



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE SISTEMAS INTEGRALES**

**DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

## **Trabajo de Graduación**

**Producción de biomasa y concentración de nutrientes en  
el pasto cubano (*Pennisetum purpureum x P. tiphoides*)**

**CV CT – 115. Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas, Nicaragua**

**AUTORES:**

**Br. Norman Javier Andino Ruiz**

**Br. Jaimie del Socorro Pérez Gutiérrez**

**ASESOR:**

**Ing. Carlos Ruiz Fonseca MSc.**

**Managua, Nicaragua**

**Marzo, 2012**



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

## FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Ciencia Animal, como requisito parcial para optar al título profesional de:

### Ingeniero en Zootecnia

Miembros del tribunal examinador

---

**MSc. Miguel Matus López**  
Presidente

---

**MSc. Marbell J. Betancourt Saavedra**  
Secretario

---

**MSc. Domingo José Carballo Dávila**  
Vocal

Managua, 01 de Marzo del 2012

# INDICE DE CONTENIDO

<b>SECCIÒN</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iii</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE DE ANEXO</b>	<b>vii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>ix</b>
<b>I. INTRODUCCIÒN</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
<b>III. MATERIALES Y MÈTODOS</b>	<b>4</b>
3.1 Localización	4
3.2 Suelo y clima	4
3.3 Diseño metodològico	4
3.4 Variables evaluadas	5
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÒN</b>	<b>7</b>
4.1 Componentes del rendimiento de la planta	7
4.1.1 Altura	7
4.1.2 Biomasa fresca	9
4.1.3 Porcentaje de materia seca	11
4.1.4 Biomasa seca	14
4.2 Concentraciòn de nutrientes	16
4.2.1 Nitrògeno	16
4.2.2 Fòsforo	18
4.2.3 Potasio	21
4.2.4 Calcio	24
4.2.5 Magnesio	27

<b>SECCIÒN</b>	<b>PÁGINA</b>
4.2.6 Hierro	30
4.2.7 Manganeseo	33
4.2.8 Zinc	35
4.2.9 Análisis de correlación	38
<b>V.CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>40</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b>	<b>41</b>
<b>VIII. ANEXO</b>	<b>45</b>

## DEDICATORIA

Primeramente a **Dios** por haberme permitido coronar mi carrera con gran éxito y por estar siempre presente en mi vida y darme la sabiduría para guiarme por el buen camino.

A la memoria de mi **Madre: Luz Marina Ruiz Guardado** (Q.E.P.D.), que estaría orgullosa de verme graduarme de la Universidad. Pues mientras ella estuvo viva siempre se esforzó por darme lo mejor en la vida.

A mi Padre: **Héctor Emilio Andino Niño** por haberme dado la vida y querer lo mejor para mí y por guiarme al camino correcto.

A mis tías: **Lineth del Socorro Andino Niño** quien con la ayuda de su esposo Carlos Herrera siempre me ayudo y apoyo a perseguir y a culminar mi sueño de llegar a ser ahora un ingeniero.

También le dedico este trabajo con todo el corazón a **Luz Idalia Andino Niño** por su apoyo incondicional desde que empecé mi carrera y forma parte fundamental para lograr coronar mi carrera pues siempre representa como una madre para mí.

A: **Marling Andino Niño** y **Erenia Andino Niño** quienes siempre me motivaron desde un inicio a salir a delante en la vida y en mis estudios.

A mis Primos: **Germán Adelzon Báez Andino** y **Lesberth Gutiérrez Andino** por haber representado como motivadores desde que inicie la carrera y que siempre me estuvieron apoyando y brindando los mejores consejos para mejorar como persona y como futuro profesional.

A toda mi familia porque de una u otra manera me han apoyado y me han motivado para poder lograr mis metas, a todos ellos yo les dedico este trabajo.

**Br. Norman Javier Andino Ruiz**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis con amor y cariño primeramente a dios porque me dio la oportunidad de vivir y haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la salud para lograr mis objetivos.

A mi abuelo José Orlando Pérez Velázquez (Q.E.P.D), porque inspiro mi vida en todo momento por haber sido un abuelo y un padre para mí porque me dio ejemplo de que todo se puede lograr con esfuerzo en el tiempo que estuvo a mi lado por eso siempre te llevare en el corazón y a mis padres Henry Pérez Talavera y Ana Sofía Gutiérrez Gracias papá y mamá por ayudarme en esta carrera para mi futuro y por creer en mí y porque aun en los momentos difíciles han estado apoyándome y dándome su amor por todo y más les agradezco de todo corazón, los quiero y este trabajo se los dedico a ustedes como una manera de agradecimiento por todo lo que me han dado.

A mi abuelita Olga María Talavera por que ha estado conmigo ayudándome y consintiéndome siempre y a todas las personas que me animaron y apoyaron para culminar mi carrera universitaria.

A los docentes de la UNA que no puedo mencionar pero que apoyaron y colaboraron con su profesionalismo en la redacción de este documento y a mi tutor por haberme orientado en todo momento en la realización de este estudio y porque forma parte de este logro que nos abre puertas inimaginable en nuestro desarrollo profesional gracias a todos que Dios los bendiga siempre y los cuide de todo mal los quiero mucho.

**Br. Jaimie del Socorro Pérez Gutiérrez**

## AGRADECIMIENTO

- Al Ingeniero Asesor de Tesis **Carlos José Ruiz Fonseca**, por brindarme la oportunidad de realizar esta tesis bajo su tutoría y a demás facilitarme sus conocimientos y herramientas para concluir con éxito este trabajo.
- Al **Ing. Miguel Matus López Msc.** Por su valioso aporte para la evaluación e interpretación de los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos y agua de la UNA (LABSA), así como en la redacción de este trabajo, además quiero agradecer por todos los conocimientos brindados en las clases que me impartió.
- **Ing. Marbel Betancourt Saavedra Msc.** Por todo el apoyo que me brindó desde que se inicio el experimento en cárdenas, Rivas y por su aporte basado en toda la experiencia que tiene el profesor en pastos y forrajes.
- Al propietario de la finca **Lic. Pedro Agurcía Montoya** por la generosidad y amabilidad en prestar la finca donde se realizó el ensayo.
- Agradezco en especial a la UNA como Alma Mater por brindarme la oportunidad de realizarme profesionalmente.
- A la dirección de investigación y extensión de posgrado de la UNA (DIEP), por todo el apoyo que presentó para que esta investigación fuese financiada.
- A la agencia sueca para el desarrollo internacional (sida), por financiar nuestra investigación.
- Al personal del Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria (CENIDA), por su gentileza que mostró durante mis cinco años de estudio en la UNA y en mí trabajo de investigación.

**Br. Norman Javier Andino Ruiz**

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Altura (cm) media de pasto cubano CT 115, a diferentes edades de corte en el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	7
2. Curva de regresión rotacional de la altura del pasto cubano CT – 115, a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	8
3. Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de la biomasa fresca de pasto cubano CT - 115, a diferentes edades de corte en el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	9
4. Curva de regresión lineal de la producción de biomasa en base a forraje verde del pasto cubano CT – 115 a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra. Cárdenas, Rivas.	11
Contenido de materia seca (%) del pasto cubano CT – 115, a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	11
5. Curva de regresión cuadrática de la materia seca del pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010 Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	13
6. Rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de la biomasa seca de pasto cubano CT - 115, a diferentes edades de corte en el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	14

**FIGURA****PÁGINA**

7. Curva de regresión logística de la biomasa seca del pasto cubano CT – 115, a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 15
8. Contenido de nitrógeno (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 16
9. Curva de regresión polinomial, de contenido de nitrógeno del pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 17
10. Contenido de fósforo (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 18
11. Curva de regresión polinomial, de contenido de fósforo en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 20
12. Contenido de potasio (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 21
13. Curva de regresión logística, de contenido de potasio en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 23
14. Contenido de calcio (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas. 24

<b>FIGURA</b>	<b>PÁGINA</b>
15. Curva de regresión rotacional del calcio en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	26
16. Contenido de magnesio (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	27
17. Curva de regresión rotacional del magnesio en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	29
18. Contenido de hierro (ppm) del Pasto Cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	30
19. Curva de regresión rotacional, del hierro en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	32
20. Contenido de manganeso (ppm) del Pasto Cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	33
21. .Curva de regresión logística del manganeso en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	34
22. . Contenido de zinc (ppm) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	35
23. Curva de regresión del modelo de Harris para el zinc en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	37

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Comportamiento de las precipitaciones promedias comprendidas en el periodo 2002 – 2009; contrastadas con las precipitaciones medias del 2010.	45
2. Comportamiento de las precipitaciones medias Agosto-Noviembre Correspondiente a los meses que se evaluó el experimento.	46
3. Precipitación correspondiente al mes de Octubre, donde se afecto el rendimiento del pasto cubano CT – 115.	46
4. Programa Curve Expert versión 1.4 en el cálculo de la variable biomasa fresca.	47
5. Ejemplo del modelo de la biomasa fresca con el programa de Curve Expert versión 1.4.	48
6. Tabla de correlación del pasto cubano CT - 155, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.	49

**Andino, R. N. J., Perez, G. J. S., 2012.** Producción de biomasa y concentración de nutrientes en el pasto cubano (*Pennisetum purpureum x P. tiphoides*), CV CT – 115. Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas, Nicaragua. Tesis para optar al grado de Ingeniero Zootecnista. Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua 49 Págs.

**Palabras claves:** CT 115, producción de biomasa, concentraciones de nutrientes, ecuaciones de concentración nutritiva.

## RESUMEN

Con el propósito de determinar la producción de la biomasa forrajera y la concentración de nutrientes del pasto cubano CT - 115, se realizó un estudio en la Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas, para ello se utilizó un área de 48 m<sup>2</sup>, subdividida en tres parcelas de 16 m<sup>2</sup>, donde se realizaron cortes a los 15, 30, 45, 60 y 75 días. Se evaluaron las variables altura de la planta, producción de biomasa fresca y seca por hectárea, en cada muestreo se tomaron muestras de plantas de 1,000 g, las que fueron remitidas al laboratorio de suelo y planta de la UNA, donde se hicieron las determinaciones de contenido de materia seca, % de nitrógeno, % fósforo, % potasio, % calcio, % magnesio, hierro (ppm), manganeso (ppm) y zinc (ppm). Se realizaron análisis de correlación usando el programa SAS (Sistema de Análisis Estadístico) versión 9. para los elementos de la composición nutritiva de la planta y las variables rendimiento de biomasa y altura, a través del programa CVEXPT (*Experto de Curvas*) versión 1.4, se determinaron las curvas de mejor ajustes para dichas relaciones. Encontrándose que a medida que aumentaba la edad de corte, la producción de biomasa fresca y seca así como la altura tendían a incrementar, inversamente a ello los niveles de nutrientes en las plantas, las ecuaciones de mejor ajustes para la producción de biomasa fresca, seca y altura fueron el Lineal, Logístico y Rotacional, con r<sup>2</sup> de 94, 98 y 99% respectivamente, para el caso de los nutrientes las ecuaciones de mejor ajuste fueron: los modelos de función Rotacional, Logístico, Polinomial y Harris también con r<sup>2</sup> de 92 a 99%, evidenciándose con esto que las tendencias de los incrementos de la biomasa seca, altura, y la concentración de nutrientes no presentan comportamiento lineal. Únicamente para el caso de la biomasa fresca se presentó una tendencia lineal.

**Production of biomass and concentration of nutrients at the pasture Cuban (*Pennisetum purpureum* x *P tiphoides*) CV CT – 115. The Tigra farm, Cárdenas, Rivas, Nicaragua**

**Keywords:** CT 115, biomass production, nutrient concentrations, nutrient concentration equations.

**Abstract**

In order to determine the biomass production of forage and pasture nutrient concentration Cuban CT - 115, a study on the La Tigra, Cardenas, Rivas, for it was used an area of 48 m<sup>2</sup> divided into three plots of 16 m<sup>2</sup> where cuts were made at 15, 30, 45, 60 and 75 days. Variables were assessed plant height, biomass production per hectare fresh and dried, each sample was sampled plants 1.000 g, which were sent to the laboratory floor and floors one, where determinations were made dry matter content, % nitrogen, % phosphorus, % potassium, % calcium, % magnesium, iron (ppm), manganese (ppm) and zinc (ppm). Correlation analysis was performed using the SAS (Statistical Analysis System) version 9. For the elements of the nutritional composition of the plant and the biomass yield variables and height, through the program CVEXPT (*Curve Expert*) version 1.4, determined the best-fit curves for these relationships. Found that as age increased cutting, production of fresh and dry biomass and height tended to increase inversely to that nutrient levels in plants, the equations of best fit for the production of fresh biomass, dry and height were linear, logistic and rotational, with r<sup>2</sup> of 94, 98 and 99% respectively, in the case of nutrients best-fit equations were: models, Rotational function, logistic, polynomial and Harris also r<sup>2</sup> of 92 to 99%, showing by this that the trend of increase of dry biomass, height, and nutrient concentrations do not show linear behavior. Only in the case of fresh biomass there was a linear trend.

## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una especial preocupación por la producción de alimentos para la creciente población nacional. La falta de una fuente alimenticia estable durante todo el año en la zona tropical, ha traído como consecuencia la búsqueda de alimentos baratos que ofrezcan a los animales, los principios necesarios para alcanzar una producción alta y equilibrada (Martin, 1999).

Las pasturas y otros tipos de forrajes presentan una gran variación en calidad en sus distintas etapas de crecimiento y en las diferentes fracciones de la planta. Estas diferencias se deben además a la variabilidad en las condiciones ambientales (suelo, clima), al material genético, al manejo, es decir al riego y la fertilización (CIAT, 2010).

Es por ello que se han introducido varias especies de pastos en Nicaragua con el fin de lograr mejorar la alimentación del animal y obtener buenos índices productivos aun bajo costo. Dentro de las especies que se han introducido están las del género *Pennisetum* (Taiwán, Elefante, King Grass), que se caracterizan por ser especies utilizadas para corte por que poseen un hábito de crecimiento erecto, cepas vigorosas y bien enraizadas los tallos crecen entre 150 a 350 cm en dependencia del cultivar y de la época.

La utilización de especies de corte como el pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), es una alternativa para mejorar la alimentación del ganado durante la época crítica (Presencia de un temporal largo o período seco), dentro de estos se tiene el cultivar CT 115 (Cultivo de Tejido 115), este pasto presenta las ventajas que además de ser usado principalmente por su resistencia al pastoreo, tolerancia a la sequia y alta proporción de hojas, En un sistema de pastoreo mantiene su porte bajo a 5 meses de edad y permite 66% de aprovechamiento de la biomasa en pastoreo a los 120 días, mientras que para el King grass a igual edad es 50%. Además puede tener un uso de corte en la época seca.

Este pasto se introdujo en el país en el año 2004 por el Lic. Pedro Agurcía Montoya, de la Ciudad de Rivas, desde ese momento hasta la fecha el pasto ha tenido una reproducción y diseminación a nivel nacional, encontrándose ahora en los departamentos de Managua, Boaco, Chontales, y en su lugar de introducción Rivas.

