

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA**



**CURVAS CRONOLOGICAS DE ABSORCION Y ACUMULACION DE  
NUTRIENTES N, P, K EN PASTOS ESTRELLA (*Cynodon plectostachyus*),  
CALLIE (*Cynodon dactylon var. Callie*) Y PANGOLA (*Digitaria decumbes*),  
EN LOS POTREROS DE LAS ESTACION EXPERIMENTAL Y DE PRACTICAS  
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS, UNIVERSIDAD DE EL  
SALVADOR.**

**POR:**

**ABREGO NAVAS JORGE ALBERTO.  
AQUINO DANIEL EDILBERTO.**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
INGENIERO AGRONOMO**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DE 2008.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR.

ING. MSC. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ.

SECRETARIO GENERAL.

LIC. MSC. DOUGLAS ALFARO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

DR. REYNALDO ADALBERTO LOPEZ LANDAVERDE.

DECANO

ING. AGR. FERNANDO CASTANEDA.

SECRETARIO.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA

LIC. ADA YANIRA ARIAS DE LINARES

DOCENTES DIRECTORES:

DR. REYNALDO ADALBERTO LÓPEZ LANDAVERDE.

DRA. FRANCISCA CAÑAS DE MORENO.

## RESUMEN

El objetivo de este ensayo fue evaluar la concentración de nutrientes N, P, K, en pastos callie, pangola y estrella, tanto en hoja, tallo y raíz en tres períodos de tiempo (15, 21 y 30 días después de la siembra (dds), la raíz únicamente tomada a la última fecha) así como su disponibilidad en el suelo. Para lograr lo anterior se consideró que existen numerosos factores que influyen en mayor o menor grado la asimilación de los nutrientes estos en su mayoría son: La provisión de oxígeno, así como el potencial genético de la planta, la edad de esta, la humedad y el brillo solar.

Lo anterior nos permite crear curvas de absorción de nutrientes con lo que se determina las épocas de mayor absorción durante el desarrollo del pasto; esto a su vez nos ayuda a definir las épocas de aplicación del fertilizante.

El trabajo de campo se realizó de mayo de 2006 a diciembre de 2007 en los potreros 10, 11 y 12 de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador, Cantón Tecualuya, jurisdicción de San Luis Talpa departamento de la Paz a una elevación de 40 msnm con una Temperatura promedio de 26.5°C y una Humedad Relativa del 74%.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar en parcelas divididas con cuatro tratamientos y tres repeticiones siendo estos: T0= Testigo, sin fertilización, T1= dosis recomendada, T2= 25% menos a la dosis recomendada, T3= 25% más a la dosis recomendada, además este se realizó en dos etapas una de campo y una de laboratorio. En la primera se consultó con los responsables de la Estación Experimental para conocer las variedades de pastos que se cultivaban, así como el número de potreros cultivados con cada variedad. Se realizó un análisis inicial de suelos para verificar la concentración de los elementos N, P, K, materia orgánica, aluminio disponible, magnesio disponible, calcio y propiedades como pH, conductividad eléctrica, índice a capacidad de campo y punto permanente de marchitez. En la segunda únicamente se evaluó la concentración de los primeros tres elementos durante las tres fechas antes

mencionadas tanto para tallo y hoja, la raíz tomó únicamente a los 30 dds. En el suelo se tomó la disponibilidad al inicio para realizar la determinación de la cantidad de fertilizante requerido.

Los resultados demuestran que la asimilación de los nutrientes en hojas se incrementa desde el día 15 hasta el día 30 principalmente en el estrella, cuyos valores de nitrógeno encontrados son de 4.39%, 3.87%, y 4.23%, todos T3 (Anexo 5) para los muestreos 1, 2 y 3 respectivamente manteniendo un comportamiento a aumentar independientemente del tratamiento, igual sucede con las variedades cuya tendencia es a aumentar desde el día 15 hasta el día 30. (Cuadro 4).

Para fósforo los datos encontrados en cada muestreo son inferiores, el mayor valor encontrado fué de 0.115% (sin aplicar fertilizante) que pertenece a la hoja del pasto callie tomada a los 21 dds; su tendencia por tratamiento así como por variedades es a disminuir a los 30 dds; esta disminución es inferior a los reportados por otros autores.

En K el mayor valor lo presentó el pangola a los 30 dds con 8.66%, T3 (Anexo 5) siempre en las hojas debido a que estas son un medio de reserva y acumulación de nutrientes y los tallos únicamente un medio de transporte, al igual que las raíces que presentaron la menor cantidad de los nutrientes N, P y K debido a que su principal función es la extracción y transporte de los mismos. El comportamiento, de manera general para cada tratamiento es similar al igual que las variedades es decir a aumentar desde el primer muestreo lo que concuerda con el ciclo normal de los pastos.

En el tallo los valores de N oscilaron entre 1.56% - 2.42% para el pasto estrella, 1.51% - 2.35% para el callie y 1.56% - 2.35% para el pangola (anexo 5) siendo estos inferiores a los encontrados en las hojas pero manteniendo la misma tendencia (cuadro 5). Para P los valores siempre se mantuvieron inferiores a 0.10% disminuyendo a partir de los 21 dds. En las variedades, el comportamiento fue distinto para cada una (cuadro 10 y 11). En potasio los valores aumentaron de 6.43% (T2), 6.80% (T1), 8.97% (T3) para los muestreos 1, 2 y 3 respectivamente (Anexo 5) todos encontrados en el tallo del pasto estrella. En el callie y pangola los resultados fueron inferiores a este último es decir que el pasto estrella es más

agresivo para extraer nutrientes del suelo por el tamaño y densidad de sus raíces, grosor de tallo, altura de planta que puede alcanzar los 75cm, y tamaño de hojas de aproximadamente 30cm de largo (Harvard H. D 1973) (cuadro 16 y 17).

Diferente sucedió en las raíces debido a que sus valores máximos de N, P y K fueron de 0.95% (T3), 0,034%(T3), y 1.97% (T2) en pasto callie; 0.94% (T3), 0.019% (T3) y 1.82% (T2) para pasto pangola 0.93%(T3), 0.017%(T1) y 1.60% (T2) en pasto estrella.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A NUESTROS ASESORES:**

Dr. Reynaldo Adalberto López Landaverde y Dra. Francisca Cañas de Moreno.  
Por su apoyo moral, interés y esmero por la investigación y elaboración de este documento.

### **AL ING. BALMORE MARTINEZ SIERRA**

Por su pronta y valiosa colaboración en el desarrollo de este documento.

### **AL PERSONAL DE LA ESTACION EXPERIMENTAL:**

Administrativo, de bodega, riegos por su apoyo y ayuda a la realización de este ensayo, en especial al Sr. Jesús Aquino por su incondicional colaboración en el trabajo de campo.

### **AL PERSONAL DE LA UNIDAD DE QUIMICA AGRICOLA:**

Por su colaboración brindada.

### **AL CUERPO DOCENTE Y ADMINISTRATIVO:**

A todos aquellos que nos proporcionaron sus conocimientos y experiencias para culminar nuestra carrera.

### **A TODAS AQUELLAS PERSONAS:**

Que en una u otra forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

### **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

Por formarnos como profesionales.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS TODOPODEROSO:**

Por darme el don de la vida, sabiduría e iluminación para alcanzar esta meta.

### **A MI QUERIDA MADRE:**

María Ángela Navas con profundo amor por brindarme el apoyo necesario en los momentos más difíciles de mi vida.

### **A MI PADRE:**

Jorge Alberto Abrego con cariño y agradecimiento por la ayuda y el apoyo que siempre encontré en él.

### **A MI TIO Y SU ESPOSA:**

Carlos David Abrego y Jacqueline de Abrego por su apoyo constante en el transcurso de mi carrera.

### **MIS HERMANAS:**

Karol y Leidy por su ayuda incondicional.

### **MIS AMIGAS:**

Karina y Kelly Castro por su apoyo y comprensión.

### **A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y AMIGOS:**

Por su amistad, por compartir gratos momentos a lo largo de nuestra carrera.

**JORGE ABREGO.**

## DEDICATORIA

**A DIOS:** por enseñarme el buen camino y terminar mi carrera, por darme todo su apoyo y fortaleza en los tiempos difíciles de mi vida, y bendecirme en la obtención de un éxito mas, que a pesar de todos los obstáculos que se me presentaron, salí siempre adelante en la búsqueda de mi corona.

**A mi Madre:** Gloria Teresa Aquino, que a pesar de ser madre soltera, se sacrifico para que no me faltara nada, y poder yo, terminar mi carrera con mucho éxito, es a ella a quien dedico mi tesis de graduación y que se sienta orgullosa del fruto de todo el esfuerzo realizado.

**A mis Hermanos:** Tony, Dora y su esposo Mateo, Odir, Marixa, Mauricio, Freddy y David, por su apoyo incondicional y desearme siempre lo mejor en mis estudios superiores.

**A mi gran Amiga:** Alma Amparo Martínez Argueta por ser la persona que Dios puso en mi camino y para que estuviera siempre a mi lado brindándome todo su apoyo incondicional, es a ella a quien le debo gran parte de mi vida por todos los momentos duros que pasamos, es por eso que le pido a Dios que la bendiga su camino.

**A mis amigos:** Andrés Adalid, Moisés Elías, Miguel Ángel, Karina Lisseth, Wilbert, Arriaza, Chepe, Geovanni, Evelia, Héctor, Claudia, Judith, Dyna, Karen, Lía, Daysi, Eder, Nuvia, Noemí, por ser las personas que me impulsaron a seguir adelante en la lucha por terminar mi carrera.

**A mi compañero de tesis:** Jorge Abrego Navas, por la comprensión y apoyo que me dio en toda la carrera y tener siempre la objetividad de llegar ha finalizar el presente trabajo.

**A muchas personas más:** que reciban de dios muchas bendiciones hoy y siempre, por que de una u otra manera me dieron su amistad y sobre todo mucho cariño, a ellos los llevare siempre en mi, por ser parte de mi preparación como profesional.

**DANIEL AQUINO.**

## ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PASTOS.....	4
2.2.1 Generalidades del pasto estrella.....	4
2.2.1.1 Origen y distribución .....	4
2.2.1.2 Clasificación botánica .....	4
2.2.1.3 Características botánicas .....	5
2.2.1.4 Composición química.....	5
2.2.2 Generalidades del pasto Callie.....	5
2.2.2.1 Origen y distribución .....	5
2.2.2.2 Características botánicas.....	6
2.2.2.3 Valor nutritivo.....	6
2.2.3 Generalidades del pasto pangola.....	7
2.2.3.1 Origen y distribución.....	7
2.2.3.2 Clasificación botánica .....	7
2.2.3.3 Características botánicas .....	7
2.2.3.4 Composición química .....	8
2.3 GENERALIDADES DE LOS SUELOS .....	8
2.3.1 Importancia del suelo .....	10
2.3.2 Propiedades físicas de los suelos .....	10
2.3.2.1 Textura del suelo .....	11
2.3.2.2 pH en el suelo .....	11
2.3.2.3 Densidad aparente .....	11
2.3.2.4 Densidad real.....	12
2.4 NECESIDADES NUTRICIONALES DE LOS CULTIVOS.....	12
2.4.1 Funciones de los principales nutrientes en las plantas.....	13
2.4.1.1 Nitrógeno.....	13
2.4.1.2 Fósforo.....	13
2.4.1.3 Potasio.....	13

2.4.1.4 Calcio.....	14
2.4.1.5 Magnesio.....	15
2.4.1.6 Azufre . .....	15
2.4.1.7 Micronutrientes.....	15
2.5 FERTILIDAD DE LOS SUELOS .....	16
2.5.1 Fertilización . .....	16
2.5.2 Importancia de la fertilización.....	17
2.5.3 Clasificación de los fertilizantes.....	17
2.5.3.1 Fertilizantes simples . .....	17
2.5.3.2 Fertilizantes compuestos.....	19
2.6 DINAMICA DE LA ASIMILACION DE LOS TRES PRINCIPALES ELEMENTOS EN ELSUELO (N,P,K).....	20
2.6.1 Dinámica del nitrógeno en el suelo.....	20
2.6.2 Dinámica del fósforo en el suelo.....	20
2.6.3 Dinámica del potasio en el suelo .....	21
2.7 ABSORCION DE NUTRIENTES .....	21
2.7.1 Factores que afectan la absorción de nutrientes. ....	24
2.7.2 Formas en que se encuentran los nutrientes en el suelo.....	25
2.8 CURVAS DE ABSORCION DE NUTRIENTES.....	26
2.8.1 Importancia y utilidad de las curvas de absorcion de nutrientes. .....	26
III. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 Ubicación geográfica.....	27
3.2 ETAPAS DEL ENSAYO.....	27
3.2.1 Etapa de campo .....	27
3.2.1.1 Caracterización inicial del suelo.....	27
3.2.1.2 Muestreo en suelos.....	28
3.2.2 Etapa de laboratorio .....	28
3.2.2.1 Preparación del suelo.....	28
3.2.2.2 Analisis de las muestras en el laboratorio .....	28

3.3 PREPARACION DE LAS SOLUCIONES EXTRACTORAS PARA LA DETERMINACION DE NITROGENO NITRICO, FOSFORO Y POTASIO EN EL SUELO .....	29
3.3.1 Nitrogeno nítrico (Método colorimétrico) .....	29
3.3.2 Fósforo (Método espectofotométrico visible).....	29
3.3.3 Potasio ( Método espectofotométrico de llama).....	29
3.4 PREPARACION DE LAS SOLUCIONES EXTRACTORAS PARA LA DETERMINACION DE CALCIO, MAGNESIO Y ALUMINIO ENSUELO.....	30
3.4.1 Calcio + magnesio (Método complejométrico).....	30
3.4.2 Calcio .....	30
3.4.3. Magnesio.....	30
3.4.4 Aluminio (Método volumétrico por neutralización).....	31
3.4.5 Materia orgánica (Método dicromato Walkley y Black).....	31
3.4.6 pH (Método potenciométrico) . .....	31
3.4.7 Conductividad eléctrica (Método conductivimétrico) .....	31
3.4.8 Capacidad de campo y punto permanete de marchitez .. .....	32
3.5 MONTAJE DEL ENSAYO .....	32
3.5.1 Unidad experimental.....	33
3.5.2 Cálculo de las dosificaciones.....	33
3.5.3 Pesado de los fertilizantes.....	39
3.5.4 Montaje del ensayo en campo.....	41
3.6 MUESTREOS DESPUES DE APLICADO EL PROGRAMA DE FERTILIZACION.....	42
3.6.1 Muestreos.....	42
3.7 PREPARACION DE LAS MUESTRAS (TALLO, HOJAS, RAIZ) PARA EL ANALISIS DE N,P,K, EN EL LABORATORIO. ....	42
3.7.1 Nitrógeno (Método microKjeldahl) . .....	43
3.7.2 Fósforo y potasio. ....	46
3.7.2.1 Determinación de fósforo.....	46
3.7.2.2 Determinación de potasio.....	47
3.8 ANALISIS DE LA RAIZ.....	48
3.9 MUESTREO EN SUELOS.....	48

3.9.1 Número de muestras en suelo.....	48
3.9.2 Preparación de las muestras de suelo, después de aplicado el programa de fertilización.....	48
3.9.3 Analisis para deeterminar N,P,K en suelo.....	49
IV. Interpretación de resultados.....	50
V. CONCLUSIONES. ....	97
VI. RECOMENDACIONES.....	98
VII. BIBLIOGRAFIA. ....	99
VIII. ANEXOS. ....	104

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro1.Composición química del forraje BUFFEL aplicando 8 tratamientos.....	22
Cuadro 2. Dosis de fertilizante a aplicar en cada maceta en gramos.....	40
Cuadro3. Contenido de los elementos del suelo de cada pasto antes de aplicar el programa de fertilización.....	50
Cuadro 4. Análisis comparativo de medias del % de nitrógeno en hojas colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad .....	51
Cuadro 5. Análisis comparativo de medias del % de nitrógeno en tallos colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad .....	53
Cuadro 6 . Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en le tratamiento testigo (T0) sin fertilización tomado en tres variedades de pasto con tres intervalos de tiempo .....	55
Cuadro 7. Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el T1 (dosis recomendada 182 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	57
Cuadro 8. Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el T2 ( 25% menos a la dosis recomendada, 136.5 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	59

Cuadro 9 Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el T3 (25% más de la dosis recomendada, 227.5 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	61
Cuadro10. Análisis comparativo de medias del porcentaje de fósforo en hojas colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad.....	64
Cuadro11 Análisis comparativo de medias del porcentaje de fósforo en tallos colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad.....	65
Cuadro12. Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el tratamiento testigo (T0) sin fertilización tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo . .....	67
Cuadro13 Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el T1 (dosis recomendada 91.36 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	69
Cuadro14. Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el T2 ( 25% menos a la dosis recomendada, 68.52 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	71
Cuadro15 Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el T3 (25% más a la dosis recomendada, 114.2 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	73
Cuadro16. Análisis comparativo de medias del porcentaje de potasio en hojas colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con	

cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad. .... 75

Cuadro 17. Analisis comparativo de medias del porcentaje de potasio en tallos colectados a los 15, 21 y 30 dias despues de la siembra, con cuatro tratamiento de fertilizacion y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad.....77

Cuadro18. Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el Tratamiento testigo, sin fertilizacion y tres variedades de pasto con tres intervalos de tiempo ..... 79

Cuadro19 Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el T1 (dosis recomendada, 99.79 Kg de K<sub>2</sub>O/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo ..... 81

Cuadro20. Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el T2 (25% menos de K a la dosis recomendada 74.84 Kg de K<sub>2</sub>O/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo ..... 83

Cuadro21. Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el T3 (25% más de K a la dosis recomendada, 124.73 Kg de K<sub>2</sub>O/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo ..... 85

Cuadro22. Concentración de NITROGENO encontrado en los suelos de los potreros 10, 11 y 12 de la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Tomados en tres intervalos de tiempo. .... 88

Cuadro23. Concentración de FOSFORO encontrada en los suelos de los potreros 10, 11 y 12 de la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Tomados en tres intervalos de tiempo. .... 89

Cuadro24. Concentración de POTASIO encontrado en los suelos de los potreros 10, 11 y 12 de la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Tomados en tres intervalos de tiempo. ....	91
Cuadro25. Porcentaje de macronutrientes (N, P, K) encontrados en la raíz de tres variedades de pastos a los 30dds . ....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características botánicas del pasto estrella ( <i>Cynodon plectostachyus</i> ).....	5
Figura 2. Características botánicas del pastos callie ( <i>Cynodon dactylon</i> ).....	6
Figura 3 .Características botánicas del pasto pangola ( <i>Digitaria decumbens</i> )..	8
Figura 4. Establecimiento de las repeticiones en cada una de las macetas para obtener las muestras de pasto. ....	33
Figura 5. Llenado de macetas.....	41
Figura 6. Aplicación del fertilizante.....	42
Figura 7. Digestión de las muestras.....	44
Figura 8. Destilación en la determinación de nitrógeno total en tejidos vegetales.....	45
Figura 9. Determinación de fósforo colorimétrico en pastos. ....	47
Figura 10. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en las hojas, en el tratamiento testigo (T0) sin fertilización, tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	55
Figura 11. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en los tallos, en el tratamiento testigo (T0) sin fertilización, tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	56
Figura 12. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en las hojas, en el tratamiento T1 (Dosis recomendada 182 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	57

Figura 13. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en los tallos, en el tratamiento T1 (Dosis recomendada 182 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	58
Figura 14. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T2 (25% menos de N a la dosis recomendada, 136.5 kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	59
Figura 15. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en tallos en el tratamiento T2 (25% menos de N a la dosis recomendada, 136.5 kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	60
Figura 16. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en las hojas, en el tratamiento T3 (25% más a la dosis recomendada 227.5 kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	61
Figura 17. Porcentaje de <b>nitrógeno</b> acumulado en los tallos , en el tratamiento T3 (25% más a la dosis recomendada 227.5 kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	62
Figura 18. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en las hojas en el tratamiento testigo (T0) sin fertilización, tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	67
Figura 19. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en los tallos en el tratamiento testigo (T0) sin fertilización, tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	68
Figura 20. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T1 (Dosis recomendada 91.36 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	69
Figura 21. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en los tallos en el tratamiento T1 (Dosis recomendada 91.36 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	70

Figura 22. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T2 (25% menos de P a la dosis recomendada 68.58 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo..	71
Figura 23. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en los tallos en el tratamiento T2 (25% menos de P a la dosis recomendada 68.52 Kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	72
Figura 24. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T3 (25% más de P a la dosis recomendada 114.2 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. .....	73
Figura 25. Porcentaje de <b>fósforo</b> acumulado en los tallos en el tratamiento T3 (25% más de P a la dosis recomendada 114.2 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo .....	74
Figura 26. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado por las hojas en el tratamiento testigo (T0), sin fertilización, tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	79
Figura 27. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en los tallos en el tratamiento testigo (T0), sin fertilización, tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	80
Figura 28. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T1 (Dosis recomendada 99.79 kg de K <sub>2</sub> O/Ha), tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	81
Figura 29. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en los tallos en el tratamiento T1 (Dosis recomendada 99.79 kg de K <sub>2</sub> O /Ha), tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	82

Figura 30. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T2 ( 25% menos de K a la dosis recomendada 74.84 kg de K <sub>2</sub> O /Ha), tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	83
Figura 31. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en los tallos en el tratamiento T2 (25% menos de k a la dosis recomendada 74.84 kg de K <sub>2</sub> O/Ha), tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	84
Figura 32. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en las hojas en el tratamiento T3 (25% más a la dosis recomendada 124.73 kg de K <sub>2</sub> O/Ha) , tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo. ....	85
Figura 33. Porcentaje de <b>potasio</b> acumulado en el tallo en el tratamiento T3 (25% más a la dosis recomendada 124.73 kg de K <sub>2</sub> O/Ha), tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.....	86
Figura 34. Concentración de <b>fósforo</b> encontrada en los suelos del potrero 10 de la Estación Experimental y de Práctica, Facultad de Ciencias Agronómicas , Universidad de El Salvador aplicando cuatro dosis de fertilización.....	89
Figura 35. Concentración de <b>fósforo</b> encontrada en los suelos del potrero 12 de la Estación Experimental y de Práctica, Facultad de Ciencias Agronómicas , Universidad de El Salvador aplicando cuatro dosis de fertilización .....	89
Figura 36. Concentración de <b>fósforo</b> encontrada en los suelos del potrero 11 de la Estación Experimental y de Práctica, Facultad de Ciencias Agronómicas , Universidad de El Salvador aplicando cuatro dosis de fertilización. ....	89

Figura 37. Concentración de <b>potasio</b> encontrada en los suelos del potrero 10 de la Estación Experimental y de Práctica, Facultad de Ciencias Agronómicas , Universidad de El Salvador, aplicando cuatro dosis de fertilización. ....	91
Figura 38. Concentración de <b>potasio</b> encontrada en los suelos del potrero 12 de la Estación Experimental y de Práctica, Facultad de Ciencias Agronómicas , Universidad de El Salvador, aplicando cuatro dosis de fertilización.....	91
Figura 39. Concentración de <b>potasio</b> encontrada en los suelos del potrero 11 de la Estación Experimental y de Práctica, Facultad de Ciencias Agronómicas , Universidad de El Salvador, aplicando cuatro dosis de fertilización. ....	91
Figura 40. Concentracion de N,P,K en la raíz del pasto callie tomada a los 30 días después de la siembra, aplicando cuatro dosis de fertilización. ....	94
Figura 41. Concentración de N,P,K en la raíz del pasto pangola tomada a los 30 días después de la siembra, aplicando cuatro dosis de fertilización. ....	95
Figura 42. Concentración de N,P,K en la raíz del pasto estrella tomada a los 30 días después de la siembra, aplicando cuatro dosis de fertilización. ....	96

## I. INTRODUCCIÓN.

En El Salvador la alimentación del ganado bovino es parte fundamental para que su producción mejore; esta debe cubrir todas las necesidades nutritivas del animal para que pueda rendir en forma óptima, pero en la actualidad el sector enfrenta grandes problemas entre los cuales es la baja producción de los pastos de buena calidad.

Por lo anterior es necesario realizar investigaciones encaminadas a determinar el momento óptimo para aplicar los fertilizantes y en las cantidades suficientes que permitan un incremento en el rendimiento de los forrajes y contenido proteico de estos, por tal motivo se trabajó en esta investigación en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Luis Talpa, La Paz para lo que fue necesario la aplicación de cuatro tratamientos basándose en una dosis recomendada de 400.4 lb de N/mz, 201.01lb de  $P_2O_5$ /mz, y 99.79 lb de  $K_2O$ /mz (CENTA 1984) siendo estos: T0= Testigo, sin fertilización, T1= Dosis recomendada, T2= 25% menos a la dosis recomendada y T3= 25% más a la dosis recomendada.

El diseño experimental utilizado fué el de bloques completos al azar en parcelas divididas; donde cada bloque estaba compuesto por 12 macetas que representaban cada variedad de pasto.

Los resultados demuestran que la asimilación de nitrógeno fue mayor en le pastos estrella al aplicar 25% mas de este elemento, esto al evaluar la hoja. (Anexo 5); diferente sucedió con el fósforo cuyos valores encontrados en todas las variedades al aplicar los cuatro tratamientos fueron inferiores a los reportados por otros autores. En potasio el pasto pangola absorbió la mayor cantidad de este elemento a los 30 días después de la siembra (dds) con 8.66% superando a las otras variedades.

En el tallo los valores tanto de N, P y K fueron inferiores que los encontrados en las hojas y la tendencia fue la misma, la raíz por su parte presento los valores más bajos con relación al tallo y hojas en promedio 0.94% de N, 0.023 %P y 1.795 de K.

## II. REVISION DE LITERATURA.

### 2.1 Antecedentes.

Considerando que el pasto es el alimento de más bajo costo en la dieta alimenticia del ganado, representando un 60 – 70% de lo consumido diariamente, los bajos rendimientos de biomasa y la baja calidad de estos, conllevan a que el ganadero se vea obligado a utilizar dietas suplementarias que elevan sus costos de producción.

En la actualidad el país no cuenta con registros específicos sobre el manejo de los pastos, pero se estima que las zonas donde se cultivan en mayor escala son: Sonsonate, la zona costera de la Paz, La Libertad y San Vicente y en menor escala en parte de Chalatenango<sup>1</sup>.

Por tal razón se han realizado estudios para determinar la cantidad necesaria de fertilizante a aplicar en los pastos, que garantice su calidad nutritiva reduciendo los costos de producción; tal es el caso del trabajo desarrollado por (Montoya A. et al. 1995) en la Estación Experimental y de Practicas Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador el cual consistió en evaluar la concentración de elementos totales mediante el método de Fluorescencia de rayos X; además se analizó la concentración de elementos asimilables por el método de Absorción Atómica utilizando solución extractora de Carolina del Norte para Potasio y Cloruro de Potasio para Calcio y Magnesio expresados en microgramos por gramo de muestra ( $\mu\text{g/g}$ ) obteniendo los siguientes resultados Fe (15.85 – 25.60), K (175 – 245), Ca ( 1045 – 1550) , Zn ( 2.0 a 10.25) y Mg ( 19.5 – 49.05).

---

<sup>1</sup>Ing.Panameño J .2007. Los pastos en El Salvador. Jefe del departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador.

En otro ensayo realizado en el mismo sitio por (Guardado F. et. al 1995) se evaluó dos niveles de Nitrógeno (200 y 300 kg de N/ha/año) sobre el rendimiento y calidad del pasto Pangola (Digitaria decumbens) aplicando tres niveles de fertilización foliar. En el cual demostraron un aumento significativo en la longitud de estolones al aplicar 300kg de N/ha/año, además una mayor producción de proteínas al incrementar la dosis de fertilizante.

A nivel nacional no se reportan estudios realizados en absorción de nutrientes en pastos como se pretende hacer en el presente trabajo. Por lo que se desea establecer un programa de fertilización que garantice los requerimientos de los mismos.

