

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

TRABAJO DE DIPLOMA

Utilización del Clorofilometro SPAD-502 para diagnosticar la deficiencia del Nitrógeno en sorgo (*sorghum bicolor* L Moench) bajo distintas dosis de Nitrógeno San Ramón Matagalpa.

Autores

Br. Lenin Pantaleón Martínez García
Br. Pedro Pablo Ocón Jarquin

Asesor:

Ing .Msc. Leonardo García Centeno

Managua, Nicaragua. 2008

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION VEGETAL



“Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible”

TRABAJO DE DIPLOMA

Utilización del clorofilometro SPAD -502 para diagnosticar la deficiencia del Nitrógeno en sorgo (*sorghum bicolor* L Moench) bajo distintas dosis de Nitrógeno San Ramón Matagalpa.

Autores

Br. Lenin Pantaleón Martínez García
Br. Pedro Pablo Ocón Jarquin

Asesor:

Ing. Msc. Leonardo García Centeno

Presentado a la consideración del honorable Tribunal Examinador como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo Generalista.

Managua, Nicaragua. 2008

DEDICATORIA

A **Dios** todo poderoso por haberme dado el ser la sabiduría ,inteligencia necesaria ,por ser mi guía y mi amigo incondicional, para alcanzar un sueño ahora hecho realidad un Ing. Agrónomo.

A mis **amados padres** Elsa Ester Juárez García y Leonel Pantaleón Castillo Mairena por haber depositado en mi su confianza, comprensión, amor y sobre todo su apoyo incondicional en todos los momentos de mi formación académica.

A mis hermanos; Juan Darmalis, Norma, Aldo y Milagro Martínez Gracia por haberme dado consejos para salir adelante.

A **mi sobrino** Katherine, Estrella, Moisés por ser las personas a quien mas aprecio con todo mi corazón y que de alguna manera ellos también sirvieron de apoyo para luchar y salir adelante.

A **mis abuelitos** Fidelina García, Esmeralda Cano, Justina Cano, Pablo Castillo y Ramón Juárez por que confiaron en mi hasta el último momento de su vida dándome apoyo a pesar que ellos no están conmigo en donde quiera que estén se que se sienten orgullosos de mi como yo lo estoy de ellos aunque Dios decidió llevárselos siempre estarán en mis pensamientos y mi corazón.

Br: Lenin Pantaleón Martínez García

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a DIOS sobre todas las cosas por darme la oportunidad de triunfar y llegar a ser alguien importante en la vida.

Mis padres Pedro Ocón García, Daría Jarquin Valle, mi hija, Cristhel Paola Ocón Blandino, Ligia Blandino M, por ser unos guías en mi vida, que siempre me brindaron su apoyo en momentos mas difíciles, por haberme dado un buen ejemplo de perseverancia que motivan para seguir adelante.

Mis abuelos, por su apoyo y consejos durante muchos años de mi vida, mis hermanos Carlos, Vilma, Rubén, Mariela, Francis, Mercedes y Marbellís Ocón, amigos Freddy, Efraín, José Manuel, Humberto, Darwin Delver etc. A la familia Obando Torres quienes me brindaron apoyo incondicional durante mis estudios.

Br: Pedro Pablo Ocón Jarquin.

AGRADECIMIENTO

Al ser supremo por brindarnos salud entusiasmo e inteligencia para culminar una meta más en mi vida

A Ing. Msc Leonardo García Centeno su apoyo profesional en el tema de investigación y accesoria de el mismo, al programa de **INTSORMIL** por financiarnos nuestro tema de investigación

A nuestra alma Mater por habernos proporcionados los medios necesarios para culminación de de nuestro estudios de Ingeniero Agrónomo generalista y a la facultad de agronomía por su interés en el desarrollo de bueno profesionales en el agro.

Al departamento de servicio estudiantil, en especial a Lic. Idalia Casco Mendieta por su comprensión y apoyo brindado también agradecemos al vicerrector (Dr. Víctor Aguilar B) por su apoyo en la comisión de becas.

Al centro de investigación del **CENIDA** por apoyarnos en las revisión de literatura y consigo mismo al centro de computo.

A todos nuestros profesores de la FAGRO por enseñarnos con tanto gusto y amabilidad sus clases impartidas.

Br: Lenin Pantaleón Martínez García
Br: Pedro Pablo Ocón Jarquin

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLA	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
I INTRODUCCION	1
II OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
III MATERIALES Y METODOS	4
3.1 Descripción del lugar	4
3.1.1 Suelo	4
3.1.2 Clima	5
3.2 Metodología experimental	6
3.2.1 Descripción del diseño experimental	6
3.2.2 Descripción de los tratamientos	6
3.3 Variables evaluadas	7
3.3.1 Altura	7
3.3.2 Diámetro	7
3.3.3 Numero de hojas	7

3.3.4	Clorofila	7
3.3.5	Longitud de panoja	8
3.3.6	Longitud de raquis	8
3.3.7	Biomasa seca producida	8
3.3.8	Nitrógeno en biomasa	8
3.3.9	Rendimiento de grano	8
3.3.10	Nitrógeno en el grano	8
3.3.11	Uso eficiente del nitrógeno en biomasa y grano	8
3.4	Análisis de datos	10
3.5	Manejo agronómico	10
IV. RESULTADOS Y DISCUSION		11
4.1.1	Altura de planta	11
4.1.2	Diámetro de tallo	12
4.1.3	Número de hojas	13
4.1.4	Medición de clorofila	14
4.2	Variables a la cosecha	19
4.2.1	Longitud de panoja	19
4.2.2	Longitud de raquis	20
4.2.3	Rendimiento de grano	21
4.2.4	Cantidad de nitrógeno en el grano	23
4.2.5	Nitrógeno total acumulado en el grano	24
4.2.6	Rendimiento de biomasa	25
4.2.7	Cantidad de nitrógeno en la biomasa	26