El Cuba CT - 115 es uno de los mutantes del King-grass obtenido en 1990 a partir de técnicas biotecnológicas por especialistas del Instituto Cubano de Ciencia Animal (ICA), este pasto posee buenas posibilidades para su utilización como forraje debido a su adecuada altura, hojas largas y buen rendimiento.

Dentro de los aspectos más importantes del pasto cubano CT – 115 se adapta a las condiciones edafo-climáticas de Nicaragua, es una planta de porte bajo, mayor número de ahijamientos por plantón, buena calidad y rendimiento y el acortamiento del entrenudo que se produce después de los 45 días del rebrote. Por ello prácticamente no florece y su estructura cambia poco con la edad, lo que además de otros aspectos valorados como la producción de hijuelos aéreos que presenta entre los 60 y 80 días, permitieron su utilización en pastoreo y corte (Herrera *et al.*, 1994).

Dentro de las limitantes que posee el pasto cubano CT - 115 es que no tolera grandes periodos de encharcamiento

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

- ❖ Conocer el comportamiento productivo y contenido de nutrientes del pasto CT – 115 durante la época lluviosa 2010, en la Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Estimar la variación de la producción de biomasa en diferentes edades de corte en el pasto cubano CT – 115, en época lluviosa 2010, en la Finca la Tigra Cárdenas, Rivas.
- Determinar la curva de producción de biomasa en diferentes edades de corte en el pasto Cubano CT – 115, en época lluviosa 2010, en la Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.
- Estimar la concentración de nutrientes en diferentes edades de corte en el pasto Cubano CT – 115 en época lluviosa 2010, en la Finca la Tigra, Cárdena, Rivas.

## **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1 Localización**

El estudio se llevó a cabo en la Finca la Tigra, municipio de Cárdenas departamento de Rivas, propiedad del Lic. Pedro Agurcía Montoya en un área establecida del pasto Cubano CV CT – 115 que tiene un año de establecido y que fue introducido al país en 2004. La Tigra se ubica en el km 139.5 carretera panamericana sur. Localizada entre las coordenadas 11° 14"0.24" de latitud Norte y 85° 33"38.19" longitud oeste a una altitud de 44 m.s.n.m.

### **3.2 Suelo y clima**

Los suelos que presenta la propiedad son de textura franco - arcillosos, en algunos puntos la textura varía a arcillosa pesada con períodos largos de anegamiento con un pH de 6.5.

La zona donde se localiza la finca presenta una precipitación promedio de 1600 – 2000 mm anuales (INETER, 2006).

Las condiciones climáticas en el sitio experimental corresponden a una zona que se clasifica como Semi-húmeda de Sabana Tropical (Holdridge, 1978), con un rango de precipitación histórico de 1655.98 mm. Durante la realización del presente trabajo investigativo se registro una precipitación de 1287.6 mm y una temperatura media anual de 25.6 °C.

### **3.3 Diseño metodológico**

El experimento se realizó el 26 de agosto al 08 de noviembre del 2010. Para ello se utilizó un área de 48 m<sup>2</sup> de pasto cubano CT – 115 de un año de establecida. En la misma se seleccionaron tres sitios representativos de la gradiente de pendiente existente.

Posterior a la selección de sitios se delimitaron tres parcelas de 4 X 4 m para un área de 16 m<sup>2</sup>. Seguidamente se realizó un corte de uniformidad en todas las parcelas a una altura de 15 cm del suelo.

Donde se realizarón muestreos a los 15, 30, 45, 60 y 75 días para ello se cosechó un metro cuadrado para determinar la producción de biomasa. Sin utilización de técnicas agronómicas, es decir sin riego y sin fertilización en el área de evaluación.

Se evaluaron las variables altura de la planta, producción de biomasa fresca y seca por hectárea, en cada muestreo se tomaron muestras de plantas de 1,000 g, las que fueron remitidas al laboratorio de suelo y planta de la UNA, donde se hicieron las determinaciones de contenido de materia seca, % de nitrógeno, % fósforo, % potasio, % calcio, % magnesio, hierro (ppm), manganeso (ppm) y zinc (ppm). Se realizarón análisis de correlación entre los elementos de la composición mineral de la planta y las variables rendimiento de biomasa y altura, A través del programa CVXPT (Curve Expert versión 1.4), se determinaron las curvas de mejor ajustes para dichas relaciones.

### **3.4 Variables evaluadas**

Las variables de interés en este ensayo como parámetros indicadores de la producción y concentración de nutrientes fueron:

Componentes del rendimiento de la planta

- Altura (cm)
- Rendimiento de biomasa fresca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
- Materia seca (%)
- Rendimiento de biomasa seca ( $\text{kg ha}^{-1}$ )

Componentes nutritivos de la planta.

- Nitrógeno (%)
- Fósforo (%)
- Potasio (%)
- Calcio (%)
- Magnesio (%)
- Hierro (ppm)
- Manganeso (ppm)
- Zinc (ppm)

El presente estudio utilizó la metodología propuesta por la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales del CIAT (1982), para la determinación de la producción de biomasa verde y seca.

Para la determinación del parámetro de calidad (MS), se utilizó la metodología del análisis de Weende o análisis proximal (AOAC, 1995). Para la determinación de la concentración de los macro-nutrientes y micro-nutrientes se utilizó el método de la digestión sulfoselénica (Houba y ICA, 1989).

En el estudio se valoró la concentración de nutrientes y las curvas de mejor ajuste para cada nutriente, para lo cual se utilizó un software de CVEXPT (Curve Expert versión 1.4), para esta determinación.

Ejemplo de la ecuación de un modelo con el programa de CUVXPT (Curve Expert) versión 1.4. (ver anexo 4).

Harris Model:

$$y = \frac{1}{(a+bx^c)}$$

Donde:

Y = variable o factor respuesta.

1: valor estándar del programa.

a = coeficiente calculado (asíntota).

b = coeficiente de regresión.

x= tiempo transcurrido (15, 30, 45, 60, 75 días).

c= coeficiente exponencial que afecta la variable dependiente x.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Componentes del rendimiento de la planta

#### 4.1.1 Altura

Se encontró una tendencia de crecimiento ascendente de las plantas con el transcurso del tiempo (15, 30, 45, 60, 75 días), variando en la planta de 45 cm a 192 cm representando un incremento de 77% respectivamente (Figura 1).

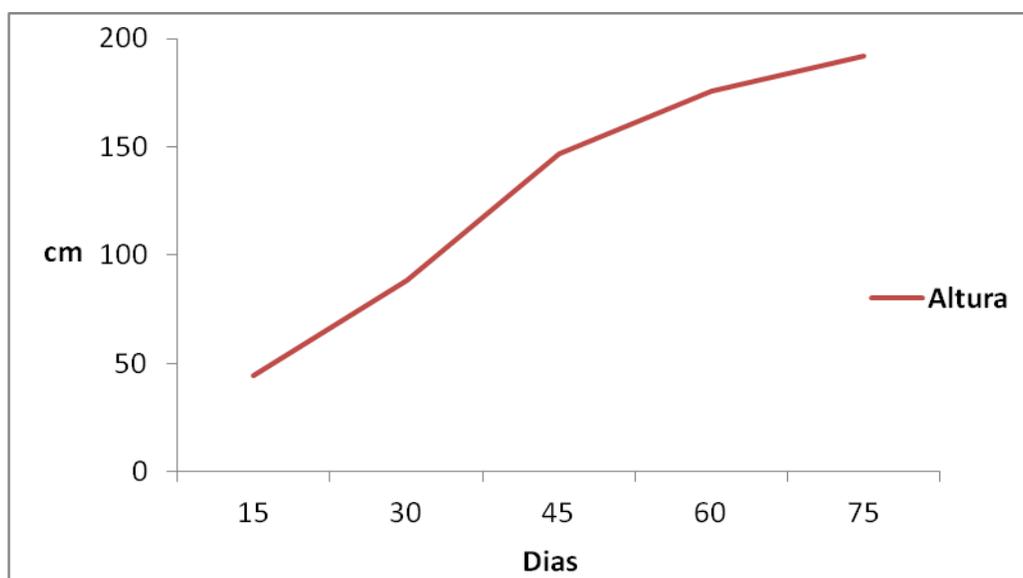


Figura 1. Altura (cm) media de pasto cubano CT 115, a diferentes edades de corte en el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

El crecimiento de la planta conforme avanza la edad de rebrote, es un comportamiento fisiológico normal para las especies de gramíneas del genero *Pennisetum*, sin embargo, dentro de este género podemos mencionar que existen variedades que muestran diferencias en cuanto a la altura, estudios realizados comparando el pasto king grass con el CT – 115 demuestran que el King Grass obtiene mayores alturas que el CT – 115, pero sin embargo el CT – 115 muestra mayor disponibilidad y aceptación por los animales. Esto corrobora lo informado por Valdés (2001), quien considera que el pasto Cubano CT- 115 almacena su biomasa a baja altura en el campo.

Al determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó once modelos para determinar que el de forma rotacional representa mejor el comportamiento de esta variable (Figura 2), con un  $r^2 = 0.99$  y una desviación estándar de 5.24, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = \frac{a+bx}{1 + cx+dx^2}$$

Donde los Coeficientes son:

$$a = 1.0547877$$

$$d = 0.00016088291$$

$$b = 2398809$$

$$x = (15, 30, 45, 60, 75, \text{ días})$$

$$c = -0.013634441$$

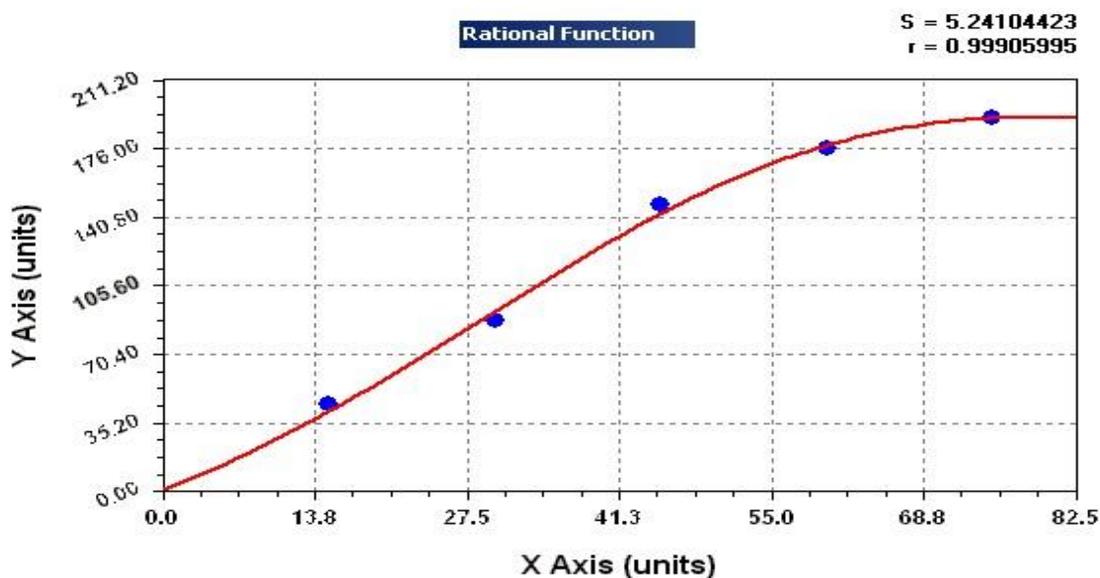


Figura 2. Curva de regresión rotacional de la altura del pasto cubano CT – 115, a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

### 4.1.2 Biomasa fresca

Para la variable biomasa fresca se presentó un incremento lineal de producción en base a forraje verde con el transcurso del tiempo (15, 30, 45, 60, 75 días), que pasó de 4,000 kg ha<sup>-1</sup> a los 15 días de rebrote a 63,000 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, incrementándose considerablemente en un 93% (Figura 3).

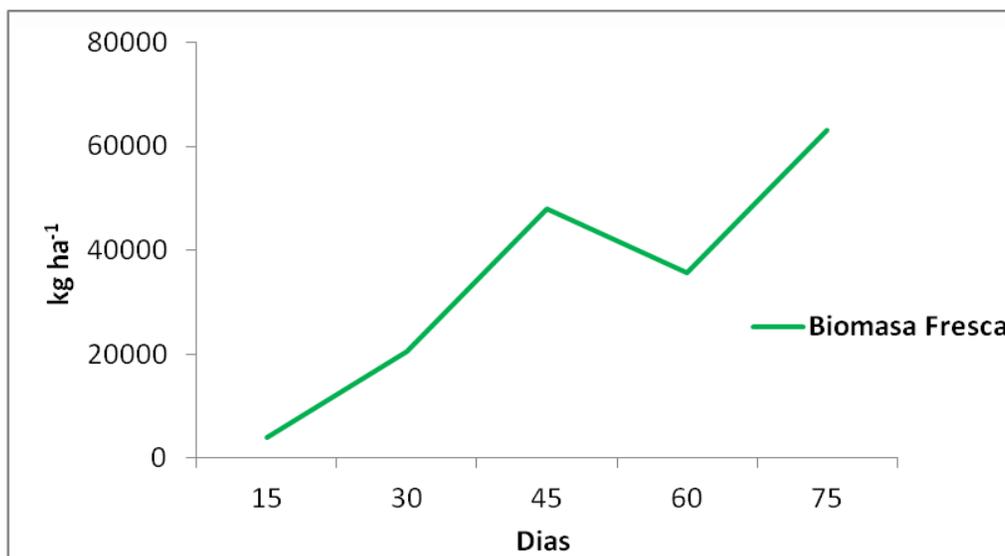


Figura 3. Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de la biomasa fresca de pasto cubano CT - 115, a diferentes edades de corte en el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Este comportamiento en el rendimiento de este pasto se considera normal, siempre y cuando las condiciones edáficas y de ambiente son favorables, según lo indica Undersander *et al.*, (2002), quienes además expresan que para obtener buenos rendimientos se debe considerar la especie a usar y la respuesta de las plantas al corte y/o pastoreo.

El incremento de la materia fresca con la edad de la planta es característico dentro de las especies del género *Pennisetum*. (Figura 3), que se debe a un incremento de la capacidad metabólica que poseen los pastos en el proceso de movilización y síntesis de sustancias orgánicas para la formación y funcionamiento de sus estructuras (Ramírez *et al.*, 2008).

Sin embargo durante el periodo de los 45 a los 60 días se presentó un corto período seco, incidiendo en el crecimiento del pasto y por ende en la producción de biomasa, mejorando de los 60 a los 75 días donde el pasto continuó su crecimiento y desarrollo. Este resultado se justifica con lo reportado por Rodríguez (2001), quien expresa que el exceso o deficiencia de agua, es el factor más limitante en la vida de cualquier organismo vivo, y retarda el comportamiento en las plantas a nivel celular, fisiológico, morfológico.

Además de lo afirmado por Rodríguez. Según Gates (1980), El crecimiento y desarrollo de las plantas dependen de la actividad del sistema fotosintético, el cual se halla funcionalmente relacionado con el clima y el hábitat particular de las plantas gracias al flujo de energía, de agua, de dióxido de carbono, y de nutrimentos minerales del suelo.