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PASTOS:

### 2.2.1 Generalidades del Pasto Estrella. (*Cynodon plectostachyus*).

#### 2.2.1.1 Origen y distribución.

Esta gramínea es nativa del África Oriental localizándose en los lechos de los lagos desecados y se ha distribuido en el trópico y subtrópico (Bonilla M. et. al. 1993).

#### 2.2.1.2 Clasificación botánica.

Según (Marín H. et. al 1994). El pasto estrella se clasifica de la siguiente manera:

Reino	:	Vegetal
División	:	Embriofitas.
Subtipo	:	Angiospermas.
Clase	:	Monocotiledóneas
Orden	:	Glumifloras.
Familia	:	Graminaceas.
Genero	:	Cynodon.
Especie	:	plectostachyus.

### 2.2.1.3 Características Botánicas.

El pasto estrella es una planta vigorosa, rastrera, perenne (Figura 1.) y que llega a alcanzar hasta 75 cm de altura con hojas aproximadamente de 30cm de largo. Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 1500m de altura, El periodo de recuperación es de 15 a 18 días; tiempo suficiente para que se repongan las hojas y se acumulen reservas alimenticias aunque esta sujeto a la fertilidad del suelo, luz solar, humedad, y manejo que se le da al pastizal (Chávez F. A.1973).



Figura 1. Características botánicas del pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*).

### 2.2.1.4 Composición química.

El valor nutritivo de los forrajes en general esta directamente relacionado con el clima, el suelo, edad y el tamaño de la planta. En cuanto al valor nutritivo del pasto estrella este reporta: 14.98% de Proteína Bruta, 26.20% de Fibra Bruta, 37.22% de Extracto libre de Nitrógeno, 1.93% de Extracto Etéreo, y 9.67% de Ceniza (Skerman P.J 1992).

## 2.2.2 Generalidades del Pasto Callie (*Cynodon dactylon* var. Callie.)

### 2.2.2.1 Origen y distribución

El pasto Callie tuvo su origen en la Coastal Plain Experimental Station, Tifton, Georgia, Estados Unidos, como parte del programa de mejoramiento de los pastos (Machado R. et al. 1982).

Se adapta bien desde 0 – 800msnm, crece en diferentes tipos de suelos que van desde arenosos, francos, hasta franco-arcillosos además es muy resistente a la sequía (Zuniga B. L. 1992).

#### 2.2.2.2. Características Botánicas.

Presenta tallos rastreros, vigorosos y marcadamente agresivos con abundantes rizomas donde acumula alto contenido de carbohidratos; tiene un hábito de crecimiento parecido al pangola (*Digitaria decumbens*) con hojas mas estrechas (3 – 4 mm de ancho y 3 -10 cm de largo) lanceoladas y paralelinervias, algunas vellosidades finas, lígula pelosa, entrenudos mas cortos, e inflorescencia digitada mas corta que la del pasto pangola (Machado R. et al. 1982). (Figura 2)

El aspecto foliáceo que muestran sus tallos se debe a la producción de 2 o 3 hojas en un mismo nudo, contrariamente a la disposición general de las gramíneas que tienen hojas alternas (Vásquez C. et al. 1990).



Figura 2. Características botánicas del pasto callie (*Cynodon dactylon* var. Callie)

#### 2.2.2.3 Valor nutritivo.

En un estudio realizado por García Trujillo (inédito) consultado por (Machado R. et al. 1982). Utilizando esta variedad cortado a los 49 días después de la siembra,

encontró valores de: 25.2% de materia seca, 90.7% de materia orgánica, 32.4 % de fibra bruta, y 49.5 % de extracto libre de nitrógeno.

### 2.2.3 Generalidades del Pasto Pangola. (*Digitaria decumbens*)

#### 2.2.3.1 Origen y distribución.

El pasto pangola se cree es originario de Sud África pues aun no se ha comprobado que este fué producido por la hibridación de especies poco relacionadas. Crece en lugares bajos y húmedos pero no expuestos a inundaciones (Vásquez C. et. al. 1990).

#### 2.2.3.2 Clasificación Botánica.

Según (Enciclopedia libre 2006). El pasto pangola se clasifica de la siguiente manera.

Reino : Plantae.  
División. : Magnoliophyta  
Clase : liliopsida.  
Orden : poales.  
Familia : poaceae.  
Genero : Digitaria.  
Especie : decumbens.

#### 2.2.3.3 Características Botánicas.

El zacate pangola es una gramínea estolonífera, perenne, rastrera y vigorosa que crece en forma densa al suelo, su sistema radicular es fibroso, las hojas de color verde intenso de 7 a 9mm de ancho y de 10 a 20 cm de largo con un borde liso de aspecto suave y muy apetecida para el ganado (Vásquez C. et. al . 1990). (figura 3)



Figura 3. Características botánicas del pasto pangola (*Digitaria decumbens*)

#### 2.2.3.4 Composición Química.

Los elementos nutritivos del pasto pangola dependen de las condiciones en que este crece, condiciones climáticas, fertilidad del suelo, edad de la planta y época del año; pero en términos generales reportan los siguientes resultados: Materia seca 25.0 %, Proteína Bruta 10.4%, Cenizas 12.1%, Fibra Bruta 34.9%, y Grasa 2.15% (FAO 2005).

### 2.3 GENERALIDADES DE LOS SUELOS.

El suelo es un sistema muy complejo que sirve como soporte de las plantas además de servir de despensa de agua y otros elementos necesarios para el desarrollo de las mismas. Es un sistema abierto, dinámico, el cual cambia sus características basándose en el clima, presencia de animales, plantas y la acción del hombre (UNAL. 2003).

Dentro de una visión general el suelo tiene una importante función en el reciclaje de los recursos necesarios para el crecimiento de las plantas. En una visión detallada una planta individual depende del suelo para que le suministre cuatro necesidades: Anclaje, agua, oxígeno y nutrientes para las raíces.

- Anclaje: En un suelo profundo donde las raíces crecen libremente las plantas estan sujetas de una forma firme o anclada, para crecer hasta alcanzar la luz del sol.
- Agua: Debido a que las raíces son los mejores cuerpos absorbentes del agua de la planta, el suelo le suministra casi toda la que usa.
- Oxígeno: Excepto algunos microorganismos microscópicos todas las criaturas vivientes necesitan oxígeno, las plantas lo liberan durante la fotosíntesis pero lo consumen durante la respiración. Las partes de la planta que estan por encima de la tierra, suspendidas en una atmósfera que es 21% de oxígeno tienen todo el que necesitan, bajo la tierra las raíces y organismos que viven en el suelo usan el oxígeno y desprende dióxido de carbono como resultado el aire del suelo tienen menos oxígeno que dióxido de carbono comparado con la atmósfera. En ausencia de factores limitados el proceso conocido como aireación del suelo intercambia aire del mismo y atmosférico con el fin de mantener el oxígeno adecuado para las raíces de las plantas.
- Nutrientes: De los dieciséis nutrientes normalmente considerados necesarios para la mayoría de las plantas estas obtienen trece del suelo, el Carbono y el Hidrógeno provienen del aire, el resto se almacenan en el suelo. Mientras las hojas son capaces de absorber algunos nutrientes, las raíces se han especializado para dicho propósito (Pleaster J. E. 2000).

La composición química del suelo incluye la medida de la reacción de un suelo (pH) y de sus elementos químicos (nutrientes). Su análisis es necesario para una mejor gestión de la fertilización de los cultivos y para elegir las plantas mas adecuadas y obtener los mejores rendimientos (UNAL 2003).

### 2.3.1 Importancia del Suelo.

Para obtener de un suelo buenas cosechas se necesita que este provisto de una cantidad y de todos los nutrientes necesarios que una planta toma del suelo. Los nutrientes no deben estar presentes en las formas que la planta puede utilizar, sino que debe existir un equilibrio aproximado de acuerdo con las cantidades que necesitan las plantas, si alguno de los elementos falta o se encuentra en proporciones inadecuadas las plantas no tendrán un crecimiento normal (Foth H. 1995). además los suelos constituyen el medio natural en que las plantas crecen. El hombre goza y usa de estas plantas tanto por su belleza como por su capacidad en procurarle fibras y alimentos para él y para sus animales (Buckman .1991).

### 2.3.2 Propiedades Físicas de los suelos.

Las propiedades físicas de los suelos tienen mucha relación con su adecuación para los diversos usos que se le destina. La rigidez y la capacidad de sostén, el drenaje y la capacidad de almacenamiento de humedad, la plasticidad, la facilidad de penetración de las raíces, la aireación y la retención de nutrientes por las plantas. Por tanto resulta pertinente conocer las funciones que cada una de estas desempeñan en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Foth H. 1985).

Las propiedades físicas de los suelos se pueden modificar por su manejo y se pueden alterar radicalmente, por ejemplo el suelo se puede modificar grandemente por la inversión con arados grandes de todo el volumen del suelo que ocupa el sistema radicular. Este tipo de técnicas puede alterar la característica total del perfil del suelo así como la necesidad de riego y fertilización de cultivos que sobre él se desarrollan. Muchas prácticas de manejo se han creado basándose en observaciones de campo, sobre la respuesta de diferentes clases y frecuencias de aplicación de fertilizantes o riegos.

Estas prácticas deben basarse en la identificación de características específicas del medio ambiente total; esto implica necesariamente conocer por completo las

relaciones suelo-planta-agua-atmósfera y varias prácticas de manejo (Jacob A. 1964).

#### 2.3.2.1 Textura del suelo.

La textura del suelo determina la proporción de tres tamaños de partículas arena, limo y arcilla, estos tamaños afectan a dos importantes características del suelo: la superficie interna y al número y tamaño de poros. En la primera, los suelos con partículas pequeñas tienen superficie interna mas grande o sea retienen mayor humedad lo que permite la mejor asimilación de los nutrientes por la planta y en cuanto a los poros, existen de dos tamaños macro y micro, ambos son importantes ya que el suelo necesita microporos para retener agua y macroporos para el aire (Pleaster J. E. 2000).

#### 2.3.2.2 Potencial de hidrógeno del Suelo (pH).

La reacción de un suelo hace referencia al grado de acidez o basicidad del mismo y generalmente se expresa por medio de un valor de pH del sistema suelo – agua. El pH es la medida de la concentración de iones hidrógeno, según este valor el suelo puede ser ácido, neutro o alcalino (UNAL 2003). El pH es el factor que afecta la disponibilidad de elementos como nitrógeno en forma amoniacal o nítrica, ya que dependiendo si el pH es alcalino o ácido, muchos elementos forman precipitados en la disolución del suelo y los convierte en no disponibles para las raíces de las plantas (Kass D. 1998).

#### 2.3.2.3 Densidad Aparente.

La densidad aparente relaciona el peso seco del suelo con su volumen incluyendo los espacios porosos. Por lo tanto considera el volumen de las partículas y el volumen ocupado por los poros, este volumen se llama volumen aparente (volumen + porosidad); no es un valor que permanece constante en cada suelo, sufre cambios según se altere el volumen de los poros. Con el análisis de suelos se puede conocer la cantidad de nutrientes que este tiene y esta cantidad es determinada en términos

de la capa arable mediante el uso de la densidad aparente del suelo (Hernández M. et. al 1997).

#### 2.3.2.4 Densidad Real

Un medio de expresión del peso del suelo es según la densidad de las partículas sólidas que lo constituyen. Se define como la masa de una unidad de volumen de sólidos del suelo, es expresada generalmente en términos de gramos por centímetro cúbico. Aunque puede observarse considerables variaciones de la densidad de los suelos minerales individuales las cifras para la mayor parte de estos varían entre 2.60 – 2.75g/cc. (Buckman H. 1991).

### 2.4. NECESIDADES NUTRICIONALES DE LOS CULTIVOS

El suelo actúa como un reservorio de nutrientes para las plantas. Dichos nutrientes están presentes en la fracción inorgánica y orgánica del suelo, tanto en forma disponible como no disponible. Como elementos disponibles para las plantas, los nutrientes se encuentran adsorbidos (enlazados químicamente) a las arcillas y la materia orgánica en equilibrio dinámico con la solución de suelo.

Cada nutriente cumple funciones específicas dentro de la planta unos son parte de las estructuras de tejidos, otros participan en reacciones y procesos, actuando como iones activadores y transportadores en la fotosíntesis, los ciclos de producción de energía, la elaboración de la savia y la absorción de los mismos nutrientes entre otras funciones.

Según cantidades promedio requeridas y absorbidas por las plantas, los nutrientes son divididos en macronutrientes y micronutrientes teniendo así el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre como macronutrientes, Boro, Cloro, Cobalto, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno, Níquel y Zinc como micronutrientes (UNAL 2003).

## 2.4.1 FUNCIONES DE LOS PRINCIPALES NUTRIENTES EN LAS PLANTAS.

### 2.4.1.1. Nitrógeno.

Esta presente en la atmósfera terrestre formando un 78% de la misma, se encuentra en el suelo en combinaciones inorgánicas, de la cual los suelos turbosos son ricos en nitrógeno, mientras que los suelos minerales son pobres en el mismo. Aunque existe tanto nitrógeno en el aire, las plantas no pueden aprovecharlo directamente de la atmósfera, solamente las leguminosas gracias a su convivencia (simbiosis) con bacterias nitrificantes que anidan en sus raíces (Meier E. 1978).

El nitrógeno más que cualquier otro elemento, facilita el crecimiento rápido y color verde oscuro de las hojas además estimula la formación y desarrollo de las yemas. Las plantas necesitan mucha cantidad de este elemento por formar parte de muchos compuestos importantes, incluyendo la proteína y la clorofila.

Normalmente las plantas deficientes en nitrógeno se quedan pequeñas y amarillas debido a las pérdidas de proteína en los cloroplastos, este amarillamiento identificado como clorosis empieza en las hojas inferiores mientras las hojas superiores permanecen verdes (Kass D. 1998). Sin embargo, las plantas con demasiado contenido de nitrógeno no crecen adecuadamente, esto incluye un crecimiento blando, débil y fácilmente perjudicable, estropea el sabor de las cosechas y vuelve más susceptible la planta a enfermedades (Pleaster J. E. 2000).

### 2.4.1.2. Fósforo.

Su presencia en la corteza terrestre es muy poco acusada, aparece en el suelo en forma mineral pero también en sustancias inorgánicas y en el humus. Al contrario que el nitrógeno, el fósforo (con valores de 3 a 5) es muy ágil y rápido en realizar combinaciones y reacciones. Participa ampliamente en la construcción de los compuestos fosforilados encargados del transporte y almacenamiento de la energía precisa para realizar procesos vitales. Además interviene en los procesos de crecimiento y síntesis de los compuestos de la planta (Meier E. 1978). Su carencia

afecta el sistema radicular desarrollándolo raquíticamente acompañado de síntomas generales de perturbación en el crecimiento de hojas y tallos. Un exceso de fósforo puede acelerar unilateralmente la madurez a costa del crecimiento vegetativo (Jacob A. 1964).

#### 2.4.1.3. Potasio.

El potasio aunque no forma parte de los principios esenciales (glúcidos, lípidos, y prótidos) es absorbido por la planta en cantidades importantes, junto con la cal, constituyen la mayor parte de las materias minerales de los vegetales, por lo que sus cenizas contienen una gran proporción de este elemento (Fuentes Y. 1994).

El potasio esta presente en muchas reacciones y procesos del metabolismo vegetal e involucrado en la fotosíntesis, la respiración y el aprovechamiento del agua por las plantas y aparentemente a la resistencia de las plantas a la sequía y a ciertas enfermedades.

Plantas con deficiencias de este elemento presentan oscurecimiento del margen de los bordes de las hojas inferiores y además ocasiona tallos débiles (Meier E. 1978).

#### 2.4.1.4. Calcio.

El calcio tiene gran importancia como regulador del metabolismo vegetal, actuando conjuntamente con otros elementos como el potasio, la mayor parte de este elemento se encuentra en forma soluble dentro de la planta; otra parte es componente estructural, que forma parte del pectato de calcio que confiere rigidez a los tejidos celulares, estimula el crecimiento del sistema radicular y la formación de nódulos en especies leguminosas, un adecuado contenido de calcio dentro de la planta favorece la absorción y transporte de fósforo (Kass D.L. 1998).

La falta de calcio en la planta provoca un color verde claro y deformaciones en las hojas terminales, su exceso puede inducir no solamente la manifestación de deficiencias potásicas, sino también a la de elementos menores como Hierro, Boro, Zinc, Cobre y Manganeseo (Jacob A 1964).

#### 2.4.1.5. Magnesio.

El magnesio participa en la estructura vegetal como el ion central del núcleo de la molécula de clorofila, esta implicado en la síntesis de proteínas, carbohidratos y grasas así como en un amplio rango de otros compuestos. Las plantas con deficiencia de magnesio ofrecen menos resistencia a la sequedad, al frío y a las enfermedades (Meier E. 1978).

#### 2.4.1.6. Azufre.

Este elemento es parte de la estructura de algunos aminoácidos proteínas, enzimas y vitaminas. Funciona como un activador enzimático. También mejora los contenidos de clorofila y la tolerancia al estrés, favorece la vegetación y fructificación, además de participar en la fijación simbiótica del nitrógeno (Pleaster J. 2000).

La falta de este elemento produce un color verde pálido, seguido de una clorosis generalizada, asociada a un crecimiento débil o reducción en incremento de biomasa. (Kass D.1998).

#### 2.4.1.7. Micronutrientes.

Los microelementos cumplen funciones diversas dentro de la planta, algunos son parte de la estructura en complejos como: fenoles, carbohidratos, lípidos, vitaminas, aminoácidos y proteínas. (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn) trabajan como iones activadores de reacciones y procesos, otros compuestos solamente esta última función (Mo, Ni, Zn). Sin embargo, son tan importantes como los otros, puesto que sin ellos no se puede completar el ciclo vital de la planta. Su deficiencia en términos generales ocasiona clorosis entre los nervios de las hojas superiores, yemas terminales muertas además de marchitamiento entre otros síntomas (Pleaster J. 2000).

## 2.5 FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

La fertilidad de un suelo es su capacidad para abastecer de elementos nutritivos a las plantas. Para mantener la fertilidad a nivel adecuado de la producción es necesario que se repongan los elementos nutritivos que se pierden debido a extracciones de la cosecha, lavado, volatilización, etc. Esta reposición puede hacerse en forma natural (meteorización de materiales primarios, aportación de restos vegetales, fijación simbiótica) o de forma artificial con la aportación de estiércol, abonos verdes, abonos minerales, etc. (Fuentes Y. 1994).

### 2.5.1 Fertilización.

Constituye una importante herramienta del manejo de las praderas ya que a través de su aplicación es posible modificar la velocidad del rebrote de los pastos y cantidad de forraje disponible, luego después de un largo lapso de crecimiento determinado. Su efecto más apreciable es sobre la capacidad de carga, es decir sobre el número de animales que pudieran ser alimentados para mantenimiento o producción por unidad de superficie por año (Martínez O. V. et. al. 1994).

Los fertilizantes son aquellas sustancias que contienen una cantidad apreciable de uno o varios elementos nutritivos primarios: nitrógeno, fósforo, potasio, pudiendo encontrar además otros elementos secundarios o microelementos en forma asimilable (Fuentes Y. 1994).

Entre las razones más importantes para el uso de fertilizantes en pastizales están: Ayudan a corregir las deficiencias minerales de los suelos, mantienen la fertilidad del mismo, incrementan la producción de materia seca y nutrientes digestibles, modifican la composición química del forraje producido, cambian el patrón estacional de la producción de los pastos (Martínez O. V. et. al. 1994). además maximizan la rentabilidad de la producción; para lograr este último hay que tomar en cuenta ciertas consideraciones:

- La fertilidad del suelo se conserva reponiendo las pérdidas de elementos nutritivos.
- El aumento de la fertilidad no es proporcional al incremento de la dosis de abonado.
- La aportación de una determinada cantidad de un elemento nutritivo es tanto más eficaz cuanto más próximos estén a su óptimo los demás elementos.

### 2.5.2. Importancia de la fertilización.

Es bien conocido que el pasto necesita fertilización adecuada para su crecimiento. Si esta se ha mantenido en una forma óptima, aunque se olvide hacerla una sola vez, el pasto va a seguir creciendo aunque no sea de plena forma, la razón es que éste almacena una cantidad de los componentes del fertilizante, sin embargo, si no se hace la fertilización o ésta es muy poca, tanto el pasto como el suelo, perderán su almacenamiento del fertilizante. Para tener una producción del pasto estable es importante que se mantenga un sistema de fertilización adecuado (Meier E. 1978).

### 2.5.3 Clasificación de los fertilizantes.

Según contengan uno o varios elementos principales los fertilizantes se clasifican en:

2.5.3.1 Fertilizantes Simples: Contienen solamente uno de los tres elementos primarios nitrógeno, fósforo o potasio como por ejemplo:

- Fertilizantes nitrogenados.

La fertilización nitrogenada es una de las prácticas que se ha manejado para incrementar la cantidad, tamaño y longevidad de las hojas así como su contenido de proteínas; sin embargo se requiere aplicar cantidades elevadas de fertilizantes para lograr elevar el contenido proteico de las gramíneas tropicales. El elemento de estos abonos es el nitrógeno y ejerce influencia determinante sobre el color del follaje y el crecimiento de la planta (Martínez O. V. et. al. 1994). Por otra parte la fertilización con nitrógeno permite sostener una mayor carga animal por hectárea debido al

incremento en la producción de pasto de los potreros, por lo tanto la introducción de esta practica debe estar acompañada de un incremento en la carga, pues de otra manera se esta desperdiciando el recurso (Combellas L. 1998).

Los abonos nitrogenados los podemos encontrar en distintas formas siendo estas: Nitratos con un 15 – 16% de N, Amoniacales 21 - 80% de N, Amónicos 23 – 26% de N, Cianamida 20% de N y Amidas como la Urea con un 46% de N.

- Fertilizantes fosfatados.

Entre los mismos existen grandes diferencias en su origen y método de fabricación lo que origina diferencias en cuanto a su solubilidad y capacidad de absorción por las plantas. Estos se clasifican en:

- a. Superfosfatos: Son los mas antiguos y conocidos, su color es gris claro y puede presentarse como polvo harinoso o en forma granulada, contiene un 16 - 18% de acido fosfórico soluble en agua. Su contenido en fósforo es absorbido en forma relativamente rápida por las plantas, pero en algunos tipos de tierras se puede asociar con el hierro o aluminio existentes en los mismos para formar fosfatos que son insolubles.
- b. Fosfato bicálcico. Se fabrica sometiendo fosfatos naturales a altas temperaturas con adición de arena y sosa, puede tener un 28% - 30% de  $P_2O_5$  (soluble en citrato amónico), 40% de cal (CaO), 11% de Acido silicico (SiO) y un 17% de  $NaO_2$ . Actúa con rapidez y persistencia, se puede aplicar con éxito a toda clase de cultivos y suelos.
- c. Escorias Thomas: Se presentan en forma de polvo gris negro, es un subproducto de la producción de acero. Contiene entre 12 y un 16% de ácido fosfórico soluble en citrato amonico y un 45% de cal de reacción alcalina. El pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) se presenta de tal forma que ofrece protección contra la fijación en el suelo. La Escoria Thomas aporta además: magnesio, cobre, manganeso y hierro en una relación armónica y aprovechable por la tierra (Meier E. 1978).

- Fertilizantes a base de potasio, magnesio, calcio y sodio.

El potasio, el calcio, el magnesio y en cierto grado el sodio juegan un papel importante en las relaciones suelo-planta. No solamente son esenciales para el complejo bioquímico de la planta en crecimiento, sino que su presencia en el suelo en cantidades adecuadas y proporciones apropiadas de uno respecto al otro, y respecto a otros cationes cambiabiles tales como el aluminio (Al), el hidrogeno ( $H^+$ ), el amonio  $NH_4^+$ , es necesaria para que el suelo sea un medio adecuado para el desarrollo de planta-raíz (Tisdale S. 1988).

Si se hace aumentar el suministro de potasio por encima de lo necesario para un cultivo completo, el contenido de potasio aumentara, sin un aumento correspondiente del rendimiento. Se recomienda que se aplique la cantidad mínima de potasio que vaya de acuerdo con la obtención del rendimiento deseado de los cultivos y que permita evitar el agotamiento de las reservas del suelo (McIlroy R. J. 1984).

2.5.3.2 Fertilizantes compuestos: Contienen dos o tres elementos primarios dentro de estos encontramos:

- Fertilizantes a base de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K). Son compuestos que contienen como indica su nombre los tres elementos: nitrógeno, fósforo y potasio los cuales pueden estar mezclados en proporciones muy variables. Por esto existe una gran variedad de compuestos con formulas diferentes que se expresan en cifras representativas del porcentaje en que cada uno de estos elementos interviene en su composición. Las cifras de la formula siempre se expresan siguiendo el orden de los elementos indicados en el nombre N, P, K (Meier E. 1978).

En comparación con los fertilizantes simples, los fertilizantes completos poseen las siguientes ventajas:

- La presencia de los tres principales elementos evita errores en la fertilización.
- Implica bajos costos de aplicación.

- Ahorro de espacio y costos de almacenamiento.
- Debido a la homogeneidad de sus nutrientes individuales y a su buena estructura los fertilizantes pueden esparcirse mejor y con mayor uniformidad en el terreno.

Las ventajas antes mencionadas van acompañadas, sin embargo, de ciertas desventajas:

- El uso de fertilizantes completos no permite la aplicación de nutrientes individuales N, P, K, en diferentes épocas y mediante diferentes métodos.
- Es imposible divergir de la fórmula dada; su relación nutritiva no puede ser adaptada en todos los casos a condiciones especiales.
- El costo por unidad de nutriente resulta ser generalmente mayor que en los fertilizantes simples (Jacob A. 1964).

## 2.6 DINÁMICA DE LA ASIMILACION DE LOS TRES PRINCIPALES ELEMENTOS EN EL SUELO. (N, P, K)

### 2.6.1 Dinámica del Nitrógeno en el suelo.

El Nitrógeno es producido por la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos en forma de nitrógeno amoniacal. El  $N^+$  en forma de amonio esta ligado al suelo de tal manera que no puede ser disuelto por agua, o inaccesible al aire por desnitrificación, a pesar de esto es fácilmente disponible para las plantas si los niveles de  $N^+$  amoniacal se acumulan en el suelo antes que la planta los tome, las bacterias del suelo lo transforman en nitrógeno de nitrato. El nitrógeno de nitrato es muy soluble en agua, las plantas lo pueden aprovechar fácilmente pero se pierde con la lluvia o bien se desnitrifica o se pierde en forma de gas (Harrison. L. 1976).

### 2.6.2 Dinámica del Fósforo en el suelo.

El fósforo se absorbe por las plantas como iones ortofosfato primarios o secundarios ( $H_2PO_4^-$  y  $HPO_4^{2-}$ ) que se hallan en solución en el suelo. Algunas cantidades muy pequeñas de fosfato orgánico soluble pueden también ser absorbidas, pero se

considera que ellas son generalmente tan solo menores. La concentración de estas iones en la solución del suelo y el mantenimiento de estas son de mayor importancia para el crecimiento de las plantas (Tisdale N. 1991). El fósforo se mueve muy poco en suelos minerales, difundiéndose a distancias tan cortas como de 0,6 cm (cuarto de pulgada). Este movimiento limitado tiene importantes implicaciones para el manejo del suelo y la absorción por parte de la planta (Pleaster J. 2000).

### 2.6.3 Dinámica del Potasio en el suelo.

El potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores más que cualquier otro elemento presente en el suelo, siendo las fuentes naturales principales de este, el feldespato y la mica, como minerales primarios y los minerales secundarios como el illite.

Las sales de potasio se proveen como residuos de la planta, estiércol y fertilizante químico, estando la mayor parte en forma fija, seguido por la forma cambiante. Solamente una proporción muy pequeña del potasio total, esta en la solución del suelo que por el desgaste y por la acción atmosférica de minerales primarios emigra a la solución del suelo donde las plantas pueden utilizarla fácilmente (JICA. 2003).