4.2.8	Nitrógeno total acumulado en la biomasa	27
4.2.9	Uso eficiente del nitrógeno por el grano	29
4.2.10	Uso eficiente del nitrógeno en biomasa	30
4.2.11	Incremento del rendimiento de grano por Kg de nitrógeno aplicado	32
	Correlación general	34
	V CONCLUSIONES	35
	VI RECOMENDACIONES	36
	VII BIBLIOGRAFIA	42
	VIII ANEXOS	

INDICE DE TABLAS

Nº TABLA	CONTENIDO	Pág
TABLA 1	Análisis del suelo donde se realizó el experimento, Guadalupe, San Ramón 2005.	4
TABLA 2	Tratamientos en estudio de la línea 92,522 San Ramón, Matagalpa. Postrera 2005.	6
TABLA 3	Comportamiento de la línea (ICVLM 92522) bajo tres dosis de fertilización nitrogenada sobre la altura de planta en (cm.). San Ramón Matagalpa postrera 2005.	12
TABLA 4	Comportamiento de la línea (ICVLM 92522) bajo tres dosis de fertilización nitrogenada sobre el diámetro de planta en (mm.) San Ramón Matagalpa. Postrera 2005.	13
TABLA 5	Comportamiento de la línea (ICVLM 92522) bajo tres dosis de fertilización nitrogenada sobre el número de hoja de la planta en San Ramón Matagalpa postrera 2005.	14
TABLA 6	Resultados de ANDEVA de los contenidos relativos de clorofila para cada factor estudiado.	16
TABLA 7	Comparación de los tratamientos, hojas, posiciones y porcentajes de nitrógeno.	17
TABLA 8	Comportamiento de la línea (ICVLM 92522) bajo tres dosis de fertilización nitrogenada sobre la longitud panoja de planta en (cm.).en San Ramón Matagalpa postrera 2005.	20
TABLA 9	Comportamiento de longitud del raquis (cm) de la línea (ICVLM 92522) bajo tres dosis de fertilización nitrogenada San Ramón Matagalpa postrera 2005.	21
TABLA 10	Comportamiento del rendimiento de grano (Kg /ha ⁻¹) de la línea (ICVLM 92522) bajo tres dosis de fertilización nitrogenada en San Ramón Matagalpa postrera 2005.	22
TABLA 11	Porcentaje de nitrógeno en el grano.	23
TABLA 12	Comportamiento del biomasa seca (kg/ha ¹) bajo tres dosis de fertilizan nitrogenado en la línea (ICVLM 92522) en San Ramón Matagalpa 2	25
TABLA 13	Porcentajes de nitrógeno en la biomasa.	26
TABLA 14	Correlación completa de las diferentes variables en estudio.	33

INDICE DE FIGURAS

Nº FIGURA	CONTENIDO	Pág
FIGURA 1	Precipitación acumulada mensual (pp) y temperatura media diaria (T) durante el transcurso del experimento en San Ramón Matagalpa fuente INETER 2005.	5
FIGURA 2	Posiciones de la hoja muestreada y punto de muestreo	7
FIGURA 3	Indice relativo de clorofila y rendimiento relativo según dosis de N aplicado.	19
FIGURA 4	Nitrógeno total acumulado en el grano.	24
FIGURA 5	Nitrógeno total acumulado en la biomasa	27
FIGURA 6	Eficiencia de uso del nitrógeno por el grano	29
FIGURA 7	Eficiencia del nitrógeno por la biomasa	30
FIGURA 8	Incremento del rendimiento de grano por kg de N aplicado	31

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso del clorofilometro (SPAD-502) y diagnosticar la deficiencia del nitrógeno en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.), en la época de postrera (2005–2006), en el Municipio de San Ramón, Matagalpa. Se estudió una línea (ICVLM 92 522), del programa INTSORMIL, sembrada a chorrillo a una distancia entre surco de 0.8m, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (BCA), con tres repeticiones, tres niveles de fertilización nitrogenada (37, 66 y 96kg N ha⁻¹), un testigo y frijol mungo (*Vigna radiata.*), sembrado 15 dds del sorgo e incorporado 45 dds sorgo. Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, se realizaron 4 muestreos a intervalos de 15 días, en altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm), número de hojas/pts, contenido de clorofila en la hoja (SPAD), contenido de nitrógeno en plantas y en la cosecha los parámetros de longitud en panoja (cm), longitud de raquis (cm), biomasa seca (kg ha⁻¹), nitrógeno en la biomasa (%), nitrógeno en el grano (%), rendimiento de grano (kg ha⁻¹). Estos datos fueron ordenados en hojas de calculo Microsoft Excel y luego al paquete estadístico SAS Ver 9.1, 2006. Ningún tratamiento influye sobre diámetro y número de hojas, en cambio el tratamiento que sobresalió en altura, contenido de clorofila, rendimiento de grano y N en el grano fue 96 kg ha⁻¹. El análisis de los valores SPAD muestran un índice de suficiencia de N de 0.96, lográndose determinar que la hoja a muestrear es aquella que esta por encima de la última hoja formada con el cuello visible será la # 1, parte media a los 75 dds y con 38.5 valor SPAD (1.83 %N) esto nos indica que por debajo de este hay deficiencia de nitrógeno, en las variables; longitud de panoja, rendimiento de biomasa el tratamiento 37 kg N ha⁻¹ tiene mucha influencia, pero estadísticamente son iguales con 66 y 96 kg N ha⁻¹, además en longitud de raquis y nitrógeno en el grano los tratamientos no mostraron influencia sobre estas, en nitrógeno total acumulado en biomasa, incremento del rendimiento el tratamiento 37 kg N ha⁻¹ obtuvo mejor resultado, en uso eficiente del N por el grano lo obtuvo el testigo y en biomasa el mungo.

