AP) a los 105 días en función de la altura y los niveles de Nitrógeno (N).

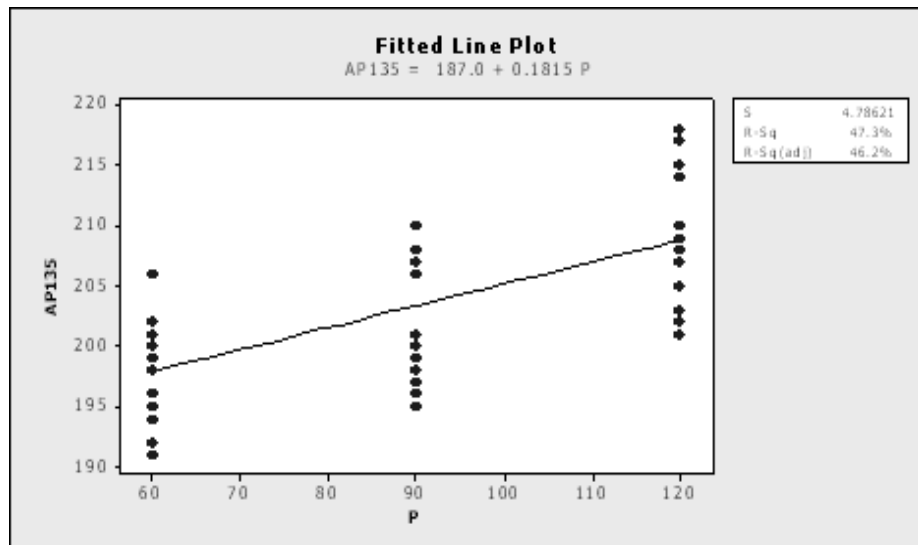


Gráfico 32. Regresión de la Altura de la planta (AP) a los 135 días en función de la altura y los niveles de Nitrógeno (N)

Pero el Maralfalfa es superior en comparación de otras especies forrajeras de la zonas fria como: *Lolium perenne* (rye grass), *Holcus lanatus* (holco) y *Dactilis glomerata* (pasto azul), *Poa palustris* (Poa), *Medicago sativa* (Alfalfa), *Pennisetum purpureum* (pasto elefante), etc. entre las mayores alturas se encuentran las del *Lolium hibridum* alcanzando alturas hasta de 2.00 m; el maralfalfa puede alcanzar alturas superiores a los 3.50 m en su vida vegetativa, en esta área ecológica. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp*, según edad de corte.

2. Producción de Forraje Verde (PFV), según la edad de evaluación

Los diferentes niveles de P empleados en la fertilización del *Pennisetum sp*. afectaron estadísticamente la PFV durante los periodos de evaluación de 75, 105 y 135 días; como se reportan en el Cuadro 15, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de corte:

A los 75 días de corte se determinó un promedio de PFV de 34.52 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P utilizados, la separación de medias según Tukey muestra la más alta producción de 36.50 tn/ha correspondiente al nivel P de 120 kg/ha, seguida sin diferencia

estadística el nivel de 90 kg/ha con una PFV de 35.44 tn/ha, y finalmente el nivel de P mas bajo empleado (60kg/ha) con una PFV de 31.61 tn/ha, como lo representa en el gráfico 33.

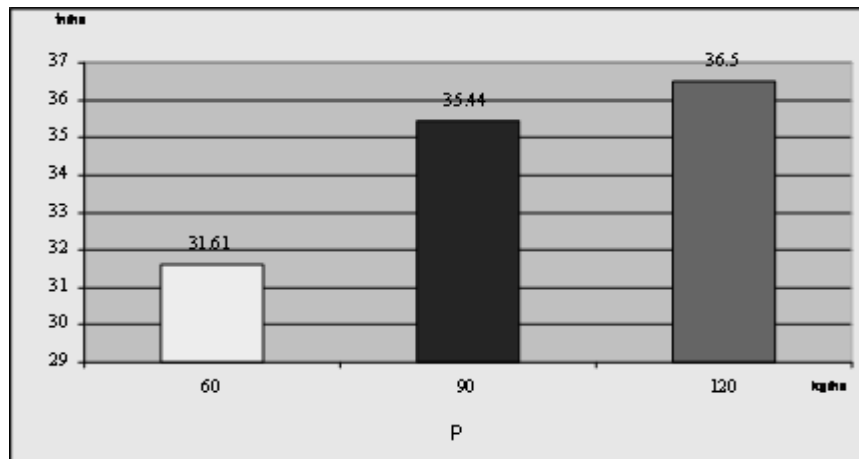


Gráfico 33. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum* sp. bajo diferentes niveles de P a los 75 días.

A los 105 días de la evolución se determinó un promedio de PFV de 51.30 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P empleados, en la separación de medias por el método de Tukey señala la mayor producción de 53.83 kg/ha correspondiente al nivel P de 120 kg/ha, seguida con diferencias estadísticas tanto para el nivel de 90 y 60 kg/ha con producciones de 51.5 y 48.56 tn/ha, respectivamente, como se lo indica en el gráfico 34.

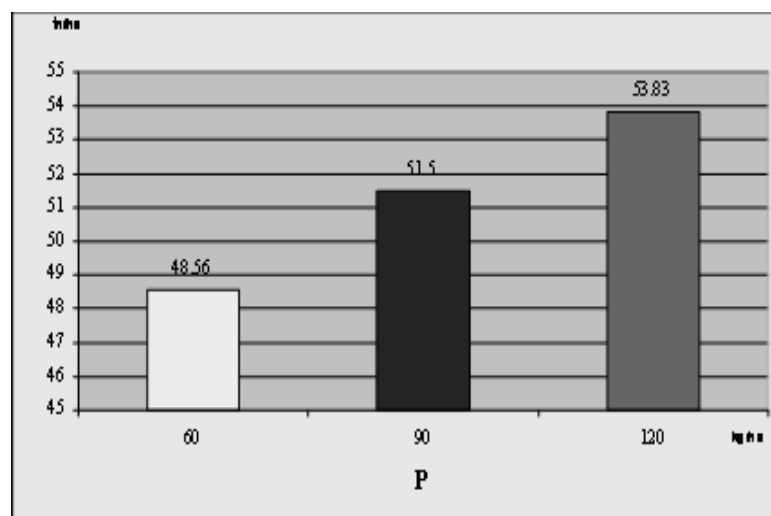


Gráfico 34. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum* sp. bajo diferentes niveles de P a los 105 días.

Los resultados a los 135 días de corte muestran una producción de forraje verde promedio de 100.69 tn/ha, mostrando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P utilizados, la separación de medias según Tukey muestra la mayor producción con el nivel P de 120 kg/ha con una producción de FV de 107.11 tn/ha, seguida con el nivel P de 90 kg/ha con una PFV de 100 kg/ha, y finalmente con una PFV de 94.94 kg/ha correspondiente al nivel P de 60 kg/ha, como refleja el gráfico 35.

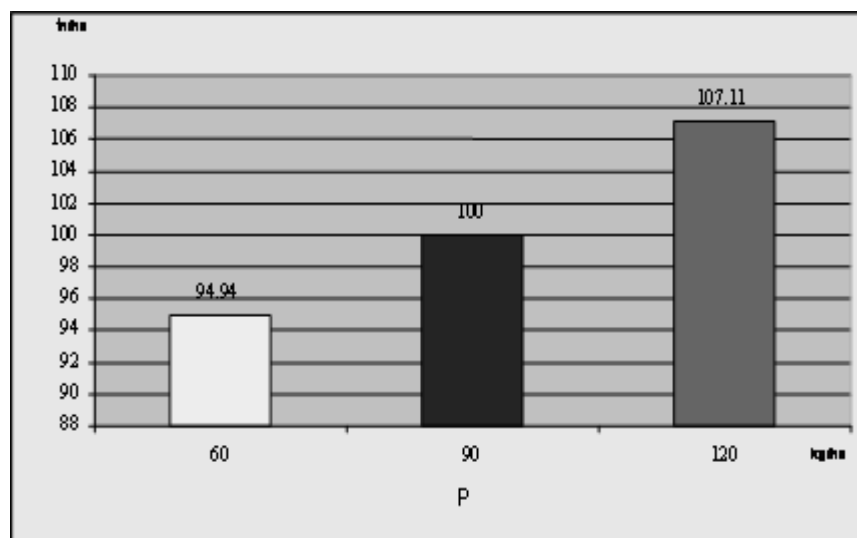


Gráfico 35. Producción de Forraje Verde del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 135 días.

Con el análisis anterior se demuestra que los requerimientos de Fósforo en el pasto *Pennisetum sp.* son altos y a medida que se incrementen dichos niveles la producción de Forraje verde se incrementan, según (Gross A, 1998) se debe a que la dinámica del fósforo en el suelo es lenta, provocando que el Fósforo no sea asimilable rápidamente por las plantas, absorbiendo cantidades necesarias para su desarrollo para que el P restante pase a formar parte del ciclo del P en el suelo u más adelante pueda ser absorbido.

3. Producción de Materia Seca (PMS) del *Pennisetum sp.* según la edad de evaluación

Los diferentes niveles de P empleados en la fertilización del *Pennisetum sp.*

afectaron estadísticamente la PMS durante los periodos de evaluación de 75, 105 y 135 días; como se reportan en el Cuadro 15, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de corte:

A los 75 días de corte se obtuvo un promedio de 5.77 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P empleados, la separación de medias según Tukey muestra la mayor PMS de 6.1 tn/ha correspondiente al nivel P de 120 kg/ha, seguida por los niveles de 90 y 60 kg/ha con una producción de MS de 5.92 y 5.28 tn/ha, respectivamente; como se observa en el gráfico 36.

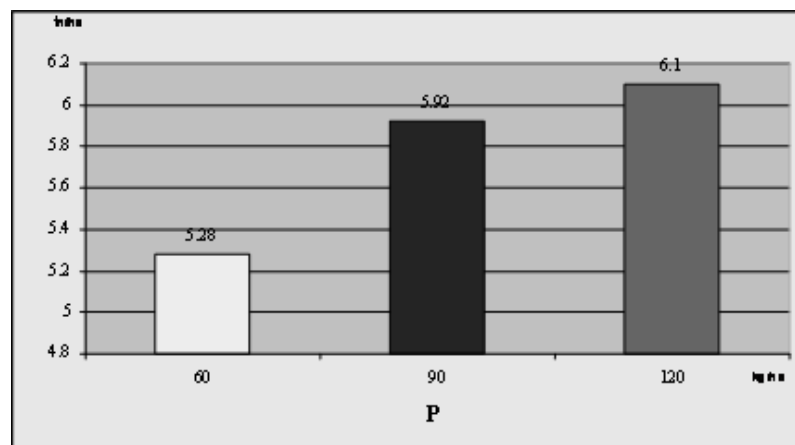


Gráfico 36. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 75 días.

Los resultados a los 105 días muestran una PMS promedio de 8.93 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas entre los niveles de P empleados, en la separación de medias por medio del método de Tukey muestran la mayor producción de MS de 9.37 tn/ha correspondiente al nivel P de 120 kg/ha, seguidas por las PMS de 8.96 y 8.45 tn/ha correspondientes a los niveles P de 90 y 60 tn/ha, respectivamente; como lo muestra en el gráfico 37.

A los 135 días de la evaluación el *Pennisetum sp.* muestra un promedio de PMS de 18.31 tn/ha, hallando diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los niveles de P utilizados, en la separación de medias según Tukey señala la mayor PMS de 19.48 tn/ha correspondiente al nivel P de 120 kg/ha, seguida de los

niveles P de 90 y 60 kg/ha con una producción de MS de 18.19 y 17.27 tn/ha, respectivamente; como se lo manifiesta en el gráfico 38.