## 2.7 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.

Las plantas absorben los nutrientes contenidos en el aire y en el suelo a través de las hojas y las raíces, respectivamente el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), fuentes de carbono y de oxígeno se absorben a través de los estomas de las hojas, en tanto que los demás nutrientes se absorben generalmente desde la disolución de suelo a través de las raíces. Los elementos que las plantas absorben proceden de las rocas (salvo en el caso del nitrógeno que procede del aire), que al degradarse lentamente se convierten en compuestos solubles, estos compuestos se disocian en el agua del suelo en iones positivos (cationes) y negativos (aniones) y bajo esta forma son asimilados por la planta (Meier E. 1978). El proceso implicado en el transporte de un

ion nutritivo desde la solución de suelo al interior de la raíz y su traslocación y distribución en toda la planta es complejo e interrelacionado (Foth H. 1975).

En estudios realizados sobre absorción de nutrientes por (González S. A. 1995). Mediante el uso de estiércol de bovino y ovino usando diferentes dosis durante cuatro años de aplicación de los tratamientos y tres años posteriores sin aplicación se evaluó la residualidad encontrando los siguientes resultados:

**Cuadro 1. Composición química del forraje (%) BUFFEL. Aplicando 8 de tratamientos.**

Tratamientos	Proteína cruda	Ca	P
T1, testigo.	8.11	0.50	0.38
T2, 100-50-00	8.96	0.49	0.32
T3, 10 T /Ha B	9.42	0.47	0.46
T4, 20 T/Ha B	10.62	0.44	0.45
T5, 30 T/Ha B	11.91	0.42	0.30
T6, 10 T/Ha O	9.44	0.49	0.42
T7, 10 T/Ha O	9.28	0.42	0.44
T8, 10 T/Ha O	11.43	0.41	0.28
Promedio	9.89	0.45	0.38

\*B= Estiércol de bovino, O= Estiércol de ovino

Al mismo tiempo evaluó la composición física química del suelo en cada tratamiento y su efecto residual tres años después a la aplicación de los tratamientos donde encontró los siguientes resultados:

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que el mayor contenido de proteína cruda se presentó en los tratamientos con estiércol de bovino y ovino, con promedios durante la fase de aplicación de 9.4% a 11.6% durante los primeros 4 años. En contraste la fertilización mineral no afectó el contenido de proteína cruda del forraje y presentó valores similares de Ca y P al testigo con promedios de 8.5%

durante los tres años de evaluación residual. Los niveles mayores de estiércol originaron un menor contenido de calcio (Ca) y fósforo (P) por el contrario los niveles mínimos de estiércol y el testigo tuvieron incrementos en el nivel de estos elementos en el forraje tanto en la fase de aplicación como en la fase residual, con un ligero incremento en esta última, con promedios respectivos de 0.45 % y 0.53 % (Ca), 0.38 % y 0.53 % (P).

Además demuestran que es factible incrementar rendimientos de forraje y el contenido proteico del Buffel Texas 4464 con aplicaciones anuales de 10 a 30 ton/ha/año de estiércol de bovino y ovino sobre la fertilización mineral cuyo efecto solo se aprecia en los primeros años después de la fertilización.

En otro estudio realizado por el instituto de Ciencia Animal de Cuba consultado por (Machado R. y Lamela L. 1982). Encontraron que el pasto callie aplicando una dosis de 150 Kg de N/ha/año y 300 kg de N/ha/año contiene un 0.49% y 0.55% de fósforo respectivamente y un 2.27% y 2.65% de potasio al aplicar ambas dosis. Recomendando que se puede obtener notables aumentos en los rendimientos al usar una dosis de fertilización similar o por encima de 200 kg de N/ha/año.

Por otra parte (Mármol J. 1983). Realizó un estudio donde evaluó la concentración de macronutrientes minerales en el suelo y en los pastos de 12 fincas de Guarico Oriental, Venezuela; encontrando un promedio de 0.51 % para nitrógeno, 0.18 % de calcio, 0.02 % de fósforo, 0.24% de potasio y 0.19% de magnesio (Mg) para los pastos en época seca y 1.10% de materia orgánica, 1.53 Ca, 1.76 Mg, 0.14 K como cationes extraíbles (Meq./100gr de suelo), 4.8 ppm de P, y 9.9 de capacidad de intercambio iónica (meq/100g) en los suelos y en la misma época.

Concluyendo que en el suelo el pH varió de 4,2 a 5,7 además que los contenidos de calcio, magnesio y potasio en el suelo revelan un bajo potencial de suministro de estos minerales en las fincas estudiadas. Con relación a los valores de fósforo, estos resultaron ser bajos en todas las fincas, variando de 1,5 a 1,8 ppm.

En el mismo estudio, en el análisis de los forrajes los valores extremos encontrados para contenidos de nitrógeno fueron de 0,34 % y 0.61%, diferente al calcio cuyo valor promedio fué de 0,19 % encontrando diferencias altamente significativas entre las fincas estudiadas siendo el mayor contenido de 0,34% del referido elemento, en el caso del fósforo encontraron valores altamente deficientes < 0,18% y solo un 1% de las fincas presento valores > 0,21% que llenan los requerimientos de las animales, la alta incidencia de valores de fósforo inferiores a los requerimientos de los animales encontrados en los pastos, podría deberse fundamentalmente a las características de la acidez de los suelos y al bajo contenido de los mismos.

Aproximadamente el 90% de las muestras de forrajes estudiadas presentaron valores de potasio que llenan los requerimientos de los bovinos, los niveles encontrados varían de 0,01 a 0,71% encontrándose diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ) entre las fincas estudiadas.

#### 2.7.1 Factores que afectan la absorción de nutrientes.

Numerosos factores influyen en mayor o menor grado la asimilación de los nutrientes. Entre esos factores se encuentra la provisión de sustrato de la respiración, la temperatura y la provisión de oxígeno. Este último se puede alterar significativamente con prácticas de manejo. La compactación del suelo, influye en la disponibilidad de oxígeno para la respiración de las raíces, lo que ocasiona que haya reducción en la absorción de los nutrientes. Otro elemento importante a considerar es el contenido de humedad del suelo, debido a que influye en la tasa de movimiento y difusión de los iones al espacio exterior de las células de las raíces, de igual manera la temperatura del suelo influye sobre dicho proceso ya que a medida esta aumenta, aumenta la absorción, debido a una mayor actividad bioquímica hasta llegar a un limite óptimo por encima del cual decrece progresivamente hasta paralizarse .Al contrario ocurre con las temperaturas bajas, que además de dificultar la actividad bioquímica provocan una disminución de la solubilidad en la disolución del suelo (Fuentes Y. 1994).

También es importante considerar la densidad y distribución de las raíces en el suelo ya que las que penetran a una zona con alto contenido de nitrógeno y fósforo tienden a proliferar más fácilmente (Foth H. 1975).

### 2.7.2 Formas en que se encuentran los nutrientes en el suelo.

Al estudiar la composición química del suelo hay que distinguir tres formas de los elementos nutricionales: no asimilables, intercambiables que son parcialmente asimilables y forma de disolución que es fácilmente asimilable.

La forma no asimilable es aquella en la que el elemento se encuentra combinado formando parte de un compuesto que no es accesible a la absorción de la planta hasta que el compuesto no se descomponga. El término descomposición se aplica a los compuestos inorgánicos, como silicatos, minerales y a los orgánicos como las proteínas.

Según (Thompson L. M 1969 consultado por Montoya A. et. al.1994). La forma intercambiable es aquella en que el elemento existe como catión o anión absorbido en las superficies de los compuestos orgánicos o de las arcillas; los iones intercambiables son asimilables por las plantas, una gran cantidad de cationes asimilables se encuentra en esta forma.

Los aniones entre ciertos límites se encuentran en forma intercambiable pero la mayor parte de las arcillas y compuestos orgánicos en su superficie presentan mas cargas negativas que positivas. Los nitratos son casi móviles y su retención por las arcillas y los compuestos orgánicos pueden ser considerados como iones intercambiables

La planta absorbe los elementos esenciales en formas inorgánicas simples y su mayor proporción en forma iónica, por ejemplo, el calcio, magnesio y potasio son absorbidos como iones  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  y  $\text{K}^{+}$ , el nitrógeno lo hace en forma  $\text{NH}_4^{+}$  o  $\text{NH}_3^{+}$ , el fósforo en forma de  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$  y el azufre como  $\text{SO}_4^{-2}$ , la raíz de la planta intercambia

cationes y aniones, por aniones. Con todo el mecanismo de absorción tanto de cationes como de aniones, todavía no está suficientemente aclarado. (Thomson, L. 1969.)

## 2.8 Curvas de absorción de nutrientes.

Una curva de absorción es una representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades de ese elemento extraídas por la planta durante su ciclo de vida. La extracción del nutriente depende de factores internos tales como el potencial genético de la planta y la edad de esta, también depende de factores externos como: Temperatura, Humedad, Brillo solar, etc. Para la elaboración de una curva de absorción de nutrientes se debe seleccionar el cultivo a estudiar, las plantas tipo para el muestreo secuencial de biomasa, definir las etapas fonológicas más importantes del ciclo del cultivo, dividir las plantas muestreadas en sus diferentes tejidos morfológicos (raíz, tallo, hojas, peciolo, frutos, etc.) (Sancho V. 2006).

### 2.8.1 Importancia y utilidad de las curvas de absorción de nutrientes.

Conociendo el comportamiento de las curvas de absorción se determinan las épocas de mayor absorción durante el desarrollo del cultivo. Esto a su vez permite definir las épocas de aplicación de los fertilizantes en los programas de fertilización, que generalmente deberán ocurrir una o dos semanas antes de este pico de alto requerimiento de los fertilizantes. Con esto se logra maximizar el aprovechamiento de los fertilizantes. Las curvas de absorción también permiten conocer la calidad nutritiva en cuanto al contenido de nutrientes de las partes de la planta de consumo humano o animal (Sancho V. 2006). Además nos ayudan a identificar la dinámica de absorción de los diferentes nutrientes durante el ciclo de vida del cultivo y su relación con las diferentes etapas fonológicas.

Con estas gráficas es fácil comparar las distintas tendencias de absorción total y absorción de nutrientes en cada tejido. Esta información es valiosa para diseñar estrategias de manejo de la nutrición del cultivo permitiendo afinar los programas de fertilización (Bertsch F. 2005).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación geográfica.

El estudio se realizó en la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, la cual esta ubicada en el Cantón Tecualuya, San Luís Talpa, La Paz. Coordenadas: Latitud 13° 27' N, Longitud 88° 53' O.

#### 3.2 ETAPAS DEL ENSAYO.

El ensayo se realizo en diferentes etapas, de campo, de laboratorio y análisis de los resultados.

##### **3.2.1 Etapa de campo.**

En la etapa de campo se consulto con los responsables de la Estación Experimental para conocer las variedades de pasto que se cultivan asi como; el número de potreros cultivados con cada variedad, tipo de fertilización utilizada y manejo agronómico del mismo. A partir de esta información se escogieron tres potreros y tres variedades de pasto para realizar el ensayo estos fueron: potreros 10, 11 y 12, y variedades: Callie (*Cynodon dactylon*), Estrella (*Cynodon Plectostachyus*) y Pangola (*Digitaria decumbes*). La elección se debió a que son los que mas se utilizan en la zona para alimentar el ganado, siendo necesario diferenciar los requerimientos de cada variedad.

##### **3.2.1.1 Caracterización inicial del suelo.**

Se realizó un análisis inicial de suelos para conocer la concentración de N (Método colorimétrico), P (Método Espectofométrico visible), K (Espectofotometría de llama), Ca (Método Complejométrico), Mg (Método Complejométrico), Al (Método volumétrico por neutralización), los anteriores se consideran como elementos asimilables. La materia orgánica (Método Dicromato Walkey y Black) y otras propiedades como: Capacidad de Campo (Sistema 1/3 de Bar, SOILMOISTURE),

Punto Permanente de Marchitez (Sistema 15 bares, SOILMOISTURE), pH (Método potenciométrico), y Conductividad eléctrica (Método Conductimétrico.).

#### 3.2.1.2 Muestreo en suelos.

Para esta actividad se realizó un muestreo por potrero. El método a seguir fue el de zig zag, realizando 8 puntos de muestreo, de tal manera que se cubriera todo el potrero y fuera representativo del lugar. Las muestras se tomaron con un barreno a una profundidad de 20 a 25 cm, se mezclaron, cuartearon, mezclaron nuevamente para tomar 2 lbs. Esta muestra se depositó en bolsas plásticas bien identificadas (nombre de la muestra, número de potrero, fecha, el nombre de quien realizó el muestreo) y llevaron al laboratorio de química agrícola de la facultad para realizar los diferentes análisis.

### **3.2.2 Etapa de Laboratorio.**

#### 3.2.2.1 Preparación del suelo.

Se inició con la preparación de las muestras, secándolas a temperatura ambiente y tamizándolas usando un tamiz No 10 como lo recomienda la metodología que se utiliza en el país, después se almacenaron en bolsas de plástico bien identificadas para realizar los respectivos análisis.

#### 3.2.2.2 Análisis de las muestras en el laboratorio.

En el laboratorio a las muestras se le realizaron diferentes análisis tales como; N, P, K, Ca, Mg, Al, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica, capacidad de campo y punto permanente de marchitez, sus respectivas marchas se tomaron del manual de química analítica, según Cañas de Moreno (2005) y metodología del CENTA (1984), estas fueron las siguientes:

### **3.3 Preparación de soluciones extractoras para la determinación de Nitrógeno Nítrico, Fósforo y Potasio en el suelo.**

Se pesaron 10g de suelo previamente tamizados, se colocaron en un erlenmeyer de 250ml, se agrego una pequeña cantidad de carbón darco G60 para clarificar la solución, después se añadió por medio de una bureta a cada muestra 50ml de solución extractora carolina del norte (Melich), se agitó durante 5min y filtro utilizando papel filtro corriente, de esta forma se tenían preparados los extractos para medir las alícuotas que sirvieron para determinar N, P y K (Cañas de Moreno 2005).

#### **3.3.1 Nitrógeno nítrico. (Método colorimétrico).**

Se uso el método colorimétrico visual; se agrego a la muestra solución buffer de acetato de sodio saturado, usando como indicador difenilamina que produce una coloración azul que indica la presencia de nitrógeno y luego se comparo con el patrón de 35ppm de nitrógeno tratado de la misma manera que las muestras, lo que nos permite conocer si es menor, igual o mayor a 35ppm (CENTA 1984).

#### **3.3.2 Fósforo (Método Espectofométrico visible).**

Se determino por medio del método colorimétrico vanadato-molibdato de amonio, reactivo que en presencia de una alícuota de extracto de suelo que contiene fósforo desarrolla una coloración amarilla de distinta tonalidad según la concentración presente en la muestra, estas se comparan con una serie de estándares que contienen los mismos reactivos y sirven para calibrar el espectrofotómetro y encontrar la concentración de fósforo; leyendo a una longitud de onda de 420 nm (Cañas de Moreno 2005).

#### **3.3.3 Potasio (Espectofotometría de llama).**

El potasio se determinó por espectrofotometría de llama. En este método la solución de la muestra se aspira en una llama formada por gas propano y aire. Los átomos de potasio que se encuentran en el estado excitado pasan a un nivel de energía inferior en el cual emiten una cantidad de energía que posteriormente se mide en un quipo

llamado fotómetro de llama, a una longitud de onda establecida. Se hace una curva de calibración con estándares de diferente concentración de potasio para encontrar la cantidad presente en las muestras (Skoog A. 2001).

### **3.4 Preparación de soluciones extractoras para la determinación de Calcio, Magnesio y Aluminio en el suelo.**

Se pesaron 10 gramos de suelo previamente tamizados, se colocaron en un erlenmeyer de 250ml y se agregó una pequeña porción de carbón darco G60 para clarificar la solución, después se añadió por medio de una bureta a cada muestra 50 ml de solución extractora de cloruro de potasio 1N, se agito durante 5 minutos y filtro recogiéndolo en un erlenmeyer utilizando papel filtro corriente, de esta manera se obtuvo los extractos para medir las alícuotas para determinar Ca, Mg y Al (CENTA 1984).

#### **3.4.1 Calcio + Magnesio (Método Complejométrico).**

Con pipeta volumétrica se midieron 25ml de extracto de suelo, se colocaron en un erlenmeyer y agregó 10ml de solución buffer cloruro de amonio hidróxido de amonio para llevar a pH de 10, más tres gotas de indicador negro de eriocromo (NET) y valoro con solución de ácido etilendiaminotetracético (EDTA) hasta cambio de color de violeta a azul (Cañas de Moreno 2005).

#### **3.4.2 Calcio (Método Complejométrico).**

Con pipeta volumétrica se midieron 25ml de extracto de suelo, se colocaron en un erlenmeyer y agregó solución reguladora de hidróxido de sodio 4 molar para llevar la solución a un pH de 12 se agito, agregó indicador murexida y valoro con ácido etilendiaminotetracético (EDTA) hasta cambio de color del indicador de rosado a morado (CENTA 1984).

#### **3.4.3 Magnesio (Método Complejométrico).**

Los resultados de magnesio se obtuvieron de la siguiente manera: restando los miliequivalentes de Ca + Mg menos los miliequivalentes de calcio obtenidos durante las valoraciones.

#### 3.4.4 Aluminio (Método volumétrico por neutralización).

Se cuantifico valorando una alícuota de extracto de suelo obtenido utilizando la solución extractora de cloruro de potasio con solución de hidróxido de sodio como valorante y además indicador azul de bromotimol quien en presencia de aluminio produce una coloración azul (Cañas de Moreno 2005).

#### 3.4.5 Materia orgánica (Método Dicromato Walkley y Black).

Se analizó por el método de oxidación reducción walkley y black: que consiste en la oxidación de la materia orgánica del suelo con dicromato de potasio en presencia de ácido sulfúrico (agente oxidante) y posterior valoración del exceso de dicromato añadido con una sal ferrosa que es una solución valorante de concentración conocida (valoración por retroceso), utilizando como indicador difenilamina que finalmente da una coloración verde esmeralda (CENTA 1984).

#### 3.4.6 pH (Método potenciométrico).

Se determinó por el método potenciométrico. Se peso en balanza semianalítica 5 gramos de suelo secado al aire, tamizado a través de un tamiz N° 10, se colocaron en beaker de 100 ml. se agrego con probeta 25 ml de agua destilada, agito durante 5 minutos con agitador eléctrico de vaivén y se determino el pH por potenciometría, se anoto la lectura.

#### 3.4.7 Conductividad eléctrica. (Método Conductimétrico).

Se determinó midiendo la resistencia eléctrica entre dos electrodos paralelos sumergidos en una solución acuosa, que tiene la propiedad de producir una corriente según las cantidades de sales disueltas que contenga. Se utilizo un conductímetro E587 metrohm herisau y una celda de conductividad que se estandariza a 25°C, y una relación de suelo agua de 1:1 (Cañas de Moreno 2005).

3.4.8 Capacidad de campo (Sistema 1/3 de Bar SOILMOISTURE), y punto permanente de marchitez. (Sistema 15 bares, SOILMOISTURE).

Se determinaron mediante el uso de un equipo que consta de un generador de aire comprimido, sistema de válvulas y extractores de presión. Para lo cual el suelo se tamizó con un tamiz de 2mm. Del resultado se tomó 25 gr y colocó en anillos de hule, (altura de 1 cm y diámetro de 5.5 cm) dentro de las ollas de presión a 1/3 de bar para capacidad de campo y 15 bares para punto permanente de marchitez, estas permanecieron por 24 horas, luego se extrajo la muestra y se trasladó a una estufa a 110°C durante 24 horas para determinar humedad que corresponde a capacidad de campo y punto permanente de marchitez (López L. 2005).

**3.5 MONTAJE DEL ENSAYO.**

Se analizó la conveniencia o no, de montar el ensayo directamente en los potreros; y debido a que se realizó en época lluviosa y habrían pérdidas por lixiviación se decidió utilizar macetas, las dimensiones son 28 cm. de diámetro y 36 cm de altura, el diseño estadístico utilizado fue el de bloques completos al azar en parcelas divididas, es decir:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + P_j + (R \times P)_{ij} + S_k + (P \times S)_{jk} + (R \times S)_{ik} + (R \times P \times S)_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Cualquier observación de la unidad experimental.

$\mu$  = Promedio sobre el cual está girando cualquier valor del experimento.

$R_i$  = Efecto de la i-ésima repetición.

$P_j$  = Efecto de la j-ésima parcela experimental.

$(R \times P)_{ij}$  = Error (a) entre parcelas principales.

$S_k$  = Efecto de la k-ésima subparcela.

$(P \times S)_{jk}$  = Efecto de la interacción de la parcela principal "j" x subparcela "k"

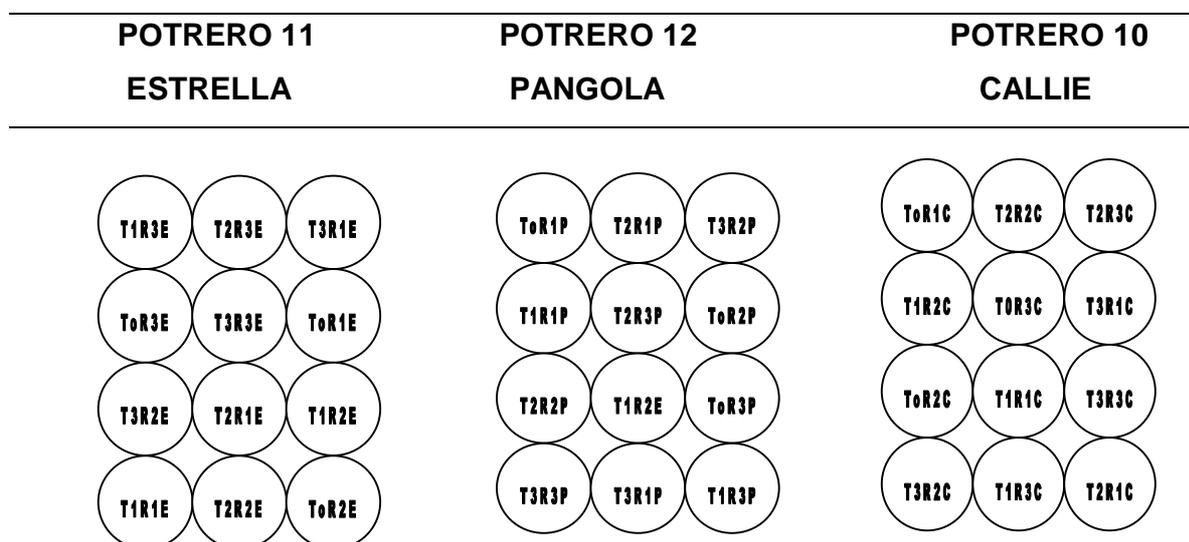
$(R \times S)_{ik} + (R \times P \times S)_{ijk}$  = Error (b) entre subparcelas.

En total se usaron 36 macetas, divididas en 12 que reflejaron cada variedad, de esta manera se obtuvo un control de la cantidad de suelo que se utilizó, el riego y la aplicación del fertilizante de una manera exacta.

### 3.5.1 Unidad Experimental

La unidad experimental utilizada fueron las 36 Macetas con tres repeticiones por tratamiento y la forma en que quedaron establecidas se muestra en la figura 4.

**Figura 4.** Establecimiento de las repeticiones dentro de las macetas para su posterior obtención de las muestras de pasto.



### 3.5.2 Calculo de las dosificaciones de fertilizantes.

Con los resultados obtenidos en el análisis (cuadro 3) se procedió a calcular las cantidades de N, P, K a aplicar, para esto fué necesario la utilización del manual técnico de fertilización del CENTA (1984). El cual establece un requerimiento de 400.4lb/mz de N, 201.01 lb/mz de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 99.79 lb/mz de K<sub>2</sub>O, dicho cálculo se determino por diferencia entre los análisis realizados y las necesidades del cultivo según el manual, multiplicándolo por la profundidad de raíz, luego por la densidad

aparente previamente calculada para cada potrero y el resultado obtenido se multiplico por un factor de corrección estándar para pastos cuyo valor es de 16.56 lb/mz de  $P_2O_5$  para fósforo y 7.51 lb/mz de  $K_2O$  para Potasio. Conociendo estos resultados se llego a la conclusión que los fertilizantes a utilizar serian la formula 16-20-0, UREA y

0-0-60 para poder satisfacer las necesidades nutricionales de cada variedad de pasto cuyos cálculos se presentan a continuación.

El cálculo de la cantidad de fertilizante por maceta se hizo considerando un volumen de suelo a utilizar en las macetas de  $0.0066m^3$ , una profundidad de raíz de 0.10m y un nivel crítico para fósforo en pastos de 13ppm, para potasio de 60ppm y para nitrógeno de 0.15%, además un factor de corrección para fósforo de 35.26 y para potasio de 18.55 los resultados obtenidos fueron:

#### **POTRERO 10. Pasto Callie**

##### **Calculo de valor del contenido de Fósforo disponible en el suelo**

$APs = (\text{valor obtenido en el análisis} - Nc) * \text{prof. Raíz} * \text{Densidad aparente} * Fc$

$APs = (7.27\text{ppm} - 13) * 0.10 * 0.80\text{g/cm}^3 * 35.26$

$APs = -16.56 \text{ lb/mz de } P_2O_5$

##### **Calculo de valor del contenido de Potasio disponible en el suelo**

$AKs = (\text{valor obtenido en el análisis} - Nc) * \text{prof. Raíz} * \text{densidad aparente} * Fc$

$Aks = (55.06\text{ppm} - 60) * 0.10 * 0.82\text{g/cc} * 18.55$

$AKs = -7.51\text{lb/mz de } K_2O$

Donde:

$APs =$  Porcentaje de fósforo disponible en el suelo.

$Aks =$  Porcentaje de potasio disponible en el suelo.

$Nc =$  Nivel crítico para fósforo.

$Fc =$  factor de corrección.

Requerimientos nutricionales de los pastos bajo riego según el manual del CENTA 1984:

N	P	K
400.4 lb/mz de N	201.01 Lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	99.79 lb/mz de k <sub>2</sub> O
	+16.56 lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+7.51 lb/mz de k <sub>2</sub> O
_____	_____	_____
400.4 lb/mz de N	217.57 lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	107.3 lb/mz de k <sub>2</sub> O

Teniendo en cuenta que para suplir la necesidad del pasto existe un nivel crítico para cada elemento y este no esta disponible en el suelo, es decir que el valor encontrado es inferior a este nivel, por lo cual hay que sumar 16,56 lb/mz de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 7.51 lb/mz de K<sub>2</sub>O. El nitrógeno únicamente se analizó de manera visual usando una solución patrón de 35ppm por lo cual no se obtuvo un dato exacto.

Fósforo T1 (Dosis recomendada).

Los 400.4 lb/mz de N, 217.57 lb/mz de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 107.3 lb/mz de K<sub>2</sub>O, los valores encontrados anteriormente son los que se aplicarán al suelo para suplir la necesidad del pasto usando las siguientes formulas de fertilizante.

Si aplicamos 16-20-0 (Se esta aportando un 20% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 217.57 lb/mz de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 0.20 = 1087.85 lb/mz

1087.85 lb/mz de 16-20-0 \* 0.16 (16% de Nitrógeno que aporta la formula química 16-20-0)= 174.05 lb/mz de N

Si estamos aplicando 174.05 lb/mz de N ¿cuanto hace falta para suplir la necesidad?  
400.4 lb/mz de N – 174.05 lb/mz = 226.35 lb de N hacen falta.