I. INTRODUCCION

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), es un alimento básico importante en las zonas tropicales, áridas y semiáridas de muchos países del mundo; siendo este una de la principales fuentes de; energía, proteína, vitaminas y minerales para millones de habitantes mas pobres. FAO,1995; Poehlman *et.al* (1995).

En Nicaragua, el sorgo para los agricultores, es un cultivo considerado sustituto del maíz tanto en la alimentación humana como animal y en la actualidad ha tomado una gran importancia debido al uso en la fabricación de concentrado para alimentación de aves, cerdos, ganado bovino entre otros FAO, (2002).

La problemática de producción a pesar de que el 67% del área de la producción total nacional es sorgo blanco, los rendimientos de 2 259 Kg ha⁻¹ (35qq/mz) no son del todo beneficioso para los productores, por lo que se debe buscar otra opción que de repuesta no solo a los bajos rendimientos, sino también a la demanda interna MAGFOR,(2006).

El cultivo tolera mejor la sequía y el exceso de humedad que la mayoría de los cereales, creciendo bien bajo diferentes condiciones de suelo, es una planta de día corto, con tasas altas de fotosíntesis y la mayoría de las variedades requieren temperaturas superiores de 21°C, por ser una especie de origen tropical y realizar su desarrollo normal, pues no tolera las bajas temperaturas que otros cultivos toleran León, (1987).

La fertilización requerida para el cultivo del sorgo, varía dependiendo del tipo y las condiciones del suelo, diagnósticos agronómicos realizados por ALMAGRO (1996), indicaron una gran variabilidad en las cantidades de formulas de fertilizantes aplicados, que se recomiendan aplicar al momento de la siembra y en el fondo del surco. En el mismo diagnostico, también recomienda la introducción de abonos verdes para mejorar la estructura del suelo, con el fin de aportar nitrógeno.

El nitrógeno es el nutriente cuya deficiencia es más frecuente en las regiones sorgueras, y su restitución al suelo se puede regular mediante rotaciones con leguminosas y/o con el agregado de fertilizantes, pero las mayores respuestas a la fertilización nitrogenada se dan

cuando hay cobertura de rastrojo de gramíneas, con humedad y poca materia orgánica Pineda,(1997).

En los sistemas de producción por lo tanto, la decisión de la cantidad y momento de la aplicación del fertilizante, debe apuntar a la mayor eficiencia del mismo (kg de grano por kg de unidad fertilizante aplicado) y a un mayor beneficio económico. Con este propósito, se han desarrollado diversas metodologías para diagnosticar las necesidades o requerimientos de fertilización, una de estas es la medición del nitrógeno contenido en el área foliar, la que resulta poco eficiente no solo por ser destructiva, sino por el tiempo entre el análisis y la corrección.

La medición de la intensidad del verde ó medición de clorofila haciendo uso del clorofilometro Minolta (SPAD-502), surge como una herramienta factible especialmente por ser un método simple y de resultados rápidos Blackmer y Schepers, (1995).

En el monitoreo es posible deducir que al medir el contenido de clorofila, se puede estimar el contenido de nitrógeno en la planta para conocer el estado nutricional del cultivo y decidir si este requiere de fertilizante nitrogenado. Salas *et al.*; (1998).

El propósito de este trabajo es evaluar el uso del clorofilometro (SPAD-502) para estimar el contenido de clorofila en las hojas del sorgo que pueda estar asociado a la deficiencia o suficiencia de nitrógeno.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diagnosticar la deficiencia del nitrógeno con el uso del clorofilometro Minolta SPAD-502 para la Línea (ICSVLM-92 522) de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) bajo distintas dosis de nitrógeno en el Municipio de San Ramón, Matagalpa.

2.2 Objetivos Específico

Evaluar el comportamiento agronómico de la línea de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) y uso eficiente de nitrógeno bajo tres dosis de fertilizantes químicos, frijol mungo y un testigo (cero aplicación).

Determinar el rendimiento de la biomasa y grano producido en la línea (ICSVLM-92 522) bajo los diferentes tratamientos en estudio.

Estimar el momento óptimo del uso del clorofilometro para diagnosticar deficiencia de Nitrógeno a través de un índice de suficiencia.

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del lugar

El ensayo se realizó en la época de postrera en el período comprendido entre Agosto a Diciembre de 2005, en la finca de Don Catalino Figueroa, en la comunidad Guadalupe abajo a una distancia de 4 Km. al sur del municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa cuyas coordenadas son; 12° 52' 14" latitud norte y 85° 50' 18" longitud oeste y con una altitud de 575 msnm.

3.1.1- Suelo

Los suelos de la finca son franco arcillosos, con una profundidad de 10 a 30cm, la pendiente oscila entre el 5 y 10 %, y con un drenaje regular. El análisis químico del suelo donde se desarrollo el trabajo se presenta en la tabla 1.

Tabla 1 Análisis del suelo donde se realizó el experimento, Guadalupe, San Ramón Agosto 2005.

Elementos	Valor	Clasificación
pH(H ₂ O)	6.63	Ligeramente ácido
Materia Orgánica (%)	3.34	Medio
Nitrógeno (%)	0.16	Medio
P (ppm)	3.19	Bajo
K(meq/100g de suelo)	0.44	Alto
Ca (meq/100g de suelo)	8.02	Alto
Mg (meq/100g de suelo)	5.72	Alto
Arcilla (%)	45.6	
Limo (%)	22	
Arena (%)	32.4	
CIC	46.78	
	textura	Franco arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelos y agua. UNA, 2005

3.1.2 Clima

Según Holdridge (1982) la zona presenta un clima subtropical y un período de lluvia mayor de siete meses, la precipitación anual oscila entre los 1000 -2500 mm., empezando en Mayo y terminando en Diciembre, prolongándose hasta el mes de enero. Los meses con mayor intensidad de lluvia son Septiembre y Octubre, con un periodo seco de enero a abril. La humedad relativa en el período lluvioso es mayor de 80%, la temperatura máxima en las partes bajas durante los meses Marzo a Mayo oscilan entre 33°C y la temperatura mínima en las partes altas entre los meses de Enero y Febrero son de 20°C. El comportamiento del clima durante el periodo que duro el ensayo se presenta en la figura 1.