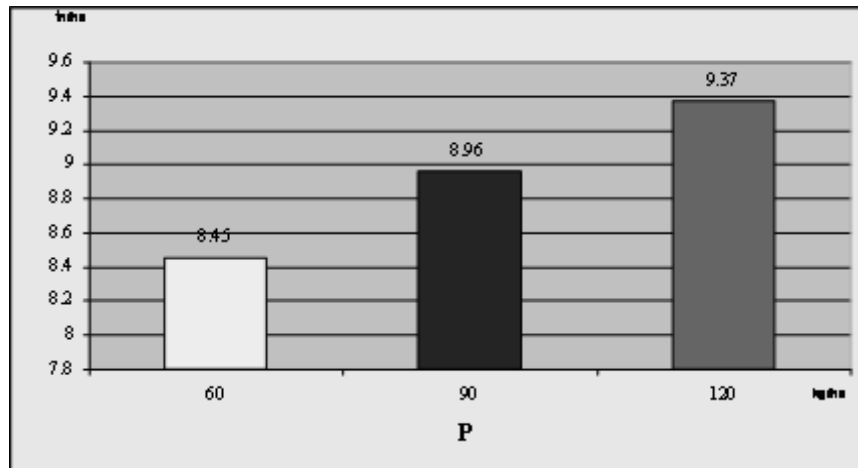


Gráfico 37. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 105 días.

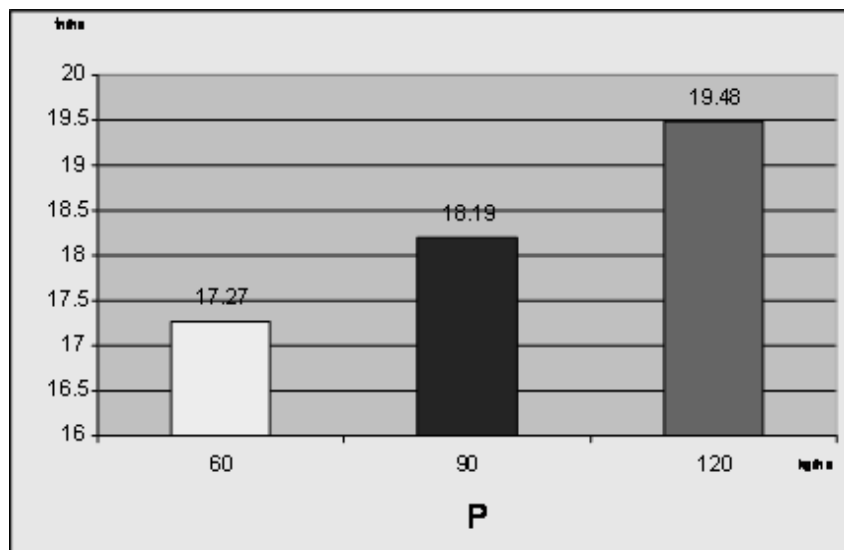


Gráfico 38. Producción de Materia Seca del *Pennisetum sp.* bajo diferentes niveles de P a los 135 días.

El análisis de la Regresión de la producción del *Pennisetum sp.* tomando como referencia la PMS con los niveles de P utilizados; se establecieron en todas las edades de corte una tendencia lineal altamente significativa, que determinan que la planta presentan una producción ascendente incrementando los niveles de P, pero no en una forma proporcional, como se demuestran en los gráficos 39, 40, 41, 42, 43 y 44.

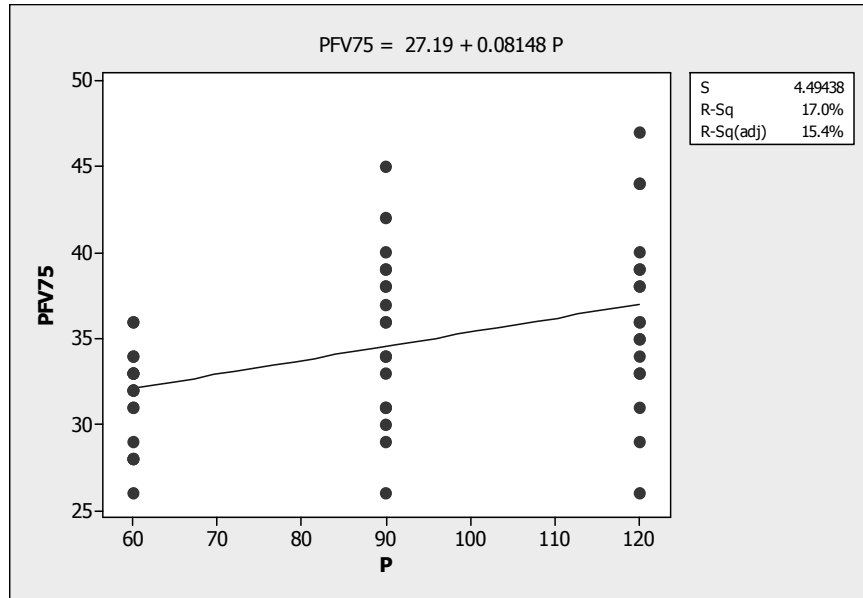


Gráfico 39. Regresión de la Producción de Forraje Verde (PFV) a los 75 días, en función de la PFV y los niveles de Fósforo (P).

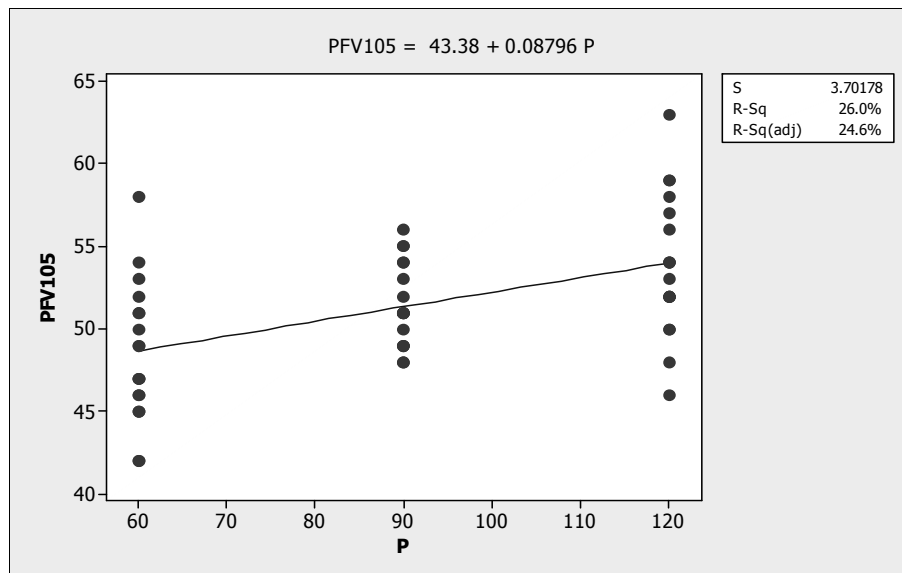


Gráfico 40. Producción de Forraje Verde (PFV) a los 105 días en función de la PFV y los niveles de Fósforo (P).

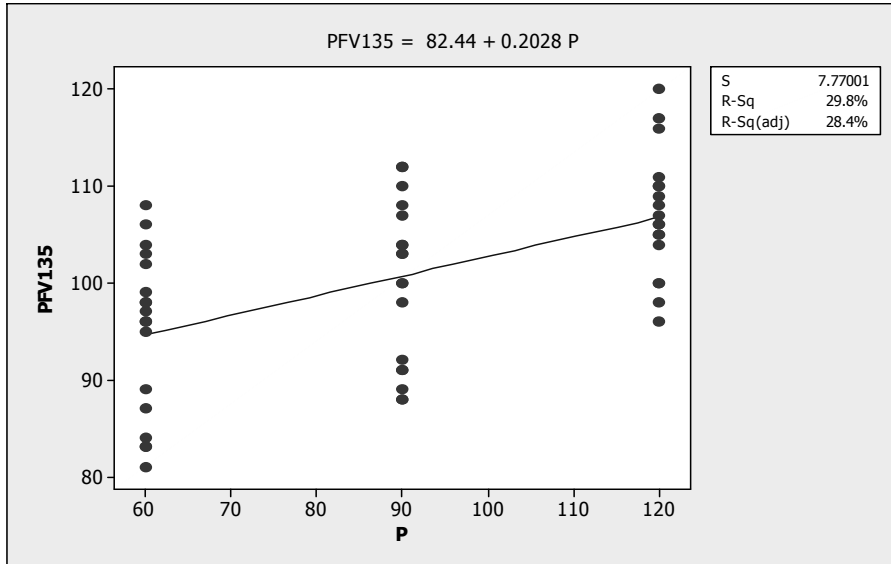


Gráfico 41. Regresión de la Producción de Forraje Verde (PFV) a los 135 días en función de la PFV y los niveles de Fósforo (P).

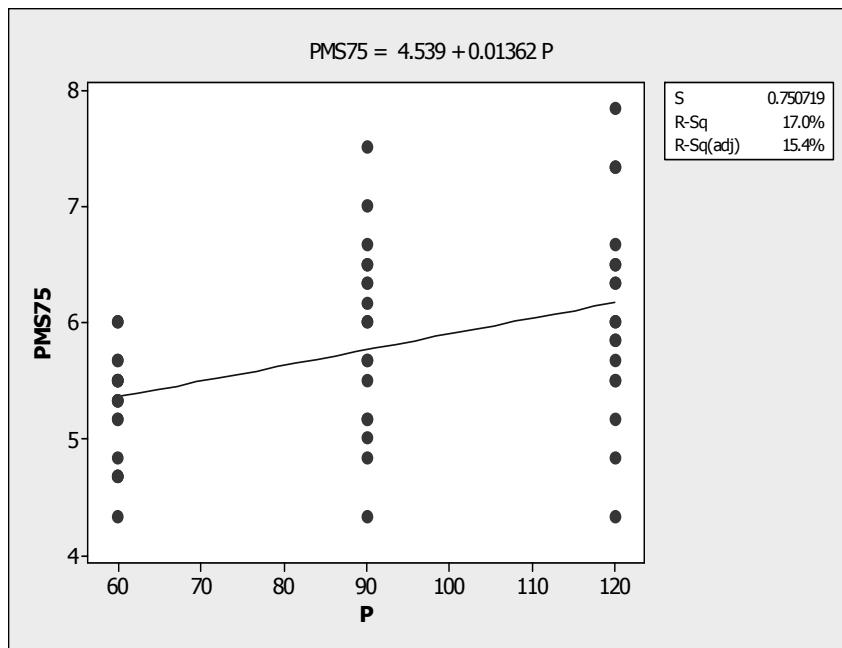


Gráfico 42. Regresión de la Producción de Materia Seca (PMS) a los 75 días en función de la PMS y los niveles de Fósforo (P).

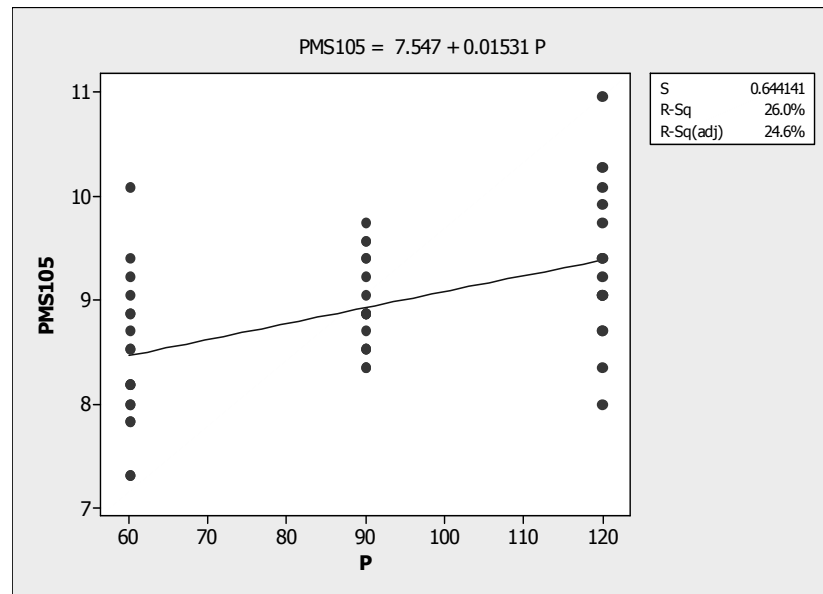


Gráfico 43. Regresión de la Producción de Materia Seca (PMS) a los 105 días en función de la PMS y los niveles de Fósforo (P).