Aplicaremos UREA: 226.35 lb/mz de N / 0.46 = 492 lb/mz de UREA

### **Cálculo de la dosis de fertilizante por maceta.**

**Fórmula 16-20-0 Pasto: callie Potrero 10.**

Para suplir el potasio utilizaremos 0-0-60  $107.3 \text{ lb/mz} / 0.6 = 178.83 \text{ lb/mz}$  de 0-0-60

16-20-0:

$$\text{Si } 700 \text{ m}^3 \text{ _____ } 1087.85 \text{ lb}$$

$$0.0066 \text{ m}^3 \text{ _____ } X = 0.01016 \text{ lb} * 454 \text{ g} = 4.65 \text{ g.}$$

UREA: potrero 10

$$700 \text{ m}^3 \text{ _____ } 492 \text{ lb}$$

$$0.0066 \text{ m}^3 \text{ _____ } X = 0.00463 * 454 = 210 \text{ g de UREA}$$

0-0-60:

$$700 \text{ m}^3 \text{ _____ } 178.73 \text{ lb}$$

$$0.0066 \text{ m}^3 \text{ _____ } X = 0.00168 * 454 = 0.76 \text{ g de 0-0-60}$$

**T2** Potrero 10 disminuir el 25% a la dosis recomendada

$$\text{UREA } 2.10 \text{ g} - 0.52 = 1.58 \text{ g}$$

$$0-0-60 \quad 0.76 \text{ g} - 0.19 = 0.57 \text{ g}$$

$$16-20-0 \quad 4.65 \text{ g} - 1.16 = 3.49 \text{ g}$$

**T3** para el potrero 10. Aumentar el 25% a la dosis recomendada

$$\text{UREA } 2.10 \text{ g} + 0.52 = 2.62 \text{ g}$$

$$0-0-60 \quad 0.76 \text{ g} + 0.19 = 0.95 \text{ g}$$

$$16-20-0 \quad 4.65 \text{ g} + 1.16 = 5.81 \text{ g}$$

### **POTRERO 11. ESTRELLA**

Fósforo.

APs= (análisis- Nc)\*prof. Raíz\*Densidad aparente\*Fc

$$APs = (7.80\text{ppm} - 13) * 0.10 * 0.70 * 35.26$$

$$APs = -12.8$$

$$AKs = (\text{análisis-Nc}) * \text{prof. Raíz} * \text{Densidad aparente} * Fc$$

$$AKs = (47.42 - 60) * 0.10 * 0.70 * 18.55$$

$$AKs = -16.33$$

Requerimientos.

N	P	K
400.4 lb/mz de N	201.01 Lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	99.79 lb/mz de k <sub>2</sub> O
	+12.83	+16.33
-----	-----	-----
400.4 lb/mz de N	213.84 lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	116.12 lb/mz de k <sub>2</sub> O

Si aplicamos 16-20-0 entonces:

$$213.84 \text{ lb P}_2\text{O}_5 / 0.2 = 1069.2 \text{ de 16-20-0}$$

$$1069.2 \text{ lb/mz de 16-20-0} * 0.16 = 171.07 \text{ lb/mz de N se esta aplicando}$$

$$400.4 \text{ lb/mz de N} - 171.07 = 229.33 \text{ lb/mz de N faltan}$$

$$\text{Para N: } 229.03 \text{ lb/mz} / 0.46 = 498.54 \text{ lb/mz de UREA}$$

$$\text{Para K: } 116.12 \text{ lb/mz} / 0.60 = 193.53 \text{ lb/mz de 0-0-60}$$

- 16-20-0:

$$700 \text{ m}^3 \text{ _____ } 1069.2 \text{ lb de 16-20-0}$$

$$0.0066 \text{ m}^3 \text{ _____ } X = 0.010 \text{ lb/mz} * 4.54, \quad X = 4.57 \text{ g de 16-20-0}$$

- UREA:

$$700 \text{ m}^3 \text{ _____ } 498.54 \text{ lb}$$

$$0.0066 \text{ m}^3 \text{ _____ } X = 4.70^{-3} * 4.54, \quad X = 2.13 \text{ g de UREA}$$

- 0-0-60

$$700 \text{ m}^3 \text{ _____ } 193.53 \text{ lb de 0-0-60}$$

$$0.0066 \text{ m}^3 \text{ _____ } X = 1.82^{-3} * 4.54, \quad X = 0.82 \text{ g de 0-0-60}$$

T2 Potrero 11 Disminuir el 25% a la dosis recomendada.

$$16-20-0 \quad 4.57 \text{ g} - 1.14 = 3.43 \text{ g de 16-20-0}$$

$$\text{UREA} \quad 2.13 \text{ g} - 0.53 = 1.60 \text{ g de UREA}$$

$$0.0.60 \quad 0.82 \text{ g} - 0.20 = 0.62 \text{ g de 0-0-60}$$

0.0.61

T3 Potrero 11 aumentar el 25% a la dosis recomendada.

$$16-20-0 \quad 4.57 \text{ g} + 1.14 = 5.71 \text{ g de 16-20-0}$$

$$\text{UREA} \quad 2.13 \text{ g} + 0.53 = 2.66 \text{ g de urea}$$

$$0-0-60 \quad 0.82 \text{ g} + 0.20 = 1.02 \text{ g de 0-0-60}$$

## POTRERO 12. PANGOLA

Fósforo. T1 Dosis recomendada.

$$\text{APs} = (\text{análisis} - \text{Nc}) * \text{prof. Raíz} * \text{Densidad aparente} * \text{Fc}$$

$$\text{APs} = (6.28 \text{ ppm} - 13) * 0.10 * 0.76 * 35.26$$

$$\text{APs} = -18.00 \text{ lb/mz de P}_2\text{O}_5$$

$$\text{AKs} = (\text{análisis} - \text{Nc}) * \text{prof. Raíz} * \text{densidad aparente} * \text{Fc}$$

$$\text{AKs} = (45.90 - 60) * 0.10 * 0.76 * 18.55$$

$$\text{AKs} = -19.87 \text{ lb/mz de K}_2\text{O}$$

Requerimientos.

N	P	K
400.4 lb/mz de N	201.01 Lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	99.79 lb/mz de K <sub>2</sub> O
	+18 lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	+19.87 lb/mz de K <sub>2</sub> O
_____	_____	_____
400.4 lb/mz de N	219.01 lb/mz de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	119.66 lb/mz de k <sub>2</sub> O

Si aplicamos 15-20-0, entonces:  $219.01 \text{ lb/mz} / 0.20 = 1095.05 \text{ lb/mz}$

$1095.05 \text{ lb/mz} * 0.16 = 175.20 \text{ lb/mz de N}$

$400.4 \text{ lb/mz de N} - 175.20 \text{ lb/mz de N} = 225.2 \text{ lb/mz de N} / 0.46 = 489.56 \text{ lb/mz de UREA.}$

Para potasio:

$119.66 \text{ lb/mz} / 0.60 = 119.43 \text{ lb/mz de 0-0-60.}$

- 16-20-0:

$700 \text{ m}^3 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } 1095.05 \text{ lb}$

$0.0066 \text{ m}^3 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } X = 0.0103 * 4.54, \quad X = 4.68 \text{ g de 16-20-0}$

- UREA:

$700 \text{ m}^3 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } 489.56 \text{ lb/mz}$

$0.0066 \text{ m}^3 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } X = 0.0046 * 4.54 \quad X = 2.09 \text{ g de UREA}$

- 0-0-60:

$700 \text{ m}^3 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } 199.43 \text{ lb/mz}$

$0.0066 \text{ m}^3 \text{ } \underline{\hspace{2cm}} \text{ } X = 1.88^{-3} * 4.54 \quad X = 0.85 \text{ g de 0-0-60}$

T2 Disminuir el 25% a la dosis recomendada.

16-20-0       $4.68 - 1.17 = 3.51 \text{ g de 16-20-0}$

UREA       $2.09 - 0.52 = 1.51 \text{ g de UREA}$

0-0-60       $0.85 - 0.21 = 0.64 \text{ g de 0-0-60}$

### 3.5.3 Pesado de los fertilizantes.

Las cantidades de cada fertilizante se pesaron en una balanza analítica posteriormente se depositaron en bolsas de 3x8 pulgadas con su respectiva identificación Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Dosis de fertilizante a aplicar en cada maceta en gramos

		ToR1P0	ToR2P0	ToR3P0	ToR1P1	ToR2P1	ToR2P1	ToR1P2	ToR2P2	ToR3P12
T o	N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	P	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		T1R1P0	T1R2P0	T1R3P0	T1R1P1	T1R2P1	T1R3P1	T1R1P2	T1R2P2	T1R3P12
T 1	N	4.65	4.65	4.65	4.57	4.57	4.57	4.68	4.68	4.68
	P	2.1	2.1	2.1	2.13	2.13	2.13	2.09	2.09	2.09
	K	0.76	0.76	0.76	0.82	0.82	0.82	0.85	0.85	0.85
		T2R1P0	T2R2P0	T2R3P0	T2R1P1	T2R2P1	T2R3P1	T2R1P2	T2R2P2	T2R3P12
T 2	N	3.49	3.49	3.49	3.43	3.43	3.43	3.51	3.51	3.51
	P	1.58	1.58	1.58	1.6	1.6	1.6	1.57	1.57	1.57
	K	0.57	0.57	0.57	0.62	0.62	0.62	0.64	0.64	0.64
		T3R1P0	T3R2P0	T3R3P0	T3R1P1	T3R2P1	T3R3P1	T3R1P2	T3R2P2	T3R3P12
T 3	N	5.81	5.81	5.81	5.71	5.71	5.71	5.85	5.85	5.85
	P	2.62	2.62	2.62	2.66	2.66	2.66	2.61	2.61	2.61
	K	0.95	0.95	0.95	1.02	1.02	1.02	1.06	1.06	1.06

\* Dosificaciones en base al Manual de Fertilidad del CENTA (1984)

### 3.5.4 MONTAJE DEL ENSAYO EN CAMPO.

#### a. Llenado de macetas.

Las macetas se perforaron en la parte de abajo para tener un buen drenaje, luego se llenaron con suelo tomado de 8 puntos de cada potrero previamente mezclado haciendo uso de pala y piocha figura 5, esto se llevo a cabo el día 15 de Septiembre del 2006.



Figura 5. Llenado de macetas.

#### b. Establecimiento de macetas

Se determino que para tener un mejor control en cuanto a manejo, la mejor ubicación sería el lote la Bomba por la disponibilidad del agua y por estar mas protegido de los animales. Seguidamente se corto el pasto de cada potrero con una piocha, ya que el objetivo era sacarlo con todo y raíz para posteriormente sembrarlo y luego esperar 4 semanas para que este enraizara.

#### c. Fertilización

Una vez que el pasto se fijo bien al suelo se procedió a podarlo y a la aplicación del fertilizante figura 6. Realizando esta actividad el 15 de Noviembre del mismo año y se aplico el programa de fertilización como si se hubiese establecido el pasto por primera vez.



Figura 6. Aplicación del fertilizante.

### 3.6 MUESTREOS DESPUES DE APLICADO EL PROGRAMA DE FERTILIZACION.

#### 3.6.1 Muestreos

Se realizaron una secuencia de 3 muestreos en suelo y planta a los 15, 21 y 30 días después de aplicado el fertilizante, en cada uno se analizó los elementos N, P, K por ser los mas importantes en las plantas debido a las múltiples funciones que en ellas desempeñas, analizando suelo, tallo, hojas y raíz (este último solo se analizo a los 30 días), con el fin de determinar lo disponible en el suelo y lo absorbido en la planta.

El primer muestreo se efectuó el 30 de noviembre del 2006, el segundo muestreo el 6 de diciembre y el último muestreo el 15 de diciembre del mismo año, trasladando las muestras de suelo y planta al laboratorio en bolsas plásticas previamente identificadas para realizar sus respectivos análisis.

### **3.7 Preparación de muestras (tallo, hoja y raíz) para el análisis de N, P y K en el laboratorio.**

- Humedad parcial.

Teniendo la muestra en el laboratorio se separo la hoja del tallo, y cada parte se colocó en bolsas de papel previamente perforadas e identificadas, se pesaron vacías y luego con muestra, se colocaron en la estufa de aire reforzado a 70°C durante 24 horas, se enfriaron en desecadores durante 30 minutos. Una vez secas las muestras se procedió a pesarla y por diferencia de pesos se calculo la humedad parcial. Posteriormente se molió y almacenó en bolsa plásticas bien identificadas. En esta

humedad se pierde el agua no esencial conocida únicamente como humedad parcial, utilizada mayormente para encontrar el porcentaje de materia seca.

- Humedad Total, (Desecación al vacío.)

En esta humedad se elimina el agua esencial; la muestra a la que se le determinó la humedad parcial se colocó en cajas de aluminio previamente secadas, pesadas e identificadas, se calentaron durante 5 horas a 105°C, en estufa de vacío, enfriaron y pesaron, luego se calculó la humedad total, este dato sirvió para reportar los resultados en base seca.

### 3.7.1 Nitrógeno: método micro Kjeldahl

El método micro kjeldahl consiste en tres pasos importantes: digestión, destilación y valoración.

**a. Digestión:** se pesó en papel filtro whatman N° 42 y en balanza analítica 0.10 gr. de muestra obtenida en la humedad total, este se transfirió a un balón de kjeldahl donde se le agregó 0.1g de óxido de mercurio (HgO) el cual actúa como catalizador para acelerar la reacción y formar compuestos amoniacales que se deben descomponer para poder determinar el nitrógeno, 1.5g de sulfato de potasio (K<sub>2</sub>O) que también actúa como catalizador y además aumenta el punto de ebullición del ácido sulfúrico y 6 ml de ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) que sirve como agente oxidante fuerte sobre la materia orgánica y para transformar el nitrógeno amoniacal a sulfato de amonio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, al colocarlo en la cocina y realizar la digestión. (Figura 7)

La reacción fue la siguiente:





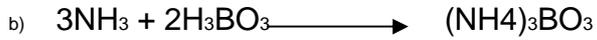
Figura 7. Digestión de las muestras.

**b. Destilación:** Finalizada la digestión se procedió a dejar enfriar los balones durante media hora para agregarle agua destilada hasta mas o menos la mitad del bulbo, nuevamente se dejo enfriar para después agregar tres perlas de vidrio cuya función es mezclar la solución, dos granallas de zinc a cada balón, durante la destilación, estos utilizan para reducir el nitrógeno en forma de nitratos a compuestos aminos, y 3.5 ml. de solución de tiosulfato de sodio al 8% que sirve para precipitar el óxido de mercurio utilizado en la etapa de digestión.

Por otra parte en un erlenmeyer de 125 ml. Se coloco 15 ml de ácido bórico al 4% para convertir el amoniaco ( $\text{NH}_4$ ) formado a una sal llamada borato de amonio ( $(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$ ) y 3 gotas de indicador rojo de metilo y azul de metileno, los que se colocaron en el destilador.

Para poder iniciar la destilación, a cada balón se le agrego 25 ml de hidróxido de sodio al 50% cuidadosamente sin agitar para convertir el sulfato de amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) y sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), formado como producto final en la digestión a amonio ( $\text{NH}_4$ ) finalizado esto se procedió a colocar el balón en la cocina y destilo hasta obtener aproximadamente 40 – 50 ml de destilado en el erlenmeyer hasta cambio de color del indicador de verde a azul. (Figura 8)

La reacción que se da en el proceso de destilación es la siguiente:



**c.Valoración:** Inmediatamente después de la destilación se procedió a valorar con ácido clorhídrico de normalidad conocida, anotando los mililitros gastados en la valoración para realizar los cálculos correspondientes y encontrar el porcentaje de nitrógeno (Anexo 1). (Cañas de Moreno, 2005)

La reacción fué la siguiente:



**Figura 8.** Destilación en la determinación de nitrógeno total en tejidos vegetales.

### 3.7.2 Fósforo y Potasio.

Para determinar estos dos elementos la muestra obtenida en la humedad total se calcino hasta obtener la ceniza, esta última se solubilizó, el proceso a seguir fue el siguiente:

- Preparación de la ceniza.

Se colocó el crisol en el horno de mufla a 550°C durante una hora, luego se sacó, se enfrió durante 30 min. Se pesó el crisol vacío, luego se le agregaron 2 gr. de muestra directamente en el crisol, se colocó en el horno de mufla a 550°C durante 5 horas, seguidamente se sacó el crisol y se puso en el desecador por 20 min. Después se pesó y calculó el porcentaje de cenizas.

- Preparación de la solución de ceniza.

Se le agregó a cada crisol 5 ml de ácido clorhídrico (HCl) concentrado con probeta, luego se añadió 20 ml de agua destilada y se colocó en la cocina eléctrica a una temperatura de 100°C para evaporar hasta 10 ml. Se agregaron otros 10 ml de agua destilada y continuó el calentamiento del crisol durante 15 minutos; posteriormente se enfrió a temperatura ambiente, luego filtró por papel filtro No 42, se continuó lavando el crisol con pequeñas porciones de agua destilada hasta que estuviera libre de residuos, se aforó a 100 ml con agua destilada, rotuló y conservó la solución para la determinación de dichos elementos (Cañas de Moreno 2005).

#### 3.7.2.1 Determinación de fósforo

La determinación de este elemento se realizó en dos fases:

- a. Calibración del equipo: A partir de una solución de 100 partes por millón (ppm) de fósforo se midieron alícuotas para preparar estándares de 5, 15, 25, 30 y 35 ppm de P en frascos volumétricos de 100ml a los que se le agregó 20ml de reactivo vanadato molibdato de amonio. Se aforaron con agua destilada. Estos estándares nos sirvieron para calibrar el equipo.

- b. Lectura de las muestras: Se tomó 5ml de de muestra con pipeta calibrada, se colocaron en frascos volumétricos de 100ml, se agregaron 20ml de reactivo de vanadato molibdato de amonio se aforaron con agua destilada a 100ml figura 9, se agitó y dejó en reposo durante 10 minutos para después leer en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 420nm. Se trazó un gráfico para encontrar la concentración de fósforo presente en cada muestra. (Anexo 2).



**Figura 9.** Determinación de Fósforo colorimétrico en pastos.

### 3.7.2.2 Determinación de potasio.

Se determino por espectrofotometría de llama, una alícuota obtenida de la concentración de la muestra se aspiró en una llama formada por gas propano y  $O_2$ , los átomos de potasio que se encuentran al estado excitado pasan a un nivel de energía inferior a la cual emiten una cantidad de energía que es medida en un equipo llamado Espectrofotómetro de Llama, a una longitud de onda establecida para cada elemento. Se calibro el equipo con una serie de estándares patrones de potasio, luego se trazo una curva y se encontró la concentración de este en la muestra. (Anexo 3) (Cañas de Moreno, 2005).

### **3.8 ANALISIS DE LA RAIZ.**

La raíz únicamente se analizó en el último muestreo extrayendo la planta entera y cortando las raíces con una tijera de podar.

En el laboratorio se lavaron con abundante agua destilada, de tal manera que no le quedara tierra para evitar contaminación en la muestra, después se colocaron en bolsas previamente pesadas y seco a 70°C en estufa de aire reforzado durante 24 horas, se enfrió, peso, molió y depositó en bolsas plásticas de una libra identificadas para realizar sus respectivos análisis siguiendo la metodología usada para hojas y tallo.

### **3.9 MUESTREO EN SUELO.**

Esta se obtuvo mezclando la muestra obtenida de las tres repeticiones de cada tratamiento, haciendo uso de un cilindro infiltrómetro, a una profundidad de 10 cm del suelo y estando a esta profundidad se tomó la muestra y depositó en bolsas de 2 Lb. con sus respectivas identificaciones. Se trasladaron al laboratorio, secaron y procedió a extraer los extractos con solución de carolina del norte.

#### **3.9.1 Numero de muestras de suelo.**

El ensayo consistió de 3 tratamientos más el testigo, en tres variedades de pastos, con tres repeticiones de cada uno. De las tres repeticiones que existían por tratamiento se elaboró una sola muestra de suelo, dando como resultado 4 por bloque, haciendo un subtotal de 12 obteniendo al final 36 muestras.

#### **3.9.2 Preparación de las muestras de suelo, después de aplicado el programa de fertilización en el laboratorio.**

Se saco de las bolsas y se colocó en bandejas para que se secan al aire libre, posteriormente se tamizó en un tamiz número 10.

### 3.9.3 Análisis para determinar N, P, K. en suelo.

Los métodos que se utilizaron para determinar estos elementos son: N (método colorimétrico), P (método espectrofotométrico visible), K (espectrofotometría de llama) cuyo fundamento se describió anteriormente.

#### 4. INTERPRETACION DE RESULTADOS.

A continuación se presenta la acumulación de macronutrientes (N, P, K) en las hojas, tallos y raíces así como la disponibilidad de dichos elementos en el suelo después de cada muestreo, habiendo tomado estos a los 15, 21 y 30 días después de la siembra del pasto, para lo cual fué necesaria la aplicación de cuatro dosis de fertilización descritas anteriormente y calculadas en base al análisis inicial de suelo cuyo resultado se presenta en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Contenido de los elementos del suelo de cada pasto antes de aplicar el programa de fertilización.

	<b>Callie</b>	<b>Estrella</b>	<b>Pangola</b>
	<b>Potreo 10</b>	<b>Potrero 11</b>	<b>Potrero 12</b>
pH	5.60	5.08	5.12
Materia Orgánica	1.79%	2.22%	1.83%
N Nítrico disponible	<35ppm	<35ppm	<35ppm
P disponible (ppm)	7.27	7.80	6.28
K disponible (ppm)	55.06	47.42	45.9
Al disponible (meq Al/100gr/suelo)	0.17	0.17	0.17
Mg disponible (meq Mg/100 de suelo)	0.45	0.64	0.70
Ca disponible (meq Ca/100 de suelo)	4.06	4.43	4.28
Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{scm}^{-1}$ )	6.13	5.75	5.14

**Cuadro 4.** Análisis comparativo de medias del porcentaje de nitrógeno en hojas colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad.

#### ANALISIS DE TRATAMIENTOS

Tratamientos	% de Nitrógeno		
	15 días	21 días	30 días
T0 (sin fertilizante)	1.98d	2.95c	3.08d
T1 (dosis recomendada)	3.67b	3.74a	3.82b
T2 (<25%T1)	3.37c	3.52b	3.49c
T3 (>25%T1)	3.85a	3.80a	4.14a
	<b>ANALISIS</b>	<b>DE VARIE</b>	<b>DADES</b>
Estrella	3.55a	3.68a	3.86a
Callie	3.35b	3.47a	3.53b
Pangola	2.74c	3.36a	3.51a

Los resultados obtenidos de la concentración de nitrógeno independiente de la variedad de pasto, demuestra que la mayor concentración se presenta al aumentar la dosis recomendada de fertilizante en 25% e independientemente de la fecha de muestreo.

Las menores concentraciones de presentaron cuando no se aplico un suplemento de nitrógeno,

Estadísticamente la cantidad de nitrógeno acumulada en las hojas es diferente en los 4 tratamientos, el muestreo realizado al día 15dds, es igual que el del día 30, no así al día 21 donde el T1 y T3 son similares pero diferentes al T0 y T2.

La tendencia en la asimilación del referido elemento en términos generales se mantiene a aumentar la concentración a medida se aumenta la dosis de fertilizante, estas diferencias son significativas al 5% de probabilidad según el análisis de varianza efectuado para cada muestreo. (Cuadro A-4, A-6, A-8)

### **Variedades.**

Al analizar el comportamiento de las variedades se demuestra que el pasto estrella presenta la mayor concentración de nitrógeno independiente de los días de muestreo superando al callie y pangola que absorben menor cantidad del elemento, siendo este último el que presento los menores valores con 2.74% a los 15dds. La tendencia en la asimilación del elemento en análisis se mantiene a aumentar desde los 15dds hasta los 30 días independientemente de la variedad que se trate.

**Cuadro 5.** Análisis comparativo de medias del porcentaje de nitrógeno en Tallos colectados a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad.

Tratamientos	% de Nitrógeno en tallo		
	15 días	21días	30días
T0 (sin fertilizante)	1.40b	1.05b	1.13b
T1 (dosis recomendada)	1.58a	1.46a	1.94a
T2 (<25%T1)	1.34b	1.59a	1.75a
T3 (>25%T1)	1.52a	1.53a	2.37a
	<b>ANALISIS</b>	<b>DE VARIE</b>	<b>DADES</b>
Estrella	1.59a	1.43a	1.88a
Callie	1.44b	1.43a	1.81a
Pangola	1.40b	1.36a	1.70a

Según el análisis estadístico realizado el porcentaje de nitrógeno asimilado por los tallos a los 15dds se comporta de manera similar que en las hojas, caso contrario sucede para los muestreos efectuados a los 21 y 30dds donde el T1, T2 y T3 presentan una acumulación de este elemento en proporciones similares, encontrando de esta manera que no existe diferencias entre tratamientos y

variedades lo que concuerda con el análisis de varianza efectuado. (Cuadro A-5, A-7, A-9)

De manera general al aumentar la dosis de fertilizante aumenta la concentración del elemento, al igual que en las hojas la tendencia de la asimilación de N en los tallos aumenta a medida transcurre el tiempo, es decir que a los 30 días la acumulación de éste es mayor en todos los tratamientos encontrando valores de 2.37% para el T3 a esta fecha.

### **Variedades.**

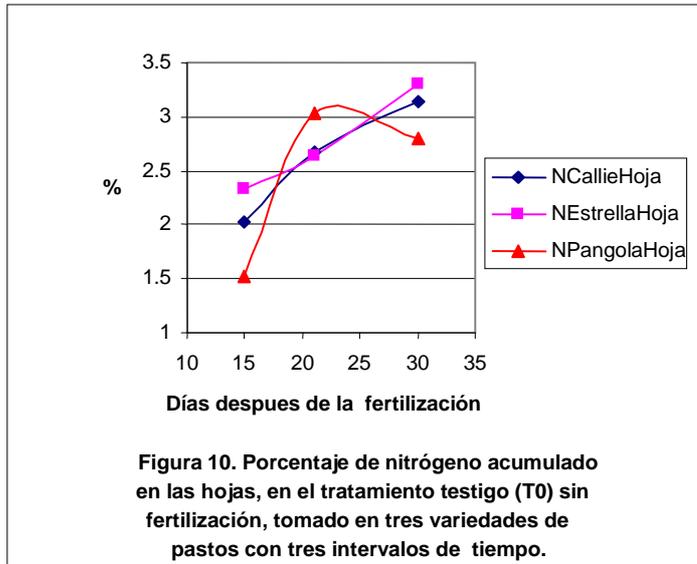
La acumulación de nitrógeno es diferente para la variedad estrella presentando, la mayor cantidad absorbida al día 15dds con 1.59%, en cambio el callie y pangola el resultado fué similar. En el muestreo realizado al día 21 y 30 dds la absorción del referido elemento fué parecida en todas las variedades. Presentando un aumento significativo manteniendo su tendencia a aumentar. .

El comportamiento con el tiempo de muestreo independiente de la variedad muestra un aumento desde el inicio hasta los 30 días.