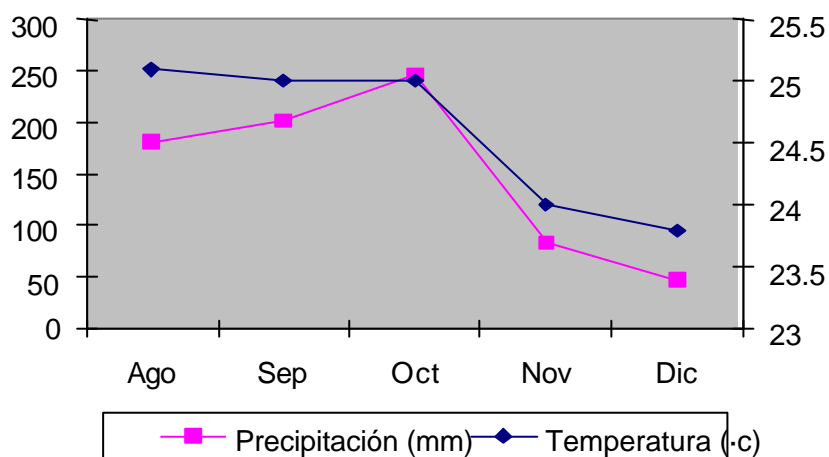


Figura 1. Comportamiento de la precipitación y la temperatura durante el estudio. San Ramón, Matagalpa.

Fuente INETER, 2005.

3.2 Metodología experimental

3.2.1 Descripción del diseño experimental

Se utilizó un diseño Bloques Completamente al Azar (BCA) con 3 repeticiones, cada parcela estaba constituida por 5 surcos cada uno de 5 m de largo y 0.8 m entre surco y un área de 20 m² por parcela, se utilizó como parcela útil para realizar los muestreos, los 2 surcos centrales, el área total del ensayo fue de 340m².

3.2.2 Descripción de los tratamientos:

Para la línea en estudio (ICSVLM 92 522) los tratamientos utilizados fueron un testigo (sin fertilizante), tres niveles de fertilización usando fertilizante completo (12-30-10) al momento de la siembra y Urea 46% de N aplicada a los 30 días después de la siembra, el quinto tratamiento es fríjol mungo (*Vigna radiata*) sembrado 15 días del sorgo y luego incorporado con azadón a los 30 días cuando alcanzó la etapa de floración (45 días del sorgo). Los tratamientos se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Tratamientos en estudio de la línea (ICVLM 92 522), San Ramón Matagalpa en la época de Postrera 2005.

Tratamientos	Descripción
1	Sin fertilizante (testigo)
2	37 Kg N/ha ⁻¹
3	66 Kg N/ha ⁻¹
4	96 Kg N/ha ⁻¹
5	Mungo incorporado 45 días después de sembrado el sorgo

3.3 Variables evaluadas.

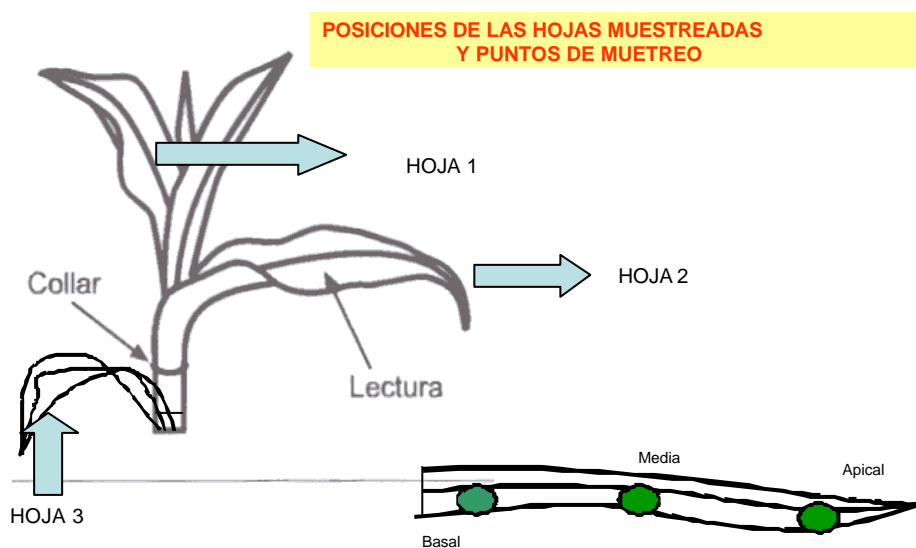
Durante el crecimiento y desarrollo del cultivo fueron seleccionadas 10 plantas al azar por parcela útil, haciendo muestreos a intervalos de 15 días comenzando a los 45 días después de la siembra se midieron las siguientes variables.

3.3.1 Altura de la planta (cm) Se midió con cinta métrica desde la superficie del suelo hasta el último nudo del tallo de la planta, esta variable fue tomada en cuatro momentos a los 45,60, 75 y 90dds.

3.3.2 Diámetro del tallo (mm) Se determino el diámetro del tallo a cinco centímetros de la superficie del suelo con un Vernier o pie de rey.

3.3.3 Número hojas por planta. Se contaron las hojas que presentaban el cuello foliar visible ya formado y estas se contabilizaron como numero total de hojas formadas.