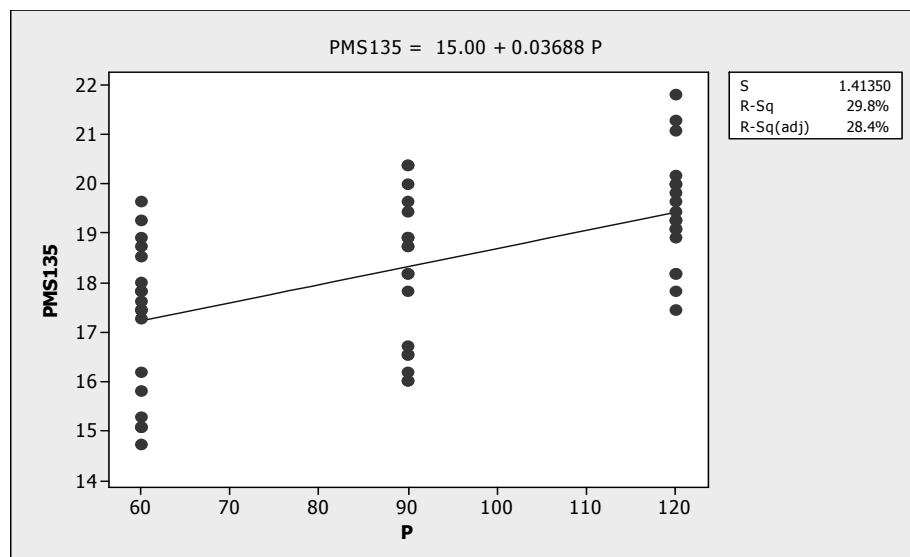


Gráfico 44. Regresión de la Producción de Materia Seca (PMS) a los 135 días en función de la PMS y los niveles de Fósforo (P).

El fósforo es un componente esencial en los vegetales que interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas de la planta: respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas según el sitio <http://www.mirat.net>, por lo que está relacionado con la PMS en la planta, su deficiencia provoca retraso en su crecimiento y en la fecundación.

D. EFECTO DE DOS CORTE SOBRE EL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.*

1. Altura del *Pennisetum sp.*, según la edad de evaluación

El número de cortes realizados con una fertilización afectaron estadísticamente la altura de la planta durante los periodos de evaluación de 75, 105 y 135 días; como se reportan en el cuadro 16, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de evaluación.

A los 75 días de la evaluación se obtuvo una altura promedio de 130.8 cm, existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los 2 cortes realizados, en la separación de medias según Tukey señala la mayor Altura de 134.30 cm. y la menor de 127.30 cm correspondientes al primer y segundo corte a esta edad.

A los 105 días de la evaluación se obtuvieron el siguiente promedio de altura 171.56 cm, manifestando diferencias altamente significativas entre los dos cortes realizados, la separación de medias según Tukey señala la mayor Altura de 172.52 cm correspondiente al primer corte y de 170.59 cm. correspondiente al segundo corte.

Cuadro 16. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* EN DIFERENTES CORTES.

Parámetros	Cortes		Probabilidad	% C.V			
	1	2					
Altura 75 días	134.30	a	127.30	b	<.0001	2.01	**
Altura 105 días	172.52	a	170.59	b	0.0004	1.06	**
Altura 135 días	203.74	a	202.96	a	0.3357	1.44	
PVF 75 días	35.70	a	33.33	b	0.0265	10.88	*
PFV 105 días	53.07	a	49.52	b	<.0001	4.53	**
PFV 135 días	101.41	a	99.96	b	0.0209	2.18	*
PMS 75 días	5.96	a	5.57	b	0.026	10.88	*
PMS 105 días	9.24	a	8.62	b	<.0001	4.54	**
PMS 135 días	18.44	a	18.18	b	0.0213	2.18	*

PFV = Producción de Forraje Verde.

PMS = Producción de Materia Seca.

** = Altamente significativo

Elaborado: Cruz Diego (2008)

Los resultados a los 135 días demuestran un promedio de altura de 203.35 cm, manifestando que no existe diferencias significativas entre los cortes, aunque existen diferencias numéricas señalando la mayor altura de 203.74 cm. correspondiente al primer corte, seguida por el segundo corte que muestra una altura de 202.96 cm.

Las reducciones de las alturas por efecto de cortes se puede deber a dos factores: la reducción de nutrientes en el suelo, y el efecto del corte. El primero el más probable ya que se han observado que las alturas no disminuyen si utilizamos la fertilización en cada corte (www.maralfalfa.com, 2005).

Las ecuaciones de la regresión demuestran que el desarrollo del *Pennisetum sp.* luego de realizar cada corte sin fertilizar los alturas muestran una disminución considerable, debido a la falta de nutrientes en el suelo que permitan desarrollarse de manera optima.

2. Producción de Forraje Verde (PFV) del *Pennisetum sp.* según la edad de evaluación

El número de cortes realizados con una fertilización afectaron estadísticamente la PFV durante los periodos de evaluación de 75, 105 y 135 días; como se reportan en el cuadro 16, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de corte:

A los 75 días de análisis demostraron que se tiene una PFV promedio de 34.52 tn/ha. existiendo diferencias significativas entre el número de cortes realizados, en la separación de medias muestra la mayor y menor producción correspondientes al primer y segundo corte con PFV de 35.70 y 33.33 tn/ha. respectivamente.

Los resultados a los 105 días demuestran que se tiene una PFV promedio de 51.20 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas entre el número de cortes realizados, en la separación de medias por Tukey muestra que la mayor

producción es de 53.07 tn/ha correspondientes al primer corte y la menor producción FV de 49.52 tn/ha de segundo corte.

A los 135 días de evaluación muestra una PFV promedio de 100.69 tn/ha, existiendo diferencias altamente significativas entre el número de cortes realizados, la separación de medias por Tukey señala la mayor producción correspondiente al primer corte con una PFV de 101.41 tn/ha y la menor PFV de 99.96 tn/ha correspondiente al segundo corte.

Las reducciones de la producción del *Pennisetum sp.* por efecto de cortes se debe al efecto de la reducción de nutrientes en el suelo, y no por el efecto del corte ya que se pueden mantener las PFV con fertilizaciones luego de cada corte. (www.maralfalfa.com, 2005).

Las ecuaciones de la regresión demuestran que la producción del *Pennisetum sp.* luego de realizar cada corte sin fertilizar, la PFV disminuyen considerable, debido a la falta de nutrientes en el suelo que permitan desarrollarse de manera óptima.

3. Producción de Materia Seca (PMS) del *Pennisetum sp.* según la edad de evaluación

El número de cortes realizados con una fertilización afectaron estadísticamente la PMS durante los periodos de evaluación de 75, 105 y 135 días; como se reportan en el cuadro 16, del cual se desprenden el siguiente análisis de resultados, por época de corte:

Los resultados a los 75 días demuestran que se tiene una PMS promedio de 5.77 tn/ha, existiendo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el número de cortes realizados, en la separación de medias por Tukey muestra que la mayor producción es de 5.96 tn/ha correspondientes al primer corte y la menor PMS de 5.57 tn/ha de segundo corte.

A los 105 días de análisis demostraron que se tiene una PMS promedio de 8.93 tn/ha. existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre el número de cortes realizados, en la separación de medias muestra la mayor y menor producción correspondientes al primer y segundo corte con PFV de 9.24 y 8.62 tn/ha. respectivamente.

A los 135 días de evaluación muestra una PMS promedio de 18.31 tn/ha, existiendo diferencias significativas entre el número de cortes realizados, la separación de medias por Tukey señala la mayor producción correspondiente al primer corte con una PFV de 18.44 tn/ha y la menor PMS de 18.18 tn/ha correspondiente al segundo corte.

Las reducciones de las producción del *Pennisetum sp.* por efecto de cortes se debe al efecto de la reducción de nutrientes en el suelo, y no por el efecto del corte ya que se pueden mantener las PMS con fertilizaciones luego de cada corte (www.maralfalfa.com, 2005).

Las ecuaciones de la regresión demuestran que la producción del *Pennisetum sp.* luego de realizar cada corte sin fertilizar, la Producción de Materia Seca (PMS) disminuyen considerable, debido a la falta de nutrientes en el suelo que permitan desarrollarse de manera optima al Pasto.

E. POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO EFECTO DEL NITROGENO (N) Y FÓSFORO (P)

El efecto del Nitrógeno conjuntamente con el Fósforo afectaron estadísticamente la altura, PFV y PMS a los 135 días de evaluación, en las otras épocas de corte como 75 y 105 días cada elemento (N , P) trabajan independientemente sobre los parámetros que analizados, el cuadro 17 muestra la interacción de los 2 elementos N y P a los 135 días.

Cuadro 17. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N) CON FÓSFORO (P) A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN.

Niveles		NITRÓGENO * FOSFORO					
N	P	Altura 135 días		PFV 135 días		PMS 135 días	
60	60	194.33	d	84.5	f	15.37	f
60	90	197.5	ed	89.83	e	16.34	e
60	120	203.83	bc	104.67	bc	19.04	bc
90	60	197.5	ed	96.67	d	17.58	d
90	90	202.33	cd	101.33	c	18.44	c
90	120	212.67	a	112.5	a	20.46	a
120	60	203	bcd	103.67	c	18.86	c
120	90	208	ab	108.83	ab	19.8	ab
120	120	211	a	104.17	c	18.95	c
Probabilidad		0.0201		<.0001		<.0001	
% CV		1.44		2.18		2.18	

*

**

**

PFV = Producción de Forraje Verde.

** = Altamente significativo

PMS = Producción de Materia Seca.

Elaborado: Cruz Diego (2008)

1. Altura del *Pennisetum sp.*, a los 135 días de evaluación

La altura promedio reportada a esta edad es de 203.35 cm. existiendo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los diferentes niveles de N y P utilizados en la fertilización, en la separación de medias por medio de Tukey refleja una gran diferencias entre resultados en la que detallamos: que las mayores alturas obtenidas corresponde a los niveles de (90 N – 120 P y 120 N – 120 P) con una AP de 212.67 cm. respectivamente, existiendo diferencias solamente numéricas entre estos tratamientos; seguida por el nivel de (120 N – 90 P) con una altura de planta de 208.00 cm, lo que indica que el *Pennisetum sp.* es exigente en su fertilización como lo señala (Correa, J. 2005), a demás que los macronutrientes como el N y P están interrelacionados entre sí, y se complementan en el desarrollo de la planta (Gross, A. 1998). Finalmente la menor altura reportada corresponde a los niveles más bajos de N y P (60 – 60 kg/ha) con una altura obtenida de 194.33 cm.

El análisis de la Regresión Múltiple del crecimiento del *Pennisetum sp.* tomando como referencia la Altura de la planta con los niveles de N y P utilizados; se estableció a esta edad (135 días) encontrando una ecuación de regresión múltiple $AP_{135} = 174 + 0.146 N + 0.181 P$ con una desviación estándar de $S = 3.12410$ y un $R-Sq = 78.0\%$, lo que señala que a medida que se incrementen los niveles de N y P incrementará la Altura de la planta y de la misma forma señala que el Nitrógeno y Fósforo cumplen funciones en el crecimiento de la planta relacionados. (Werner, N. 1991)

2. Producción de Forraje Verde, a los 135 días de evaluación

Los promedios de PFV reportada a esta edad es de 100.69 tn/ha. existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los diferentes niveles de N y P utilizados en la fertilización, en la separación de medias por medio de Tukey refleja una variabilidad entre los resultados, en los que detallamos: que la mayor PFV obtenida fue de 112.50 tn/ha correspondiente al nivel de (90 N – 120 P) Kg/ha, compartiendo parcialmente el rango de significancia con el nivel de (120 N – 90 P) kg/ha con PFV de 108.83 tn/ha, seguidas por otros niveles que comparten rangos de significancia, finalmente el nivel de NP (60-60) kg/ha que muestra las menores PFV de 84.5 tn/ha.

El análisis realizado señala que la producción de FV en el corte 1 es mayor, se debe a que sufrió el siguiente efecto: el suelo antes de la fertilización se encontraba con niveles de fertilidad bajos (Werner, N. 1991), por lo que fue necesario la fertilización con los diferentes tratamientos en base de Nitrógeno y Fósforo; en especial el primer elemento tiene una alta dinámica en el suelo y es aprovechado fácilmente por la planta, a la vez existen pérdidas de nitrógeno por desnitrificación y lixiviación, lo que reduce las reservas de N en el suelo y hay que fertilizar continuamente, provocando una reducción en la producción de FV.