Al igual que Gates y demás autores Hernández y Matus (1998), afirman que la deficiencia moderada de agua puede resultar en una reducción del crecimiento de la pastura y en casos prolongados de sequia resulta en la muerte de la planta dentro de la pastura.

Al determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presento ocho modelos para determinar que el lineal (Figura 4), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.94$  y una desviación estándar de 9481.30, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$y = a + bx$$

Donde los Coeficientes son:

$$a = -2738.1429$$

$$b = 833.01714$$

$$x = (15, 30, 45, 60 \text{ y } 75 \text{ días})$$

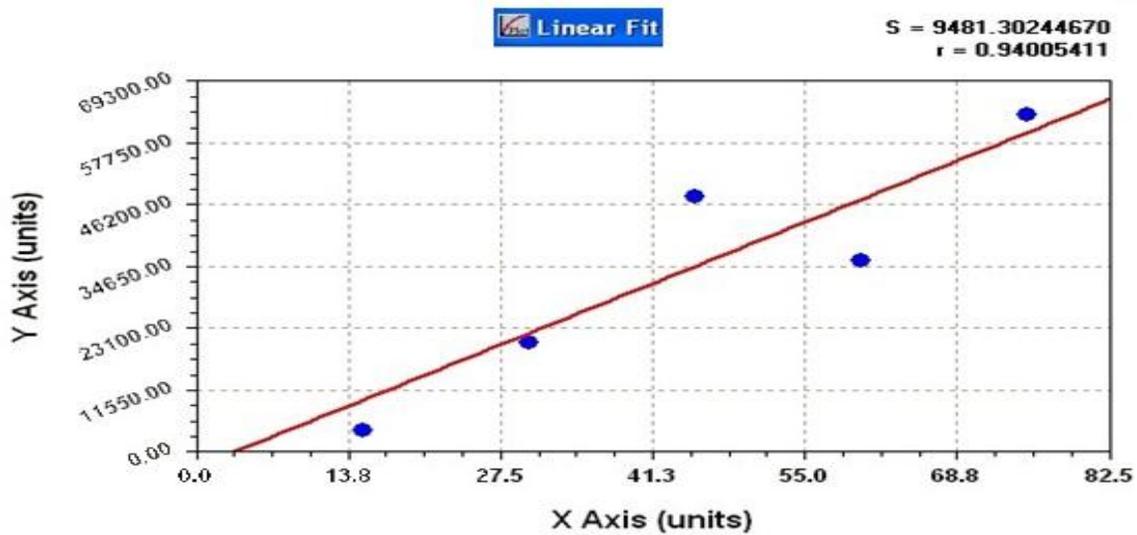


Figura 4. Curva de regresión lineal de la producción de biomasa en base a forraje verde del pasto cubano CT – 115 a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra. Cárdenas, Rivas.

#### 4.1.3 Porcentaje de materia seca

Los porcentajes de materia seca se incrementarán en la planta con el transcurso del tiempo sometida bajo cinco edades de corte (15, 30, 45, 60, 75 días), pasando de 8 % hasta alcanzar 42 % en su última etapa de rebrote (Figura 5).

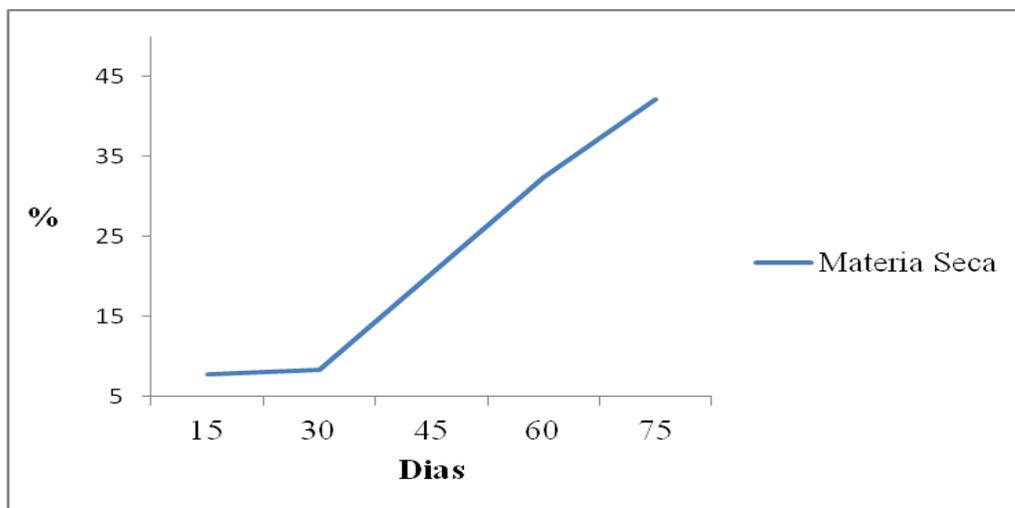


Figura 5. Contenido de materia seca (%) del pasto cubano CT – 115, a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Otero (1996), donde expresa que el contenido de MS va aumentando progresivamente con la edad en un rango característico del género *Pennisetum* que es reconocido por su alto contenido de agua.

En este caso se observa que al aumentar la edad de corte, tiende a aumentar el porcentaje de MS, lo que también concuerda con lo reportado por Rodríguez y Blanco (1996), quienes concluyeron que el contenido de materia seca en diferentes variedades en el *Pennisetum purpureum* aumenta a medida que avanza la edad de corte.

Los porcentajes de materia seca en el pasto cubano CT – 115 aumentan con la edad de rebrote, mostrando un incremento del 81 % al obtenido a los 15 días de edad. Representando un comportamiento muy normal dentro de las especies de este género que son reconocidas por su alto contenido de materia seca, puesto que a medida que la planta va envejeciendo su contenido de humedad disminuye con el tiempo lo que indica que las concentraciones de agua tanto en los tallos como en las hojas se van perdiendo.

Fisiológicamente este comportamiento es normal según Mares (1983), Crowder y Cheda (1982), quien afirma que el contenido de materia seca aumenta al incrementarse la edad del follaje.

Los mismos resultados fueron encontrados por Gillet (1994), quien afirma que; el contenido de materia seca evoluciona en función de la composición morfológica y la velocidad de crecimiento de la planta, es decir que, a mayor edad de la planta mayor es su contenido de materia seca.

Al determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presento once modelos para determinar que el de forma cuadrática (Figura 6), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.99$  y una desviación estándar de 2.856, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$y = a + bx + cx^2$$

Donde los coeficientes son:

$$a = 0.78571429$$

$$c = 0.0046031746$$

$$b = 0.2147619$$

$$x = (15, 30, 45, 60, 75, \text{ días})$$

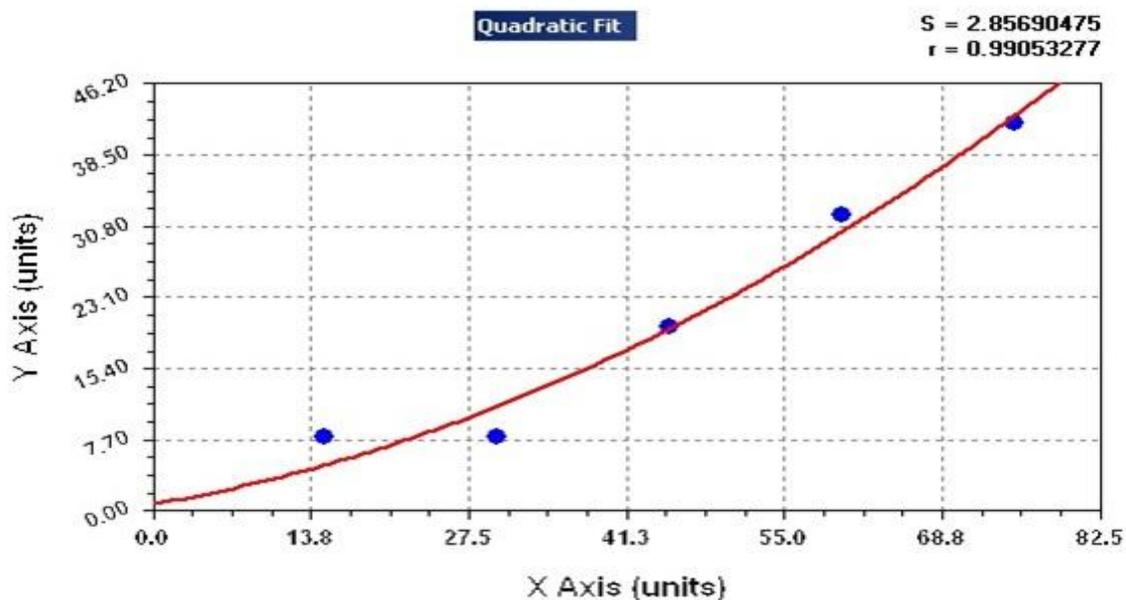


Figura 6. Curva de regresión de forma cuadrática de la materia seca del pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.1.4 Biomasa Seca

El comportamiento del rendimiento de biomasa seca presentó una tendencia similar a la de forraje verde, la producción de materia seca pasó de 256 kg ha<sup>-1</sup> a los 15 días a 26,378 kg ha<sup>-1</sup> en los 75 días de rebrote. Encontrándose un incremento del 97 % con respecto al rendimiento del primer corte (ver figura 7).

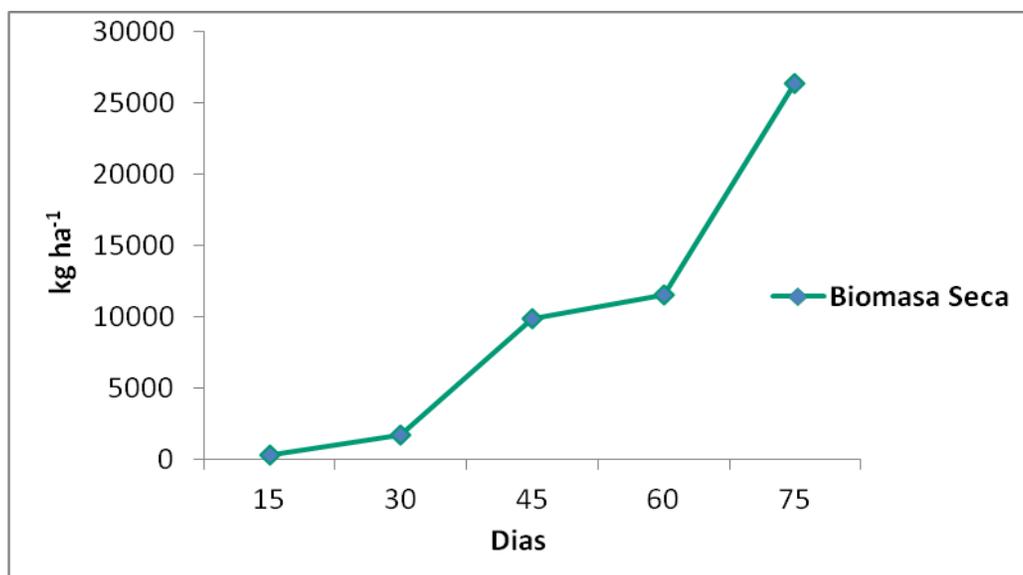


Figura 7. Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de la biomasa seca de pasto cubano CT - 115, a diferentes edades de corte en el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Mismos resultados fueron obtenidos según Martínez (2001), donde expresa que el pasto cubano se caracteriza por acumular biomasa durante largo tiempo conforme avanza la edad en la planta.

Este comportamiento de la planta es normal ya que la productividad y rendimiento de los cultivos depende de muchos procesos fisiológicos, entre ellos, la fotosíntesis es el principal y está establecido que este proceso contribuye con un 90 % del total de materia seca de la planta (Sage y Kubien 2007), quienes además expresan que existen múltiples factores como la radiación solar, temperatura, precipitación, edad, tipo de planta, nutrición y manejo que influyen en su eficiencia.

Al determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presento ocho modelos para determinar que el de forma logística (Figura 8), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.98$  y una desviación estándar de 2488.37, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$y = \frac{a}{1+be^{-cx}}$$

Donde los coeficientes son:

l = valor constante de la ecuación

a = 261161

b = 364.90771

c = 0.049386891

e = 2.718

x = (15, 30, 45, 60, 75 días).

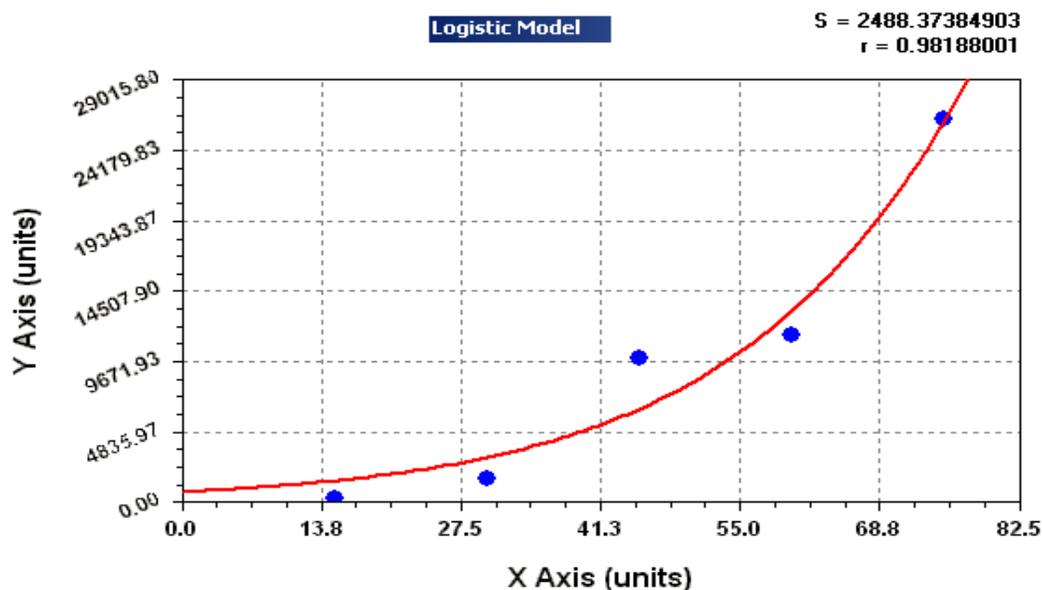


Figura 8. Curva de regresión logística de la biomasa seca del pasto cubano CT – 115, a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

## 4.2 Concentración de nutrientes

### 4.2.1 Nitrógeno

El contenido de nitrógeno presentó una tendencia de reducción en la planta con el transcurso del tiempo (15, 30, 45, 60, 75 días), el mismo disminuyó en un 59 % (1.72 % a 0.71 %), respectivamente (Figura 9). Sin embargo las concentraciones encontradas por Howeler (1983), para el caso de las gramíneas fueron de 2.45 %.