**Cuadro 6.** Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el tratamiento testigo, sin fertilización (T0) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

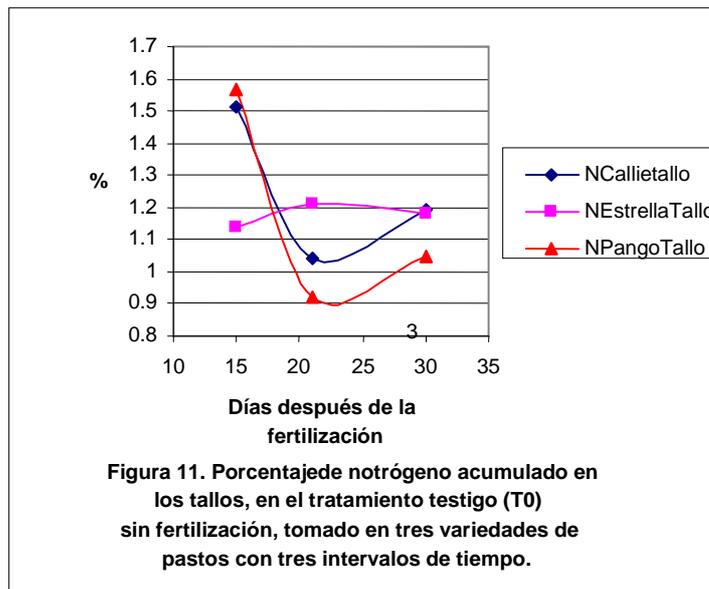
Concentraron de nitrógeno en hojas (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	2.03	2.33	1.53
21	2.68	2.63	3.04
30	3.14	3.31	2.79



Concentraron de nitrógeno en tallos (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	1.51	1.14	1.57
21	1.04	1.21	0.92
30	1.19	1.18	1.05



La concentración de nitrógeno en las hojas para el callie y estrella aumenta en forma lineal desde la siembra hasta los 30 días alcanzando el mayor valor este último con 3.31% de dicho elemento, este comportamiento se debe a que el análisis se efectuó en las hojas más jóvenes que según Salisbury F. (2000). Estas últimas extraen los nutrientes de las hojas viejas y los concentran en ellas. En cambio en el pangola a partir de los 21 días disminuye

En el tallo la mayor concentración se da al inicio tanto para el pangola como el callie cuyo valor máximo lo logra el primero con 1.57%, contrario al estrella que presenta una tendencia normal, es decir que no presenta variaciones significativas de la concentración de N en esta parte de la planta. Lo anterior supera a los resultados obtenidos por Mármol J. (1983). quien encontró un promedio 0.65 a 1.30% de

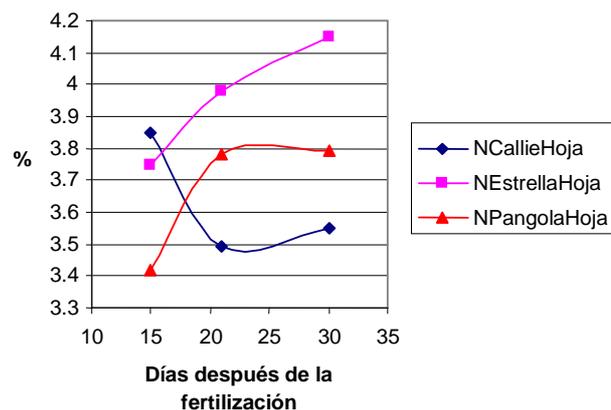
nitrógeno en pastos nativos de guarico oriental, venezuela al evaluar toda la planta esto es probablemente a que nuestro ensayo se llevo a cabo en macetas lo que evito la lixiviación de nutrientes y favoreció la disponibilidad para la planta.

Por otra parte los valores encontrados en el tallo son inferiores a los de las hojas, lo que comprueba lo reportado por Salisbury F. (2000) quien manifiesta que el primero únicamente funciona como medio de transporte de los nutrientes y las hojas como un reservorio, ya que el fertilizante absorbido por la raíz se trasloca al tallo de donde luego se transporta a las hojas.

**Cuadro 7.** Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el T1 (dosis recomendada 182kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

Concentraron de nitrógeno en hojas (%)

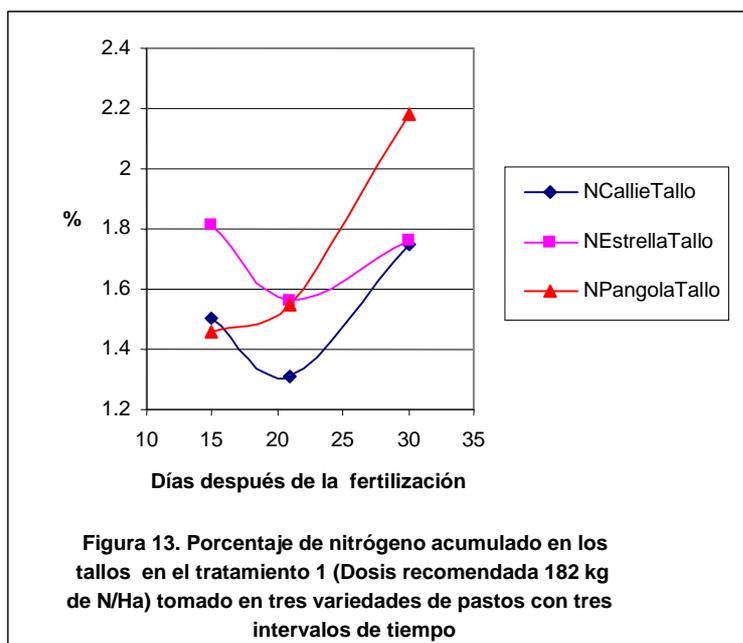
Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	3.85	3.75	3.42
21	3.49	3.98	3.78
30	3.55	4.15	3.79



**Figura 12.** Porcentaje de nitrógeno acumulado en las hojas, en el tratamiento 1 (Dosis recomendada 182 kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

### Concentraron de nitrógeno en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	1.50	1.81	1.46
21	1.31	1.56	1.55
30	1.75	1.76	2.18



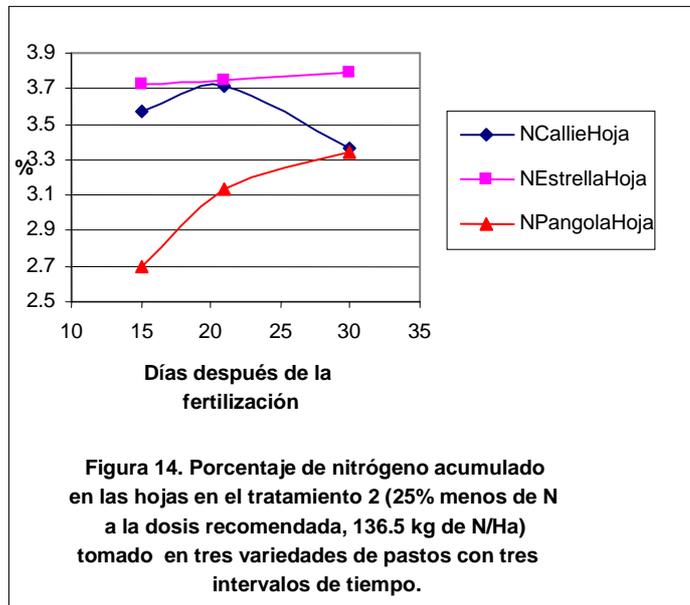
El comportamiento del nitrógeno en las hojas al aplicar la dosis recomendada es similar tanto para el estrella como el pangola aumentando desde los 15dds hasta los 30 siendo en este período donde el pangola logra un valor de 4.15%, en cambio el callie lo logra a los 15dds, lo cual comprueba que se podría acelerar el periodo de rotación de los potreros hasta un mínimo de 15días. Lo anterior supera datos reportados por González S. (1995). Quién encontró 1.43% de nitrógeno al aplicar fertilizante químico 100-50-00.

En el tallo el estrella y el callie presentan una tendencia similar disminuyendo a los 21dds, diferente al pangola que se mantiene aumentando desde los 15dds hasta los 30dds donde alcanza su mayor valor con 2.18% comparado con el T0 este es superior tanto en tallo como en las hojas.

**Cuadro 8.** Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el T2 (25% menos de N a la dosis recomendada, 136.5 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

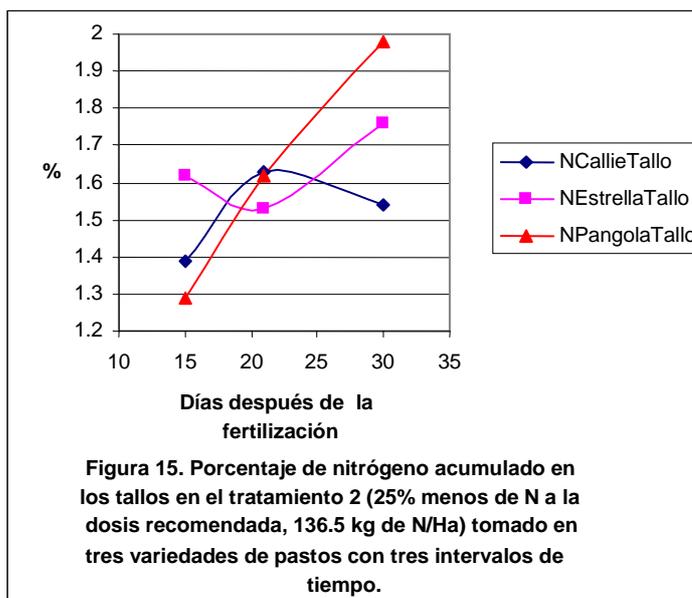
Concentraron de nitrógeno en hojas (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	3,57	3,72	2,7
21	3,71	3,75	3,13
30	3,36	3,79	3,34



### Concentraron de nitrógeno en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	1,39	1,62	1,29
21	1,63	1,53	1,62
30	1,54	1,76	1,98



En las hojas al reducir en un 25% la dosis recomendada de nitrógeno las variedades responden de manera diferente, el pangola y el estrella aumentan la concentración desde los 15dds hasta los 30días siendo el último el que logra la mayor asimilación a esta ultima fecha, en cambio el callie aumenta hasta el día 21 y luego disminuye, esto puede deberse a que en este momento hay una mayor producción de proteínas por parte de la planta lo que baja los niveles de N en la hojas<sup>1</sup>.

A los 21días hubo una mayor presencia de nitrógeno en el tallo del pasto callie cuando se ha reducido un 25% de fertilizante, caso contrario sucede en las otras dos especies cuyo comportamiento ha sido en general de disminuir.

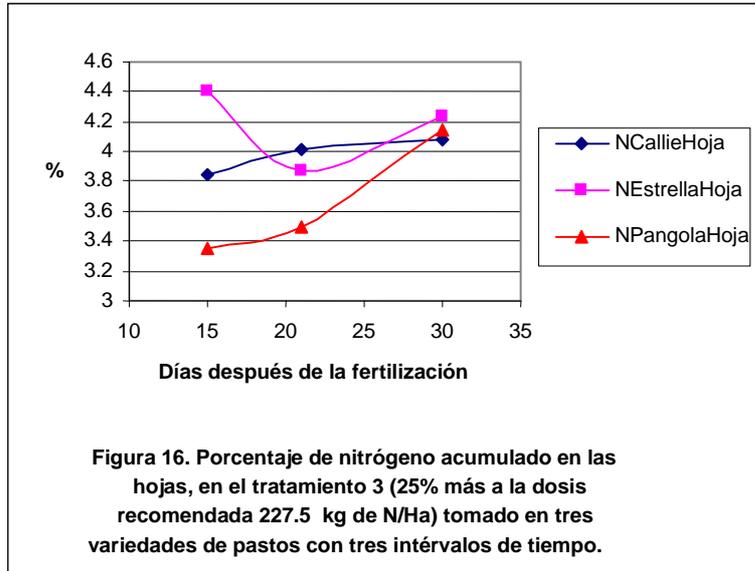
---

<sup>1</sup>Ing. Balmore Martínez. Docente del departamento de Fitotecnia. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Octubre de 2007.

**Cuadro 9.** Porcentaje de nitrógeno acumulado en hojas y tallos en el tratamiento 3 (25% mas de N a la dosis recomendada, 227.5 Kg de N/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

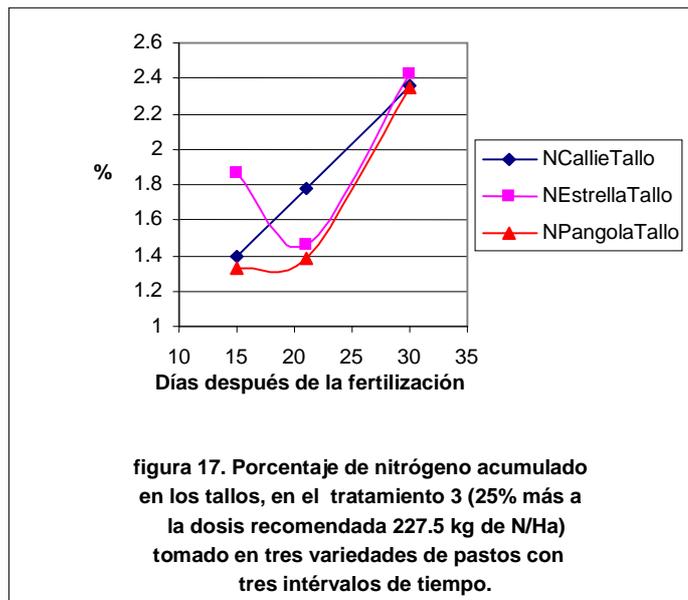
Concentraron de nitrógeno en hojas (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	3,84	4,4	3,35
21	4,02	3,87	3,49
30	4,08	4,24	4,14



Concentraron de nitrógeno en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	1,4	1,87	1,33
21	1,78	1,46	1,38
30	2,36	2,42	2,35



Al aumentar la dosis de nitrógeno en un 25% más de lo recomendado, el estrella presenta la mayor concentración en las hojas con 4.24%, distinto al callie y pangola que tienen la misma tendencia desde los 15dds hasta los 30dds es decir que su respuesta es positiva a este aumento.

Con el callie al aumentar en un 25% el nitrógeno este aumenta tanto en la hoja como en el tallo, lo que concuerda con Machado R. et. al (1982). Quien expresa que al elevar el contenido de nitrógeno de 150 a 300 kg de N/Ha en pasto callie el contenido del mismo aumenta de 1.88 a 2.10% (esto al analizar toda la planta), lo que implica que la dosis del CENTA (182Kg de N/Ha) no llega a su máxima producción por lo cual sería necesario efectuar trabajos posteriores incrementando las dosis hasta observar en que momento la concentración de nitrógeno se estabiliza.

En el tallo del pasto callie y pangola la concentración aumenta a partir de los 15dds hasta los 30días, en cambio el estrella disminuye a partir de la primera fecha y luego presenta un incremento; con relación a los tratamientos anteriores este los supera tanto en la hoja como en el tallo.

De manera general al incrementar la dosis de nitrógeno, generó saturación del mismo en el suelo, lo que evitó que este fuera absorbido por la planta. (Pederson G. 2002). En el caso del callie puede tener una mejor absorción cuando hay abundancia de este elemento.

**Cuadro 10.** Análisis comparativo de medias del porcentaje de fósforo en hojas colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de duncan con 95% de confiabilidad.

Tratamientos	% de Fósforo		
	15 días	21 días	30 días
T0	0.084a	0.11a	0.071a
T1	0.069b	0.072d	0.068b
T2	0.066b	0.083c	0.053c
T3	0.074b	0.094b	0.053c
	<b>ANALISIS</b>	<b>DE VARIE</b>	<b>DADES</b>
Estrella	0.071a	0.096a	0.066a
Callie	0.074a	0.090a	0.062a
Pangola	0.075a	0.088a	0.056b

Estadísticamente la acumulación de P en las tres fechas de muestreo el T0 presentó la mayor concentración. A los 21 y 30 días el mayor valor corresponde al T3 y T1 respectivamente con diferencias significativas respecto al T2 y T3. En el análisis de varianza efectuado se puede apreciar que al día 15dds las variedades no están ejerciendo variabilidad (Anexo A-10, A-12, A-14).

De manera general el comportamiento de este elemento para todos los tratamientos es similar, es decir, que a los 21 dds presentan un leve aumento, luego disminuyen, el mismo comportamiento presentan las variedades.

**Cuadro 11.** Análisis comparativo de medias del porcentaje de fósforo en tallos colectados a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de duncan con 95% de confiabilidad.

Tratamientos	% de Fósforo		
	15 días	21 días	30 días
T0	0.069a	0.065a	0.057a
T1	0.053b	0.050b	0.048b
T2	0.052c	0.042c	0.040c
T3	0.046d	0.040c	0.049b
Variedades	<b>ANALISIS</b>	<b>DE VARIE</b>	<b>DADES</b>
Estrella	0.053b	0.053a	0.053a
Callie	0.067a	0.064a	0.053a
Pangola	0.046b	0.030b	0.041b

Según el análisis estadístico el fósforo acumulado por cada tratamiento en los tallos, a los 15dds es diferente para los mismos, no así a los 21dds donde el T2, T3 estadísticamente son iguales pero diferentes al T0 y T1 e igual comportamiento presenta el muestreo llevado a cabo a los 30dds. Lo que demuestra que existe una diferencia significativa entre tratamientos y variedades coincidiendo con el análisis de varianza efectuado para cada muestreo (Cuadro A-11, A-13, A-15).

La tendencia de cada tratamiento al aumentar la fecha de muestreo es la misma que para las hojas.

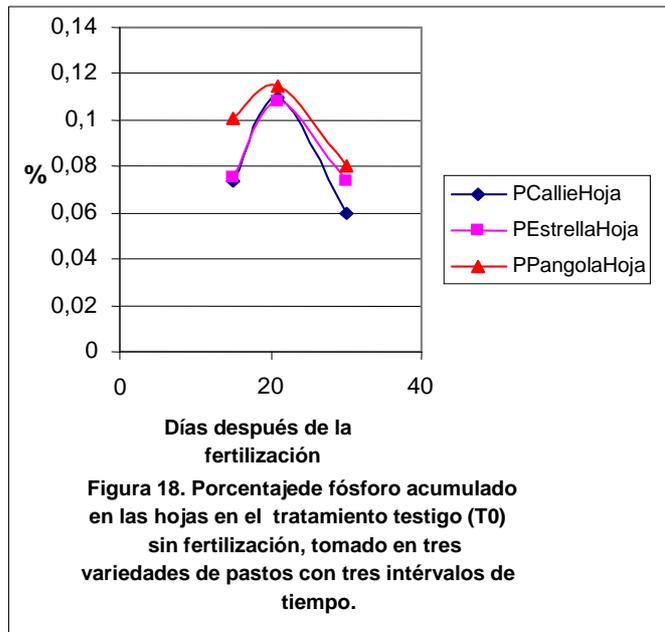
### **Variedades**

Al analizar el comportamiento de cada variedad se puede observar que todas son diferentes ya que el estrella a medida transcurre el tiempo este mantiene su concentración, el callie disminuye y el pangola aumenta a los 30dds, superando en absorción el callie a las otras variedades con valores de 0.067% a los 15dds.

**Cuadro 12.** Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el tratamiento testigo sin fertilización (T0) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

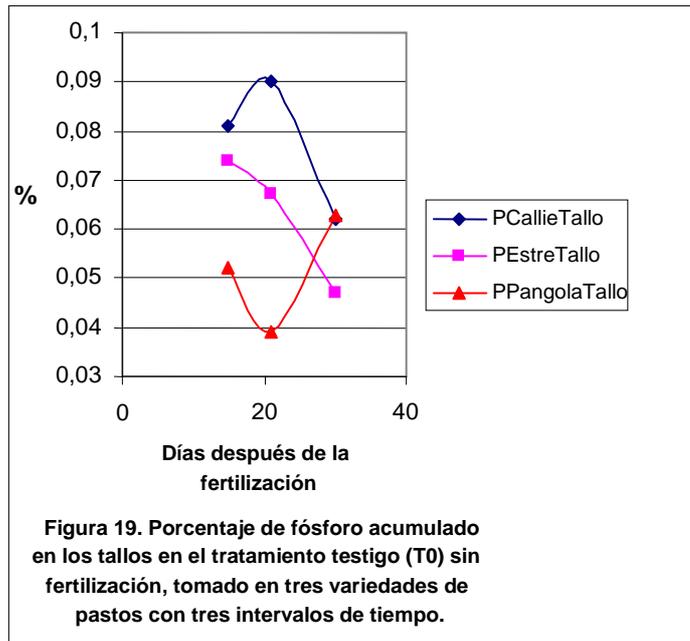
Concentración de fósforo en hojas (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	0.074	0.075	0.101
21	0.11	0.108	0.115
30	0.060	0.074	0.08



Concentración de fósforo en tallos (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	0.081	0.074	0.052
21	0.09	0.067	0.039
30	0.062	0.047	0.063



El comportamiento del fósforo en las hojas es similar para las tres variedades cuando no se aplica fertilizante, logrando un máximo valor a los 21dds el callie con 0.11%.

En el tallo el fósforo asimilado por las tres variedades es distinto, el estrella a los 15dds alcanza su mayor absorción con 0.074%, en cambio el callie a los 21dds (0.090%) y el Pangola a los 30dds con (0.063%),

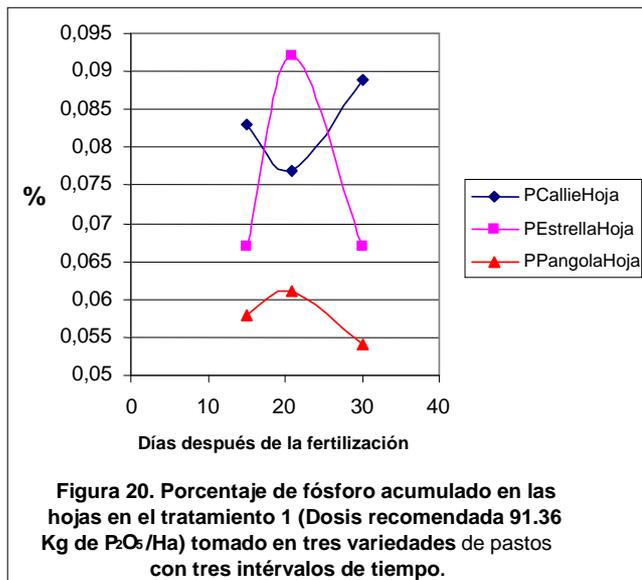
Los valores anteriores son inferiores a los reportados por otros autores como Mármol J. (1983). Quién encontró valores promedio de fósforo de 0.11 a 0.20% en

pastos nativos, así mismo González F. (1995). Demostró que el pasto buffel contiene un 0.39% de P sin aplicar fertilizante.

**Cuadro 13.** Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el T1 (Dosis recomendada 91.36 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

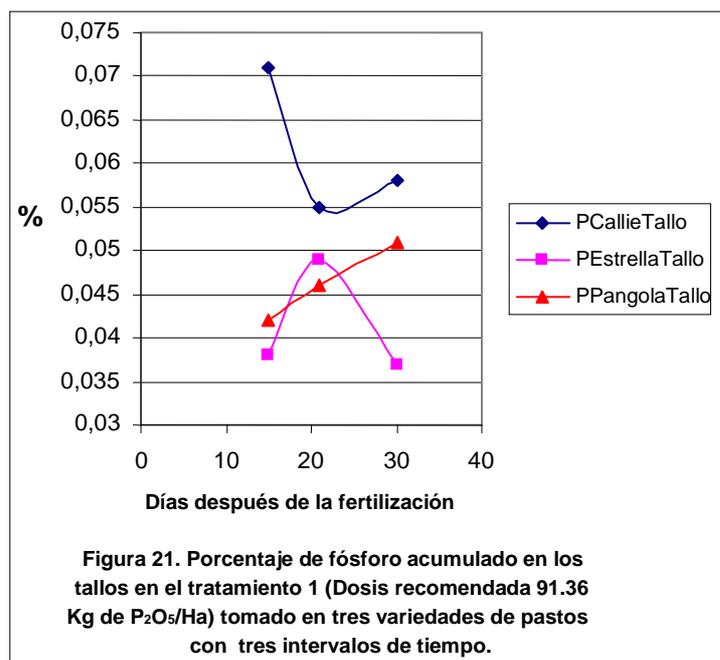
Concentración de fósforo en hojas (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	0.083	0.067	0.058
21	0.077	0.092	0.061
30	0.089	0.067	0.054



### Concentración de fósforo en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	0.071	0.038	0.042
21	0.055	0.049	0.046
30	0.058	0.037	0.051



El concentración del fósforo en las hojas del pasto pangola y estrella al aplicar la dosis recomendada de fertilización tiene un comportamiento similar, ya que disminuyen a partir del día 21dds, en esta fecha el estrella alcanza el mayor valor con 0.092% probablemente esto debió a que el pasto estrella es una planta vigorosa con un tallo muy grueso Chávez F. (1973). Lo que aumenta su capacidad de absorción, en cambio el callie aumenta a partir de este período.

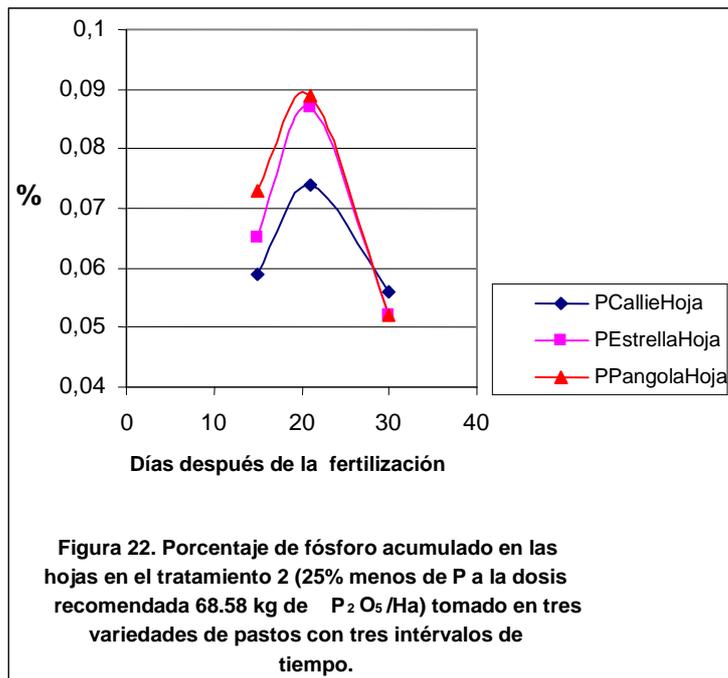
En el tallo el comportamiento es similar al presentado por la hoja, únicamente varía el pangola a los 30dds donde presenta un leve aumento pero la tendencia es la misma que en nitrógeno ya que las cantidades encontradas en este son inferiores a

las encontradas en las hojas debido a que el tallo según Salisbury (2000). Únicamente funciona como un medio de transporte de los nutrientes.

**Cuadro 14.** Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el T2 (25% menos de P a la dosis recomendada, 68.52 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

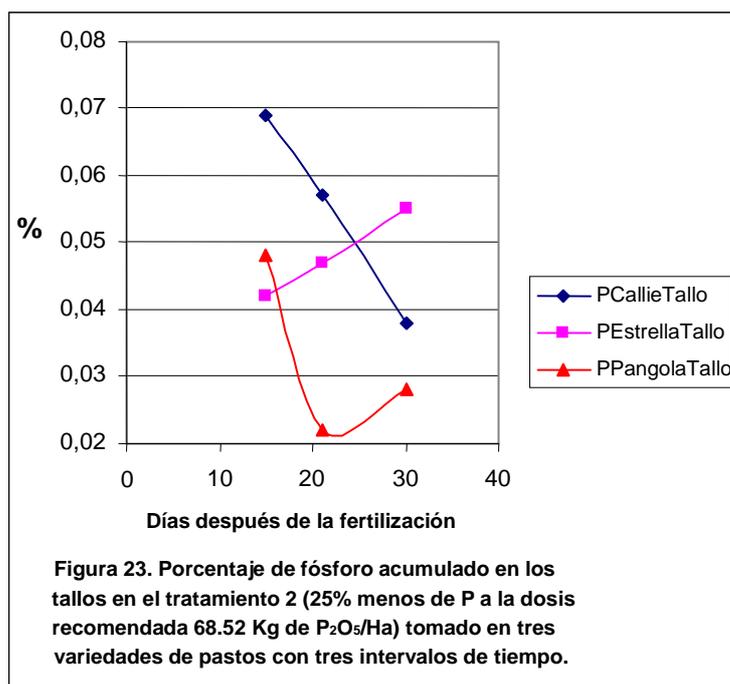
Concentración de fósforo en hojas (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	0.059	0.065	0.073
21	0.074	0.087	0.089
30	0.056	0.052	0.052



### Concentración de fósforo en tallos (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	0.069	0.042	0.048
21	0.057	0.047	0.022
30	0.038	0.055	0.028



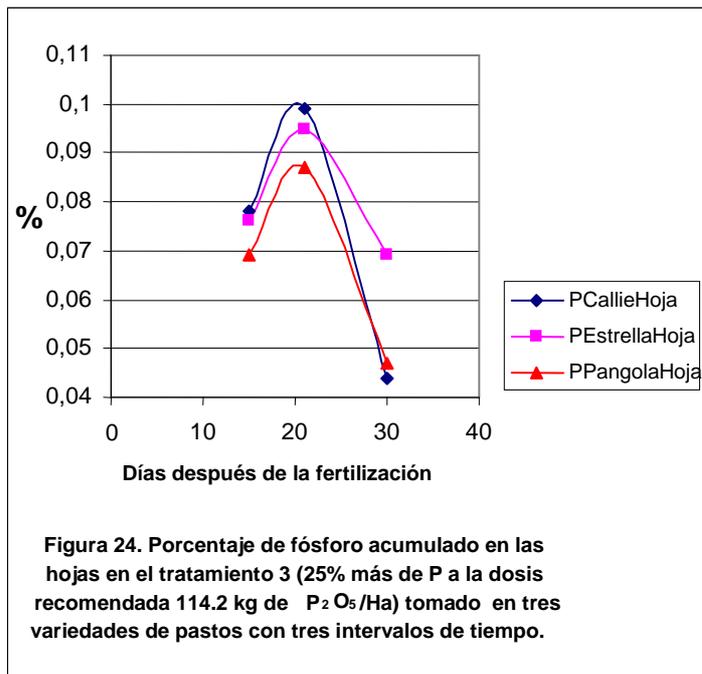
El comportamiento del fósforo en las hojas al reducir un 25% la dosis recomendada es similar para las tres variedades, presentando una tendencia normal al ciclo vegetativo es decir que aumentan hasta los 21dds y luego disminuyen, teniendo la máxima absorción el pangola con 0.089% a esta fecha.