El segundo corte se realizó para conocer si es necesario una fertilización continua, al existir diferencias significativas entre el corte 1 y 2, confirmamos que el *Pennisetum sp.* es un pasto que absorbe considerablemente los nutrientes del

suelo y al ser un pasto de corte donde no se aporta el abono de los animales, es exigente en su fertilización (Márquez, F. 2007).

Realizada la Regresión Múltiple de la Producción del *Pennisetum sp.* tomando como referencia la PFV con los niveles de NP utilizados; se estableció a esta edad (135 días) una ecuación de regresión múltiple de $PFV_{135} = 63.6 + 0.209 N + 0.203 P$ con una desviación estándar de $S = 5.80841$ y un $R-Sq = 61.5\%$ la que señala a medida que se incremente los niveles de NP incrementa la PFV, de igual manera señala que el Nitrógeno y Fósforo cumplen funciones en el crecimiento de la planta relacionados. (Gross, A. 1998)

3. Producción de Materia Seca (PMS), a los 135 días de evaluación

Los promedio de PMS reportada a esta edad es de 18.32 tn/ha. existiendo diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los diferentes niveles de N y P utilizados en la fertilización, en la separación de medias por medio de Tukey refleja una variabilidad entre los resultados, en los que detallamos: que las mayor PMS obtenidas fue de 20.46 tn/ha correspondiente al nivel de (90 N – 120 P) Kg/ha, compartiendo parcialmente el rango de significancia con el nivel de (120 N – 90 P) kg/ha con PMS de 19.80 tn/ha, seguidas por otros niveles que comparten rangos de significancia en como se le señala en el cuadro 14., finalmente el nivel de NP (60-60) kg/ha muestra las menores PMS de 15.37 tn/ha.

Realizada la Regresión Múltiple de la Producción del *Pennisetum sp.* tomando como referencia la PMS con los niveles de NP utilizados; se estableció a esta edad (135 días) una ecuación de regresión múltiple $PMS_{135} = 11.6 + 0.0381 N + 0.0369 P$ con una desviación estándar de $S = 1.05672$ y un $R-Sq = 61.5\%$, lo que representa: a medida que se incremente los niveles de NP incrementa la PMS, por lo que se argumenta que el Nitrógeno y Fósforo cumplen funciones en el crecimiento de la planta relacionados (Gross, A. 1998).

F. INTERACCIÓN DEL EFECTO NITROGENO (N) * FÓSFORO (P) * CORTE EN LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* A DIFERENTES EDADES DE EVALUACIÓN.

La interacción de todos los factores en estudio se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO DEL *Pennisetum sp.* BAJO DIFERENTES NIVELES DE NITRÓGENO (N), FÓSFORO (P) EN DOS CORTES A DIFERENTES EDADES DE EVALUACION

Niveles			N * F * CORTES			
N	P	Cortes	PFV 135 días		PMS 135 días	
60	60	1	84.67	i	15.4	l
60	60	2	84.33	i	15.34	l
60	90	1	90.33	hi	16.43	hi
60	90	2	89.33	hi	16.25	hi
60	120	1	105.67	becd	19.22	becd
60	120	2	103.67	fecd	18.86	fecd
90	60	1	97.33	fg	17.71	fg
90	60	2	96	gh	17.46	gh
90	90	1	102.33	fegd	18.62	fegd
90	90	2	100.33	feg	18.25	feg
90	120	1	117.67	a	21.4	A
90	120	2	107.33	bcd	19.52	bcd
120	60	1	105.33	becd	19.16	becd
120	60	2	102	fegd	18.56	fegd
120	90	1	111.33	ab	20.25	ab
120	90	2	106.33	becd	19.34	becd
120	120	1	98	fg	17.83	fg
120	120	2	110.33	bc	20.07	bc
Probabilidad			<.0001		<.0001	
% CV			2.18		2.18	

PFV = Producción de Forraje Verde.

PMS = Producción de Materia Seca.

** = Altamente significativo

Elaborado: Cruz Diego (2008).

Los resultados de la interacción entre N*P*Corte presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) exclusivamente para la PFV y PMS a los 135 días, en la separación de medias muestra las mayores producciones tanto para PFV como PMS en los niveles de 90 N y 120 P kg/ha del primer corte con producciones de FV de 117.67 tn/ha y producciones de MS de 21.40 tn/ha, luego existen una variedad de rangos de significancia. Con menores producciones son las reportadas en los niveles más bajos de 60 N y 60 P kg/ha correspondientes para PFV de 84.67 tn/ha y para PMS de 14.40 tn/ha en el primer corte.

Realizando el análisis de regresión múltiple para la interacción de los 3 factores: N*P*Cortes comparando con las edades del pasto se llegó a tener una ecuación de regresión lineal: $PFV_{135} = 65.8 + 0.209 N + 0.203 P - 1.44 C$. Con un desviación estándar de $S = 5.81800$ y un $R-Sq = 62.2\%$ $R-Sq(ajd) = 59.9\%$ lo que determina que la Producción de Forraje verde se incrementa a medida que aumenten los niveles de N-P y se reduce por el número de cortes.

De igual forma existe una ecuación de regresión múltiple para las producciones de Materia seca, siendo: $PMS_{135} = 12.0 + 0.0381 N + 0.0369 P - 0.262 C$. Con una desviación estándar de $S = 1.05850$ y un $R-Sq = 62.1\%$. Demostrando así que existe un incremento de la cantidad de materia seca al incrementar los niveles de N y P, por otro parte se reduce la PMS con el número de cortes realizados.

G. ANALISIS BROMATOLOGICO DEL *Pennisetum sp.*

La determinación del análisis proximal se realizó a dos tratamientos (T6 y T2) empleados en la fertilización, en diferentes edades de corte: 30, 75, 105 y 135 días; el primer tratamiento T6 corresponden al mejor tratamiento (90 N y 120 P, kg/ha) el cual mostró las mayores producciones de Forraje verde (PFV) y registró las mayores altura (AP), el otro tratamiento T2 fue tomado al azar y corresponde a (60 N y 90 P, kg/ha); estos tratamientos fueron enviados a laboratorio donde se analizaron porcentajes de: Materia Seca (MS), proteína bruta (PB), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y Cenizas (CC) correspondientes al sistema de

Weende (Anexo 4), de estos análisis reportamos los promedio obtenidos en el cuadro 19.

Cuadro 19. ANÁLISIS BROMATOLOGICO DEL *Pennisetum sp.* EN DIFERENTES EDADES DE CORTE.

Parámetros	DÍAS			
	30	75	105	135
MS (%)	11.10	16.70	17.40	18.19
PC (%)	17.21	15.30	14.01	13.30
EE (%)	2.02	1.91	1.88	1.83
FC (%)	31.00	34.17	35.13	35.65
CC (%)	18.47	16.08	15.86	15.79

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias. ESPOCH (2008).

Existe varias hipótesis con la calidad nutricional que puede brindar este pasto, muchos estudios afirman una excelente calidad nutricional y otros la desmiente, con el objetivo de brindar una información nutricional que sea valedera a nuestra situación geográfica y climática de nuestra zona; presentamos la siguiente información.

1. Materia Seca (MS)

En los análisis bromatológicos realizados para el *Pennisetum sp.*, muestran que mientras avanza la edad el contenido de MS se incrementa considerablemente, mientras que la fertilización del pasto con los macroelementos utilizados (N-P) no difieren con el porcentaje de materia seca entre muestras, pero si de la cantidad de forraje que se obtiene.

Es conocido que el contenido de humedad de los forrajes puede constituirse en un limitante para el consumo de materia seca (CMS) (NRC, 1989). En ese sentido, se podría presumir que en igualdad de condiciones podría existir un menor CMS en pastos suculentos frente a pastos con mayor contenido de MS. De hecho, el alto contenido de humedad en los pastos de clima frío altamente fertilizados podría ser un limitante mucho mayor que el contenido de PC y de

FDN, tanto para el CMS como para la producción de leche, según manifiesta Correa, J. (2005).

2. Proteína Bruta (PB)

El análisis del porcentaje de PC para las diferentes edades de corte demostró que existe un decremento mientras se incrementa la edad del pasto, encontrando los siguientes promedios: 30 días con 17.21% PC, 75 días con 15.30% PC, 105 días con 14.01% y a los 135 días un 13.30% PC, con porcentajes elevados para todas las edades de corte, conociendo que se trata de un gramínea (hipótesis en estudio).

Es de importancia conocer que la proteína cruda no define la calidad de proteína en el pasto, hay que definir el coeficiente de digestibilidad (CD) de dicha proteína, que según Falconí, R. (2007) el CD del Maralfalfa es de 73.18% a los 70 días de corte, un aproximado de 12% Proteína Digestible, además añade que según avanza la edad del pasto este gana fibra y la digestibilidad así como el consumo de Materia Seca se ve reducido; este estudio se realizó en condiciones distintas a esta investigación.

El porcentaje de PC encontrado en esta investigación corrobora a las registradas por el sitio Web <http://maralfalfaprogreso.com> quien señala que a los 45 días posee un 16.2% de proteína, y es menor a la registrada por Correa J, (2005) quien señala un 18.41% de PC a los 75 días promedio, posiblemente esta variación se deba a la utilización de fertilizantes orgánicos.

3. Extracto Etéreo (EE)

El análisis del porcentaje de EE para las diferentes edades de corte demostró que existe un decremento mientras se incrementa la edad del pasto, encontrando los siguientes promedios: 30 días con 2.02% EE, 75 días con 1.91% EE, 105 días con 1.88% EE y a los 135 días un 1.83% EE, con diferencias claras entre edades de corte.

El Extracto Etéreo se considera a la fracción de grasas, pigmento vegetales, esteroides, colesteroides, vitaminas liposolubles los cuales no superan en los pastos el 3% según Guevara P. 2004, dando al maralfalfa una evaluación de buena en EE. Este porcentaje comparado con los que registra Correa J, (2005) es menor.

El contenido de EE del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) hallado en este trabajo se encuentra dentro de los valores esperados que según Van Soest (1994) debe ser entre 1 y 4% de la MS. Este autor indica que el EE en los forrajes está compuesto por triacilglicéridos en las semillas y galactolípidos y fosfolípidos en las hojas. Esto es de suma importancia al momento de estimar el aporte energético que hacen los alimentos.

4. Fibra Cruda (FC)

El análisis del porcentaje de FC para las diferentes edades de corte demuestra que existe un incremento de FC mientras se incrementa la edad del pasto, encontrando los siguientes promedios: 30 días con 31.00% FC, 75 días con 34.17 % FC, 105 días con 35.13 % FC y a los 135 días un 35.65% FC, considerada como elevada en todas las edades de corte. Este parámetro actualmente se calcula en porcentajes de Fibra detergente Neutra (FDN) y Fibra detergente Acida (FDA), para analizar de esta manera la digestibilidad posible del pasto por métodos matemáticos.

El contenido de lignina es la mayor limitante en la digestibilidad del *Pennisetum sp.* La lignina es un polímero fenólico que no puede ser digerido por las enzimas de los mamíferos (Van Soest, 1994) y, por mecanismos aún no completamente comprendidos (Morrison, 1983), inhibe la digestión de los componentes de las paredes celulares siendo más pronunciado su efecto en forrajes maduros (Guevara, 2004). Es por ello que el contenido de lignina ha sido utilizada para estimar la digestibilidad de la fibra y, a partir de esta, el aporte de energía disponible de la FDN (NRC, 2001).

5. Cenizas (CC)

El análisis del porcentaje de CC para las diferentes edades de corte demostró que existe un decremento mientras se incrementa la edad del pasto, encontrando los siguientes promedios: 30 días con 18.47% CC, 75 días con 16.08% CC, 105 días con 15.86 % CC y a los 135 días un 15.79% CC, considerado como elevado el contenido de CC en todas las edades.

Al comparar los promedios del % de CC obtenidos en este estudio con las reportadas en el sitio Web <http://maralfalfaprogreso.com> quien señala que posee un 13.50 % de CC a los 45 días, al igual que Correa J,(2005) que manifiesta un contenido de 13.00 % CC a los 75 días promedio, en nuestro estudio el % CC se considera como elevado posiblemente por el contenido de micro nutrientes en el suelo.

H. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Mediante el análisis económico a través del método de costos ABC que realiza un seguimiento en cada labor agrícola que se realizó en el Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) como se lo desglosa en el cuadro 17, (valor de los egresos), y se compara con el costo total de la Producción de Forraje (ingresos) verde a los 75 días; ya que ha esta edad se espera realizar el corte; por el análisis de la calidad bromatológica y nutricional según señala Falconí, R (2006).

Esta PFV servirá para alimentar vacas en producción, pero adicionalmente se añadirá suplementos nutricionales con el pasto como melaza o sales minerales, y para alimentar animales de gran producción será necesario la adición en la dieta de balanceado, lo que incrementara los costos de producción animal, pero no de producción del pasto.

Tomando en cuenta el indicador beneficio costo, se determino que la mayor rentabilidad se obtiene del Tratamiento: T3 (60 N-120 P-30 K) kg/ha quien reporta; que por cada dólar invertido recibirá a cambio 4.32 dólares, vale resaltar que esta

ganancia es subjetiva pero se la verá en la práctica, en la alimentación del ganado. Si bien este Tratamiento T3 no es el que mayor cantidad de forraje verde posee, es el que menor gasto en fertilización representa.

Siguiendo con el orden de importancia económica deducimos que el tratamiento T1 es el que preside ya que por cada dólar invertido recibiremos a cambio 5.21 dólares. Y finalmente el tratamiento T6 (90 N – 120 P- 30 K) kg/ha que mayor producción de FV, MS y altura representa en el estudio; esta en tercer lugar en importancia económica ya que los egresos en fertilización son mayores, que los antes mencionados.

Se lograra obtener mayores réditos económicos si se vendería el pasto como material vegetativo para establecer en otras haciendas; el costo promedio del kg de materia vegetativa fluctúa entre los 0.45 dólares.

Cuadro 20. EVALUACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA HA DE FORRAJE VERDE DE *Pennisetum sp.* BAJO DIFERENTES NIVELES DE FERTILIZACIÓN.

CONCEPTO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	N-P-K	N-P-K	N-P-K	N-P-K	N-P-K	N-P-K	N-P-K	N-P-K	N-P-K
	60-60-30	60-90-30	60-120-30	90-60-30	90-90-30	90-120-30	120-60-30	120-90-30	120-120-30
<u>EGRESOS*</u>	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo	Costo
Fertilización									
Urea	82.37	82.37	82.37	123.56	123.56	123.56	164.74	164.74	164.74
Super fosfato triple	77.78	116.67	155.56	77.78	116.67	155.56	77.78	116.67	155.56
Muriato de potasio	33.11	33.11	33.11	33.11	33.11	33.11	33.11	33.11	33.11
Corte de Igualación**									
Tractor + Cortadora- Picadora + Remolque	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Otras labores									
Tractor para arar	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Control de malezas									
Glifosato	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
Jornales	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Impuestos									
Terreno	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
TOTAL EGRESOS	617.26	656.15	695.03	658.44	697.33	736.22	699.63	738.51	777.40
<u>INGRESOS</u>									
Forraje	32166	32333	37000	31666	35666	38000	32500	36833	34500
TOTAL INGRESOS	3216.6	3233.3	3700	3166.6	3566.6	3800	3250	3683.3	3450
BENEFICIO / COSTO	5.21	4.93	5.32	4.81	5.11	5.16	4.65	4.99	4.44
(USD)									

* No se tomarán costos de establecimiento.

** Maquinaria del propietario de la hacienda; como alquiler.

Costo de los 45 kg de Urea

\$ 27.8 USD

Costo de los 45 kg de Muriato de Potasio

\$ 29.80 USD

Costo de los 45 kg de Superfosfato Triple

\$ 35.00 USD

Costo de 1 kg de Forraje Verde

\$ 0.05 USD

V. CONCLUSIONES

1. El origen del pasto Maralafalfa es todavía incierto, hay que definirlo genéticamente como esta constituido para de esta manera puedan clasificarlo taxonómicamente. Existen controversias de su origen hasta los actuales momentos por lo que le definiremos al pasto Maralfalfa con el nombre científico de *Pennisetum sp.*
2. En el ecosistema donde se desarrollo la investigación, el pasto *Pennisetum sp.* muestra una producción promedio de forraje verde a los 75 días de 34.52 tn FV/ha, a los 105 días de 51.30 tn FV/ha y a los 135 días 100.69 tn FV/ha. Comprando con promedios obtenidos de otras investigaciones en el vecino país de Colombia existe una reducción de hasta 10 veces menos la PFV, indudablemente por las diferencias entre los ecosistemas.
3. Las necesidades de Nitrógeno (N) son elevadas en el *Pennisetum sp.*, encontrando las mayores alturas, producciones de forraje verde y producciones de materia seca (en todas las edades evaluadas), con el nivel de 90 kg/ha de N, existiendo una pequeña variación del desarrollo y producción con el nivel de 120 kg/ha de N, sin mostrar diferencias estadísticas significativas.
4. De la misma forma las necesidades de Fósforo (P) son elevadas en el *Pennisetum sp.* mostrando las mayores las mayores alturas, producciones de forraje verde y producciones de materia seca (en todas las edades evaluadas), con el nivel 120 kg/ha de P.
5. Las necesidades de fertilización para el *Pennisetum sp.* son dependientes del ecosistema donde se desarrolle, y son elevadas por ser un pasto que posee una alta capacidad de extracción de nutrientes del suelo. En las condiciones donde se realizó la presente investigación se concluyó que el mejor tratamiento por interacción entre N y P empleado, fue el (T6) con 90 N – 120 P – 30 K kg/ha , cuyo tratamiento reportó las mejores AP, PFV y PMS en las edades de corte analizadas.

6. La edad propicia recomendada para el corte del *Pennisetum sp.* en el ecosistema donde se realizó la investigación, es de 75 días donde muestra una alta calidad nutricional, buena altura de la planta, excelente producción de forraje verde y producción de materias seca. A edades superiores a los 90 días la calidad nutricional y la palatabilidad del pasto disminuyen.
7. A los 75 días de corte (edad recomendada) se tiene un valor nutritivo del *Pennisetum sp.* de 16.70 % de Materia Seca (MS), 15.30 % de Proteína Cruda (PC), 1.91 % Extracto Etereo, 34.17 % FC y 16.08 de Cenizas, lo que le convierte en una alternativa de alimentación de calidad para la alimentación de Rumiantes, y especies menores.
8. El análisis económica señala que el mejor tratamiento es el T3 con niveles de 60 N - 120 P - 30 K por cuanto se obtuvo la mejor rentabilidad, siguiendo en importancia le preside el Tratamiento T1 con niveles de de 60 N - 60 - 30 N, para luego ubicar al tratamiento T6 quien alcanzó las mejores producciones, pero sus egresos son mayores a los otros tratamientos ya señalados.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para mejorar la cantidad y calidad de forraje verde del *Pennisetum sp.* se recomienda fertilizar con Nitrógeno y Fósforo luego de cada corte, en cantidades de 90 kg de Nitrógeno / ha y 120 kg de Fósforo / ha, se sugiere fertilizar con elementos orgánicos que remplacen a los niveles antes mencionados.
2. Se recomienda realizar el corte a los 75 días, ya que se obtiene una producción de Forraje Verde considerable (~ 200 tn/ha/año) con un apreciable valor biológico. (15.30 % PC), sumándose a esto su excelente aceptabilidad.
3. Realizado el análisis económico, señala que el mejor tratamiento corresponde al T6 (60 N – 120 P – 30P) kg/ha, estos valores económicos podrán mejorar si se utiliza otras fuentes de fertilización, a las empleadas en esta investigación.
4. Se recomienda realizar el cálculo de la extracción de nutrientes del suelo que sustrae el Pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), tomando en consideración la fertilización encontrada en la presente investigación.
5. De igual forma se recomienda realizar investigaciones en digestibilidad animal, en base al *Pennisetum sp.* en diferentes edades de corte, para aseverar o rectificar la edad propuesta.

VII. LITERATURA CITADA

1. CONTI, C. 2000. Acciones e interacciones de nutrientes en el suelo. 4a ed. México – México. Edit. Limusa, pp 96,112.
2. CORREA, H. 2005. Pasto Maralfalfa: “Mitos y Realidades I”, 1a ed. Medellín – Colombia. Edit. Universidad Nacional de Colombia, pp 4, 25
3. CORTES, F. 1985. Micronutrientes en la Agricultura. 2a ed. Bogota – Colombia. Edit. INDA. pp 153, 160.
4. DAWSON S, HATCH T. 1980. Morfología y taxonomía de las gramíneas, 4a ed. Buenos Aires – Argentina. Edit. Limusa. pp 90, 117.
5. DOMÍNGUEZ, A. 1998, Abonos Minerales, 7a ed. Madrid – España. Edit. Ministerio de Agricultura. pp 140,145.
6. FALCONI, R et al. 2007. Digestibilidad del Maralfalfa en Cabras. sn, Quito – Ecuador. Escuela Superior del Ejército ESPE. pp 5,67.
7. GROSS, A. 1998. Abonos: Guía de Fertilización , 5a ed. Madrid – España. Edit. Mundo Prensa. pp 56, 57, 58, 112, 113, 124, 189.
8. GUERRERO, R. 1998. Efecto de fertilización nitrogenada y la edad sobre la producción, tasas de acumulación y valor nutritivo de la materia seca del pasto *Digitaria swazilandensis*. Medellín – Colombia. Artículo. Universidad Nacional de Colombia. pp 78, 90.
9. GUEVARA, P. 2004. Principios de Nutrición de Rumiantes y no Rumiantes, 5a ed. Riobamba – Ecuador. Edit. Xeros. pp 35, 45.
10. HAJDUK, W. 2004. Reseña de la maralfalfa. Memorias del I seminario nacional del pasto maralfalfa. Medellín. pp. 9 ,12.

11. HÄFLIGER R, SCHOLZ F. 2002. Las gramíneas como fuente de alimentación ganadera, versión traducida, Buenos Aires – Argentina. pp. 12 - 18
12. <http://www.adoos.com.co>, 2005. El suelo y sus macronutrientes.
13. <http://www.angelfire.com/planet/agribolivar/MARALFALFA>, 2007.
14. <http://www.cipav.org.co>, 2005. CORREA, H. Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp*) cosechado a dos edades de rebrote.
15. <http://www.ceniap.gov.ve>. RevistasCientificas. ZootecniaTropica.
16. <http://www.engormix.com>, 2007. CORREA, H. et al. Pasto Maralfalfa: Mitos y realidades II.
17. <http://www.maralfalfa.com>, 2005. Página Comercial Oficial.
18. <http://www.maralfalfaprogreso.com>, 2007. Pagina desarrollada.
19. <http://www.mirat.net/micronutrientesdelsuelo/Fosforo>, 2006
20. INSTITUTO NACIONAL TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), 2000. Fertilización y Reciclado de Nitrógeno: Nuevos Criterios a tener en cuenta para Recomendaciones bajo Pastoreo. Artículo.
21. MACOON E. 1992. Defoliation effects on yield, persistence and a quality – related characteristics of four *Pennisetum* forage genotypes. M.S. thesis. Univ. of Florida.
22. MARQUEZ, F. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*). Caracas – Venezuela. Tesis de Grado.