3.3.4 Clorofila en las hojas. En el campo se hicieron cuatro mediciones con el SPAD -502 tomando tres planta al azar por tratamiento y replica, en cada una de las plantas se tomaron tres hojas asignándoles valores de 1, 2 y 3, la número dos correspondió a la ultima hoja formada (cuello visible), el numero uno se le asigno a la hoja inmediatamente superior y el tres a la inmediata inferior (figura 2). A cada hoja se les midió con el clorofilometro más el contenido relativo de clorofila en la parte apical, media y basal de cada hoja. Los datos se registraron por cada semana de evaluación.



Las variables evaluadas a la cosecha fueron

3.3.5 Longitud de la panoja (cm.) Se midió desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma tomando como referencia 6 panojas por tratamiento para un total de 30 panoja por bloque.

3.3.6 Longitud del raquis (cm.) Se tomó a partir de la hoja bandera hasta la base de la panoja, seleccionando 6 raquis por tratamiento para un total de 30 raquis por bloque.

3.3.7 Biomasa seca producida (Kg ha^{-1}) Al momento de la cosecha se cortaron dos metros cuadrados en la parcela útil de cada replica, se registró el peso fresco, posteriormente se tomo una muestra de 500g para secarlo en el horno por 72 horas a una temperatura de 65 °C (grados Celsius) y se registró el peso seco luego expresándose en Kg/ha de materia seca producida.

3.3.8 Nitrógeno en biomasa (%) De la misma muestra tomada para determinar materia seca producida, se traslado una muestra homogenizada al laboratorio para determinar el porcentaje de nitrógeno por el método de micro Kjeldhal (Bremmer, 1985).

3.3.9 Rendimiento de grano (Kg. ha^{-1}) Se desgranaron las panojas cosechadas de la parcela útil, se determino el porcentaje de humedad, se ajusto al 14%, luego se pesó y expreso en Kg. ha^{-1} .

3.3.10 Nitrógeno en el grano (%) Del grano cosechado, se tomó una muestra homogenizada por replica y se llevo al laboratorio para determinar la concentración de nitrógeno en el grano, utilizando el mismo método para nitrógeno en biomasa..

3.3.11 Uso eficiente del nitrógeno Con los datos obtenidos de rendimiento de grano y biomasa con sus respectivos porcentajes de N se calculo la eficiencia de la fertilización y la cantidad de grano producido por Kg de fertilizante aplicado usando las siguientes formulas (Maranville *et al*, 1992).

Para la eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa se utilizó la fórmula:

$$\text{NUE 1} = \frac{\text{Rendimiento de grano} + \text{Rendimiento de biomasa (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N total de grano} + \text{N total en biomasa kg ha}^{-1}}$$

Para la eficiencia del uso del nitrógeno por el grano se utilizó:

$$\text{NUE 2} = \frac{\text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{N total de grano} + \text{N total en biomasa kg ha}^{-1}}$$

Para el incremento del grano por kg de fertilizante aplicado se utilizó la fórmula descrita abajo. Para el cálculo en cada dosis, solamente se cambia el valor de la dosis en el divisor.

$$\text{IRG/Kg} = \frac{\text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1}\text{)}_{\text{c/N}} - \text{Rendimiento de grano (kg ha}^{-1}\text{)}_{\text{s/N}}}{37 \text{ kg N ha}^{-1} \dots (\text{varia según la dosis})}$$

Donde:

NUE1= Eficiencia del uso del N por la biomasa.

NUE2= Eficiencia de uso del N por el grano.

IRG/KgN= Incremento del rendimiento por Kg de N aplicado

c/N= Con nitrógeno

s/N= Sin Nitrógeno

3.4 Análisis de los datos .

Se crearon las bases de datos en Excel 2003, una vez creadas, estos fueron sometidos a análisis de varianza utilizando el programa estadístico SAS (Statiscal Analysis System V.9.1, 2006), y la separaciones de medias por rangos múltiples de TUKEY al 5% de probabilidad.

Utilizando el mismo programa, los datos de nitrógeno en biomasa (por fecha de muestreo), rendimiento de grano y rendimiento de biomasa se correlacionaron con los valores SPAD obtenidos en cada fecha de muestreo.

3.5 Manejo agronómico.

La preparación de suelo se realizó con tracción animal (bueyes), se inició con la limpieza del terreno rayado y surcado para proceder a la siembra a chorrillo (el 26 de agosto del 2005), a una distancia de 0.8m entre surco, así obteniendo una densidad de 157 500 plantas por hectárea.

Para los tratamientos fertilizados, la aplicación se hizo al momento de la siembra al fondo del surco con 12-30-10; posteriormente, 30dds se aplicó Urea 46%. El tratamiento Mungo, se sembró 15 días después de sembrado el sorgo y se incorporo a los 30 días después de sembrado (cuando el mungo alcanzó el 50 % de floración)

La cosecha se realizó de forma manual a la madurez fisiológica del cultivo (117dds), no se presentaron ataques de plagas y enfermedades, por lo que no fue necesario realizar ninguna medida fitosanitaria.

IV RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1 Altura de planta

La altura de la planta del sorgo esta influenciada por diferentes factores como: humedad, temperatura, fertilización nitrogenada, entrenudos y control genético López, (1982), Morales, (2002).

Según Córdoba (1994) La altura de la planta del sorgo para grano debe ser de 0.70 a 1.90 m para facilitar la cosecha mecanizada y el control de plagas, en cambio alturas mayores de 1.90 metros traen inconvenientes en la cosecha mecanizada, ya que la trilladora queda inclinada provocando el fraccionamiento de los granos.