En el tallo la concentración de este elemento es muy diferente en las tres variedades, ya que el callie y el pangola disminuyen a partir de los 15dds, en cambio el estrella incrementa a partir de esta fecha.

**Cuadro 15.** Porcentaje de fósforo acumulado en hojas y tallos en el T3 (25% más de P a la dosis recomendada 114.2 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

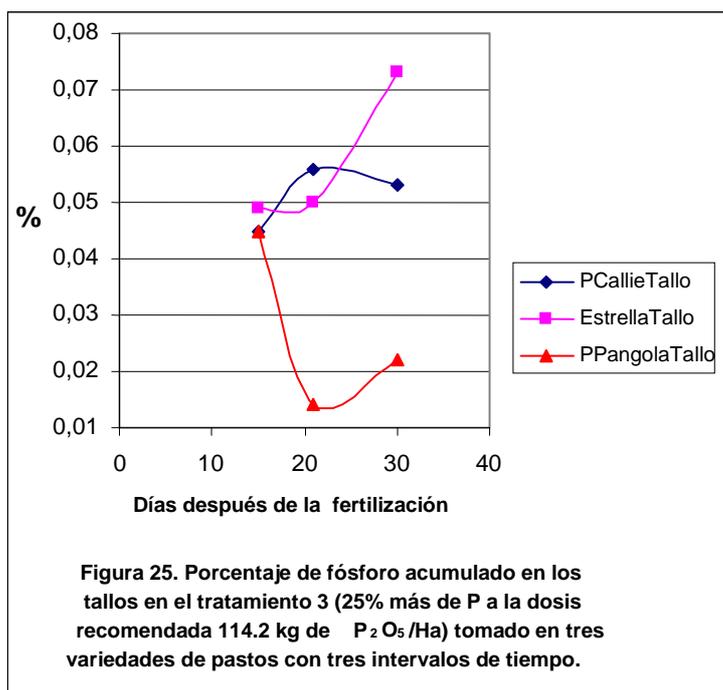
Concentración de fósforo en hojas

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	0.078	0.076	0.069
21	0.099	0.095	0.087
30	0.044	0.069	0.047



### Concentración de fósforo en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	0.045	0.049	0.045
21	0.056	0.050	0.014
30	0.053	0.073	0.022



El comportamiento del fósforo en la hoja de las tres variedades de pasto al aplicar 25% más de fertilizante sobre lo recomendado es similar aumentando hasta los 21dds y luego disminuye, siendo esta fecha donde el callie logra la mayor absorción con 0.099% sobre los demás pastos diferente a lo reportado por Machado R. (1982). Quien demostró que el pasto callie contiene un 0.49 a 0.55% de P al incrementar la dosis de nitrógeno de 150 a 300 kg.

En el tallo el callie y estrella aumentan hasta los 21dds, este último sigue aumentando en cambio el primero disminuye a partir de esta fecha, diferente sucede con el pangola ya que disminuye a partir de los 15dds.

En términos generales al incrementar la dosis de fósforo, el suelo en lugar de convertirlo en disponible para la planta lo recombina con otros elementos, limitando que este sea extraído por las plantas (Pederson G. 2002). Lo que explica el porque los valores de T0 fueron superiores al resto de tratamientos ya que este ultimo extrajo únicamente lo que estaba disponible en el suelo.

**Cuadro 16.** Análisis comparativo de medias del porcentaje de potasio en hojas colectadas a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de duncan con 95% de confiabilidad.

Tratamientos	% de Potasio		
	15 días	21 días	30 días
T0	3.59d	0.62d	0.76c
T1	6.73a	3.47c	6.41b
T2	4.57c	5.20a	6.12b
T3	6.23b	4.53b	7.50a
	<b>ANALISIS</b>	<b>DE VARIE</b>	<b>DADES</b>
Estrella	4.66b	5.97a	3.95c
Callie	5.50c	1.09c	5.26b
Pangola	5.68a	3.31b	6.39a

Estadísticamente la concentración de potasio en las hojas a los 15dds es diferente para todos los tratamientos, igual comportamiento presenta el muestreo desarrollado

a los 21 días, en el tercer muestreo el T1 y T2 asimilaron cantidades iguales, caso contrario el T0 y T3 que obtuvieron menor y mayor absorción del referido elemento respectivamente, demostrando de esta manera que si existe una diferencia significativa tanto para tratamientos como para variedades coincidiendo con el análisis de varianza realizado en cada muestreo (Cuadro A-16, A-18, A-20)

Al analizar el comportamiento de cada tratamiento durante los tres muestreos, se observa que la concentración de K a los 21 días experimenta un leve incremento, respecto al muestreo desarrollado a los 15 días distinto sucede cuando se analiza cada tratamiento por cada muestreo; donde se aprecia que al aumentar la dosis de fertilizante aumenta la concentración de K, además que todos los tratamientos superan al T0.

### **Variedades**

En el caso de las variedades su tendencia es distinta, el callie y pangola se comportan de manera similar disminuyendo a los 21 días, posteriormente aumentan, presentando un valor de 6.39% de K el pangola a los 30 días, lo que supera a las otras variedades.

**Cuadro 17.** Análisis comparativo de medias del % de potasio en tallos colectados a los 15, 21 y 30 días después de la siembra, con cuatro tratamientos de fertilización y tres variedades de pastos, obtenidos de la prueba de Duncan con 95% de confiabilidad.

Tratamientos	% de Potasio		
	15días	21días	30días
T0	4.40b	0.76b	0.69c
T1	4.34b	2.94a	7.04b
T2	5.28a	3.35a	7.91a
T3	5.15a	3.41a	8.23a
	<b>ANALISIS</b>	<b>DE VARIE</b>	<b>DADES</b>
Estrella	4.65b	1.27c	6.04a
Callie	5.34a	2.02b	5.86a
Pangola	4.38c	4.56a	6.00a

Los T2 y T3 estadísticamente son similares para los muestreos desarrollados a los 21 y 30 días. El T0 presenta el menor valor a los 21 y 30 días.

En el análisis de varianza efectuado para cada muestreo se encontró que si existen diferencia significativas para los tratamientos, no así para las variedades al día 30dds (Cuadro A-17, A-19, A-21)

La tendencia del K asimilado por los tallos se mantiene similar que la presentada por las hojas en todos los muestreos y todos los tratamientos, disminuyendo al día 21dds posteriormente presentando un leve aumento.

Al comparar los cuatro tratamientos por cada muestreo realizado se encontró que todos superan al T0 y que al aplicar más fertilizante la concentración de este aumenta.

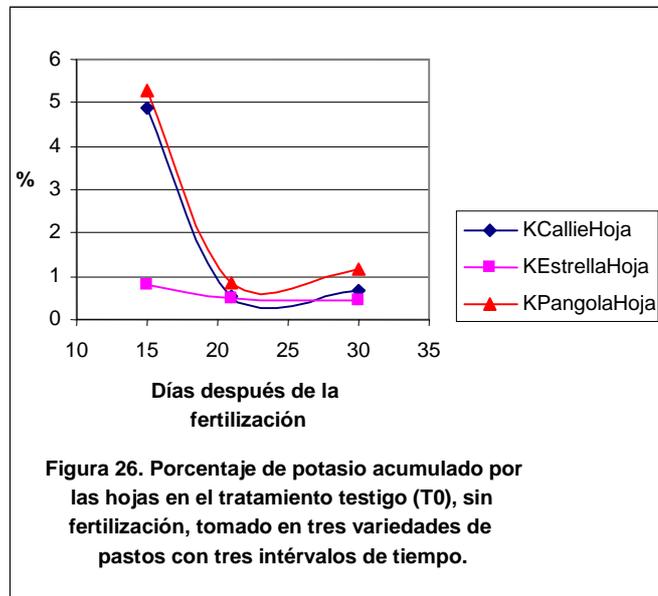
### **Variedades.**

El contenido de potasio encontrado en las variedades de pasto a los 15dds es igual para el estrella y pangola pero distinto al callie; caso contrario sucede al día 21dds donde todas tienen cantidades diferentes y para el día 30dds todas absorben cantidades iguales. La tendencia es la misma para las tres variedades presentando una leve disminución a los 21dds luego aumentan, encontrando el máximo valor con 6.04% de K en el pasto estrella a los 30ddsd.

**Cuadro 18.** Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el tratamiento testigo, sin fertilización (T0) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

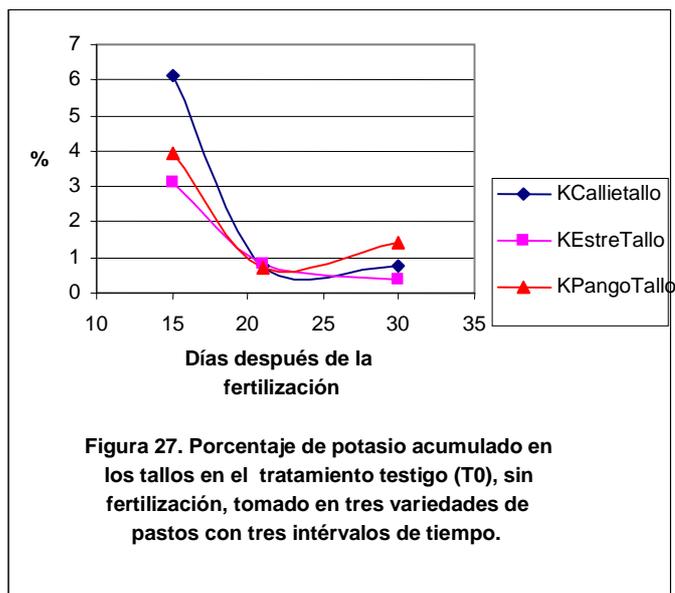
Concentración de potasio en hojas (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	4.87	0.8	5.3
21	0.52	0.51	0.84
30	0.66	0.46	1.17



### Concentración de potasio en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	6.14	3.11	3.96
21	0.77	0.82	0.69
30	0.76	0.36	1.44



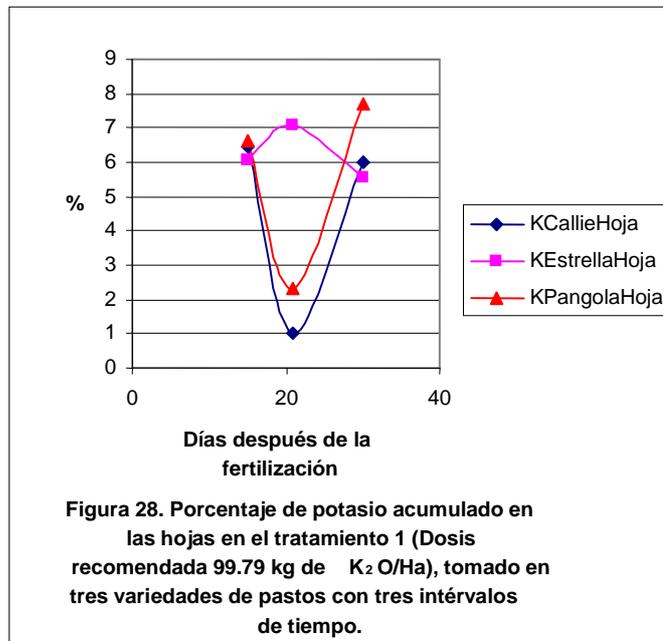
El comportamiento del potasio en las hojas es similar en las tres variedades, alcanzando su máxima concentración a los 15dds, posteriormente disminuyen siendo el pangola el que logra la mayor absorción con 5.30 % a esta fecha.

En el tallo presentan el mismo comportamiento que en la hoja, siendo el callie el que absorbe más de este elemento (6.14%). Esto demuestra que a los 15 días independientemente de la variedad estas se ven más enriquecidas con potasio y a partir de esta fecha su concentración disminuye gradualmente. Al comparar los resultados con Mármod J. (1983). Estos son superiores ya que él encontró promedios de 0.81 a 2.00% de potasio (esto al analizar toda la planta), la diferencia puede deberse a que nuestro ensayo se efectuó en macetas y las cantidades de agua que se le aplicaron eran medidas para evitar la lixiviación de nutrientes.

**Cuadro 19.** Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el T1 (Dosis recomendada, 99.79 Kg de K<sub>2</sub>O/ Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

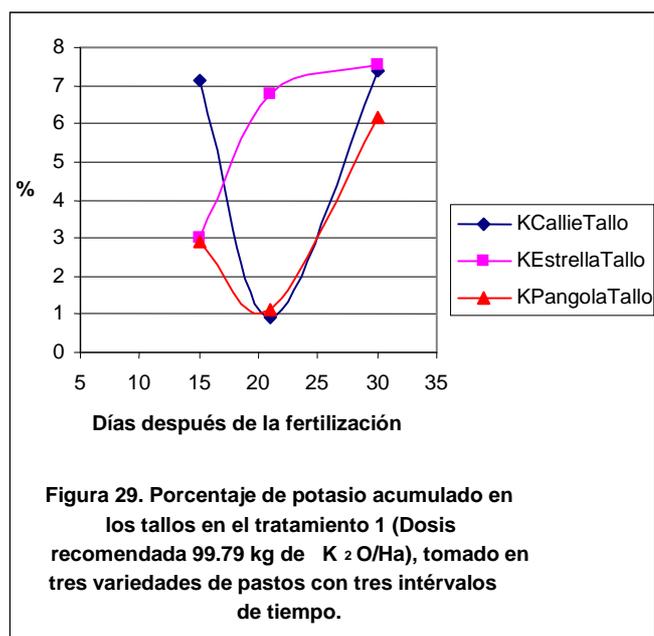
Concentración de potasio en hojas (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	6.47	6.07	6.65
21	1.01	7.1	2.3
30	6	5.54	7.71



Concentración de potasio en tallos (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	7.13	3	2.9
21	0.92	6.8	1.12
30	7.39	7.53	6.19



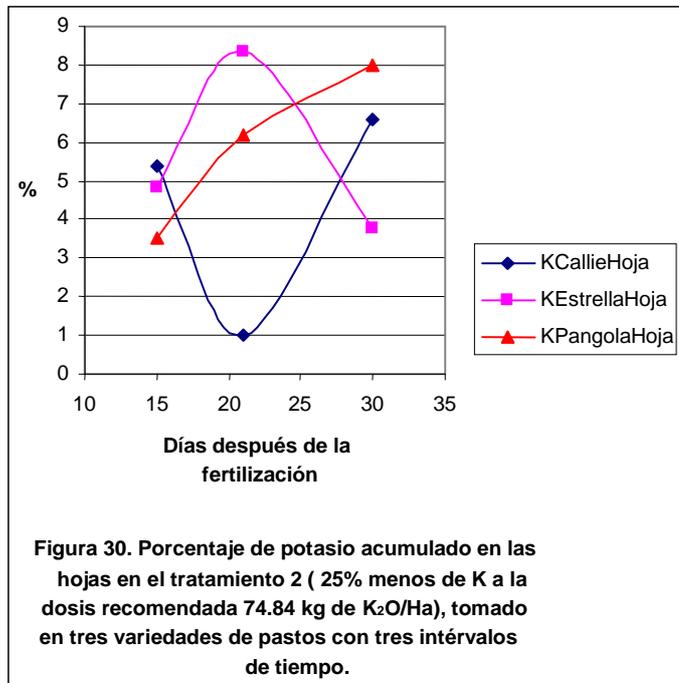
La concentración de potasio en las hojas de los pastos al aplicar la dosis recomendada de fertilización es similar para el callie y pangola disminuyendo a partir de los 15dds hasta los 21 días, luego aumentan hasta los 30dds, siendo esta ultima fecha donde el pangola logra su máxima absorción con 7.71%, en cambio el estrella su comportamiento es al contrario, es decir que su máxima absorción la logra a los 21 días con 7.1%.

En el tallo el comportamiento es el mismo que en la hoja con la diferencia que el estrella aumentó a partir de los 21dds.

**Cuadro 20.** Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el T2 (25% menos de K a la dosis recomendada 74.84 Kg de K<sub>2</sub>O/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

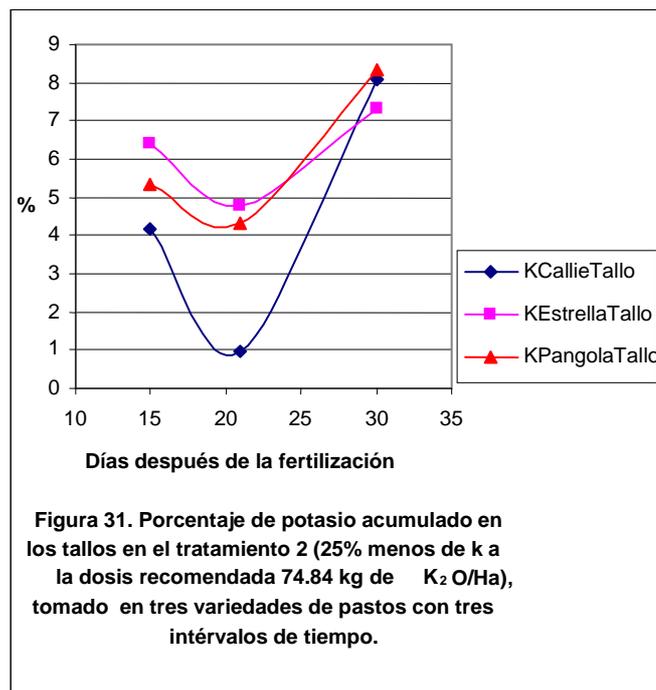
Concentración de potasio en hojas (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	5,36	4,84	3,54
21	1,03	8,34	6,2
30	6,61	3,75	8,01



### Concentración de potasio en tallos (%)

Días	Callie	Estrella	Pangola
15	4,17	6,43	5,33
21	0,99	4,76	4,32
30	8,09	7,3	8,36



El comportamiento del potasio en las hojas al reducir un 25% la dosis recomendada es similar para el estrella y pangola aumentando su concentración hasta los 21dds siendo esta fecha donde el estrella absorbe la mayor cantidad de potasio (8.34%), contrario al comportamiento del estrella sucede con el callie.

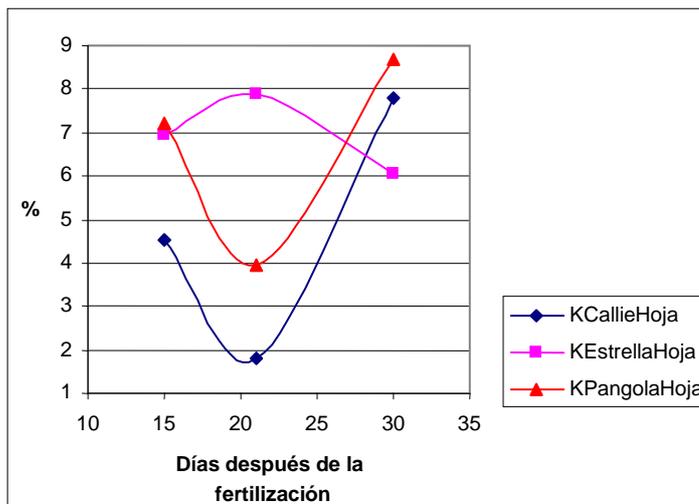
En el tallo los tres pastos presentan la misma tendencia disminuyendo de los 15dds hasta los 21, superando el pangola a las otras dos variedades con 8.36%. En términos generales al reducir la dosis de potasio, la concentración de este se reduce, esta reducción es marcada en la hoja, pero siempre supera al T0, comparado con datos reportados por Machado R. (1982). Estos son superiores ya que el reporta

hasta un máximo de 2.65% de K al aplicar 300kg de N/ha el aumento muy probablemente se debió a que nuestro ensayo se realizó en un ambiente controlado.

**Cuadro 21.** Porcentaje de potasio acumulado en hojas y tallos en el T3 (25% más de K a la dosis recomendada, 124.73 Kg de K<sub>2</sub>O/Ha) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

Concentración de potasio en hojas (%)

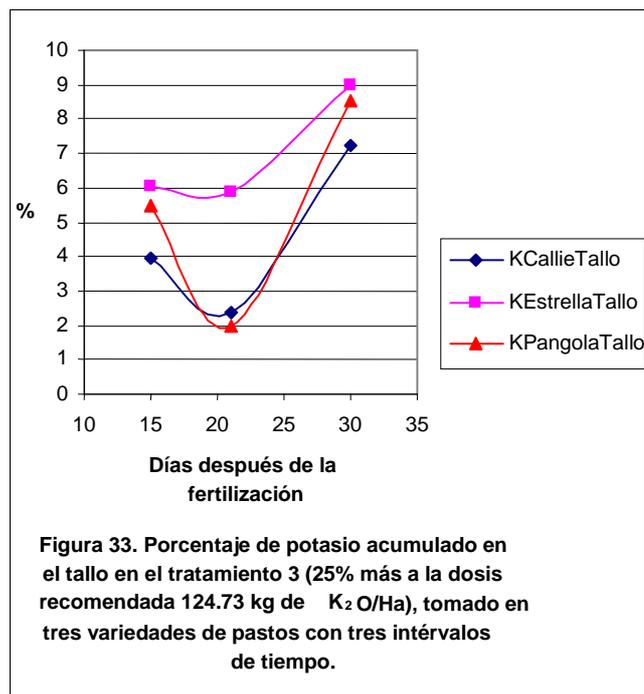
Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	4,52	6,94	7,22
21	1,8	7,88	3,93
30	7,79	6,05	8,67



**Figura 32.** Porcentaje de potasio acumulado en las hojas en el tratamiento 3 (25% más a la dosis recomendada 124.73 kg de K<sub>2</sub>O/Ha), tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

Concentración de potasio en tallos (%)

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	3,93	6,06	5,46
21	2,4	5,86	1,98
30	7,22	8,97	8,52



La concentración de potasio en las hojas al aumentar un 25% más la dosis recomendada es similar para el pangola y callie disminuyendo de los 15dds hasta los 21 días, luego aumentan hasta alcanzar una absorción de 8.67% y 7.79% respectivamente, contrario sucede con el estrella.

En el tallo la tendencia es igual que en las hojas para el pangola y callie variando el estrella que presenta un comportamiento contrario al de las hojas. En términos generales al aplicar más de lo recomendado por el CENTA la concentración de este elemento aumenta, es decir que los pastos en estudio se ven más enriquecidos.

De manera general la fertilización con potasio permite que después de los 21dds el pasto recupere los valores de absorción que tenía inicialmente. Absorbiéndose más rápidamente el pasto estrella en contraste con el callie cuya asimilación es más lenta encontrando los mayores valores a los 30dds.

**Cuadro 22.** Concentración de NITROGENO encontrado en los suelos de los potreros 10, 11 y 12 de la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. Tomados en tres intervalos de tiempo.

N en potrero 10					N en potrero 12					N en potrero 11				
Dias	T0	T1	T2	T3	Dias	T0	T1	T2	T3	Dias	T0	T1	T2	T3
15	<35ppm	>35ppm	>35ppm	>35ppm	15	<35ppm	>35ppm	>35ppm	>35ppm	15	<35ppm	=35ppm	=35ppm	=35ppm
21	<35ppm	=35ppm	<35ppm	>35ppm	21	<35ppm	>35ppm	>35ppm	>35ppm	21	<35ppm	>35ppm	>35ppm	>35ppm
30	<35ppm	>35ppm	>35ppm	>35ppm	30	<35ppm	>35ppm	>35ppm	>35ppm	30	<35ppm	=35ppm	=35ppm	>35ppm

El nitrógeno disponible en el suelo en el potrero 10 sin aplicar fertilizante se mantuvo < a 35ppm en los tres muestreos, diferente a la dosis recomendada donde se mantiene > a 35ppm al igual que los demás tratamientos.

En los suelos del potrero 11 se mantiene la misma tendencia en el T0, en cambio al aplicar la dosis recomendada y al reducirla en un 25% la concentración de dicho elemento se mantuvo igual a 35ppm, diferente sucede cuando se incrementa en un 25% porque a partir del segundo muestro la concentración se incrementó.

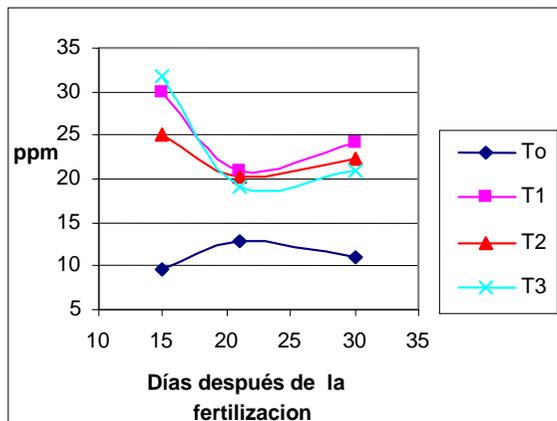
En el potrero 12 el nitrógeno disponible en el suelo sin aplicar fertilización se mantuvo igual a los otros dos, caso contrario los demás tratamientos, ya que se mantuvieron > 35 ppm durante los tres muestreos.

**Cuadro 23.** Concentración de FOSFORO encontrada en los suelos de los potreros 10, 11 y 12 de la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, tomados en tres intervalos de tiempo.

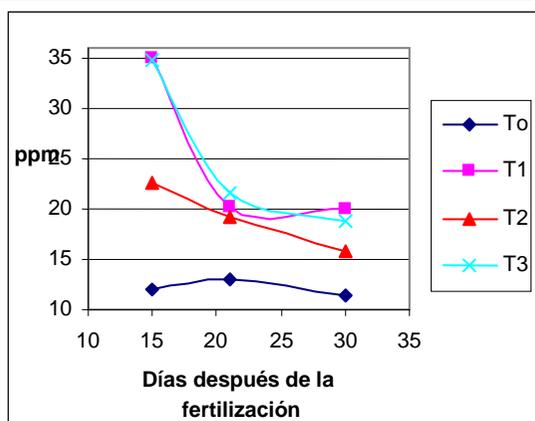
P en potrero 10 (ppm) CALLIE				
Días	T0	T1	T2	T3
15	9,65	30	25,05	31,7
21	12,85	20,9	20,25	19
30	11,05	24,25	22,5	20,85

P en potrero 12 (ppm) ESTRELLA				
Días	T0	T1	T2	T3
15	11,9	35,1	22,7	34,8
21	13,05	20,25	19,15	21,55
30	11,5	20,05	15,75	18,85

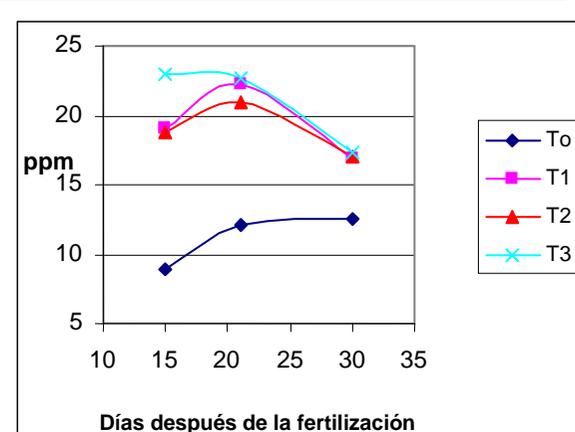
P en potrero 11 (ppm) PANGOLA				
Días	T0	T1	T2	T3
15	8,95	19,1	18,8	22,95
21	12,1	22,2	20,9	22,75
30	12,55	16,9	17,1	17,35



**Figura 34.** Concentración de fósforo encontrada en los suelos del potrero 10 de la estación experimental y de prácticas de la F CC AA, UES, aplicando cuatro dosis de fertilización



**Figura 35.** Concentración de fósforo encontrada en los suelos de potrero 12 de la estación experimental y de prácticas de la F CC AA, UES, aplicando cuatro dosis de fertilización.