23. MOLINA S., 2005, Evaluación agronómica y bromatológica del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cultivado en el valle del sinú. Disponible en: <http://www.agro.unalmed.edu.co>
24. MONREAL, L 1998. Minerales en la agricultura de Latinoamérica. 2a ed. Medellin – Colombia. Edit. CicaDep. pp 134, 156.
25. PLANT FOOD INSTITUTE, 1984. Necesidades Nutricionales de las Plantas. Traducido por Internet. Edit. Brigham Young University. Utah – U.S.A
26. PÉREZ J, 2006. Comercio y abastecimiento moderno de fertilizantes. 1a ed. DF – México. Edit. Diana. pp.46, 58.
27. QUINTERO & BOSCHETTI, 2003. Principios de la Nutrición Vegetal, 4a ed. Monterrey – México. Edit. Sima. pp 37, 68.
28. RESTREPO, E. 2004. Maralfalfa – La revolución verde. Disponible en: <http://www.zoetecnocampo.com/foron>
29. ROBINSON, D 2005. Fertilización y Utilización de Nutrientes en Campos Forrajeros de Corte, 1a ed. Bogotá – Colombia. Edit. INTA. pp 4, 29.
30. SÁNCHEZ J, PÉREZ A, 2007. Comunicación en foro. Herbario MEDEL, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
31. TERRANOVA, 1995. Enciclopedia Agropecuaria “Producciones Agrícolas II”, 5a ed, Bogotá – Colombia. Edit. Santa Fe, pp 134, 146.
32. TORRES, M 2002. Efecto de los fertilizantes en la utilización de la pradera tropical. 2a ed. Cali – Colombia. Edit. CIAT. pp 20 - 45.
33. UNIVERCIDAD JAVERIANA DE COLOMBIA, 2007. Sistema Químico Biológico, Información personal.

34. VAN SOEST P., 1994, Nutricional ecology of the ruminant, Comstock publishing Associates, 2a edición, U.S.A.
35. VILELA H. 2003. Capim Elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum*). URL: <http://www.agronomia.com.br/index.php?option=displaypage&Itemid=130&op=page&SubMen>
36. WERNER, N 1991. Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding N° 454. pp 39 – 44.

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados Generales obtenidos de la investigación.

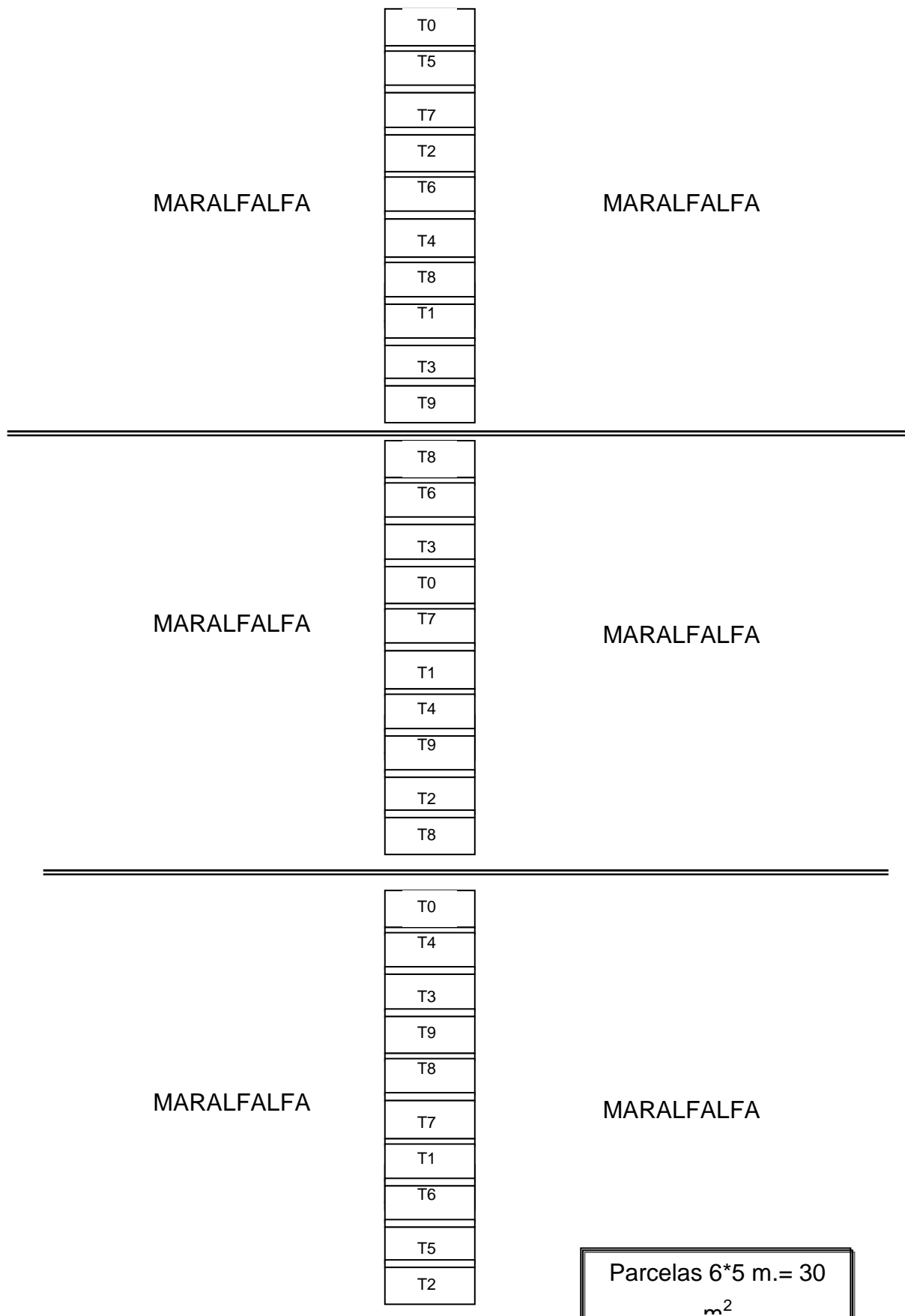
T	N	P	K	Repeticiones	Cortes	PFV75	PFV105	PFV135	AP75	AP105	AP135
T0	0	0	0	1	1	30	43	78	120	158	190
T0	0	0	0	2	1	27	42	72	121	162	189
T0	0	0	0	3	1	27	38	76	127	169	190
T1	60	60	30	1	1	36	46	89	133	173	198
T1	60	60	30	2	1	32	49	81	129	169	192
T1	60	60	30	3	1	28	51	84	130	173	195
T2	60	90	30	1	1	42	52	88	140	167	195
T2	60	90	30	2	1	38	55	92	131	170	200
T2	60	90	30	3	1	26	53	91	130	177	199
T3	60	120	30	1	1	47	52	108	137	175	207
T3	60	120	30	2	1	44	59	104	137	174	201
T3	60	120	30	3	1	26	54	105	137	174	205
T4	90	60	30	1	1	33	49	98	134	170	199
T4	90	60	30	2	1	34	52	96	133	174	194
T4	90	60	30	3	1	31	51	98	131	173	200
T5	90	90	30	1	1	45	49	104	133	172	207
T5	90	90	30	2	1	37	54	100	137	173	199
T5	90	90	30	3	1	31	55	103	135	174	201
T6	90	120	30	1	1	38	57	120	138	173	218
T6	90	120	30	2	1	44	56	116	137	174	210
T6	90	120	30	3	1	39	63	117	139	177	215
T7	120	60	30	1	1	34	46	108	136	170	206

T7	120	60	30	2	1	32	54	102	134	173	201
T7	120	60	30	3	1	36	58	106	133	172	202
T8	120	90	30	1	1	39	51	112	135	172	208
T8	120	90	30	2	1	40	54	110	137	172	210
T8	120	90	30	3	1	36	56	112	134	176	206
T9	120	120	30	1	1	36	46	96	133	168	210
T9	120	120	30	2	1	31	52	98	134	172	214
T9	120	120	30	3	1	29	59	100	129	171	209
T0	0	0	30	1	2	28	40	72	120	159	190
T0	0	0	30	2	2	26	38	77	122	163	189
T0	0	0	30	3	2	26	35	74	122	170	190
T1	60	60	30	1	2	33	42	83	125	170	194
T1	60	60	30	2	2	29	45	87	122	166	196
T1	60	60	30	3	2	26	47	83	122	169	191
T2	60	90	30	1	2	34	48	89	132	166	196
T2	60	90	30	2	2	33	51	91	123	168	198
T2	60	90	30	3	2	30	49	88	123	173	197
T3	60	120	30	1	2	34	48	106	129	172	203
T3	60	120	30	2	2	38	54	105	130	171	205
T3	60	120	30	3	2	33	50	100	128	171	202
T4	90	60	30	1	2	31	45	95	126	167	199
T4	90	60	30	2	2	33	47	97	125	171	198
T4	90	60	30	3	2	28	47	96	124	170	195
T5	90	90	30	1	2	38	49	100	125	169	207

T5	90	90	30	2	2	34	50	103	130	170	199
T5	90	90	30	3	2	29	51	98	127	171	201
T6	90	120	30	1	2	33	50	107	128	172	208
T6	90	120	30	2	2	39	52	109	131	171	217
T6	90	120	30	3	2	35	54	106	126	174	208
T7	120	60	30	1	2	32	42	103	127	169	206
T7	120	60	30	2	2	28	50	104	125	170	201
T7	120	60	30	3	2	33	53	99	126	172	202
T8	120	90	30	1	2	36	48	107	128	170	208
T8	120	90	30	2	2	39	51	108	130	171	210
T8	120	90	30	3	2	31	51	104	126	172	206
T9	120	120	30	1	2	40	53	110	130	173	210
T9	120	120	30	2	2	35	52	111	130	175	214
T9	120	120	30	3	2	36	58	110	139	173	209

ANEXO 2. Análisis del suelo del Área de Investigación.

ANEXO 3. Distribución de los tratamientos en el campo.



ANEXO 4. Reporte de Análisis de Laboratorio.

ANEXO 5. Análisis de Varianza de la Altura de plantas del Maralfalfa (*Pennisetum sp.*), en diferentes edades de corte, por efecto de la utilización de diferentes niveles de fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una base estándar de potasio.

ALTURA PROMEDIO (cm) DE LAS PLANTAS A LOS 75 DIAS DE CORTE

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	133	129	130	392	130.67
2	60	90	30	140	131	130	401	133.67
3	60	120	30	137	137	137	411	137.00
4	90	60	30	134	133	131	398	132.67
5	90	90	30	133	137	135	405	135.00
6	90	120	30	138	137	139	414	138.00
7	120	60	30	136	134	133	403	134.33
8	120	90	30	135	137	134	406	135.33
9	120	120	30	133	134	129	396	132.00
1	60	60	30	125	122	122	369	123.00
2	60	90	30	132	123	123	378	126.00
3	60	120	30	129	130	128	387	129.00
4	90	60	30	126	125	124	375	125.00
5	90	90	30	125	130	127	382	127.33
6	90	120	30	128	131	126	385	128.33
7	120	60	30	127	125	126	378	126.00
8	120	90	30	128	130	126	384	128.00
9	120	120	30	130	130	139	399	133.00

ANALISIS DE LA VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	1698.583			
Tratamientos	9	628.750	69.861	9.45	<.0001
Cortes	1	620.816	620.816	83.96	<.0001
Tratamientos*Cortes	9	157.016	17.446	2.36	0.0315
Repeticiones	2	11.0333	5.516	0.75	0.4810
Error	38	280.966	7.393		

R2	%CV	SM	MM
0.834588	2.093007	2.719165	129.9167

Separación de medias de los tratamientos.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	133.167	6	6
A	133.000	6	3
A	132.500	6	9
B A	131.667	6	8
B A	131.167	6	5
B A	130.167	6	7
B A	129.833	6	2
B A	128.833	6	4
B C	126.833	6	1
C	122.000	6	0

ANALISIS DE LA VARIANZA DE LOS FACTORES

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	1246.759259			
N	2	23.5925926	11.7962963	1.70	0.1975
P	2	164.9259259	82.4629630	11.90	0.0001
Cortes	1	661.5000000	661.5000000	95.45	<.0001
N*P	4	22.4074074	5.6018519	0.81	0.5286
N*Cortes	2	30.7777778	15.3888889	2.22	0.1241
P*Cortes	2	14.3333333	7.1666667	1.03	0.3665
N*P*Cortes	4	68.5555556	17.1388889	2.47	0.0629
Repeticiones	2	25.0370370	12.5185185	1.81	0.1797
Error	34	235.629630	6.930283		

R2	%CV	SM	MM
0.811006	2.012705	2.632543	130.7963

Separación de medias.

Factor Nitrógeno.

Tukey	Medias	N	N
A	131.4444	18	120
A	131.0556	18	90
A	129.8889	18	60

Factor Fósforo.

Tukey	Medias	N	P
A	132.8889	18	120
A	130.8889	18	90
B	128.6111	18	60

Factor Cortes.