Según el análisis estadístico realizado para la variable altura, existe diferencia altamente significativa en cada fecha de muestreo (60, 75 y 90 dds), como se muestra en la tabla (3), esto implica que las aplicaciones de nitrógeno influyen sobre esta variable, ya que se observa un aumento de altura a medida que se aplica mayor cantidad de nitrógeno a la planta. De acuerdo a los resultados, las dosis, independientemente de la cantidad no afecta a esta variable a 45 dds, esto coincide con lo planteado por Cristiani (1987), quien asevera que el sorgo tiene un crecimiento lento en sus primeros 25 días después de la siembra pero es después de los 45 días que el crecimiento se acelera.

También se encontró que los tratamientos (37, 66 y 96 kg de N ha⁻¹) mantuvieron una tendencia a aumentar la altura con el tiempo, no obstante el tratamiento 96 Kg N ha⁻¹ supero en 10 cm en promedio a los restantes tratamientos. Respecto al mungo, aunque esta fuente de nitrógeno depende de la mineralización de la biomasa, este no se diferencia de las dosis 37 y 66 kg de N ha⁻¹, lo que indica que el aporte de nitrógeno al cultivo es aprovechado durante toda su etapa de desarrollo, lo que quizás pueda estar compensado por las bajas perdidas de N, las cuales se saben son altas cuando se utilizan fertilizantes sintéticos por su alta solubilidad.

Tabla 3 Comportamiento de la línea (ICVLM 92 522) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre la altura de planta en (cm). San Ramón Matagalpa 2005.

Tratamiento	45 dds	sig*	60 dds	sig*	75 dds	sig*	90 dds	sig*
Sin fertilizante	26.3	ns	33.1	b	44.03	c	57.70	b
37 Kg N .ha ⁻¹	27.4	ns	46.2	a	63.46	b	78.6	ab
66Kg N .ha ⁻¹	28.2	ns	42.1	a	69.45	a b	82	ab
96KgN .ha ⁻¹	31.5	ns	46.	a	70.46	a	95	a
Frijol mungo	30.5	ns	43.2	a b	63.86	a b	64	a b
C. V. %		7.68		8.43		7.51		10.63

4.1.2 Diámetro del tallo

Paúl (1990), afirma que el diámetro del tallo de la planta tiene gran importancia agronómica para la obtención de altos rendimientos debido a que un grosor apropiado le dará resistencia a la planta contra factores ambientales adversos como el viento, evitando así el acame y la rotura de la planta.

Según Padilla & Pereira (2000), el diámetro de la planta es una característica varietal y puede variar en dependencia de las variedades, el mismo puede verse afectado por la competencia por agua, luz y los nutrientes que necesita para su desarrollo, y que comúnmente se presentan cuando se establecen densidades de siembra muy elevadas.

Según Rodríguez (2002), la aplicación de fertilizante nitrogenado tiene influencia en el engrosamiento del tallo debido a que el elemento nitrógeno es indispensable para la acumulación de materia seca.

Los resultados estadísticos demuestran (tabla 4) que no existe diferencia significativa para los distintos tratamientos evaluados en los cuatro momentos de crecimiento de la planta de sorgo. Es de importancia señalar que el diámetro de la planta aumenta en las diferentes etapas del cultivo (45, 60, 75 y 90 dds) para los distintos tratamientos. Fonseca y López (2004) afirman que la aplicación de nitrógeno tiene influencia en el engrosamiento del tallo y reportan datos con dosis de 37 y 0 Kg Nha⁻¹ de 9.6 y 8.4 mm respectivamente, sin embargo Valle y Toledo (2003) con aplicaciones de 0 y 112 Kg N ha⁻¹ logran diámetros de 10.1 y 11 mm a los

75 dds, lo que evidencia que esta variable no es afectado por la aplicación de nitrógeno.

Tabla.4 Comportamiento de la línea (ICVLM 92 522) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre el diámetro de planta (mm.) San Ramón Matagalpa 2005.

Tratamiento	45dds	Sig	60dds	Sig	75dds	Sig	90dds	Sig
Sin fertilizante	8.61	ns	9.96	ns	11.20	ns	11.38	ns
37 Kg N. ha ⁻¹	11.36	ns	12.33	ns	13.20	ns	14.57	ns
66Kg N. ha ⁻¹	9.25	ns	10.93	ns	11.06	ns	12.53	ns
96KgN. ha ⁻¹	10.50	ns	11.13	ns	11.40	ns	12.62	ns
Frijol mungo	10.24	ns	11.60	ns	12.13	ns	14.08	ns
CV %		11.83		17.83		8.99		5.90

4.1.3 Número de Hojas

Peña (1989), las hojas son órganos primarios que salen del tallo y ejecutan dos importantísimas funciones en la vida del vegetal, como la fotosíntesis destinada a la elaboración de materia orgánica y la transpiración destinada a eliminar el exceso de agua por lo que tiene una relación directamente proporcional con el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo.

Al hacer un conteo de las hojas, se debe considerar como hojas formada o desarrollada aquellas que presentan el cuello, la vaina y lamina totalmente visible Somarriba, (1997).

Goldworthy Fischer (1994), el número de hojas es afectado por los contenidos de nutrientes en el suelo en los diferentes momentos de crecimiento de la planta de sorgo.

En relación a la variable número de hojas, se puede observar (tabla 5), que en ninguno de los momentos evaluados, hubo efecto significativo. Estos resultados confirman los obtenidos por Fonseca y López (2004), quienes evaluaron la misma línea en la misma zona pero con niveles más altos de N sin obtener respuesta. Estos mismos autores plantean que la no diferencia entre el nivel cero y el más alto (112 kg de N ha⁻¹) podría indicar que se trata de un material que hace muy eficiente en el uso del N y que puede satisfacer sus requerimientos fisiológicos aun con niveles bajos de N aplicados y/o en el suelo.