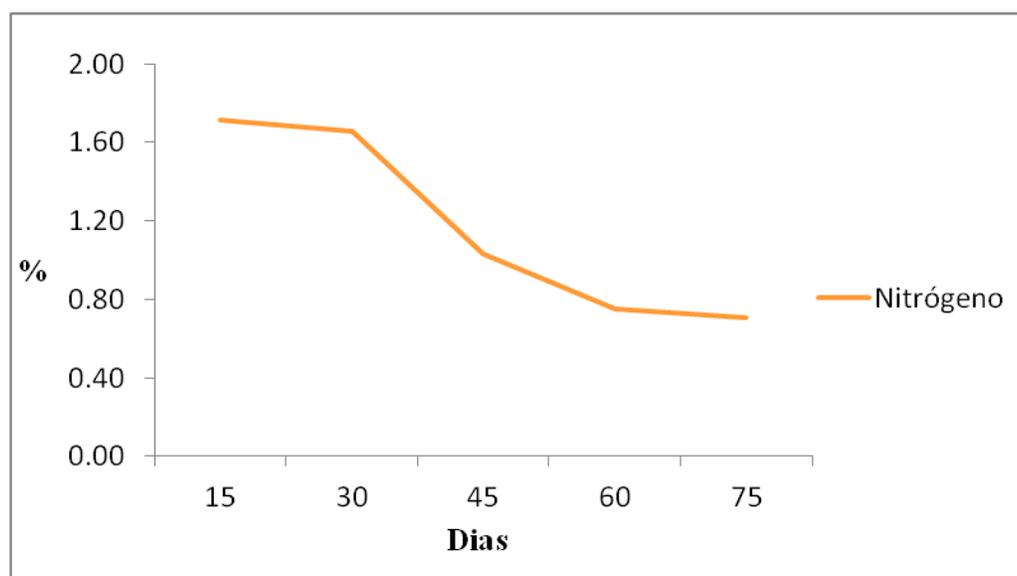


Figura 9. Contenido de nitrógeno (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

El comportamiento de absorción de este nutriente es normal puesto que este elemento es de mayor importancia en las partes más jóvenes en la planta ya que no necesita su utilización en partes viejas de la misma. Sin embargo esa reducción del N se explica con lo reportado por Norton (1981), quien concluyó que la edad es el principal factor que afecta la concentración de N en las partes de la planta. Esto es debido a que con aumentos en la edad de la planta se reduce la relación hoja – tallo.

Su forma de absorción es cada vez menor cuando fisiológicamente la planta envejece o llega a su estado de madurez y según Rodríguez (2009), el nitrógeno es aprovechado por las plantas cuando se mineraliza y esto sucede más rápido con un contenido de humedad constante puesto que se aumenta la porosidad del suelo y facilita su absorción.

En todas las plantas el nitrógeno es conocido como un regulador, pues a cierto grado rige la asimilación del potasio, del ácido fosfórico y de otros nutrientes.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó seis modelos y encontró que el de forma polinomial (Figura 10), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.99$  y una desviación estándar de 0.046, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

Donde los coeficientes son:

$$a = -0.01047619$$

$$c = -0.0060798942$$

$$b = 0.19664021$$

$$d = 4.7983539 \times 10^{-5}$$

$$x = (15, 30, 45, 60, 75 \text{ días})$$

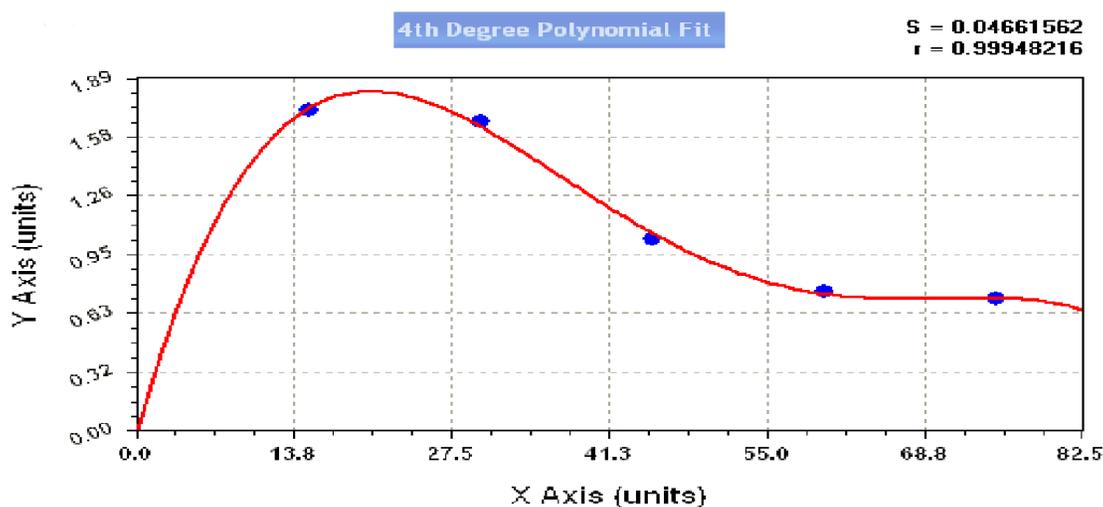


Figura 10. Curva de regresión polinomial del contenido de nitrógeno en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.2.2 Fósforo

Para el caso del comportamiento del fósforo existe una reducción bastante simultánea a la del nitrógeno con la edad de la planta (15 a 75 días). Pasando de 0.80 a 0.36, disminuyendo en un 55 %. Encontrándose los mejores porcentajes de fósforo a los 15 días de rebrote en la planta con 0.80% y a los 30 días que presenta un contenido de 0.72% (Figura 11).

El fósforo es un mineral importante en la alimentación de los animales, sin embargo la concentración de fósforo en el pasto debe estar alrededor de 0.2 % (Tejos, 2001). Por otra parte Jones (1972), ha calificado en las gramíneas como deficientes los contenidos de fósforo menores a 0.24 %.

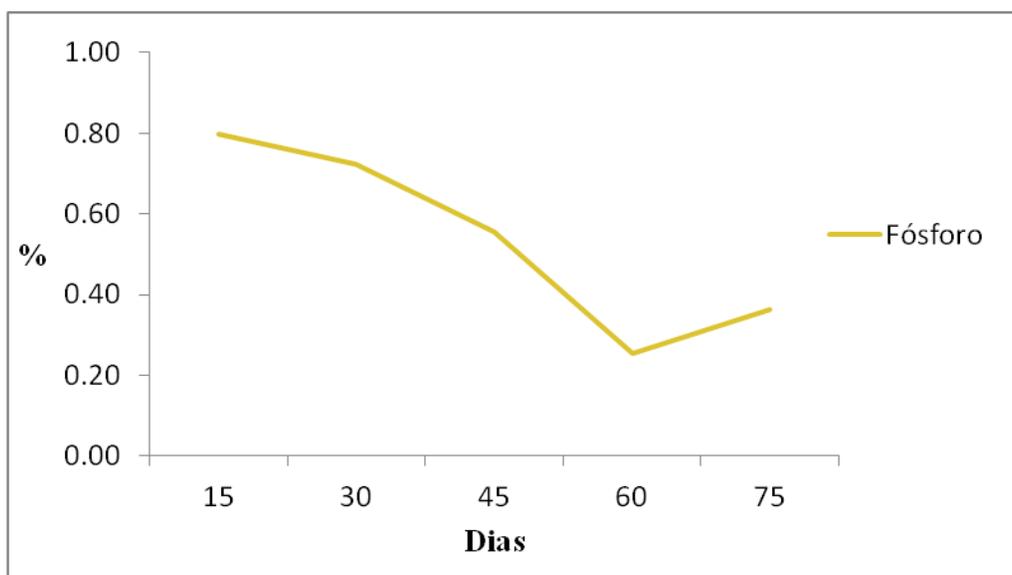


Figura 11. Contenido de fósforo (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas, 2010.

En términos generales, puede decirse que es un elemento regulador de la vegetación y, por tanto, un factor de calidad y que Favorece precisamente los periodos de vegetación que son críticos para el rendimiento de la planta: fecundación, maduración y movimiento de las reservas. Además incrementa la eficiencia del uso del agua.

Fisiológicamente este comportamiento es normal según Casanova *et al.*, (2006), al evaluar el CT-115 a diferentes edades de rebrote, el cual disminuye a medida que se incrementa la edad de rebrote y como resultado de un suelo con pocas cantidades de fósforo va a producir una planta con bajos contenidos del mismo.

Por otra parte Kass (1996), argumenta que el fósforo se encuentra en fuertes concentraciones en los tejidos meristemáticos, sede del crecimiento activo de la planta. La mayor demanda de fósforo ocurre en la etapa de desarrollo de raíces y de crecimiento vegetal. Eso no significa que no se necesita en otras etapas como floración y producción de frutos, pero la demandad en las últimas etapas normalmente es menor.

Es por eso que el fósforo interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta que son la base de la vida: respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas, actividad de las diastasas.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presento seis modelos y encontró que el de forma polinomial (Figura 12), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.98$  y una desviación estándar de 0.074, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

Donde los coeficientes son:

$$a = 0.014206349$$

$$b = 0.079186067$$

$$x = (15, 30, 45, 60, 75 \text{ días})$$

$$c = -0.0022881834$$

$$d = 1.725651e-005$$

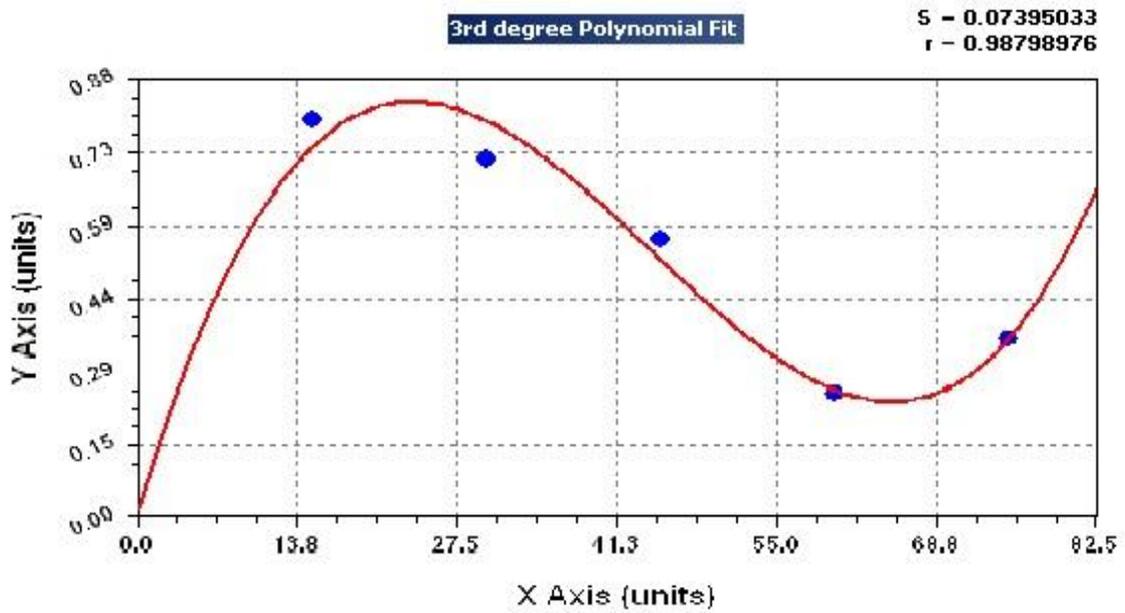


Figura 12. Curva de Regresión Polinomial del contenido de fósforo en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

### 4.2.3 Potasio

El potasio al igual que el nitrógeno y el fósforo presenta una tendencia descendente conforme avanza la edad de rebrote en la planta. Donde los mejores resultados se obtuvieron a los 15 días con 3.78 % y descendiendo en 2.86 % a los 75, mostrando una reducción de 24 % respectivamente (Figura 13).

Este resultado se justifica con lo expresado por Gomide (1976), quien ha afirmado que el potasio es muy móvil en la planta y que su concentración tiende a variar al incrementarse la edad de la planta.

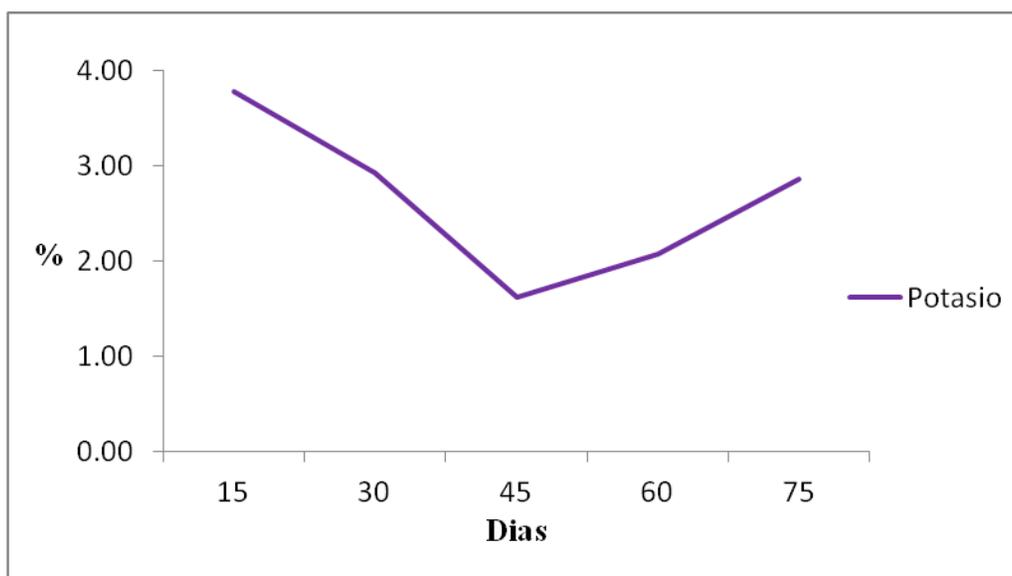


Figura 13. Contenido de potasio (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Los resultados mostrados en la figura 13 son normales ya que Según Ramírez *et al.*, (2008), estos comportamientos fisiológicos en la planta se deben porque estos minerales abundan principalmente en partes jóvenes y en crecimiento de la planta. Y si los encontramos en grandes cantidades puede ocasionar deficiencias de calcio y magnesio puesto que tienen características similares y compite con ellos en la absorción radicular.

Por lo que Arzola (1986), argumenta que el potasio es uno de los macroelementos nutritivos que casi siempre se encuentra en las plantas en cantidades mayores a excepción del nitrógeno.

El potasio es un elemento que activa alrededor de 80 enzimas que realizan el crecimiento de la planta, las cuales también participan en la elaboración de energía y ayuda al transporte de minerales, también es requerido en la planta para realizar la síntesis de proteína, por mucho nitrógeno que tengamos, sin potasio no se formarían las proteínas.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó ocho modelos y encontró que el de forma logística (Figura 14), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.93$  y una desviación estándar de 0.633, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$y = \frac{a}{1+be^{-cx}}$$

Donde los coeficientes son:

l = valor constante de la ecuación

a = 2.3656535

b = -33.917651

e = 2.718

c = 0.30032847

x = (15, 30, 45, 60, 75, días).