**Figura 36.** Concentración de fósforo encontrada en los suelos del potrero 11 de la estación experimental y de prácticas de la F CC AA, UES, aplicando cuatro dosis de fertilización

La concentración de fósforo encontrada en los suelos del potrero 10 al aplicar cuatro dosis de fertilización (T0=sin fertilización, T1= dosis recomendada, T2= 25% menos, T3= 25% mas a la dosis recomendada) es similar para los tres últimos reportando los mayores valores a los 15dds (30.0, 25.05, 31.7 ppm respectivamente), al mismo tiempo disminuyendo a partir de esta fecha, en cambio el T0 tuvo un leve incremento a los 21dds, posteriormente disminuyó.

En el potrero 11 la concentración de dicho elemento en el T1, T2, T3 fué similar, es decir que se encontró la máxima acumulación de este elemento a los 15dds, posteriormente disminuyó, en cambio el T0 mantuvo el mismo comportamiento que en el potrero 10.

En los suelos del potrero 12 la acumulación de fósforo fue distinta que en los potreros 10 y 11 debido a que en el T0, T1 y T2 a los 21dds se encontró la máxima concentración de este elemento, distinto al T3 que a partir de los 15dds disminuyó. Lo anterior supera a los valores obtenidos por Mármol J. (1983). Quien encontró entre 4 y 8 ppm de fósforo en los suelos de Guarico Oriental, Venezuela, al igual que González A. (1995). Que reportó 14.3 ppm de fósforo al aplicar 10 ton/ha de estiércol de bovino y 3.8ppm con fertilizante químico 100-50-00, este aumento se debe a que nuestro ensayo se realizó en ambiente controlado donde se evito la lixiviación de nutrientes.

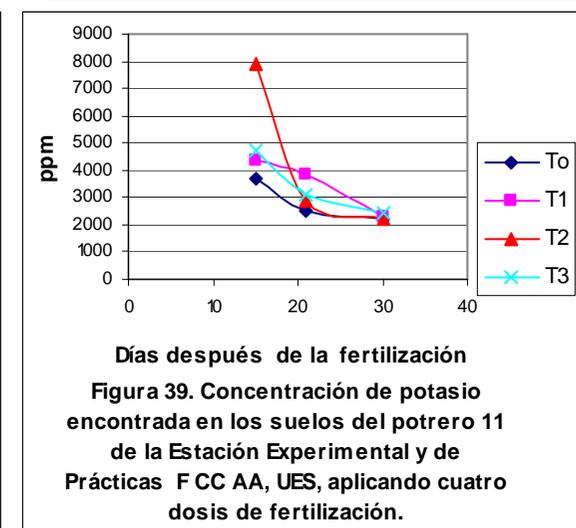
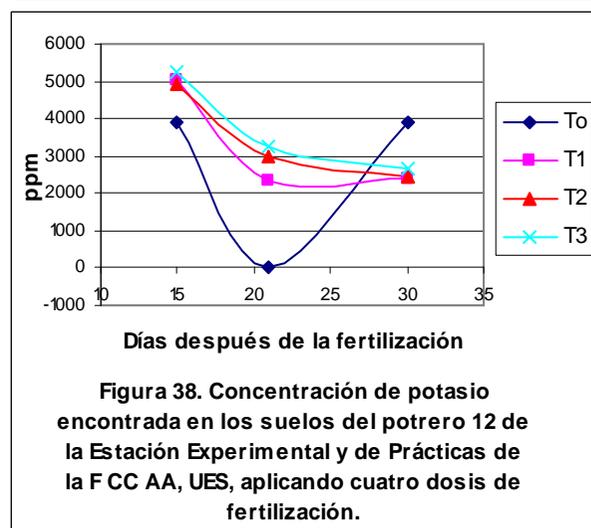
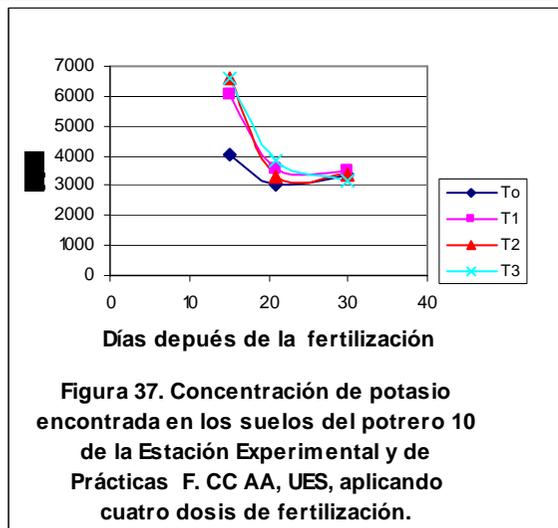
En términos generales al aplicar el fósforo al suelo este a un inicio (15dds) se mantiene alto, a los 21dds disminuye debido a la extracción que el pasto hace del mismo. En cambio cuando no se aplica fertilizante no hay variación en el suelo y sus valores son menores que cuando se aplico el fertilizante.

**Cuadro 24.** Concentración de POTASIO (ppm) encontrada en los suelos de los potrero 10,11 y 12 de la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, tomados en tres intervalos de tiempo.

K en Callie (ppm)				
Dias	T0	T1	T2	T3
15	4005,98	6050,53	6615,69	6565,8
21	2997,27	3542,23	3269,75	3814,7
30	3337,87	3474,11	3337,87	3133,5

K en Pangola (ppm)				
Dias	T0	T1	T2	T3
15	3889,62	5053,19	4903,59	5269,28
21	2656,67	2316,07	2997,27	3269,75
30	3882,83	2384,19	2452,31	2656,67

K en Estrella (ppm)				
Dias	T0	T1	T2	T3
15	3673,54	4355,05	7870,34	4737,37
21	2520,34	3814,71	2861,03	3133,51
30	2247,95	2250,96	2249,1	2452,31



La concentración de potasio en el potrero 10 al aplicar cuatro dosis de fertilización (T0=sin fertilización, T1= dosis recomendada, T2= 25% menos, T3= 25% mas a la dosis recomendada) es similar para el T1, T2 y T3 encontrando en estos, la mayor concentración a los 15 días después de haberlo aplicado (ddha) (6050.53, 6615.59, 6565.80ppm respectivamente). En el T0 como se esperaba, presentó la menor cantidad ya que no se aplicó fertilizante, únicamente se encontró el que estaba disponible en el suelo contrario a lo demostrado por González S. (1995). Quien obtuvo 364ppm de K en el suelo al aplicar 10 Ton/ha de estiércol de bovino y 229.6 ppm cuando se aplicó 100- 50- 00.

En el potrero 11 el comportamiento de potasio encontrado en suelo fue el mismo que en el potrero 10, variando únicamente el T2 ya que presentó la mayor acumulación con 7,870.34 ppm luego disminuyó.

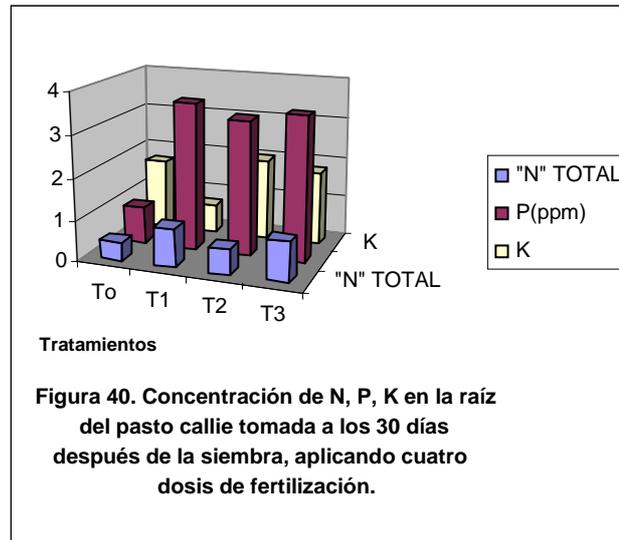
En el pasto pangola (potrero 12) la acumulación de este elemento presenta el mismo comportamiento que en el callie y estrella, absorbiendo la mayor cantidad a los 15 días luego disminuye.

**Cuadro 25.** Porcentaje de macronutrientes (N, P, K) encontrados en la raíz de tres variedades de pastos a los 30dds.

DETERMINACION EN RAIZ (%)							
Nº Mx	TRAT.	H.PARCIAL	TOTAL	CENIZAS	"N" TOTAL	P	K
10. Callie	T0	30,66	5,63	6,56	0,44	0,008	1,71
	T1	22,22	5,69	6,88	0,93	0,035	0,7
	T2	28,88	5,95	7,82	0,62	0,032	1,97
	T3	25	5,88	6,41	0,95	0,034	1,8
12. Pangola	T0	29,26	6,09	4,91	0,61	0,012	0,97
	T1	28,57	5,88	5,32	0,89	0,018	1,82
	T2	32,35	6,1	3,45	0,85	0,012	0,97
	T3	27,27	5,94	4,21	0,94	0,019	1,3
11. Estrella	T0	25	5,85	3,4	0,49	0,012	0,67
	T1	43,11	616	5,3	0,86	0,017	0,97
	T2	42,5	6,22	3,68	0,83	0,014	1,6
	T3	30	623	4,53	0,93	0,014	1,11

## ANALISIS DE LA RAIZ

### PORCENTAJE DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO ENCONTRADO EN LA RAIZ DEL PASTO CALLIE, TOMADA A LOS 30 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.



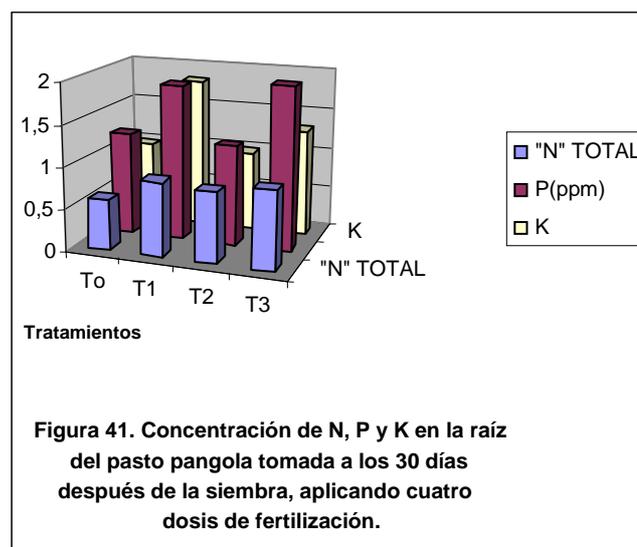
La concentración de nitrógeno encontrada en la raíz del pasto callie al aplicar cuatro dosis de fertilización (T0=sin fertilización, T1= dosis recomendada, T2= 25% menos, T3= 25% mas a la dosis recomendada) es superior en el T1 con 0.93% y T3 0.95%. En el caso del fósforo el comportamiento es igual superando el T1 con 0,035% y T3 0,034% a los otros dos.

Para potasio la tendencia fue diferente ya que el T0 y T2 con 1,71% y 1,97% respectivamente superan al T1 y T3. En términos generales las cantidades encontradas de los tres elementos en la raíz de cada variedad son mínimas debido a que estas únicamente sirven a la planta para captar del suelo los nutrientes y transportarlos hacia las demás partes de la misma (Salisbury F. 2000).

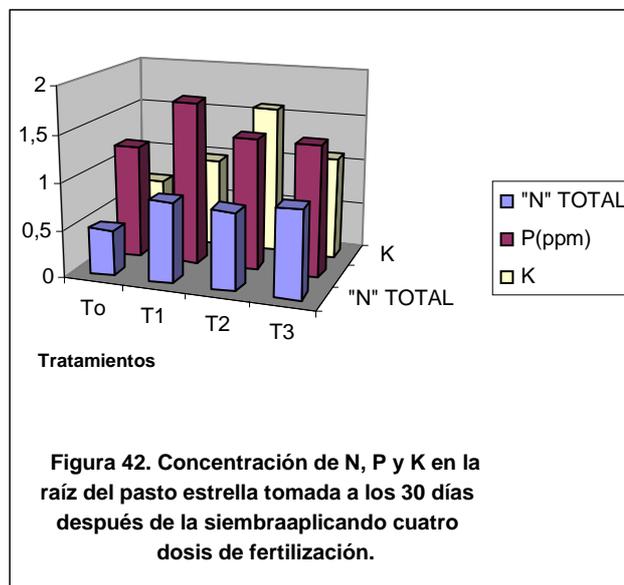
## PORCENTAJE DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO ENCONTRADO EN LA RAIZ DEL PASTO PANGOLA, TOMADA A LOS 30 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.

La acumulación de nitrógeno encontrada en la raíz del pasto estrella al aplicar cuatro dosis de fertilización (T0=sin fertilización, T1= dosis recomendada, T2= 25% menos, T3= 25% mas a la dosis recomendada) mantiene el mismo comportamiento que el pasto callie al igual que el fósforo.

En potasio el comportamiento fue distinto es decir que el T1 y T3 con 1.82% y 1.30% respectivamente superan a los otros dos.



**PORCENTAJE DE NITROGENO, FOSFORO, POTASIO Y HUMEDAD (PARCIAL Y TOTAL) ENCONTRADA EN LA RAIZ DEL PASTO ESTRELLA, TOMADA A LOS 30 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.**



La acumulación de nitrógeno encontrada en la raíz del pasto pangola al aplicar cuatro dosis de fertilización (T0=sin fertilización, T1= dosis recomendada, T2= 25% menos, T3= 25% mas a la dosis recomendada) mantiene el mismo comportamiento que el pasto callie al igual que el fósforo.

En potasio la mayor concentración la presento el T2 con 1,60% y T3 1.11% seguido del T1 y T0.

**ANALISIS ECONOMICO**

Se ha realizado un análisis económico de acuerdo a la dosis recomendada por el CENTA, con el propósito de determinar cual de los niveles de fertilización fue el más económico y que variedad de pasto. (Anexo 6)

## 5. CONCLUSIONES.

- A medida que aumenta la concentración de nitrógeno aplicado al suelo, aumenta la concentración en la hoja del pasto, independientemente de la variedad que se está usando.
- Se puede incrementar la dosis en un 25% más de 182 kg de N/ha que es lo recomendado por el CENTA y las plantas se ven más enriquecidas, es decir que aumenta la calidad del pasto por la presencia de nitrógeno.
- La concentración de nitrógeno, fósforo y potasio encontrada en los análisis es menor para la raíz comparado con el tallo y las hojas independientemente del tratamiento aplicado.
- La concentración de los tres elementos (N, P y K) en el suelo a los 15 días después de haber aplicado el fertilizante tanto para el tratamiento 1, 2 y 3 siempre fueron superiores que el testigo independientemente de la variedad de pasto.
- El potasio es más rápidamente absorbido por el pasto estrella tanto en hojas como en tallos, debido a las diferencias morfológicas que existen entre este y las otras variedades.
- El suelo no afectó en los resultados, ya que se encontraron valores similares en los elementos del mismo, al igual que sus propiedades.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Elaborar un nuevo estudio con los mismos pastos y en las mismas condiciones aplicando nuevas técnicas en las determinaciones.
2. Hacer más repeticiones de cada uno de los análisis de fósforo de los tres elementos para tener un mayor grado de certeza en los datos.
3. Se debe estudiar la fonología de los tres pastos debido a que su comportamiento es distinto.
4. En estudios futuros es necesario considerar que la asimilación del potasio es más lenta independientemente del pasto que se trate, por lo cual es necesario incrementar los muestreos a más de 30dds.
5. De acuerdo a la disponibilidad de nitrógeno que hay, la cosecha debería de hacerse a los 30dds cuando se ha hecho un programa de fertilización.

## VII BIBLIOGRAFIA

1. BERTSCH F. 2006. Estudio de absorción de nutrientes.  
San José Costa Rica. 16 pág.
2. BONILLA M. E, SANDOVAL M. S, SERMEÑO CHICO J. 1993  
Evaluación del rendimiento y composición química del pasto  
estrella (*Cynodon plectostachyus*), utilizando abono orgánico  
como fuente de nitrógeno en Nueva Concepción, Chalatenango  
tesis Ing. Agr. S. S. E. S – UES.
3. BONILLA V. S, QUINTEROS F. E 1993. Estimación del punto de  
cosecha de los pastos elefante (*Pennisetum purpureum*)  
Var naiper y Swazi (*Digitaria swazilandensis*) durante la época  
Seca, bajo riego en el departamento de Sonsonate. Tesis Ing.  
Agr. S.S, E.S, UES. 113 Pág.
4. BUCKMAN HARRY O. 1985. Naturaleza y propiedades físicas de los  
Suelos, Trad. R. Salord Barcelo. LIMUSA, México D. F 51 Pág.
5. CAÑAS DE MORENO F. 2005. Manual de Química Analítica.  
San Salvador, El Salvador.
6. CENTA 1984. Manual Técnico de fertilización. Ciudad Arce La libertad  
El Salvador, 45 pág.
7. CHAVES F. S 1973. Fertilización nitrogenada en pasto estrella  
(*Cynodon sp*) Managua-Nicaragua, Escuela nacional de  
Agricultura y Ganadería. Tesis Ing. Agr. 38 Pág.
8. COMBELLAS LARES J. 1983. alimentación de la vaca de doble  
Propósito y sus crías. 1ª edición. México D. F. 184 Pág.

9. ENCICLOPEDIA LIBRE. 2006. El pasto pangola. Disponible en <http://www.encyclopedialibre.com>. 03-mayo-2007.
10. FAO 2005. Gramíneas. Disponible en <http://www.fao.org> 03-mayo-2007.
11. FOTH H. D. 1985. Fundamentos de la Ciencia del suelo Trad. J. Navas Díaz, Continental, México D. F 425 Pág.
12. FUENTES YAGUE 1994. El suelo y los fertilizantes. 4ª edición. Madrid, España. 327 Pág.
13. GONZALEZ S. A. 1995. Aplicación y efecto residual del estiércol en la producción y calidad del Buffel (*Cynchus ciliaris c.v texas 4464*) en el trópico seco. Tesis Maestría en –Ciencias Pecuarias México, Universidad de Colima.
14. GUARDADO F., MELENDEZ V., SEGOVIA R. 1995. Uso de metalosatos combinados con la fertilización nitrogenada al suelo, en rendimiento y calidad del pasto pangola (*Digitaria decumbens*) Tesis Ing. Agr. S.S, E.S UES.
15. HARRISON L. 1976. Los nutrientes en el suelo, disponible en [http:// www.terramor.com](http://www.terramor.com) consultado 22-febrero-2007
16. HERNANDEZ M., ROSALE C. 1997. Evaluación del rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) bajo uso de fertilizantes químicos y dos tipos de labranza, San Luís talpa, La paz. Tesis Ing. Agr. S.S, E.S, UES. 59 Pág.
17. HORWITS W. 1980. Oficial methods of análisis, of association analytic chemist, Washington USA. 869 pág

18. JICA 2003. Nutrition of plants and fertilizers. San Salvador, El Salvador  
40 pág.
19. KASS DONALD L. 1998. Fertilidad de suelos. EUNED San José  
272 pág.
20. LOPEZ L R. 2005. Manual de Conductividad Eléctrica, San Salvador,  
El salvador.
21. LOPEZ L. R 2006. Manual para la determinación de Capacidad de  
Campo y Punto Permanente de marchitez, San Salvador,  
El Salvador.
22. MACHADO R., L. LAMELA 1982. Pastos y forrajes. Estación  
Experimental de pastos y forrajes "Indio Tukey", Perico  
Matanzas Cuba.
23. MARMOL J. F. 1983. Concentración de nutrientes minerales en el suelo  
Y los pastos nativos de Guarico Oriental, Valle de Pascua; Estado  
de Guarico. Venezuela 10 Pág.
24. MARIN H. D, MENDEZ S. B, RODRIGUEZ C. R, 1994. Evaluación  
bioeconómica de tres niveles de heno molido de pasto estrella  
(**Cynodon plectostachyus**) en la alimentación de terneras lecheras  
de la hacienda Colombia. Tesis Ing. Agr. S.S, E.S UES
25. MARTINEZ O. V, CUELLAR R. H, CAMPOS Q. H, 1994. Rendimiento  
y calidad del pasto del pasto Swazi (**Digitaria swazilandensis**)  
sometido a dos niveles de fertilización foliar y dos períodos de  
recuperación. Tesis Ing. Agr. S.S, E.S, UES.
26. MCILROY R. 1994. Introducción al cultivo de los pastos tropicales.  
1<sup>a</sup> edición, LIMUSA. México D. F 159 Pág.

27. MEIER E. 1978. Plantas cultivos y cosechas. 1ª edición, AEDOS  
Barcelona, España. 501 Pág.
28. MISLE E. 2003. Caracterización termofisiológica del ritmo de absorción  
De nutrientes del melón (*Cucumis melo* L. var. Reticulatos navd)  
Talca Chile, 60 Pág.
29. MONTOYA A., ALAS A. 1995. Uso del método de fluorescencia de rayos  
"X "en la determinación cuantitativa de los elementos P, K, Ca, S,  
Mn, Fe, Cu, y Zn en los suelos de la Estación Experimental y de  
Prácticas, San Luís Talpa. Tesis Ing. Agr. S.S, E.S, UES.
30. PLEASTER J. E. 2000. La Ciencia del suelo. Trad. Patricia Scout.  
Paraninfo, España. 405 Pág.
31. PEDERSON G. A, BRINK G, FAIRBROTHER T. 2000. Nutrient uptake  
in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter :  
nitrogeno, phosphorus, potassium, copper and zinc. Missisipi  
EE.UU.
32. SALISBURY F. ROSS C. 2000. Fisiología de las plantas 1. Células,  
agua, soluciones y superficies. España 297 Pág.
33. SALISBURY F. ROSS C. 2000. Fisiología de las plantas 2. Bioquímica  
vegetal Trad. Por José Manuel Alonso, España 519 Pág.
34. SANCHO V. 2006. Curvas de absorción de nutrientes. FERTICA.  
San José, Costa Rica 12 Pág.
35. SKERMAN P. J. 1992. Producción y protección de gramíneas tropicales.  
Italia 541 Pág.

36. SKOOG A. D, M. WEST D. 2001. Química Analítica. 7ª edición.  
Trad. Por Maria del Carmen Ramírez. Mc Graw Hill, México  
795 Pág.
37. THOMPSON L. M. 1969. El suelo y su fertilidad Trad. Por Ricardo  
Clara Camprobi. Mc Graw Hill Book Company. 3a edición,  
Barcelona, España.
38. TISDALE L. M. 1969. Fertilidad del suelo y sus fertilizantes. Trad. Jorge  
Balasech, LIMUSA México D.F 425 Pág.
39. UNAL. 2003. Análisis de suelos. Disponible en  
[http// www.agronomia.unal.com](http://www.agronomia.unal.com) consultado 22-febrero-2007.
40. VASQUEZ C. A, VILLALTA U. M, 1990. Efecto de diferentes niveles de  
nitrógeno en el rendimiento y composición química de los pastos  
pangola (***Digitaria decumbens***) y callie (***Cynodon dactylon*** var  
callie) Tesis Ing. Agr. S.S, E.S, UES 102 Pág.
41. ZUÑIGA B. L 1992. Efecto de la gallinaza como abono orgánico en el  
rendimiento y composición química del pasto callie (***Cynodon***  
***dactylon*** var callie) en época seca bajo riego. Tesis Ing. Agr. S.S,  
E.S, UES.

# VIII. ANEXOS.

FORMULAS UTILIZADAS PARA ENCONTRAR LA CONCENTRACION DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS.

Anexo 1. Formula utilizada para encontrar el porcentaje de nitrógeno presente en los diferentes tejidos vegetales método microkjeldahl.

$$\% N = \frac{\text{ml gastados de HCl} \times N_{\text{HCl}} \times \text{Equivalencia química N} \times 100}{\text{Peso de muestra (g)}}$$

Donde:

N= Porcentaje de nitrógeno.

HCl= ácido clorhídrico.

N<sub>HCl</sub>= Normalidad del ácido clorhídrico.

$$\text{Equivalencia química N} = \frac{\text{Peso atómico N} = 14}{\text{Peso miliequivalente} = \frac{14}{1000}} = 0.014$$

Anexo 2. Fórmula utilizada para encontrar la concentración de fósforo en suelo y tejidos vegetales método colorimétrico vanadato molibdato.

$$\% P = \frac{\text{ppm leídas en el aparato} \times \text{factor de dilución}}{\text{Peso de muestra en g}}$$

Donde el factor de dilución es  $\frac{\text{volumen inicial} \times \text{volumen final}}{\text{Alícuota tomada}}$

Anexo 3. Formula utilizada para encontrar la concentración de potasio presente en las muestras de suelo y tejidos vegetales método fotometría de llama.

$$\text{Ppm de la mx} = \frac{(\text{Alícuota standard} \times \text{lectura de muestra})}{\text{Lectura del standard}} \times \text{Factor de dilución.}$$

$$\text{Donde factor de dilución} = \frac{\text{Volumen inicial} \times \text{volumen final}}{\text{Alícuota medida}}$$

Mx= muestra

#### ANEXO 4. ANALISIS DE VARIANZA

Cuadro A-4. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de nitrógeno en hojas para el muestreo desarrollado a los 15 días después de la siembra del pasto (ddsp)

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	19.6268	6.5422	178.17**	0.0000
Variedades	2	4.31204	2.1560	58.72**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	0.817606	0.1362	3.71**	0.0094
Residuo	24	0.881267	0.0367		
Total	35	25.6377			

Los tratamientos (T0, T1, T2, T3) están produciendo un efecto significativo sobre las variedades en la acumulación de nitrógeno en las hojas.

El efecto de las variedades es significativo en la acumulación de nitrógeno en las hojas, al menos una de ellas está produciendo un mejor efecto en dicha acumulación con relación a las otras dos.

La interacción AxB es significativa, existiendo una diferencia en la interacción de dosis y variedad es decir que al menos una de las combinaciones está produciendo una mayor producción que las otras.

Cuadro A-5. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de nitrógeno en tallo a los 15 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	0.3349	0.1116	1.19**	0.3331
Variedades	2	0.1135	0.0567	0.61**	0.5531
Interacciones					
AxB	6	0.9767	0.1627	1.74**	0.1546
Residuo	24	2.2438	0.0934		
Total	35	3.669			

El comportamiento del porcentaje de nitrógeno asimilado por los tallos a los 15 días tanto para tratamientos, variedades e interacciones es significativo; similar al efecto mostrado en la acumulación de dicho elemento por las hojas en el mismo período.

Cuadro A-6. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de nitrógeno en hojas para el muestreo desarrollado a los 21 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	4.076	1.3587	45.92**	0.0000
Variedades	2	0.6370	0.3185	10.76**	0.0005
Interacciones					
AxB	6	1.2616	0.2102	7.11**	0.0002
Residuo	24	0.7102	0.0295		
Total	35	6.685			

La asimilación de nitrógeno en las hojas a los 21dds tanto para tratamientos, variedades e interacciones es significativa; obteniendo resultados similares al muestreo realizado a los 15dds.