Es importante señalar que el tratamiento con frijol mungo, por ser una leguminosa que aporta su mayor cantidad de nitrógeno al momento de la floración (28-30dds), con estos resultados obtenidos en esta variable confirman los descritos por Paúl (1990), donde el número de hojas en la planta de sorgo varía según la variedad y la longitud del período de crecimiento.

Tabla 5 Comportamiento de la línea (ICVLM 92 522) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre el número de hoja de la planta San Ramón Matagalpa 2005.

Tratamiento	45dds	Sig**	60dds	Sig**	75dds	Sig**	90dds	Sig **
Sin fertilizante	5	ns	7	ns	9	ns	11	ns
37 Kg.N. ha ¹	5	ns	7	ns	10	ns	12	ns
66Kg .N .ha ¹	5	ns	8	ns	11	ns	13	ns
96Kg.N .ha ¹	5	ns	7	ns	10	ns	13	ns
Frijol mungo	5	ns	7	ns	9	ns	11	ns
CV %		9.37		10.42		9.56		9.67

4.1.4 Medición de la clorofila con el SPAD- 502

El termino clorofila, es el que se aplica a varios tipos de pigmentos verdes estrechamente relacionados entre si, que tienen en común la capacidad para absorber energía lumínica y pasarla a otras moléculas en forma de energía de excitación de electrones Cronquist, (1986).

La FAO (2002), plantea que lo verde del mundo se debe a la absorción de luz azul y roja por parte de la clorofila y la reflexión del verde, las hojas pueden contener hasta un gramo de clorofila por m² de área superficial, pero esta cantidad varía entre especies, la edad y la nutrición, particularmente con nitrógeno.

Entre los complejo orgánicos importante, hay que destacar a la clorofila, que es la base de la fotosíntesis al ser capaz de emitir electrones, cuando es excitada por la luz, Domínguez Vivanco, (1997).

Según Salas, *et al*; (1998), de las diversas metodologías existentes para diagnosticar las necesidades ó requerimientos de fertilización, la medición de intensidad de verde de clorofila, surge como una alternativa factible, pues a diferencia de otros métodos (determinaciones de N en planta y suelo) que involucran análisis de laboratorio, este es un método simple y de resultados inmediatos.

Una herramienta alternativa al análisis foliar es el uso del clorofilometro SPAD-502 (figura 1 Anexo), el que entrega el valor correspondiente al contenido relativo de nitrógeno en las hojas y se puede utilizar para estimar el estado de nitrógeno en la planta.

El medidor de clorofila es una herramienta de diagnostico portátil, que estima en forma instantánea el contenido relativo de este compuesto en las hojas, sin destruir el tejido. Este valor se calcula en base a la luz transmitida por la hoja en dos longitudes de onda, en las cuales la absorbancia de luz (que es inversamente proporcional a la reflectancia o reflexión) es diferente.

Una ventaja de la medición del contenido de clorofila, es que esta no esta influenciada por el consumo de lujo de N por las plantas bajo la forma de nitrato (Blackmer y Schepers ,1995). Para Dwyer *et al*, (1995), esto se deba a la baja sensibilidad del medidor de clorofila al consumo de lujo de N por la planta y atribuida a la forma en que ese nutriente se encuentra en la hoja, pues cuando el nitrógeno es absorbido en forma de nitrato, este no se asocia a la molécula de clorofila y por lo tanto no puede ser detectado por el medidor de clorofila.

El fundamento de la metodología consiste en chequear durante el ciclo del cultivo, el nivel de nitrógeno en la planta, que refleja la “oferta” o disponibilidad edáfica. Esto se consigue en forma indirecta al medir la intensidad del verde, que está estrechamente asociada al contenido de clorofila y ésta a su vez a la concentración de nitrógeno en las hojas, hacen necesarios un adecuado diagnostico de su disponibilidad en el suelo.

El ANDEVA para los valores relativo de clorofila con el SPAD para las diferentes variables, tomadas en el campo, mostraron diferencia altamente significativa, ver resultados tabla 6 y las separaciones de medias para los mismos factores se presenta en la tabla 7.

Tabla 6. Resultados del ANDEVA de los contenidos relativos de clorofila para cada uno de los factores estudiados.

Efecto	DF	DF	Value	Pr<F
Rep	2	490	0.97	0.3805
Semanas (dds)	3	490	109.29	<.0001
Tratamiento	4	490	115.23	<.0001
Hoja	2	490	35.09	<.0001
Trat*Hoja	8	490	0.90	0.5199
Pos	2	490	45.73	<.0001
Trat*Pos	8	490	1.12	0.3455

Las comparaciones realizadas entre los tratamientos (tabla 7) mostraron que con la aplicación de 66 y 96 Kg N ha⁻¹ se obtienen los valores relativos de clorofila más altos respecto a los demás tratamientos. El comportamiento de los tratamientos (niveles de N) demuestran también, que el incremento de la aplicación de N trae consigo un incremento en el contenido de clorofila en la planta, por lo que el uso del clorofilometro como herramienta de diagnostico se vuelve muy útil coincide con trabajos realizados en el extranjero (Dwyer y otros. 1991. Sainz Rosas y Echeverría. 1998) han demostrado una buena correspondencia entre los valores de índice de verde, disponibilidad y concentración de nitrógeno en la planta con distintas dosis de N (0, 35, 70, 140 y 210 kg N ha⁻¹).

En relación a la hoja en que se obtiene un mayor valor relativo de clorofila, la comparación de medias mostró que la mejor es la hoja 1, es decir que la medición de clorofila debe hacerse en la hoja inmediatamente superior a la última totalmente formada, otros investigadores (Argenta, (2001),; Blackmer & Schepers, (1995) hicieron lecturas de clorofila en puntos situados a mitad de la hoja entre el borde y el nervio medio en la última hoja expandida al estadio V6 ó formación de bota.