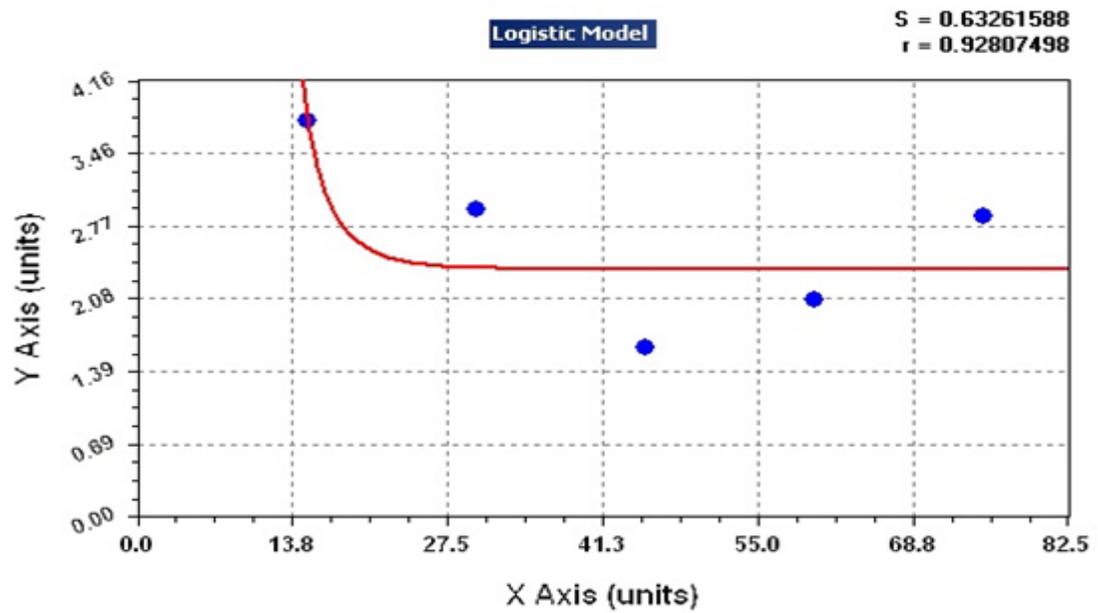


Figura 14. Curva de regresión logística del contenido de potasio en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.2.4 Calcio

Este nutriente presentó una tendencia de reducción bastante simultánea a la de los elementos anteriores con el transcurso del tiempo (15, 30, 45, 60, 75 días). Su mayor porcentaje se encuentra a los 30 días con 0.46 % y luego tiende a reducirse y mantenerse estable durante los 45, 60, 75 respectivamente (Figura 15).

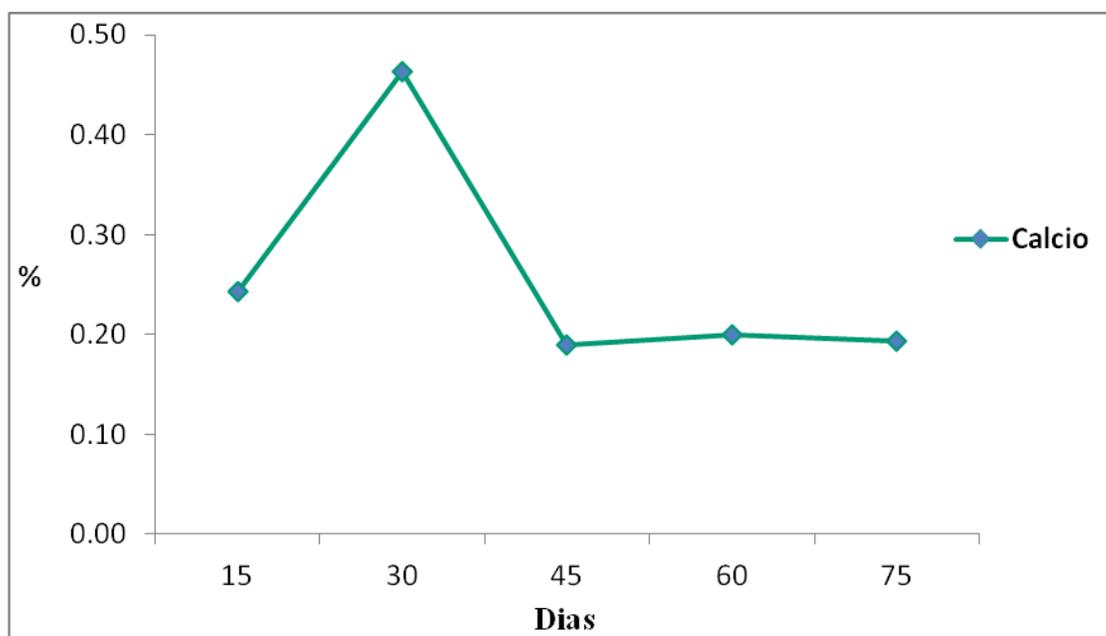


Figura 15. Contenido de calcio (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

En el caso del calcio su comportamiento es muy variante y esto se debe a que el contenido de calcio es mayormente absorbido por la planta cuando está en periodo de crecimiento y desarrollo.

Fisiológicamente este comportamiento es normal, según Casanova *et al.*, (2006), quien encontró que los contenidos de calcio en hojas disminuyen a medida que se aumenta la edad de rebrote. El calcio es un nutriente importante en el contenido celular de las plantas, su contenido en las gramíneas varía de 0.30 a 0.90 % (Molina, 2006).

Por lo que en nuestro estudio se demuestra que los valores obtenidos de calcio esta dentro del rango de las gramíneas cuando tiene 30 días de edad (ver Figura 15). Las otras edades de corte en la planta son inferiores al rango y decaen de 0.46 a 0.19 %.

Las carencias de calcio se manifiestan según Gutiérrez (2004), con una menor capacidad de síntesis de proteínas en la plantas, menor desarrollo radical, clorosis marcada en hojas principalmente jóvenes, poco crecimiento de los tallos y hojas, produciéndose además, una muerte de los meristemos, la planta se muestra menos crecida y desarrollada.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó ocho modelos y encontró que el de forma rotacional (Figura 16), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.94$  y una desviación estándar de 0.080, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = \frac{a+bx}{1 + cx+dx^2}$$

Donde los coeficientes son:

l=valor constante de la ecuación

a= -0.01607684

b= 0.0079962203

c= -0.061758501

d= 0.0015152204

X= (15, 30, 45, 60, 75, días).

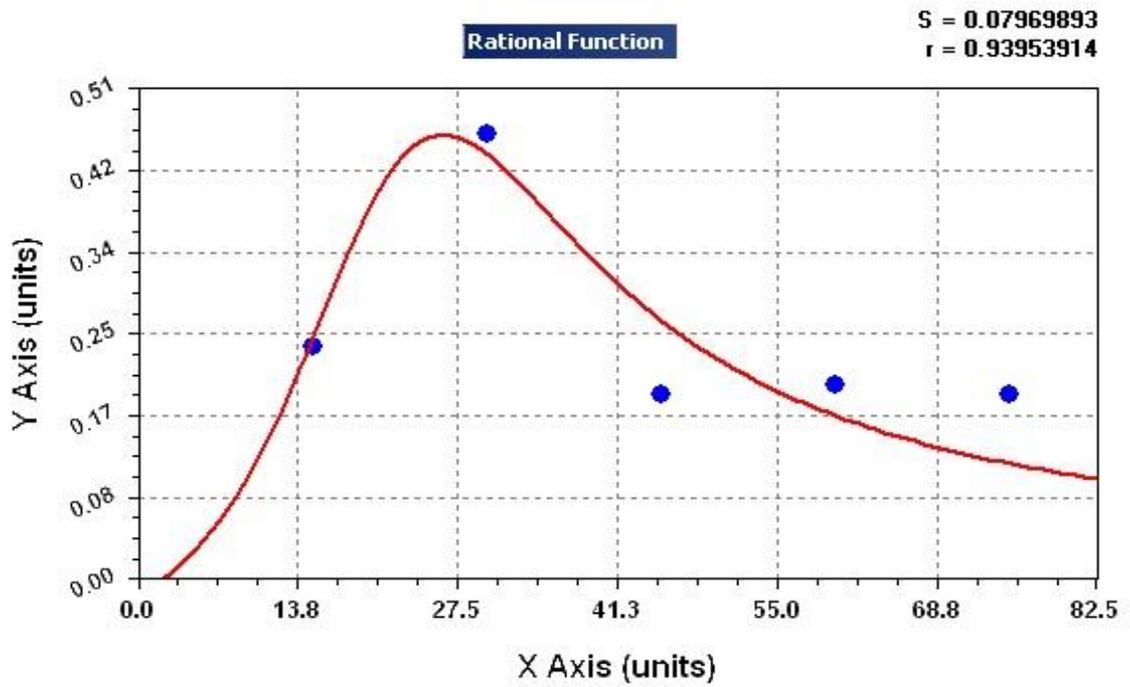


Figura 16. Curva de regresión rotacional del calcio en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.2.5 Magnesio

La concentración de este nutriente presentó una tendencia de absorción ascendente en la planta con el transcurso del tiempo (15, 30, 45, 60, 75 días). El cual paso de 0.14 % a los 15 días y aumentar considerablemente en 0.27 % a los 75 días de rebrote, representando un incremento del 52 % hasta la edad evaluada (Figura 17).

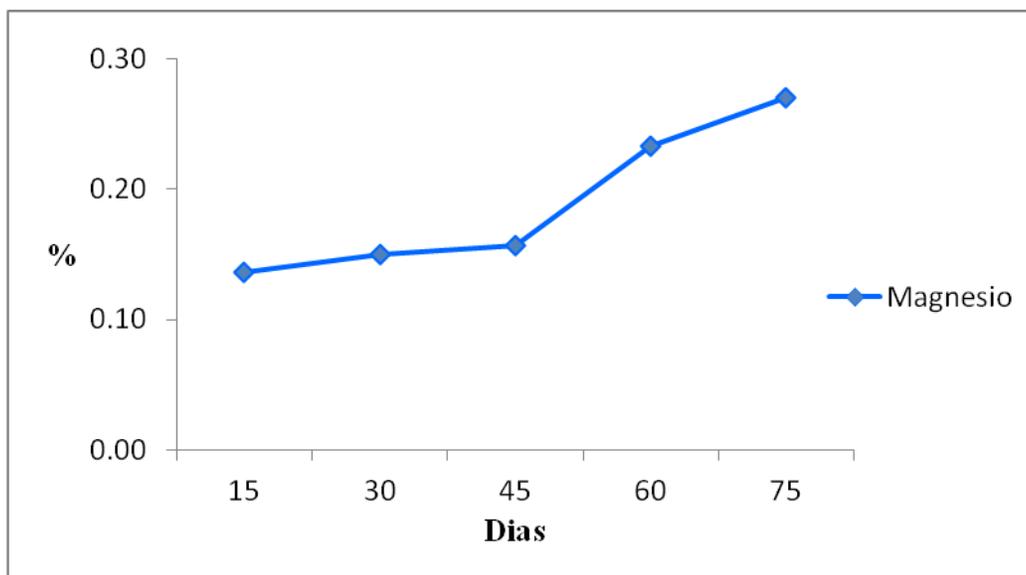


Figura 17. Contenido de magnesio (%) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

En esta gráfica se puede observar que las concentraciones de magnesio en la planta aumentan significativamente con la edad de la misma, encontrándose las mayores cantidades de magnesio a los 75 días de rebrote con un 0.27%. Esto se justifica debido a que el magnesio es un elemento móvil dentro de la planta y participa en casi todas las reacciones que ocurren dentro de ellas, como activador enzimático. Por eso tiene un papel fundamental en las reacciones fisiológicas y bioquímicas internas.

Este comportamiento es bastante interesante, ya que como hemos venido mostrando con el caso de los macro nutrientes primarios (N, P, K), estos presentan una tasa de absorción cada vez menor conforme avanza la edad y por el contrario en este nutriente su absorción es cada vez ascendente hasta la edad de 75 días.

Sin embargo otros estudios realizados en Cuba con CT – 115 demuestran que la absorción de magnesio por la planta es cada vez menor cuando esta envejece (Ramírez *et al.*, 2008), resultado que va a estar en dependencia de las condiciones edafo – climáticas de la zona.

Según Howeler (1983), considera un rango óptimo de magnesio para las gramíneas entre 0.21 % - 0.4 %, sin embargo los contenidos de magnesio en el estudio son relativamente bajos durante los primeros 45 días en la planta.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó once modelos y encontró que el de forma rotacional (Figura 18), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.99$  y una desviación estándar de 0.020, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = \frac{A+bx}{1 + cx+dx^2}$$

Donde los coeficientes son:

l= constante de la ecuación

a = 2.0243637e-008

b = 303236.52

X = (15, 30, 45, 60, 75, días).

c = 3533230.8

d = -19278.348

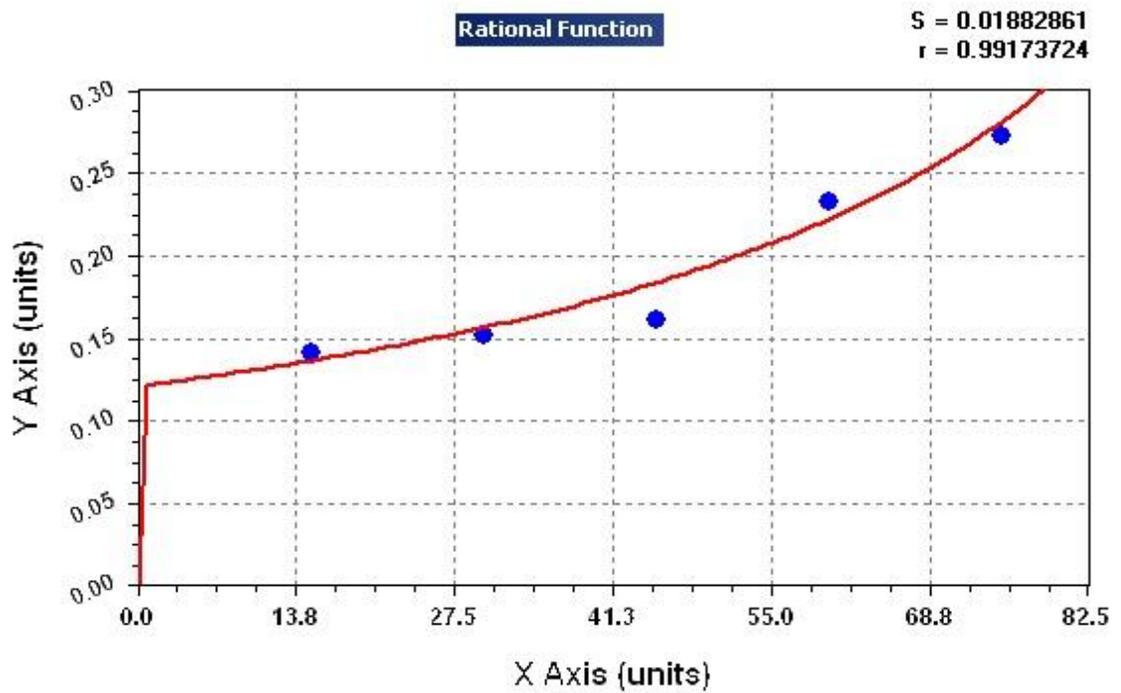


Figura 18. Curva de regresión rotacional del magnesio en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.2.6 Hierro

Para el caso del hierro (ppm) muestra una tendencia descendente en cuanto a la absorción de la planta con el transcurso del tiempo (de 15, 30, 45, 60, 75 días), el cual pasó de 125 ppm a los 15 y los 30 días y luego a 11 ppm a los 75 días de rebrote en la planta (Figura 19).