Tukey	Medias	N	C
A	134.2963	27	1
B	127.2963	27	2

ALTURA PROMEDIO (cm) DE LAS PLANTAS A LOS 105 DIAS DE CORTE

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	173	169	173	515	171.67
2	60	90	30	167	170	177	514	171.33
3	60	120	30	175	174	174	523	174.33
4	90	60	30	170	174	173	517	172.33
5	90	90	30	172	173	174	519	173.00
6	90	120	30	173	174	177	524	174.67
7	120	60	30	170	173	172	515	171.67
8	120	90	30	172	172	176	520	173.33
9	120	120	30	168	172	171	511	170.33
1	60	60	30	170	166	169	505	168.33
2	60	90	30	166	168	173	507	169.00
3	60	120	30	172	171	171	514	171.33
4	90	60	30	167	171	170	508	169.33
5	90	90	30	169	170	171	510	170.00
6	90	120	30	172	171	174	517	172.33
7	120	60	30	169	170	172	511	170.33
8	120	90	30	170	171	172	513	171.00
9	120	120	30	173	175	173	521	173.67

ANALISIS DE LA VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	811.2500000			
Tratamientos	9	417.4166667	46.3796296	9.81	<.0001
Cortes	1	40.0166667	40.0166667	8.46	0.0060
Tratamientos*Cortes	9	62.4833333	6.9425926	1.47	0.1952
Repeticiones	2	111.6000000	55.8000000	11.80	0.0001
Error	38	179.7333333	4.7298246		

R2	%CV	SM	MM
0.778449	1.273684	2.174816	170.7500

Separación de medias de los tratamientos.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	173.500	6	6
A	172.833	6	3
A	172.167	6	8
A	172.000	6	9
A	171.500	6	5
A	171.000	6	7
A	170.833	6	4
A	170.167	6	2
A	170.000	6	1
B	163.500	6	0

ANALISIS DE LA VARIANZA DE LOS FACTORES

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	335.3333333			
N	2	8.77777778	4.38888889	1.33	0.2780
P	2	44.33333333	22.16666667	6.72	0.0035
Cortes	1	50.07407407	50.07407407	15.17	0.0004
N*P	4	13.88888889	3.47222222	1.05	0.3951
N*Cortes	2	22.25925926	11.12962963	3.37	0.0461
P*Cortes	2	10.70370370	5.35185185	1.62	0.2125
N*P*Cortes	4	17.96296296	4.49074074	1.36	0.2681
Repeticiones	2	55.11111111	27.55555556	8.35	0.0011
Error	34	112.2222222	3.3006536		

R2	%CV	SM	MM
0.665341	1.058998	1.816770	171.5556

Separación de Medias.

Factor Nitrógeno.

Tukey	Medias	N	N
A	171.9444	18	90
A	171.7222	18	120
A	171.0000	18	60

Factor Fósforo.

Tukey	Medias	N	P
A	172.7778	18	120
B	171.2778	18	90
B	170.6111	18	60

Factor Cortes.

Tukey	Medias	N	Cortes
A	172.5185	27	1
B	170.5926	27	2

ALTURA PROMEDIO (cm) DE LAS PLANTAS A LOS 135 DIAS DE CORTE

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	198	192	195	585	195.00
2	60	90	30	195	200	199	594	198.00
3	60	120	30	207	201	205	613	204.33
4	90	60	30	199	194	200	593	197.67
5	90	90	30	207	199	201	607	202.33
6	90	120	30	218	210	215	643	214.33
7	120	60	30	206	201	202	609	203.00
8	120	90	30	208	210	206	624	208.00
9	120	120	30	210	214	209	633	211.00
1	60	60	30	194	196	191	581	193.67
2	60	90	30	196	198	197	591	197.00
3	60	120	30	203	205	202	610	203.33
4	90	60	30	199	198	195	592	197.33
5	90	90	30	207	199	201	607	202.33
6	90	120	30	208	217	208	633	211.00
7	120	60	30	206	201	202	609	203.00
8	120	90	30	208	210	206	624	208.00
9	120	120	30	210	214	209	633	211.00

ANALISIS DE LA VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	3270.983333			
Tratamientos	9	2919.816667	324.424074	41.69	<.0001
Cortes	1	7.350000	7.350000	0.94	0.3373
Tratamientos*Cortes	9	15.150000	1.683333	0.22	0.9903
Repeticiones	2	32.933333	16.466667	2.12	0.1345

R2	%CV	SM	MM
0.909589	1.381156	2.789705	201.9833

Separación de medias de los tratamientos.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	212.667	6	6
A	211.000	6	9
B A	208.000	6	8
B C	203.833	6	3
B C	203.000	6	7
D C	202.333	6	5
D E	197.500	6	4
D E	197.500	6	2
F E	194.333	6	1
F	189.667	6	0

ANALISIS DE LA VARIANZA DE LOS FACTORES

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	2258.314815			
N	2	711.370370	355.685185	41.53	<.0001
P	2	1081.925926	540.962963	63.17	<.0001
Cortes	1	8.166667	8.166667	0.95	0.3357
N*P	4	115.185185	28.796296	3.36	0.0201
N*Cortes	2	4.111111	2.055556	0.24	0.7879
P*Cortes	2	3.111111	1.555556	0.18	0.8347
N*P*Cortes	4	7.111111	1.777778	0.21	0.9324
Repeticiones	2	36.148148	18.074074	2.11	0.1368
Error	34	291.185185	8.564270		

R2	%CV	SM	MM
0.871061	1.439120	2.926477	203.3519

Separación de medias por medio de Tukey

Factor Nitrógeno.

	Tukey	Medias	N	N
A	207.3333		18	120
B	204.1667		18	90
C	198.5556		18	60

Factor Fósforo.

	Tukey	Medias	N	P
A	209.1667		18	120
B	202.6111		18	90
C	198.2778		18	60

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	203.7407	27	1	
A	202.9630	27	2	

ANEXO 6. Análisis de Varianza de la Producción de Forraje Verde del Maralfalfa (*Pennisetum sp*), en diferentes edades de corte, por efecto de la utilización de diferentes niveles de fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una base estándar de Potasio.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE A LOS 75 DIAS DE CORTE (tn/Ha)

Resultados Experimentales

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	36	32	28	96	32.00
2	60	90	30	42	38	26	106	35.33
3	60	120	30	47	44	26	117	39.00
4	90	60	30	33	34	31	98	32.67
5	90	90	30	45	37	31	113	37.67
6	90	120	30	38	44	39	121	40.33
7	120	60	30	34	32	36	102	34.00
8	120	90	30	39	40	36	115	38.33
9	120	120	30	36	31	29	96	32.00
1	60	60	30	33	29	26	88	29.33
2	60	90	30	34	33	30	97	32.33
3	60	120	30	34	38	33	105	35.00
4	90	60	30	31	33	28	92	30.67
5	90	90	30	38	34	29	101	33.67
6	90	120	30	33	39	35	107	35.67
7	120	60	30	32	28	33	93	31.00
8	120	90	30	36	39	31	106	35.33
9	120	120	30	40	35	36	111	37.00

Análisis de la Varianza de los tratamientos.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	1555.600000			
Tratamientos	9	593.6000000	65.9555556	5.04	0.0002
Cortes	1	77.0666667	77.0666667	5.89	0.0201
Tratamientos*Cortes	9	100.9333333	11.2148148	0.86	0.5701
Repeticiones	2	286.9000000	143.4500000	10.97	0.0002
Error	38	497.100000	13.081579		

R2	%CV	SM	MM
0.680445	10.70073	3.616847	33.80000

SEPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	38.000	6	6
B A	37.000	6	3
B A	36.833	6	8
B A	35.667	6	5
B A	34.500	6	9
B A C	33.833	6	2
B A C	32.500	6	7
B A C	31.667	6	4
B C	30.667	6	1
C	27.333	6	0

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LOS FACTORES.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	1265.481481			
N	2	14.9259259	7.4629630	0.53	0.5939
P	2	238.2592593	119.1296296	8.45	0.0011
Cortes	1	75.8518519	75.8518519	5.38	0.0265
N*P	4	61.6296296	15.4074074	1.09	0.3759
N*Cortes	2	28.2592593	14.1296296	1.00	0.3778
P*Cortes	2	10.2592593	5.1296296	0.36	0.6978
N*P*Cortes	4	60.9629630	15.2407407	1.08	0.3814
Repeticiones	2	295.8148148	147.9074074	10.49	0.0003
Error	34	479.518519	14.103486		

R2	%CV	SM	MM
0.621078	10.87955	3.755461	34.51852

SEPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE TUKEY

Factor Nitrógeno.

Tukey	Medias	N	N
A	35.111	18	90
A	34.611	18	120
A	33.833	18	60

Factor Fósforo.

	Tukey	Medias	N	P
A	36.500	18	120	
A	35.444	18	90	
B	31.611	18	60	

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	35.704	27	1	
B	33.333	27	2	

PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE A LOS 105 DIAS DE CORTE (t/Ha)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	46	49	51	146	48.67
2	60	90	30	52	55	53	160	53.33
3	60	120	30	52	59	54	165	55.00
4	90	60	30	49	52	51	152	50.67
5	90	90	30	49	54	55	158	52.67
6	90	120	30	57	56	63	176	58.67
7	120	60	30	46	54	58	100	33.33
8	120	90	30	51	54	56	105	35.00
9	120	120	30	46	52	59	98	32.67
1	60	60	30	42	45	47	87	29.00
2	60	90	30	48	51	49	99	33.00
3	60	120	30	48	54	50	152	50.67
4	90	60	30	45	47	47	139	46.33
5	90	90	30	49	50	51	150	50.00
6	90	120	30	50	52	54	156	52.00
7	120	60	30	42	50	53	145	48.33
8	120	90	30	48	51	51	150	50.00
9	120	120	30	53	52	58	163	54.33

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	1779.400000			
Tratamientos	9	1090.733333	121.192593	17.00	<.0001
Cortes	1	187.266667	187.266667	26.27	<.0001
Tratamientos*Cortes	9	65.400000	7.266667	1.02	0.4424
Repeticiones	2	165.100000	82.550000	11.58	0.0001
Error	38	270.900000	7.128947		

	R2	%CV	SM	MM
	0.847758	5.329359	2.670009	50.10000

SEPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	55.333	6	6
B A	53.333	6	9
B A	52.833	6	3
B A C	51.833	6	8
B A C	51.333	6	2
B A C	51.333	6	5
B A C	50.500	6	7
B C	48.500	6	4
C	46.667	6	1
D	39.333	6	0

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LOS FACTORES.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	963.2592593			
N	2	28.2592593	14.1296296	2.62	0.0876
P	2	251.8148148	125.9074074	23.33	<.0001
Cortes	1	170.6666667	170.6666667	31.62	<.0001
N*P	4	37.8518519	9.4629630	1.75	0.1612
N*Cortes	2	16.7777778	8.3888889	1.55	0.2260
P*Cortes	2	3.4444444	1.7222222	0.32	0.7290
N*P*Cortes	4	45.1111111	11.2777778	2.09	0.1038
Repeticiones	2	225.8148148	112.9074074	20.92	<.0001
Error					
34	183.5185185	5.3976035			

R2	%CV	SM	MM
0.809482	4.529127	2.323274	51.29630

SEPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE TUKEY

Factor Nitrógeno.

Tukey	Medias	N	N
A	51.8889	18	120
A	51.7222	18	90
A	50.2778	18	60

Factor Fósforo.