Cuadro A-7. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de nitrógeno en tallo para el muestreo desarrollado a los 21 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	1.6014	0.5338	23.00**	0.0000
Variedades	2	0.04857	0.0242	1.05**	0.3667
Interacciones					
AxB	6	0.5002	0.0833	3.59**	0.0110
Residuo	24	0.5570	0.0232		
Total	35	2.7073			

Los resultados encontrados en la extracción de nitrógeno en los tallos a los 21dds, para tratamientos, variedades e interacciones es significativa cuya interpretación es similar a la del muestreo efectuado a los 15dds.

Cuadro A-8. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de nitrógeno en hojas para el muestreo desarrollado a los 30 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	5.6278	1.8759	32.64**	0.0000
Variedades	2	0.9677	0.4838	8.42**	0.0017
Interacciones					
AxB	6	0.4288	0.0714	1.24**	0.3197
Residuo	24	1.3794	0.0574		
Total	35	8.4038			

El porcentaje de nitrógeno extraído por las hojas a los 30dds es significativo para tratamientos, variedades e interacciones cuyos valores se interpretan igual al muestreo desarrollado a los 15dds.

Cuadro A-9. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de nitrógeno en tallo para el muestreo desarrollado a los 30 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	7.1458	2.3819	59.14**	0.0000
Variedades	2	0.2034	0.1017	2.53**	0.1010
Interacciones					
AxB	6	0.4221	0.0703	1.75**	0.1533
Residuo	24	0.9666	0.0402		
Total	35	8.738			

El contenido nitrógeno asimilado por el tallo a los 30dds es significativo para tratamientos, variedades e interacciones interpretándose igual al muestreo llevado a cabo a los 15dds.

Cuadro A-10. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de fósforo en hojas para el muestreo desarrollado a los 15 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	16.6984	5.5661	4.86**	0.0088
Variedades	2	1.1232	0.5616	0.49N.S	0.6185
Interacciones					
AxB	6	26.0556	4.3426	3.79**	0.0085
Residuo	24	27.4973	1.1457		
Total	35	71.3746			

Los tratamientos T0, T1, T2, y T3 están produciendo un efecto significativo sobre las variedades en la acumulación de fósforo (P) en las hojas; a su mismo las variedades ejercen un efecto no significativo en la asimilación del P en las hojas, es decir que la variedad no interfiere en la acumulación de dicho elemento a los 15 días.

Por otra parte la interacción tratamiento-variedad es significativa es decir que al menos una de las combinaciones está produciendo un mayor rendimiento que las otras.

Cuadro A-11. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de fósforo en tallo para el muestreo desarrollado a los 15 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	25.8968	8.6322	22.96**	0.0000
Variedades	2	26.0715	13.0358	34.67**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	15.8731	2.6455	7.04**	0.0002
Residuo	24	9.0234	0.3759		
Total	35	76.8649			

Los resultados arrojados por el muestreo desarrollado a los 15dds en la acumulación de P en los tallos son significativos tanto para variedades, tratamientos e interacciones interpretándose igual al muestreo efectuado en la misma fecha.

Cuadro A-12. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de fósforo en hojas para el muestreo desarrollado a los 21 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	60.404	20.1347	84.65**	0.0000
Variedades	2	3.6724	1.8362	7.72**	0.0026
Interacciones					
AxB	6	18.0687	3.0114	12.66**	0.0000
Residuo	24	5.7084	0.2378		
Total	35	87.8536			

La asimilación de P por las hojas en el muestreo efectuado a los 21dds es significativa para tratamientos, variedades e interacciones interpretándose de la misma manera que los cuadros anteriores.

Cuadro A-13. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de fósforo en tallo para el muestreo desarrollado a los 21 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	34.5256	11.5085	34.53**	0.0000
Variedades	2	72.964	36.482	109.45**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	17.3061	2.8843	8.65**	0.0000
Residuo	24	7.9994	0.3333		
Total	35	132.795			

El porcentaje de P acumulado por los tallos a los 21dds e significativo tanto para variedades, tratamiento e interacciones.

Cuadro A-14. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de fósforo en hojas para el muestreo desarrollado a los 30 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	23.7917	7.9305	19.91**	0.0000
Variedades	2	5.1400	2.5700	6.45**	0.0057
Interacciones					
AxB	6	39.6169	6.6028	16.57**	0.0000
Residuo	24	9.5618	0.3984		
Total	35	78.1105			

Los tratamientos, las variedades y las interacciones de ambos están ejerciendo un efecto significativo en la asimilación de fósforo por las hojas a los 30 días del pasto.

Cuadro A-15. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de fósforo en tallo para el muestreo desarrollado a los 30 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	13.2162	4.4054	12.51**	0.0000
Variedades	2	11.3993	5.6996	16.19**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	52.8052	8.8008	25.00**	0.0000
Residuo	24	8.4484	0.3520		
Total	35	85.8692			

El porcentaje de P absorbido por los tallos a los 30dds es significativo para variedades, tratamientos e interacciones cuyos resultados se interpretan de la misma manera que el muestreo efectuado a los 15dds.

Cuadro A-16. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de potasio en hojas para el muestreo desarrollado a los 15 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	57.0328	19.0109	24.08**	0.0000
Variedades	2	7.0667	3.5333	4.48**	0.0223
Interacciones					
AxB	6	49.9354	8.3225	10.54**	0.0000
Residuo	24	18.9499	0.7895		
Total	35	132.985			

Los tratamientos T0, T1, T2 y T3 están ejerciendo un efecto significativo sobre las variedades en la acumulación de potasio (K) en las hojas a los 15 días.

El efecto de las variedades es significativo en la extracción de K por las hojas, es decir al menos una de ellas está produciendo un mayor rendimiento en relación a las otras dos.

La interacción variedad – tratamiento es significativa, al menos una de las combinaciones es mejor que las otras.

Cuadro A-17. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de potasio en tallo para el muestreo desarrollado a los 15 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	6.4653	2.1551	3.12**	0.0447
Variedades	2	5.8668	2.9334	4.25**	0.0263
Interacciones					
AxB	6	58.7301	9.7883	14.18**	0.0000
Residuo	24	16.5701	0.6904		
Total	35	87.6323			

Los resultados encontrados tanto para variedades, tratamientos e interacciones son significativos en la extracción de potasio por los tallos a los 15dds.

Cuadro A-18. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de potasio en hojas para el muestreo desarrollado a los 21 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	110.462	36.8205	122.63**	0.0000
Variedades	2	142.919	71.4596	238.00**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	61.6787	10.2798	34.24**	0.0000
Residuo	24	7.2059	0.3002		
Total	35	322.265			

La absorción de K por las hojas a los 21dds del pasto es significativa para tratamientos, variedades e interacciones.

Cuadro A-19. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de potasio en tallo para el muestreo desarrollado a los 21 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	42.5644	14.1881	18.05**	0.0000
Variedades	2	71.2577	35.6288	45.32**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	48.4194	8.0699	10.27**	0.0000
Residuo	24	18.8661	0.7860		
Total	35	181.108			

La extracción de K por los tallos a los 21dds del pasto es significativa para variedades, tratamientos e interacciones.

Cuadro A-20. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de potasio en hojas para el muestreo desarrollado a los 30 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	245.56	81.8532	300.63**	0.0000
Variedades	2	35.7752	17.8876	65.70**	0.0000
Interacciones					
AxB	6	11.8069	1.9678	7.23**	0.0002
Residuo	24	6.5345	0.2722		
Total	35	299.676			

Los resultados arrojados por el muestreo efectuado a los 30dds sobre la asimilación de potasio por las hojas son significativos para tratamientos, variedades e interacciones.

Cuadro A-21. Análisis de varianza para efectos principales e interacciones en porcentaje de potasio en tallo para el muestreo desarrollado a los 30 días después de la siembra.

Factores de variación	Grados de Libertad	Sumatoria de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	F tablas 5%
Tratamientos	3	341.217	113.739	284.34**	0.0000
Variedades	2	0.2051	0.1025	0.26N.S	0.7759
Interacciones					
AxB	6	10.3833	1.7305	4.33**	0.0043
Residuo	24	9.6001	0.4000		
Total	35	361.406			

El porcentaje de potasio acumulado a los 30dds del pasto por el tallo es significativa para tratamientos, al menos uno de ellos esta produciendo un efecto significativo sobre las variedades.

El efecto de las variedades es no significativo en la concentración de K en los tallos a los 30dds, es decir que las variedades a este período no interfieren en la asimilación del referido elemento.

La interacción variedad.- tratamiento es significativa, al menos una de estas presenta un mejor rendimiento en la extracción del elemento.

Cuadro A-22. Porcentaje de humedad acumulado en hojas y tallos en el tratamiento testigo, sin fertilización (T0) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	53.94	74.82	64.01
21	78.07	77.97	86.55
30	71.89	76.96	80.83

TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	58.04	70.21	62.04
21	73.55	76.15	79.35
30	70.86	71.65	75.33

Cuadro A- 23. Porcentaje de humedad total acumulada en hojas y tallos en el tratamiento testigo, sin fertilización (T0) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	2.89	2.43	2.43
21	6.74	6.42	7.11
30	5.44	4.67	5.54

TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	2.72	2.69	2.25
21	6.4	4.9	6.22
30	4.84	5.1	5.25

Cuadro A-24. Porcentaje de Humedad acumulada en hojas y tallos en el T1 (Dosis recomendada, 182Kg de N/Ha, 91.36Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 99.79Kg de K<sub>2</sub>O) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

#### HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	73.87	73.28	82.54
21	74.23	77.34	83.76
30	74.14	74.35	83.33

#### TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	73.59	79.94	74.17
21	70.65	74.32	65.12
30	76.15	80.17	82.3

Cuadro A-25. Porcentaje de humedad total acumulada en hojas y tallos en el T1 (Dosis recomendada, 182Kg de N/Ha, 91.36Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 99.79Kg de K<sub>2</sub>O) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

#### HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	6.72	7.21	6.67
21	5.24	5.07	4.8
30	5.37	5.58	5.25

#### TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	6.85	6.65	5.9
21	4.49	4.58	5.6
30	4.89	4.3	4.64

CuadroA- 26. Porcentaje de humedad acumulada en hojas y tallos en el T2 (25% menos de la dosis recomendada 136.5 Kg de N/Ha, 68.52Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 74.84 Kg de K<sub>2</sub>O) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	71.53	73.79	84.7
21	71.99	77.84	84.6
30	72.74	74.86	82.29

TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	69.04	73.65	75.1
21	70.64	77.73	75.68
30	76.3	81.07	81.27

Cuadro A-27. Porcentaje de humedad total acumulada en hojas y tallos en el T2 (25% menos de la dosis recomendada 136.5 Kg de N/Ha, 68.52Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 74.84 Kg de K<sub>2</sub>O) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	5,82	7,15	6,39
21	4,95	5,58	4,9
30	5,17	4,12	5,31

TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	5,74	6,26	6,5
21	4,94	4,94	6,16
30	4,59	4,1	4,8

Cuadro A-28. Porcentaje de humedad acumulada en hojas y tallos en el T3 (25% mas de la dosis recomendada 227.5 Kg de N/Ha, 114.2 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 124.73Kg de K<sub>2</sub>O) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	69,59	75,3	81,95
21	72,97	75,25	81,3
30	74,51	73,96	80,72

TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	69,29	80,48	73,04
21	72,85	78.03	72,27
30	79,93	80,71	79,94

Cuadro A-29. Porcentaje de humedad total acumulada en hojas y tallos en el T3 (25% mas de la dosis recomendada 227.5 Kg de N/Ha, 114.2 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 124.73 Kg de K<sub>2</sub>O) tomado en tres variedades de pastos con tres intervalos de tiempo.

HOJA

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	6,45	6,02	5,42
21	4,99	4,49	5,02
30	5,36	4.56	5,33

TALLO

Dias	Callie	Estrella	Pangola
15	5,57	6,24	5,46
21	4,73	3,94	4,12
30	4,74	4,84	4,1

ANEXO 5. Medias del porcentaje de N, P y K en cada variedad de pastos tomado en tres intervalos de tiempo, aplicando cuatro tratamientos de fertilización,

Variable: Porcentaje de nitrógeno en hojas 1er muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	2.45	2.34	2,32	7,11	2,37
	T1	3.73	3.78	3,75	11,26	3,75
	T2	3.67	3.72	3,77	11,16	3,72
	T3	4.39	4.65	4,14	13,18	4,39
Callie	T0	1,86	1,71	2,52	6,09	2,03
	T1	3,84	3,55	4,14	11,53	3,84
	T2	3,86	3,71	3,57	11,14	3,71
	T3	3,74	3,94	3,84	11,52	3,84
Pangola	T0	1,53	1,6	1,46	4,59	1,53
	T1	3,41	3,36	3,47	10,24	3,41
	T2	2,72	2,67	2,69	8,08	2,69
	T3	3,58	3,11	3,34	10,03	3,34

Variable: Porcentaje de nitrógeno en tallos 1er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	0,73	1,15	1,53	3,41	1,13
	T1	1,91	1,70	1,80	5,41	1,80
	T2	1,31	1,36	1,41	4,08	1,36
	T3	1,97	1,77	1,87	5,61	1,87
Callie	T0	1,92	1,81	0,81	4,54	1,51
	T1	1,61	1,39	1,50	4,50	1,50
	T2	1,07	1,71	1,39	4,17	1,39
	T3	1,24	1,55	1,39	4,18	1,39
Pangola	T0	1,20	2,28	1,22	4,70	1,56
	T1	1,65	1,27	1,46	4,38	1,46
	T2	1,37	1,20	1,28	3,85	1,28
	T3	1,30	1,32	1,35	3,97	1,32

Variable: Porcentaje de fósforo en hojas 1er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	9,24	5,78	7,51	22,53	7,51
	T1	7,18	7,70	5,43	20,31	6,77
	T2	7,02	6,58	6,15	19,75	6,58
	T3	6,99	7,36	8,72	23,07	7,69
Callie	T0	6,51	7,76	8,65	22,92	7,64
	T1	10,36	6,34	8,35	22,05	8,35
	T2	5,94	5,68	6,21	17,83	5,94
	T3	7,77	8,69	7,03	23,49	7,83
Pangola	T0	10,73	9,63	10,08	30,44	10,14
	T1	6,39	5,30	5,84	17,53	5,84
	T2	6,52	7,79	7,65	21,96	7,32
	T3	5,79	6,92	8,05	20,76	6,92

Variable: Porcentaje de fósforo en tallos 1er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	7,49	7,20	7,78	22,47	7,49
	T1	3,84	5,59	4,71	14,14	4,71
	T2	3,90	4,23	4,56	12,69	4,25
	T3	5,01	4,84	4,92	14,77	7,92
Callie	T0	7,60	8,89	8,05	24,54	8,18
	T1	8,00	6,33	7,12	21,45	7,15
	T2	7,73	6,19	6,86	20,78	6,92
	T3	5,41	4,56	3,72	13,69	4,56
Pangola	T0	5,72	4,80	5,13	15,65	5,21
	T1	3,51	4,50	5,00	12,76	4,25
	T2	4,63	4,45	4,82	13,9	4,63
	T3	3,98	5,08	4,53	13,59	4,53

Variable: Porcentaje de potasio en hojas 1er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	0,80	0,46	1,15	2,41	0,80
	T1	6,08	6,80	5,35	18,23	6,07
	T2	4,84	5,43	4,26	14,53	4,84
	T3	7,82	6,06	6,94	20,82	6,94
Callie	T0	5,28	4,11	4,69	14,08	4,69
	T1	8,35	6,59	7,47	22,41	7,47
	T2	5,34	7,07	3,61	16,02	5,34
	T3	4,30	3,89	5,39	13,58	4,52
Pangola	T0	4,32	5,30	6,28	15,90	5,30
	T1	5,32	7,91	6,73	19,96	6,65
	T2	4,11	3,54	2,98	10,6	3,54
	T3	7,22	7,02	7,43	21,67	7,22

Variable: Porcentaje de potasio en tallos 1er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	1,44	4,78	3,11	9,33	3,11
	T1	2,05	3,00	3,95	9,00	3,0
	T2	6,43	5,16	7,71	19,30	6,43
	T3	6,06	6,81	5,31	18,18	6,06
Callie	T0	6,14	6,92	5,37	18,43	6,14
	T1	7,13	6,53	7,74	21,40	7,13
	T2	4,11	4,17	4,24	12,52	4,17
	T3	4,10	3,95	3,75	11,80	3,93
Pangola	T0	4,79	3,96	3,13	11,88	3,96
	T1	2,90	3,04	2,76	8,70	2,90
	T2	5,43	5,93	4,34	15,7	5,23
	T3	5,46	5,50	5,28	16,39	5,46

Variable: Porcentaje de nitrógeno en hojas 2do. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	2,46	3,31	3,13	9,40	3,13
	T1	3,96	3,99	3,97	11,92	3,97
	T2	4,12	3,50	3,39	11,26	3,75
	T3	3,91	3,83	3,87	11,61	3,87
Callie	T0	2,71	2,65	2,68	8,04	2,68
	T1	3,24	3,73	3,48	10,45	3,48
	T2	3,46	3,95	3,70	11,11	3,70
	T3	4,11	3,97	4,04	12,12	4,04
Pangola	T0	3,04	3,17	2,91	9,12	3,04
	T1	3,98	3,58	3,78	11,34	3,78
	T2	3,21	3,05	3,13	9,4	3,13
	T3	3,49	3,51	3,42	10,48	3,49

Variable: Porcentaje de nitrógeno en tallos 2do. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	1,21	1,44	0,99	3,64	1,21
	T1	1,58	1,53	1,55	4,66	1,55
	T2	1,76	1,30	1,53	4,59	1,53
	T3	1,39	1,53	1,46	4,38	1,46
Callie	T0	1,04	0,86	1,22	3,12	1,04
	T1	1,14	1,30	1,47	3,91	1,30
	T2	1,47	1,79	1,63	4,89	1,63
	T3	1,78	1,67	1,89	5,34	1,78
Pangola	T0	0,91	0,96	0,87	2,74	0,91
	T1	1,54	1,76	1,33	4,63	1,54
	T2	1,69	1,54	1,61	4,84	1,61
	T3	1,37	1,51	1,24	4,12	1,37

Variable: Porcentaje de fósforo en hojas 2do. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	10,85	10,88	10,91	36,64	10,88
	T1	7,81	10,08	9,93	27,82	9,27
	T2	8,16	8,93	9,11	26,20	8,73
	T3	9,33	9,76	9,54	28,63	9,54
Callie	T0	11,37	10,73	10,95	33,05	11,01
	T1	7,22	8,30	7,76	23,28	7,76
	T2	7,32	7,62	7,32	22,26	7,42
	T3	9,92	10,08	9,77	29,77	9,92
Pangola	T0	11,56	11,77	11,36	34,69	11,56
	T1	6,20	6,14	6,09	18,43	6,14
	T2	8,32	9,62	8,97	26,91	8,97
	T3	8,94	8,70	8,67	26,31	8,77

Variable: Porcentaje de fósforo en tallos 2do. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	7,04	6,72	6,41	20,17	6,72
	T1	3,96	6,34	4,96	14,89	4,96
	T2	4,62	4,22	5,55	14,39	4,79
	T3	5,12	4,10	5,89	15,11	5,03
Callie	T0	8,89	8,63	9,49	27,00	9,00
	T1	5,77	5,27	5,52	16,56	5,52
	T2	5,71	5,73	5,76	17,20	5,73
	T3	5,66	6,11	5,22	16,99	5,66
Pangola	T0	4,08	3,77	3,92	11,77	3,92
	T1	4,18	4,60	5,03	13,81	4,60
	T2	2,28	2,02	2,54	6,84	2,28
	T3	1,35	1,45	1,55	4,35	1,45

Variable: Porcentaje de potasio en hojas 2do. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	0,47	0,48	0,57	1,52	0,05
	T1	5,90	7,80	7,60	21,30	7,10
	T2	8,40	9,30	7,50	25,20	2,40
	T3	7,89	7,39	8,35	23,65	7,87
Callie	T0	0,06	0,39	0,58	1,57	0,52
	T1	0,99	1,02	1,09	3,10	1,03
	T2	1,08	1,03	0,97	3,18	1,06
	T3	1,80	1,91	1,70	5,41	1,80
Pangola	T0	0,64	0,98	0,89	2,51	0,93
	T1	2,20	2,20	2,50	6,90	2,30
	T2	6,50	6,2	5,9	18,60	6,2
	T3	5,07	3,93	2,80	11,80	3,93

Variable: Porcentaje de potasio en tallos 2do. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	0,82	0,75	0,90	2,47	0,82
	T1	7,20	8,30	4,90	20,40	6,80
	T2	5,01	4,51	4,76	14,28	4,76
	T3	3,89	7,84	5,86	17,59	5,86
Callie	T0	0,77	0,73	0,82	2,32	0,77
	T1	0,91	0,86	0,99	2,76	0,92
	T2	1,03	0,95	0,99	2,97	0,99
	T3	3,74	1,59	1,88	7,21	2,40
Pangola	T0	0,57	0,69	0,82	2,08	0,69
	T1	0,94	1,30	1,12	3,36	1,12
	T2	4,52	3,51	4,94	12,97	4,32
	T3	2,79	1,54	1,60	5,93	1,97

Variable: Porcentaje de nitrógeno en hojas 3er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	3,31	3,55	3,07	9,93	3,31
	T1	4,38	3,92	4,15	12,45	4,15
	T2	3,78	3,34	4,23	11,35	3,78
	T3	4,23	4,27	4,20	12,70	4,23
Callie	T0	3,28	3,14	3,01	9,43	3,14
	T1	3,54	3,73	3,36	10,63	3,54
	T2	3,67	3,05	3,36	10,08	3,36
	T3	4,07	4,20	3,95	12,22	4,07
Pangola	T0	2,79	3,17	2,42	8,38	2,79
	T1	4,03	3,79	3,56	11,38	3,79
	T2	3,46	3,21	3,33	10,00	3,33
	T3	4,20	4,13	4,07	12,40	4,13

Variable: Porcentaje de nitrógeno en tallos 3er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	1,18	1,54	0,82	3,54	1,18
	T1	2,04	1,78	1,91	5,73	1,91
	T2	1,80	1,72	1,76	5,28	1,76
	T3	2,53	2,31	2,42	7,26	2,42
Callie	T0	1,18	0,97	1,40	3,55	1,18
	T1	1,75	1,85	1,65	5,25	1,75
	T2	1,43	1,64	1,53	4,60	1,53
	T3	2,35	2,40	2,31	7,06	2,35
Pangola	T0	1,04	1,06	1,03	3,13	1,04
	T1	2,53	2,17	1,82	6,52	2,17
	T2	1,98	1,73	2,24	5,95	1,98
	T3	2,35	2,60	2,10	7,05	2,35

Variable: Porcentaje de fósforo en hojas 3er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	6,71	7,47	8,24	22,42	7,47
	T1	8,3	6,35	5,66	20,14	6,71
	T2	5,36	5,99	4,50	15,85	5,28
	T3	6,95	7,08	6,82	20,85	6,95
Callie	T0	6,02	5,54	6,51	18,07	6,02
	T1	9,55	8,60	8,84	26,99	8,99
	T2	5,61	5,66	5,63	16,90	5,63
	T3	4,97	3,98	4,37	13,32	4,44
Pangola	T0	7,11	8,90	8,00	24,01	8,00
	T1	4,35	5,35	4,55	14,25	4,75
	T2	5,44	5,47	4,71	15,62	5,20
	T3	4,79	4,82	4,80	14,41	4,80

Variable: Porcentaje de fósforo en tallos 3er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	5,10	4,75	4,40	14,25	4,75
	T1	3,1	4,50	3,63	11,19	3,73
	T2	5,81	5,36	5,58	16,75	5,58
	T3	7,25	7,52	7,38	22,15	7,38
Callie	T0	6,23	4,75	7,71	18,69	6,23
	T1	5,93	6,32	5,30	17,55	5,85
	T2	3,80	3,67	3,94	11,41	3,80
	T3	5,45	5,87	4,63	15,95	5,31
Pangola	T0	6,39	6,37	6,42	19,18	6,39
	T1	5,56	4,94	4,82	15,32	5,10
	T2	2,76	2,94	2,85	8,55	2,85
	T3	2,20	2,89	1,52	6,61	2,20

Variable: Porcentaje de potasio en hojas 3er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	0,40	0,53	0,46	1,39	0,46
	T1	5,54	5,91	5,17	16,62	5,54
	T2	3,89	3,61	3,75	11,25	3,75
	T3	7,04	5,06	6,05	18,15	6,05
Callie	T0	0,76	0,50	0,74	2,0	0,66
	T1	6,08	5,79	6,15	18,02	6,00
	T2	6,08	5,94	7,82	19,84	6,61
	T3	7,46	7,78	8,13	23,37	7,79
Pangola	T0	0,58	1,54	1,40	3,52	1,17
	T1	7,64	8,13	7,35	23,12	7,70
	T2	7,31	8,23	8,50	24,04	8,01
	T3	8,72	8,43	8,85	26,0	8,66

Variable: Porcentaje de potasio en tallos 3er. muestreo

Factores		Repeticiones			Suma	Media
Variedad	Fertilización	I	II	III		
Estrella	T0	0,33	0,39	0,36	1,08	0,36
	T1	7,53	7,50	7,57	22,60	7,53
	T2	7,32	7,28	7,30	21,90	7,30
	T3	8,97	8,59	9,36	26,92	8,97
Callie	T0	0,76	0,69	0,83	2,3	0,76
	T1	7,92	7,69	6,57	22,18	7,39
	T2	7,69	8,04	8,55	24,28	8,09
	T3	6,17	7,22	8,28	21,67	7,22
Pangola	T0	0,50	1,46	0,93	2,89	0,96
	T1	6,19	7,69	4,70	18,58	6,19
	T2	8,36	8,84	7,88	25,08	8,36
	T3	8,52	8,87	8,16	25,6	8,51

Anexo 6. Costo total del fertilizante por manzana para los pastos Callie, Estrella y Pangola.  
 Pasto Callie

Factor en estudio	Cantidad de fertilizante en Lb de 16-20-0, Urea y 0-0-60	Precio/lb (US\$)	Costo del fertilizante (US\$)
Testigo (T0)	0.00	0.00	0.00
Dosis recomendada (T1)	922.25	0.26	239.78
	549.5	0.30	164.85
	153.8	0.30	46.14
25% menos a la dosis recomendada (T2)	961.69	0.26	179.83
	412.13	0.30	123.63
	115.35	0.30	34.60
25% más a la dosis recomendada (T3)	1152.81	0.26	299.73
	686.87	0.30	206.06
	192.25	0.30	57.67

Pasto Estrella

Factor en estudio	Cantidad de fertilizante en Lb de 16-20-0, Urea y 0-0-60	Precio/lb (US\$)	Costo del fertilizante (US\$)
Testigo (T0)	0.00	0.00	0.00
Dosis recomendada (T1)	940.90	0.26	244.63
	543.15	0.30	162.94
	139.10	0.30	41.73
25% menos a la dosis recomendada (T2)	705.68	0.26	183.47
	407.37	0.30	122.21
	104.33	0.30	31.29
25% más a la dosis recomendada (T3)	1176.12	0.26	305.79
	678.93	0.30	203.67
	173.87	0.30	52.16

Pasto Pangola

Factor en estudio	Cantidad de fertilizante en Lb de 16-20-0, Urea y 0-0-60	Precio/lb (US\$)	Costo del fertilizante (US\$)
Testigo (0)	0.00	0.00	0.00
Dosis recomendada (T1)	915.05	0.26	237.91
	552.17	0.30	165.65
	133.20	0.30	39.96
25% menos a la dosis recomendada (T2)	686.29	0.26	178.43
	414.13	0.30	124.23
	99.90	0.30	29.97
25% más a la dosis recomendada (T3)	1143.81	0.26	297.39
	690.21	0.30	207.06
	166.50	0.30	49.95