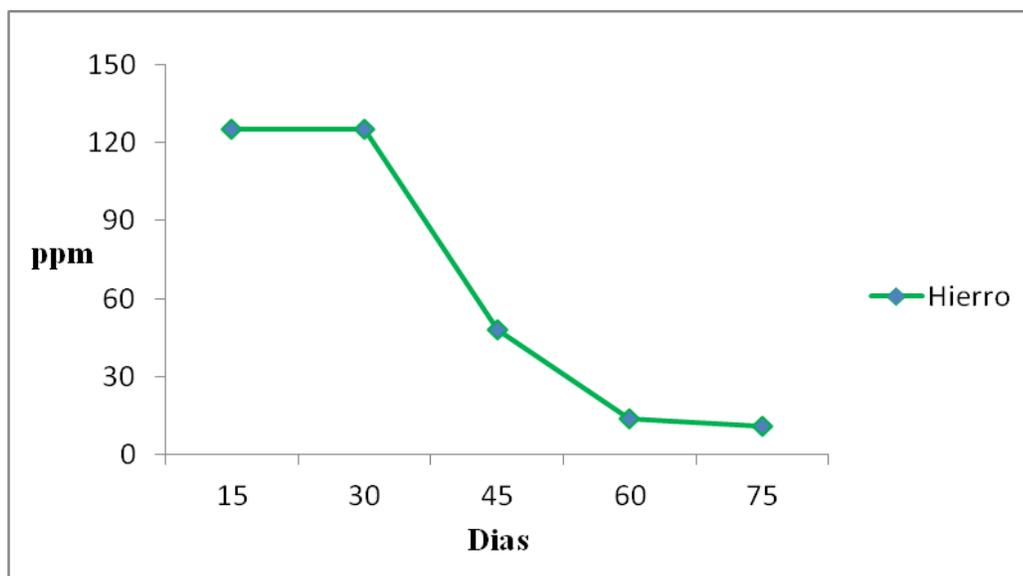


Figura 19. Contenido de hierro (ppm) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Las concentraciones de hierro encontradas en la planta resultaron ser similares durante los primeros 45 días de edad, a los encontrados en otras gramíneas por Jones (1972), entre 21 – 250 ppm. También rectifica que el tenor de hierro en las hojas resulta indispensable para la síntesis de clorofila.

Los bajos niveles de hierro en los suelos del trópico obedecen a la presencia de carbonatos libres, alta concentración de bicarbonatos, encharcamiento extremo, cultivo y manejo, presencia de altas cantidades de otros elementos transicionales, alto contenido de fósforo, aireación deficiente, encalamiento excesivo del suelo, bajo contenido de materia orgánica (Kass, 1996).

La remoción por la planta está limitada por la forma del hierro. El  $\text{Fe}^{+3}$  es fácilmente disponible, en tanto que el  $\text{Fe}^{+2}$  es absorbido muy lentamente por la mayoría de las plantas.

Por otro lado Domínguez (1997), explica que el papel principal del hierro es la intervención en las reacciones de óxido reducción, además influye en la formación de clorofila, en la fotosíntesis y el metabolismo del nitrógeno.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó siete modelos y encontró que el de forma rotacional (Figura 20), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.99$  y una desviación estándar de 8.116, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = \frac{A + bx}{1 + cx + dx^2}$$

Donde los coeficientes son:

l= constante de la ecuación

a= 0.78731669

b= 1.3168364

X= (15, 30, 45, 60, 75, días)

c= -0.088784279

d= 0.0022050869

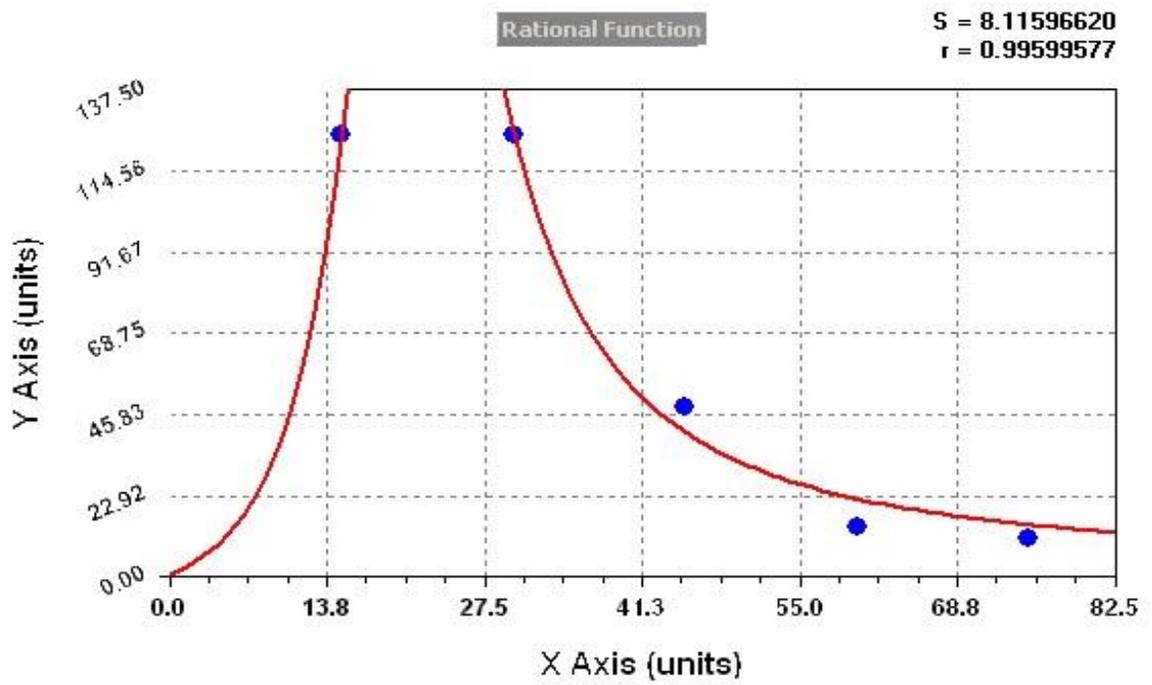


Figura 20. Curva de regresión rotacional del hierro en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.2.7 Manganeso

En este micro-nutriente se puede observar que al avanzar la edad de la planta el contenido de manganeso tiene una tendencia descendente, encontrándose que la mayor concentración en la planta se da a los 15 días de rebrote con 63 ppm y luego tiende a disminuir con un 29 ppm a los 75 respectivamente (Figura 21).

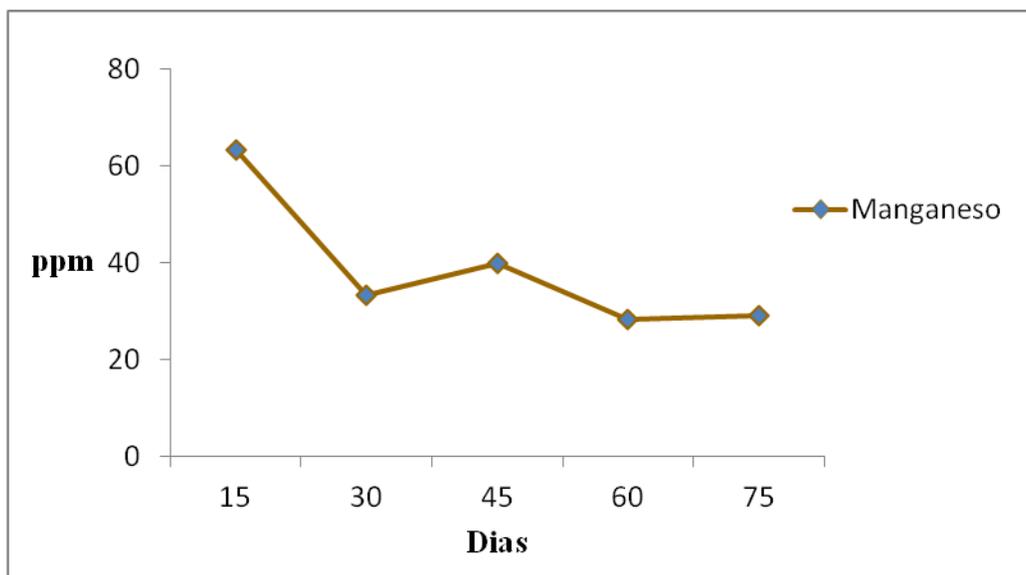


Figura 21. Contenido de manganeso (ppm) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Las concentraciones de manganeso encontradas en las diferentes edades de la planta, son aceptables al compararlas con los rangos óptimos en gramíneas propuestos por Howeler (1983), al clasificar los valores menores de 15 ppm como deficientes y entre 20 – 150 ppm son suficientes para un óptimo crecimiento y desarrollo en la planta.

Domínguez (1997), plantea que el manganeso es directamente transportado a los tejidos en desarrollo en tanto que el movimiento de unos tejidos a otros es lento e improbable.

Otro factor es su forma reducida de ion manganeso ( $Mn^{+2}$ ), es el estado de mayor movilidad en el suelo, su deficiencia está confinada a suelos de condición neutra o cercana a la neutralidad, con pH de 6.3 – 7 y suelos alcalinos (Kass, 1996).

Sin embargo en el suelo donde se realizó el ensayo presenta valores de pH de 6.5 lo que nos justifica la deficiencia de este mineral en la planta.

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó siete modelos y encontró que el de forma logística (Figura 22), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.98$  y una desviación estándar de 5.45, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$y = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$$

Donde los coeficientes son:

l = constante de la ecuación

a = 32.492865

b = -276.51387

e = 2.718

c = 0.42316183

X = (15, 30, 45, 60, 75, días).

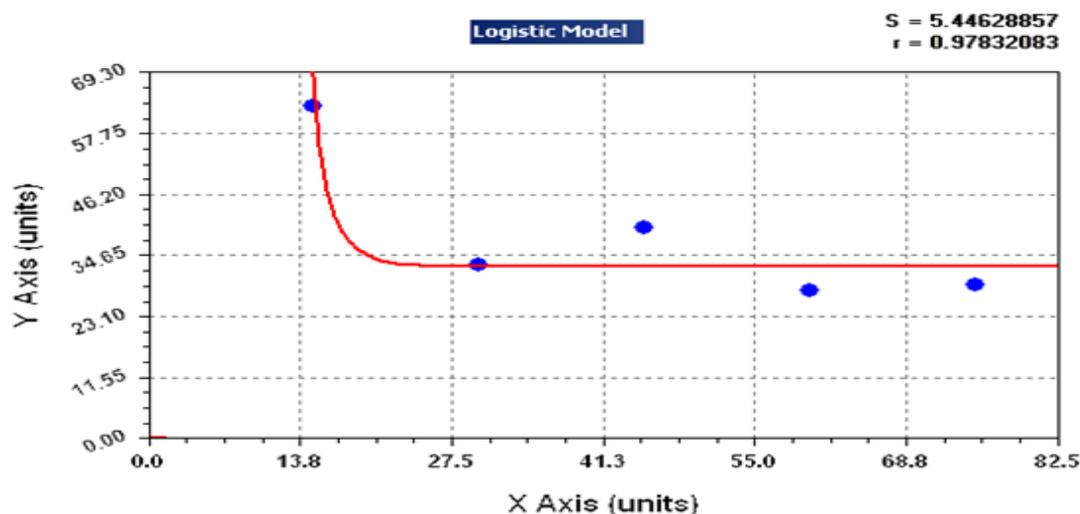


Figura 22. Curva de regresión logística del manganeso en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### 4.2.8 Zinc

En cuanto a la absorción de este nutriente se puede observar que al avanzar la edad de la planta el contenido de zinc tiende a reducirse significativamente, encontrándose que la mayor concentración en la planta se da a los 15 días de rebrote con 120 ppm y luego tiende a disminuir con un 54 ppm a los 75 respectivamente (Figura 23).

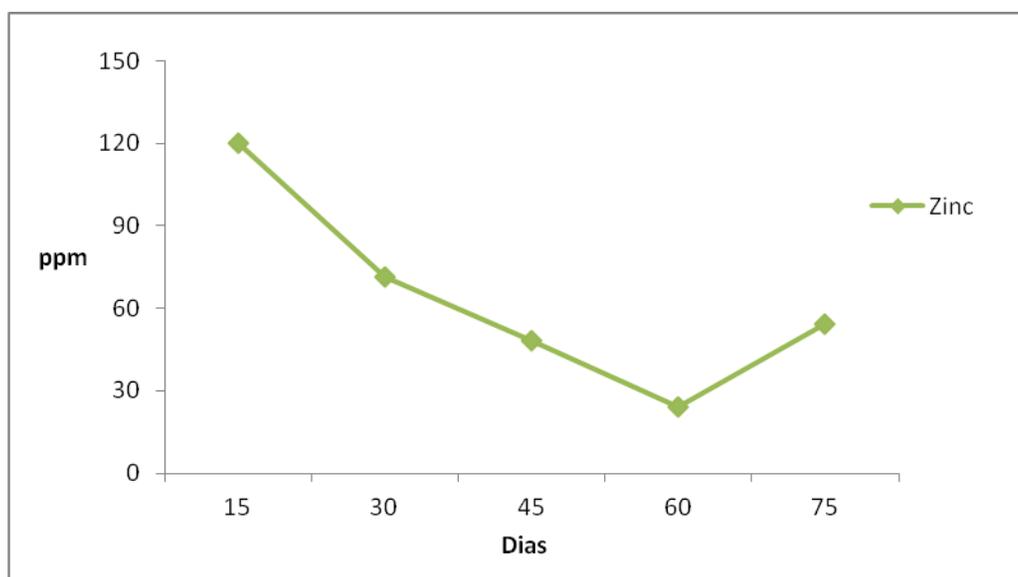


Figura 23. Contenido de zinc (ppm) del pasto cubano CT – 115, durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

Estos resultados son justificados con lo expresado por Jones (1972), donde expresa que el contenido de zinc es más alto en las hojas superiores que en las hojas inferiores y disminuye con la madurez. Domínguez (1997), menciona que el contenido de zinc se considera que debe ser superior a 20 – 25 ppm para que la planta pueda crecer y desarrollarse sin problemas, puesto que la deficiencia de este micro-nutriente suele causar que los entrenudos se acorten en los brotes, y que las hojas viejas aparezcan bronceadas y se caigan fácilmente.

Sin embargo la disponibilidad en el suelo disminuye si los valores del pH superan la barrera de 6 – 6.5 unidades (Kass, 1996). Otros factores negativos que pudieran afectar la disponibilidad de zinc en el suelo, son las interacciones con otros elementos.