Tukey	Medias	N	P
A	53.8333	18	120
B	51.5000	18	90
C	48.5556	18	60

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	53.0741	27	1	
B	49.5185	27	2	

PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE A LOS 135 DIAS DE CORTE (t/Ha)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	89	81	84	254	84.67
2	60	90	30	88	92	91	271	90.33
3	60	120	30	108	104	105	317	105.67
4	90	60	30	98	96	98	292	97.33
5	90	90	30	104	100	103	307	102.33
6	90	120	30	120	116	117	353	117.67
7	120	60	30	108	102	106	210	70.00
8	120	90	30	112	110	112	222	74.00
9	120	120	30	96	98	100	194	64.67
1	60	60	30	83	87	83	170	56.67
2	60	90	30	89	91	88	180	60.00
3	60	120	30	106	105	100	311	103.67
4	90	60	30	95	97	96	288	96.00
5	90	90	30	100	103	98	301	100.33
6	90	120	30	107	109	106	322	107.33
7	120	60	30	103	104	99	306	102.00
8	120	90	30	107	108	104	319	106.33
9	120	120	30	110	111	110	331	110.33

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	8113.400000			
Tratamientos	9	7443.733333	827.081481	160.33	<.0001
Cortes	1	29.400000	29.400000	5.70	0.0221
Tratamientos*Cortes	9	430.933333	47.881481	9.28	<.0001
Repeticiones	2	13.300000	6.650000	1.29	0.2873
Error	38	196.033333	5.158772		

	R2	%CV	SM	MM
	0.975838	2.315283	2.271293	98.10000

SEPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	112.500	6	6
A			
B A	108.833	6	8
B C	104.667	6	3
C	104.167	6	9
C	103.667	6	7
C	101.333	6	5
D	96.667	6	4
E	89.833	6	2
F	84.500	6	1
G	74.833	6	0

ANÁLISIS DE LA VARIANZA DE LOS FACTORES.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	4471.648148			
N	2	1632.703704	816.351852	170.20	<.0001
P	2	1344.925926	672.462963	140.20	<.0001
Cortes	1	28.166667	28.166667	5.87	0.0209
N*P	4	857.185185	214.296296	44.68	<.0001
N*Cortes	2	78.777778	39.388889	8.21	0.0012
P*Cortes	2	16.333333	8.166667	1.70	0.1974
N*P*Cortes	4	335.555556	83.888889	17.49	<.0001
Repeticiones	2	14.925926	7.462963	1.56	0.2256
Error	34	163.074074	4.796296		

	R2	%CV	SM	MM
	0.963532	2.175141	2.190045	100.6852

SEPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE TUKEY

Factor Nitrógeno.

Tukey	Medias	N	N
A	105.5556	18	120
B	103.5000	18	90
C	93.0000	18	60

Factor Fósforo.

Tukey	Medias	N	P
A	107.1111	18	120
B	100.0000	18	90
C	94.9444	18	60

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	101.4074	27	1	
B	99.9630	27	2	

ANEXO 7. Análisis de Varianza de la Producción de Materia Seca del Maralfalfa (*Pennisetum sp*), en diferentes edades de corte, por efecto de la utilización de diferentes niveles de fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una base estándar de potasio.

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA A LOS 75 DIAS DE CORTE (tn/Ha)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	6.01	5.34	4.68	16.03	5.34
2	60	90	30	7.01	6.35	4.34	17.7	5.90
3	60	120	30	7.85	7.35	4.34	19.54	6.51
4	90	60	30	5.51	5.68	5.18	16.37	5.46
5	90	90	30	7.52	6.18	5.18	18.88	6.29
6	90	120	30	6.35	7.35	6.51	20.21	6.74
7	120	60	30	5.68	5.34	6.01	17.03	5.68
8	120	90	30	6.51	6.68	6.01	19.2	6.40
9	120	120	30	6.01	5.18	4.84	16.03	5.34
1	60	60	30	5.51	4.84	4.34	14.69	4.90
2	60	90	30	5.68	5.51	5.01	16.2	5.40
3	60	120	30	5.68	6.35	5.51	17.54	5.85
4	90	60	30	5.18	5.51	4.68	15.37	5.12
5	90	90	30	6.35	5.68	4.84	16.87	5.62
6	90	120	30	5.51	6.51	5.85	17.87	5.96
7	120	60	30	5.34	4.68	5.51	15.53	5.18
8	120	90	30	6.01	6.51	5.18	17.7	5.90
9	120	120	30	6.68	5.85	6.01	18.54	6.18

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	41.14777600			
Tratamientos	9	14.28147333	1.58683037	4.35	0.0006
Cortes	1	2.15840667	2.15840667	5.92	0.0198
Tratamientos*Cortes	9	2.81682667	0.31298074	0.86	0.5694
Repeticiones	2	8.03108280	4.01554140	11.01	0.0002
Error	38	13.85998653	0.36473649		

	R2	%CV	SM	MM
	0.663166	10.66268	0.603934	5.664000

SEPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	6.3467	6	6
B A	6.1800	6	3
B A	6.1500	6	8
B A	5.9583	6	5
B A C	5.7617	6	9
B A C	5.6500	6	2
B A C	5.4267	6	7
B A C	5.2900	6	4
B C	5.1200	6	1
C	4.7567	6	0

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS FACTORES.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	35.31674815			
N	2	0.42180370	0.21090185	0.54	0.5898
P	2	6.65624815	3.32812407	8.46	0.0010
Cortes	1	2.11226667	2.11226667	5.37	0.0266
N*P	4	1.71506296	0.42876574	1.09	0.3770
N*Cortes	2	0.79263333	0.39631667	1.01	0.3757
P*Cortes	2	0.28743333	0.14371667	0.37	0.6966
N*P*Cortes	4	1.70123333	0.42530833	1.08	0.3811
Repeticiones	2	8.25673704	4.12836852	10.50	0.0003
Error	34	13.37332963	0.39333322		

	R2	%CV	SM	MM
	0.621332	10.87915	0.627163	5.764815

SEPARACIÓN DE MEDIAS POR MEDIO DE TUKEY

Factor Nitrógeno.

Tukey	Medias	N	N
A	5.8650	18	90
A	5.7794	18	120
A	5.6500	18	60

Factor Fósforo.

	Tukey	Medias	N	P
A	6.0961	18	120	
A	5.9194	18	90	
B	5.2784	18	60	

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	5.2692	27	1	
B	5.5670	27	2	

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA A LOS 105 DIAS DE CORTE (t/Ha)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	8.00	8.53	8.87	25.4	8.47
2	60	90	30	9.05	9.57	9.22	27.84	9.28
3	60	120	30	9.05	10.27	9.40	28.72	9.57
4	90	60	30	8.53	9.05	8.87	26.45	8.82
5	90	90	30	8.53	9.40	9.57	27.5	9.17
6	90	120	30	9.92	9.74	10.96	30.62	10.21
7	120	60	30	8.00	9.40	10.09	27.49	9.16
8	120	90	30	8.87	9.40	9.74	28.01	9.34
9	120	120	30	8.00	9.05	10.27	27.32	9.11
1	60	60	30	7.31	7.83	8.18	23.32	7.77
2	60	90	30	8.35	8.87	8.53	25.75	8.58
3	60	120	30	8.35	9.40	8.70	26.45	8.82
4	90	60	30	7.83	8.18	8.18	24.19	8.06
5	90	90	30	8.53	8.70	8.87	26.1	8.70
6	90	120	30	8.70	9.05	9.40	27.15	9.05
7	120	60	30	7.31	8.70	9.22	25.23	8.41
8	120	90	30	8.35	8.87	8.87	26.09	8.70
9	120	120	30	9.22	9.05	10.09	28.36	9.45

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	53.89629893			
Tratamientos	9	33.03617893	3.67068655	16.98	<.0001
Cortes	1	5.67214507	5.67214507	26.23	<.0001
Tratamientos*Cortes	9	1.96987893	0.21887544	1.01	0.4476
Repeticiones	2	5.00159613	2.50079807	11.57	0.0001
Error	38	8.21649987	0.21622368		

	R2	%CV	SM	MM
	0.847550	5.334061	0.464999	8.717533

SEPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	9.6283	6	6
B A	9.2800	6	9
B A	9.1950	6	3
B A C	9.0167	6	8
B A C	8.9333	6	5
B A C	8.9317	6	2
B A C	8.7867	6	7
B C	8.4400	6	4
C	8.1200	6	1
D	6.8437	6	0

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS FACTORES

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	29.17492037			
N	2	0.85113704	0.42556852	2.60	0.0892
P	2	7.63193704	3.81596852	23.29	<.0001
Cortes	1	5.17081667	5.17081667	31.55	<.0001
N*P	4	1.14392963	0.28598241	1.75	0.1629
N*Cortes	2	0.50530000	0.25265000	1.54	0.2286
P*Cortes	2	0.10241111	0.05120556	0.31	0.7337
N*P*Cortes	4	1.36005556	0.34001389	2.07	0.1058
Repeticiones	2	6.83747037	3.41873519	20.86	<.0001
Error	34	5.57186296	0.16387832		

	R2	%CV	SM	MM
	0.809019	4.535409	0.404819	8.925741

Factor Nitrógeno.

	Tukey	Medias	N	P
A	9.0278	18	120	
A	9.0006	18	90	
A	8.7489	18	60	

Factor Fósforo.

	Tukey	Medias	N	P
A	9.3678	18	120	
B	8.9606	18	90	
C	8.4489	18	60	

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	9.2352	27	1	
B	8.6163	27	2	

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA A LOS 135 DIAS DE CORTE (t/Ha)

RESULTADOS EXPERIMENTALES

TRATAMIENTOS				REPETICIONES			Suma	Promedio
T	N	P	K	I	II	III		
1	60	60	30	16.19	14.73	15.28	46.2	15.40
2	60	90	30	16.01	16.73	16.55	49.29	16.43
3	60	120	30	19.65	18.92	19.10	57.67	19.22
4	90	60	30	17.83	17.46	17.83	53.12	17.71
5	90	90	30	18.92	18.19	18.74	55.85	18.62
6	90	120	30	21.83	21.10	21.28	64.21	21.40
7	120	60	30	19.65	18.55	19.28	57.48	19.16
8	120	90	30	20.37	20.01	20.37	60.75	20.25
9	120	120	30	17.46	17.83	18.19	53.48	17.83
1	60	60	30	15.10	15.83	15.10	46.03	15.34
2	60	90	30	16.19	16.55	16.01	48.75	16.25
3	60	120	30	19.28	19.10	18.19	56.57	18.86
4	90	60	30	17.28	17.64	17.46	52.38	17.46
5	90	90	30	18.19	18.74	17.83	54.76	18.25
6	90	120	30	19.46	19.83	19.28	58.57	19.52
7	120	60	30	18.74	18.92	18.01	55.67	18.56
8	120	90	30	19.46	19.65	18.92	58.03	19.34
9	120	120	30	20.01	20.19	20.01	60.21	20.07

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	59	300.341894			
Tratamientos	9	278.2686113	30.9187346	183.21	<.0001
Cortes	1	0.9621601	0.9621601	5.70	0.0220
Tratamientos*Cortes	9	14.2564273	1.5840475	9.39	<.0001
Repeticiones	2	0.4418608	0.2209304	1.31	0.2820
Error	38	6.4128352	0.1687588		

	R2	%CV	SM	MM
	0.978648	2.309736	0.410803	17.78570

SEPARACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS.

Tukey	Medias	N	Tratamientos
A	20.4633	6	6
B A	19.7967	6	8
B C	19.0400	6	3
C	18.9483	6	9
C	18.8583	6	7
C	18.4350	6	5
D	17.5833	6	4
E	16.3400	6	2
F	15.3717	6	1
G	13.0203	6	0

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS FACTORES

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F Cal	Pr > F
Corrected Total	53	147.9621481			
N	2	54.02424815	27.01212407	169.57	<.0001
P	2	44.48684815	22.24342407	139.63	<.0001
Cortes	1	0.92826667	0.92826667	5.83	0.0213
N*P	4	28.36605185	7.09151296	44.52	<.0001
N*Cortes	2	2.62267778	1.31133889	8.23	0.0012
P*Cortes	2	0.53401111	0.26700556	1.68	0.2022
N*P*Cortes	4	11.08891111	2.77222778	17.40	<.0001
Repeticiones	2	0.49500370	0.24750185	1.55	0.2261
Error	34	5.4161296	0.1592979		

	R2	%CV	SM	MM
	0.963395	2.179183	0.399121	18.31519

Factor Nitrógeno.

	Tukey	Medias	N	P
A	19.2011	18	120	
B	18.8272	18	90	
C	16.9172	18	60	

Factor Fósforo.

	Tukey	Medias	N	P
A	19.4839	18	120	
B	18.1901	18	90	
C	17.2711	18	60	

Factor Cortes.

	Tukey	Medias	N	Cortes
A	18.4463	27	1	
B	18.1841	27	2	