Los suelos ricos en fósforo asimilable, reducen la disponibilidad de zinc. Un desequilibrio en la relación P/Zn puede provocar interferencias en las funciones metabólicas del zinc, así como una inhibición fisiológica de la migración del zinc de las raíces hacia las partes aéreas (Domínguez, 1997).

Para determinar el modelo de mejor ajuste, el Programa *Curve Expert* presentó siete modelos y encontró que el de Harris (Figura 24), representa mejor el comportamiento de esta variable con un  $r^2 = 0.96$  y una desviación estándar de 14.93, siendo la ecuación del modelo la siguiente:

$$Y = \frac{1}{(a+bx^c)}$$

Donde los coeficientes son:

1= constante de la ecuación

a = -0.34928702

b = 0.33057303

X = (15, 30, 45, 60, 75, días).

c = 0.02898268

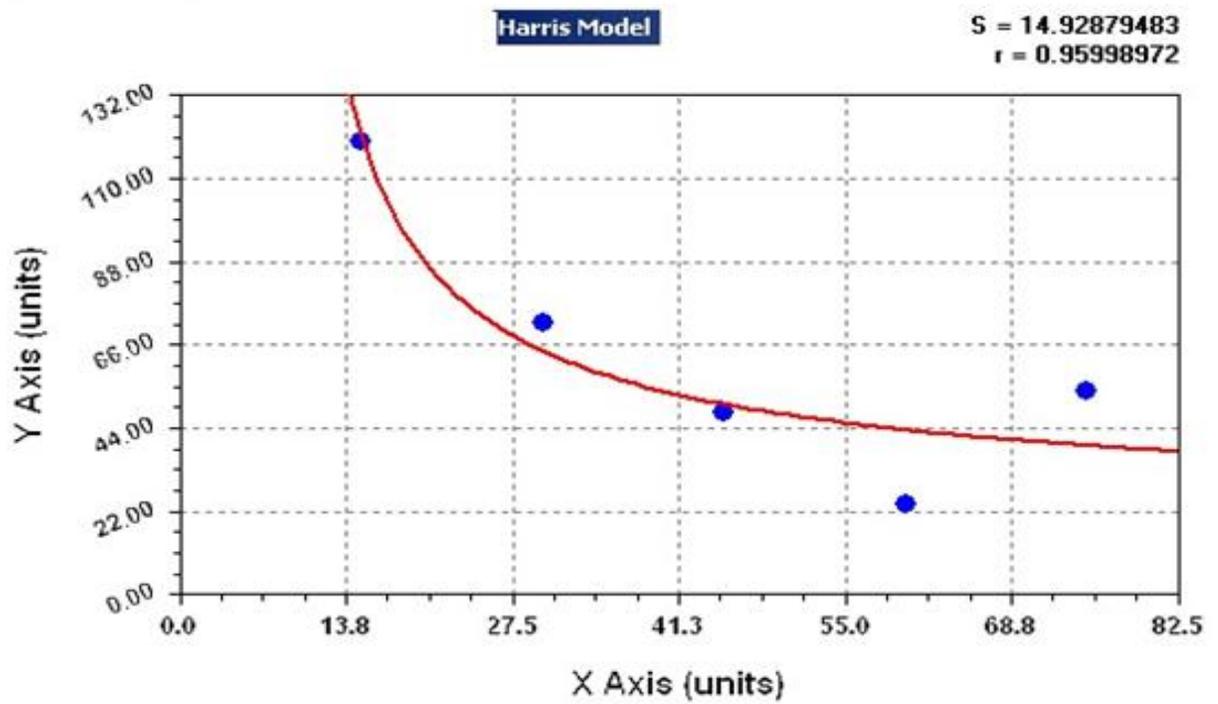


Figura 24. Curva de regresión de Harris del zinc en el pasto cubano CT – 115, con respecto a diferentes edades de corte durante el periodo lluvioso, 2010, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas.

#### **4.2.9 Análisis de correlación**

Los resultados de correlación entre las variables se presentan en el Anexo 6.

**Correlación entre edad, rendimiento (biomasa y materia seca) y nutrientes.** Los nutrientes nitrógeno (%), fósforo (%), potasio (%), calcio (%), magnesio (%), manganeso (ppm), hierro (ppm) y zinc (ppm) se relacionan de forma negativa con las variables, biomasa, materia seca y edad de la planta, es decir, que a medida que se incrementan los rendimientos y la edad de la planta, las concentraciones de estos elementos disminuye, caso contrario ocurre con las concentraciones del elemento magnesio que se relaciona de forma positiva.

Esto es debido a que la mayoría de estos elementos se translocan hacia la parte de floración de la planta.

**Correlación entre la edad y los rendimientos de la planta (biomasa y materia seca).**

Las variables edad y rendimiento de la planta se relacionan de forma positiva, es decir que a medida que se aumenta la edad, también aumentan el rendimiento de biomasa fresca, materia seca.

## V. CONCLUSIONES

*Mediante los resultados obtenidos en esta investigación y en base a la información alcanzada se presentan las siguientes conclusiones:*

La biomasa fresca y seca aumenta con la edad de la planta, alcanzando su mayor tenor a los 75 días de rebrote donde el pasto continuó su crecimiento y desarrollo.

En los macronutrientes primarios (N, P, K), las concentraciones disminuyen con la edad de la planta, encontrándose su mayor valor a los 15 días de rebrote.

Para el caso de los macronutrientes secundarios (Ca, Mg), presentaron un comportamiento diferente. En el caso del calcio su mayor valor se encuentra a los 30 días de edad y el magnesio aumenta su porcentaje con la edad de la planta hasta los 75 días de rebrote pasando de 0.14 – 0.27 respectivamente.

En los micronutrientes: Fe, Mn y Zn disminuyen con la edad de la planta y sus mejores concentraciones se encuentran a los 15 días.

Los modelos para determinar las curvas de mejor ajuste en las variables evaluadas fueron: función Rotacional (altura, Ca, Mg y Fe), Logístico (biomasa seca, K y Mn), Polinomial (N y P), Harris (zinc), Lineal (biomasa fresca) y Cuadrático (materia seca).

El análisis de las curvas y ecuación de las regresiones permite conocer mejor la tendencia del rendimiento y la concentración de nutrientes en las diferentes edades de corte.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Hacer estudios de fertilización tomando en cuenta los puntos de mayor concentración que obtuvo la planta en las diferentes edades de corte.
- Cuantificar la cantidad de nutrientes que extrae el pasto cubano CT – 115 del suelo cuando se utiliza en corte para realizar las enmiendas necesarias para mantener su potencial productivo.
- El momento óptimo de cosecha del pasto es a los 45 días después del rebrote.

## VII. LITERATURA CITADA

AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 16<sup>th</sup>. Ed. Washington DC. US. 330 p.

Arzola, B. 1986. Suelo, Planta y Abonado. Editorial Pueblo y Educación de la Republica de Cuba. Habana. CU. 461 p.

Casanova, E.; Figueredo, Y.; Soto, R.; Novoa, R.; Valera, R. 2006. Efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento de *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT – 115 en el periodo poco lluvioso. Rev. Cubana Cienc.Agric. 40:465.

CIAT, 1982. Metodología para la evaluación de pastos tropicales, en los ensayos regionales A, B y C, Cali, CO, 75 p.

\_\_\_\_\_, 2010. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Informe Anual 2011. Cali, CO. En línea: disponible en:

[http://webapp.ciat.cgiar.org/improved\\_germplasm/germoplasma/forrajes.htm](http://webapp.ciat.cgiar.org/improved_germplasm/germoplasma/forrajes.htm) Consultado el 20-01-2011.

Crowder, L.; Cheda, H. 1982. Tropical grassland husbandry. Longman Group Limited. New York, US. 582 p.

Domínguez, V. A. 1997. Tratado de fertilización. Editorial Mundi – Prensa. Madrid, ES. 613p.

Gillet, M. 1984. Las gramíneas forrajeras Ed. Acribia, Zaragoza, ES.167, 214.

Gomide, J. A. 1976. Composição mineral de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais, in simposio Latino-Americano sobre Pesquisa em nutricao minaral de rumiants em pastogens, belo horizonte, BR. 20 p.

Gutiérrez, C. 2004. Potasio y calcio aplicado al suelo y su influencia en la productividad y calidad en hortalizas.

Herrera, R. S.; Fortes, D.; García, M.; Cruz, Ana M.; Romero, Aida. 2008. Estudio de la composición mineral en variedades de *Pennisetum purpureum*. Rev. Cubana Cienc.Agric. 42(4): 395-400.

\_\_\_\_\_; R.; Martínez, R. O. 1994. Estudio de mutantes de *king grass* (*Pennisetum purpureum*) obtenidos mediante técnicas nucleares y mutágenos químicos. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas; 28. (2): 239

Hernández, M.; Matus, M. 1998. Manejo de recursos forrajeros en producción bovina. Ed. UNA. Managua, NI. 252 p.

Holdridge, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA. Serie: Libros y Materiales Educativos N° 34. San José, CR. 216 p.

Houba, V.J.G.; J.J. van der Lee, I. Novozamsky, I. Walinga. 1989. Soil and Plant Analysis a serie of syllabus. Part 5: Soil Analysis procedures. Department of Soil and Plant Nutrition. Wageningen Agricultural University.

Howeler, R. 1983. Desórdenes nutricionales. Centro Nacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, CO. 424 p.

INETER. (Instituto de Estudios Territoriales), 2006. Estación Meteorológica SAINSA. Managua, NI.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), 1989. El análisis de suelo, planta y agua para riego. Manual de Asistencia Técnica No 47. Bogotá.

Jones, U. S. 1972. Fertility and soils fertility. 2da edition. Reston publishing company Inc. US. 421 p.

Kass, D. 1996. Fertilidad de Suelo. Editorial EUNED. San José, CR. 272 p.

Mares, V. 1983. Aspectos en la utilización y producción de forrajes en el trópico: compilación de documentos presentados en actividades de capacitación. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Departamento de Producción Animal. Turrialba. CR. Vol. 3. 300 p.

Martín, G. O. 1999. Ganadería: Calidad de alimentos en la producción pecuaria. Cátedra de forrajes y Manejo de pasturas, Facultad de Agronomía y Zootecnia, UNT, Argentina. En línea: consultado Octubre 12 del 2010. Disponible en: [http://www.producción.com.ar/1999/99mar\\_17.htm](http://www.producción.com.ar/1999/99mar_17.htm)

Martínez, R.O. 2001. Banco de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical. En: Estrategias de alimentación para el ganado bovino en el trópico. Ed. FIRA. MX. 125 p.

Molina, J. E. 2006. Evaluación del comportamiento del Taiwán morado (*Pennisetum purpureum*) con dos niveles de fertilización nitrogenada y tres edades de corte. Tesis Ing. En producción Animal. Universidad Nacional Experimental del Táchira, DIPA, San Cristóbal, VE. P44.

Norton, B. 1981. Differences between species in forage quality. In: J. Hacker (Ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agric. Bureau, Farnham Royal, UK. 89-110.

Otero, M. 1996. Ensilabilidad de forrajes en condiciones tropicales. Tesis Presentada en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de Bayamo. CU. pág. 61-62.

Ramírez, J.; Verdecia, D.; Leonard, I. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum cuba* CT – 169 en un suelo pluviosol (en línea). REDVET 9(5): 4-8. Consultado el 23 de octubre del 2010. Disponible en:

<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050508/050806.pdf>

Rodríguez, E. 2009. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. San José, CR. 350 p.

-----, 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales: procesos fisiológicos básicos. San José, CR. P 46-47.

Rodríguez, S; Blanco, E. (1996), composición química de hojas y tallos de 21 cultivares de elefante (*Pennisetum purpureum, shumasher*), Sección de zootecnia, centro de investigaciones agronómicas de Maracay, VE. 210 p.

Sage, R. F ; & Kubien, D. S. 2007. The temperature response of C3 and C4 photosynthesis. Plant. Cell and Environment 30: 1086.

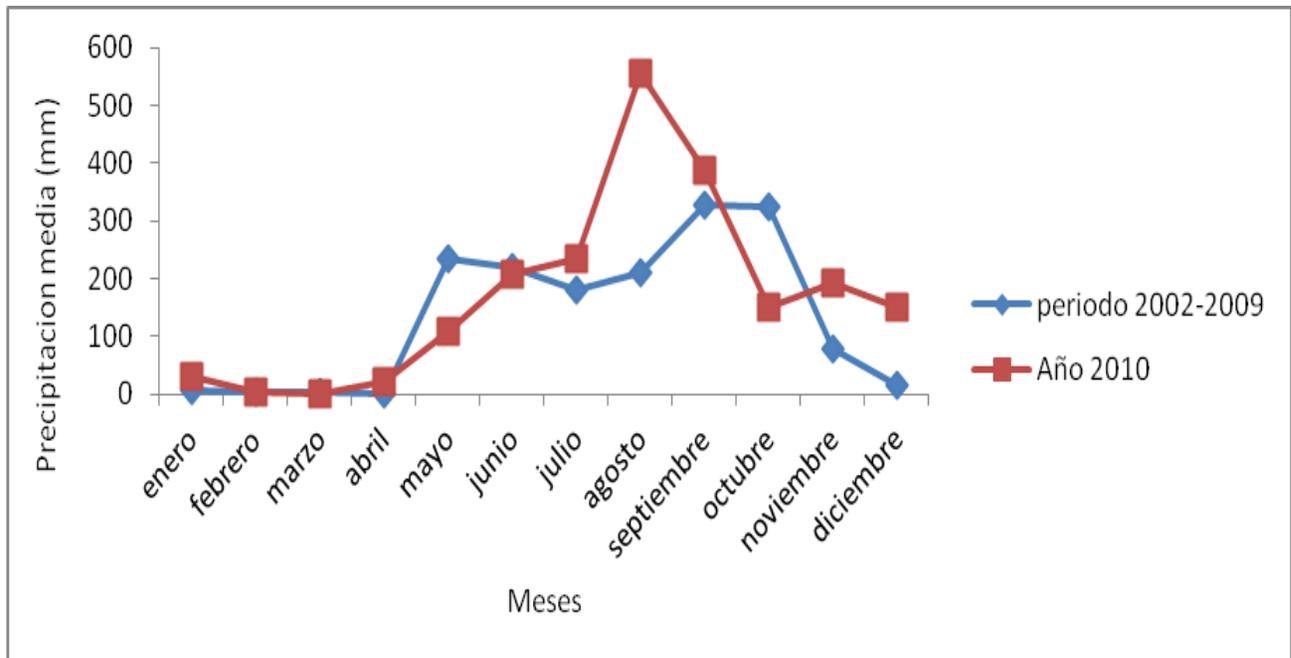
Tejos, R. (2001), alternativas de manejo de pasturas para bovinos post destete. XII Jornadas Técnicas de Ganadería en el estado de Táchira, p. 19-35.

Undersander, D.; Alberth, B.; Cosgrove, D.; Jhonson, D.; Peterson, P. 2002. Pasture Profit a guide to rotational grazing, University of Wisconsin, US. 38 p.

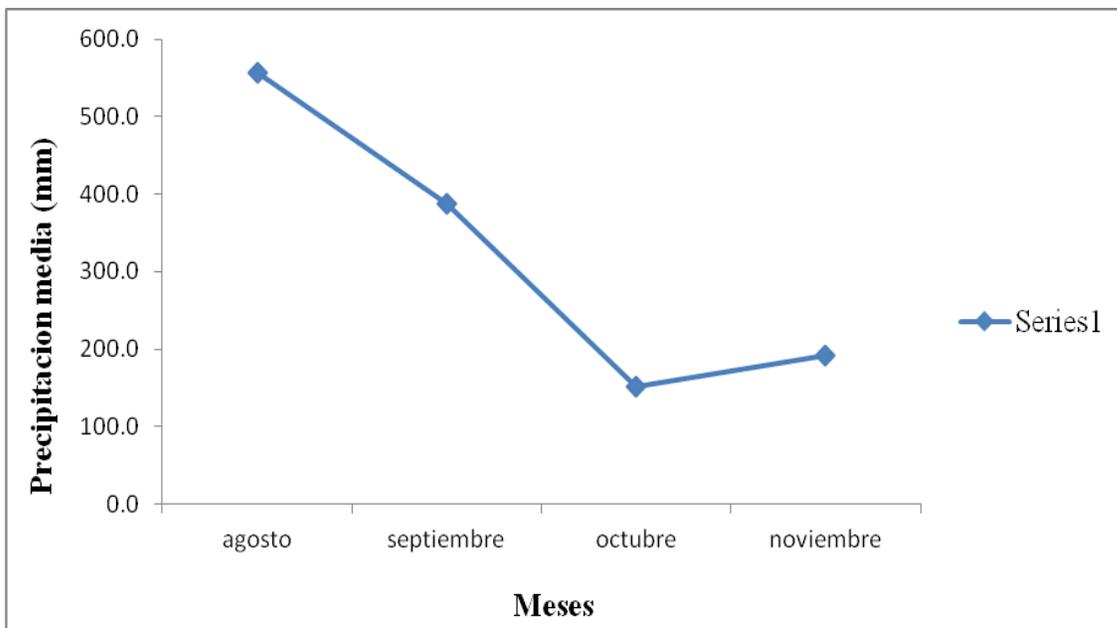
Valdez, F. 2001. Alimentación, capítulo III. Sociedad cubana de criadores de ganado de carne y doble propósito, ACPA, SOCCA.

## VIII. ANEXOS

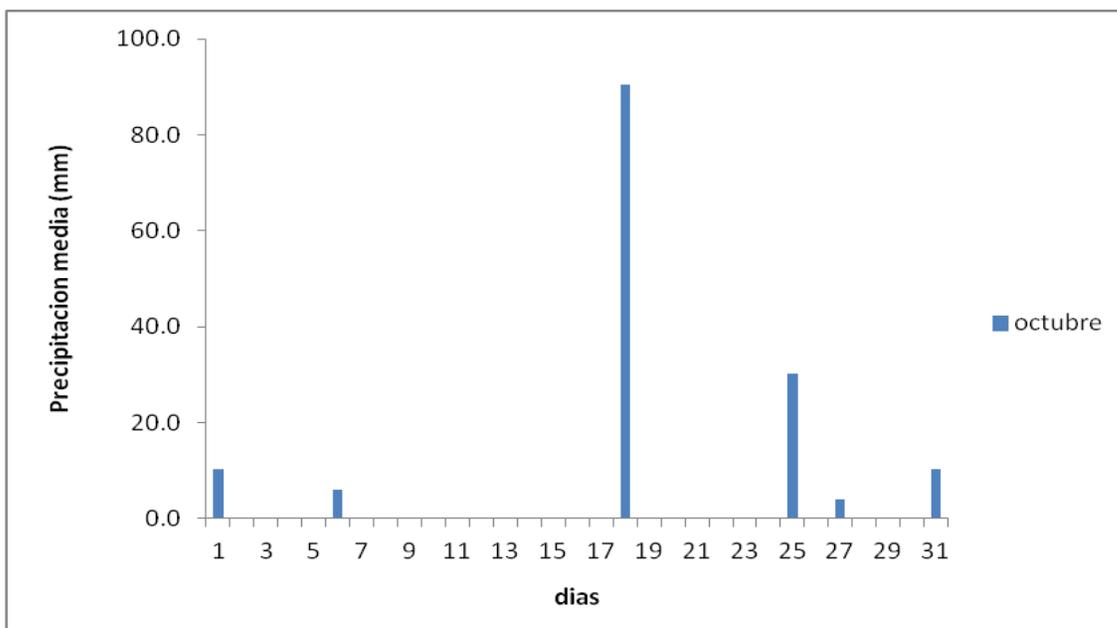
**Anexo 1. Comportamiento de las precipitaciones promedias comprendidas en el periodo 2002 – 2009; contrastadas con las precipitaciones medias del 2010.**



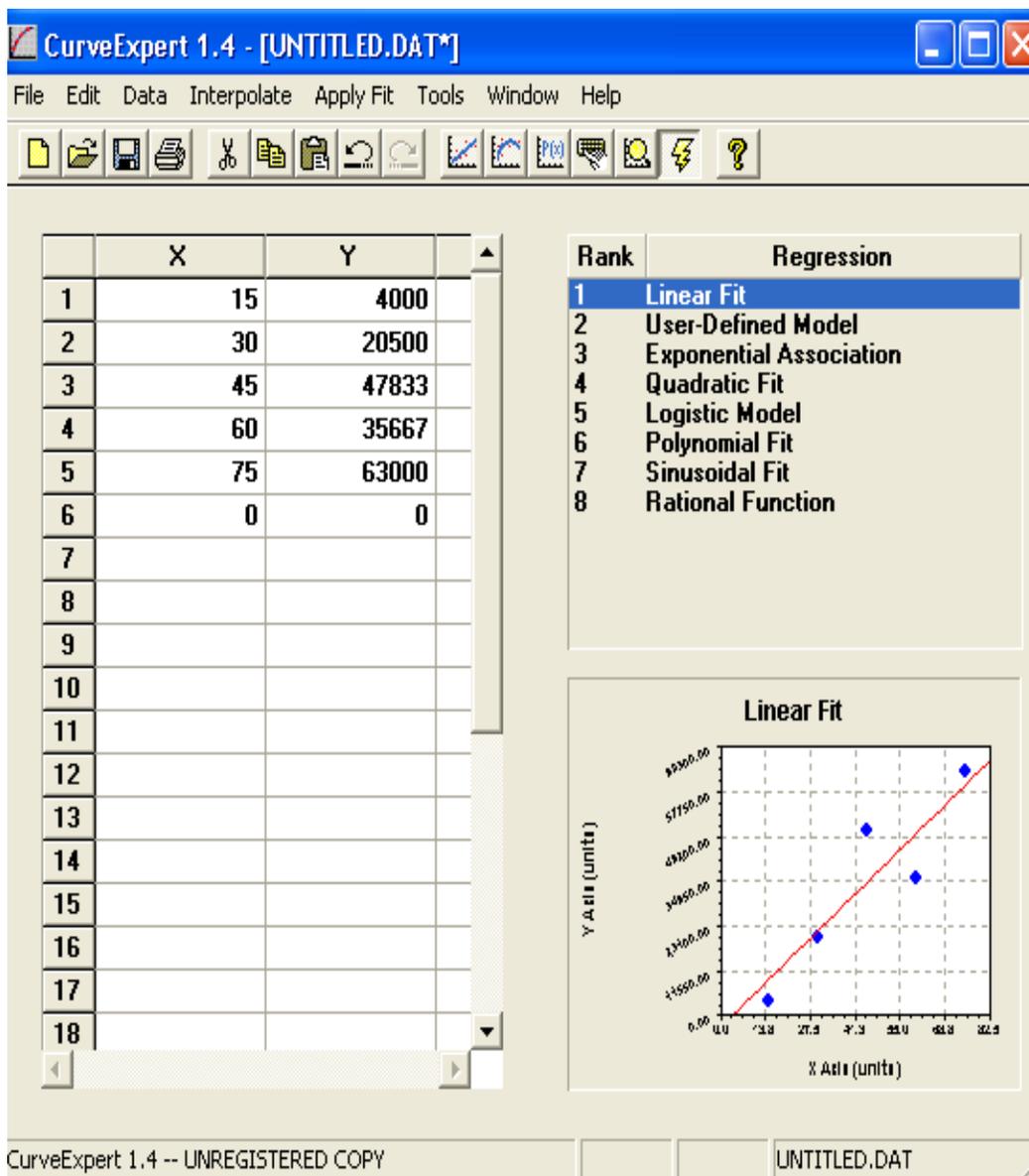
**Anexo 2. Comportamiento de las precipitaciones medias Agosto-Noviembre correspondiente a los meses que se evaluó el experimento.**



**Anexo 3. Precipitación correspondiente al mes de Octubre, donde se afecto el rendimiento del pasto cubano CT 115.**



Anexo 4. Programa Curve Expert versión 1.4 en el cálculo de la variable biomasa fresca.



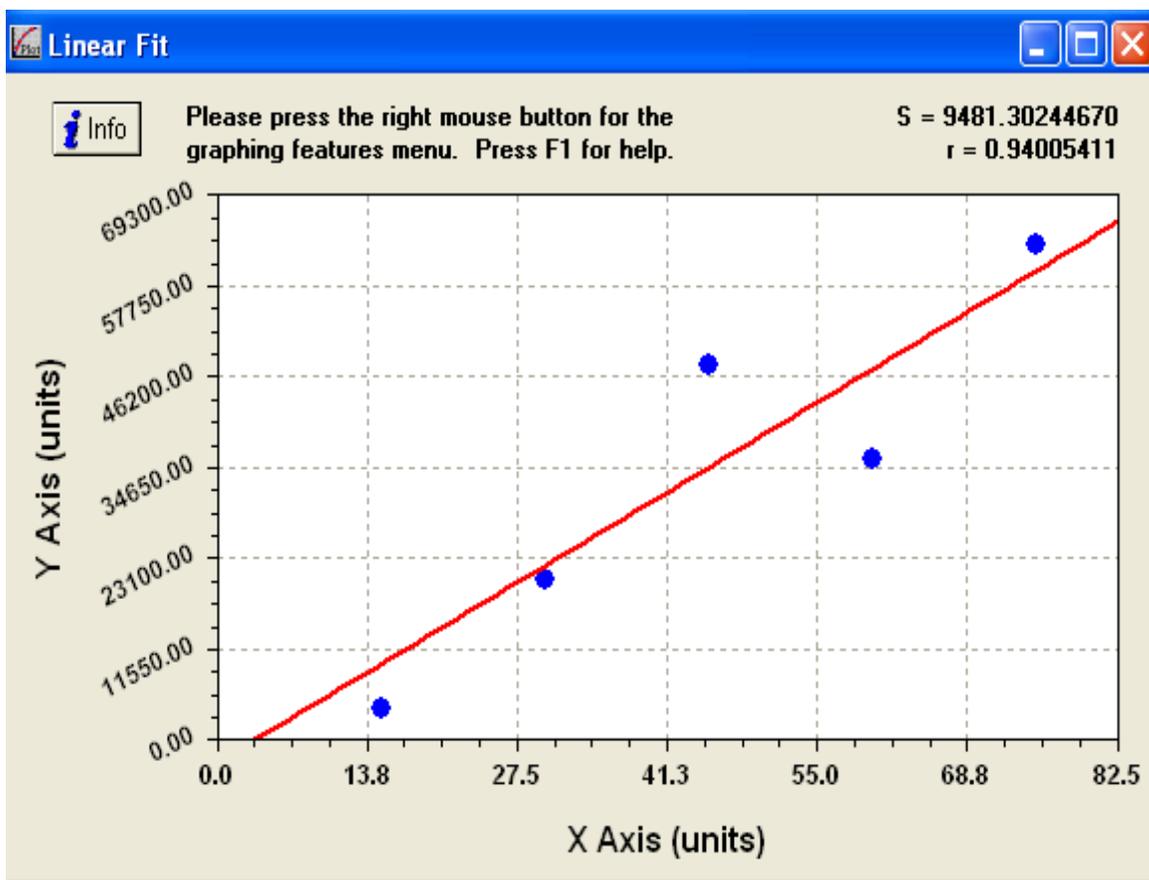
**Anexo 5. Ejemplo de un modelo para la biomasa fresca con el programa de Curve Expert versión 1.4.**

**Linear fit**  $Y = a + bx$

Coefficient Data:

$a = -2.7381429$   $x =$  frecuencias de corte (15, 30, 45, 60, 75 días).

$b = 8.3301714$



Anexo 6. Tabla de Correlación del pasto cubano CT-115, Finca la Tigra, Cárdenas, Rivas

	Edad	Biomasa fresca	Biomasa seca	Altura	Materia Seca	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	manganeso	zinc
Edad		0.73508 0.1570	0.94192 0.0167	0.97861 0.0037	0.97193 0.0056	-0.81297 0.0943	-0.91669 0.0285	-0.51055 0.3794	-0.49117 0.4008	0.94299 0.0162	-0.94003 0.0175	-0.79974 0.1043	-0.79277 0.1097
Biomasa fresca			0.61283 0.2718	0.84480 0.0717	0.62455 0.2600	-0.68355 0.2032	-0.68604 0.2009	-0.92946 0.0223	-0.43315 0.4663	0.47398 0.4199	-0.78695 0.1142	-0.68804 0.1991	-0.86740 0.0568
Biomasa Seca				0.87885 0.0497	0.95511 0.0113	-0.62762 0.2570	-0.76913 0.1317	-0.30616 0.6164	-0.55890 0.3274	0.92348 0.0251	-0.86006 0.0615	-0.60631 0.2783	-0.55842 0.3279
Altura					0.93209 0.0210	-0.86995 0.0552	-0.93630 0.0191	-0.67323 0.2129	-0.52422 0.3645	0.86825 0.0563	-0.96638 0.0074	-0.81328 0.0941	0.88332 0.0470
Materia Seca						-0.81695 0.0914	-0.91105 0.0314	-0.38515 0.5220	-0.63132 0.2533	0.97278 0.0054	-0.94797 0.0141	-0.65276 0.2324	-0.68118 0.2054
Nitrógeno							0.97298 0.0053	0.65475 0.2305	0.60378 0.2809	-0.76133 0.1348	0.92035 0.0267	0.66106 0.2244	0.87112 0.0545
Fósforo								0.58297 0.3022	0.54994 0.3369	-0.88138 0.0482	0.95212 0.0125	0.75625 0.1391	0.86957 0.0554
Potasio									0.32414 0.5946	-0.22656 0.7140	0.63107 0.2536	0.59442 0.2905	0.85868 0.0624
Calcio										-0.48815 0.4041	0.71210 0.1772	-0.05949 0.9243	0.28195 0.6458
Magnesio											-0.86521 0.0582	-0.67758 0.2088	-0.61565 0.2689
Hierro												0.65715 0.2282	0.81719 0.0912
Manganeso													0.87777 0.0503
Zinc													