Tabla 7. Comparación entre los tratamientos, hojas y posición (valores SPAD-502) de la línea (ICVLM 92 522) en san Ramón, Matagalpa 2005.

Valor de SPAD 502		Estimación estadística	Pr > t
Tratamiento	1.-.2	-3.1556	0.0017
	1.-.3	-11.7741	0.0001
	1.-.4	-12.4454	0.0001
	2.-.3	-8.6185	0.0001
	2.-.4	-9.2898	0.0001
	3.-.4	-0.6713	ns
Hoja	1.-.2	3.33	0.0099
	1.-.3	8.32	0.0001
	2.-.3	4.99	0.0001
Posición	Apical-Basal	1.8156	ns
	Apical-Media	3.82	0.0001
	Basal-Media	-5.6356	0.0001
DDS	45- 60	-3.85	0.0001
	45- 75	-16.05	<0.0001
	45- 90	-12.24	<0.0001
	60- 75	-12.2	<0.0001
	60- 90	-8.39	<0.0001
	75- 90	3.81	0.0002

Las comparaciones entre posiciones mostraron (tabla 7) que la posición media supera la posición apical y basal con una estimación estadística de 3.82, con esto, podemos decir que la lectura del valor relativo de clorofila con el clorofilometro debe realizarse en la parte media de la hoja. Así mismo se muestra en la misma tabla, que las mediciones con el clorofilometro deben hacerse alrededor de los 75 días después de la siembra.

En las comparaciones entre las semanas se demuestran que los 75 dds superan a los demás muestreos realizados con una estimación estadística de -16.05.

Para interpretar el significado de las lecturas SPAD, Peterson *et al.* (1993) han sugerido usar valores relativos entre sectores (partes de la planta) que se consideran con un nivel de N adecuado y aquellos con deficiencia.

La principal ventaja de definir un valor crítico en el estado de desarrollo del sorgo, nace en que todavía es posible aplicar N al cultivo e intervenir en los rendimientos.

Según Peterson *et al*, (1993), es útil detectar cuando las plantas necesitan de nitrógeno, pero no facilitan información necesaria sobre la dosis que será necesario aplicar para corregir el problema de deficiencia. Una posibilidad que se sugiere, es hacer mediciones semanales con el SPAD, entre el estado de 6 hojas ó después de aparición de los pistilos y aplicar dosis entre 20 y 40 Kg N ha⁻¹ si se detecta falta de nitrógeno.

Con los datos obtenidos en este estudio, se determinó un valor SPAD de 38.5 en la hoja 1 parte media, un valor inferior a este entre los 60 y 75 dds nos indica que es necesario aplicar nitrógeno. El contenido de nitrógeno que se corresponde con este valor es de 0.91 % de N (analizando toda la planta), el que podría ser un poco mas alto si se hubiese analizado solamente las hojas en que se midió el contenido de clorofila, por lo que este (valor de N) se vio afectado por el efecto de dilución.

La correlación realizada entre los valores SPAD y los contenidos de N determinados en la planta, mostraron un comportamiento cuadrático, determinándose la ecuación $Y = a^x * b$, donde; %N= valor SPAD^{0.072} x 1.42, aplicando esta ecuación al valor SPAD obtenido, corresponde a un valor de 1.83 % de nitrógeno. Reuter y Robinsón (1986), reportan como valores adecuado entre 1.9 y 2.4 % de N, por lo que la estimación de N a partir de la ecuación determinada se puede hacer una buena predicción.

El valor SPAD correspondiente a la dosis mas alta (96 kg de N ha⁻¹) es de 46.4, sin embargo, como la separación de medias no mostró diferencias entre 66 y 96 kg de N, se ha sugerido tomar la dosis mas baja, pues como se muestra en la figura 3 con índice relativo de clorofila de 0.96 (38.5 valor SPAD). Se alcanza el 92 % del rendimiento máximo.

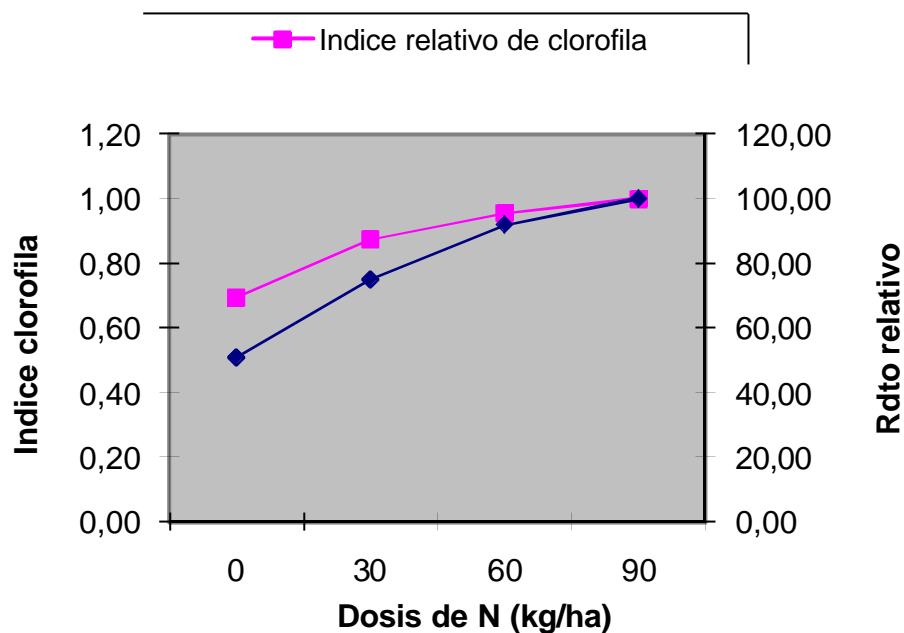


Figura 3 Índice relativo de clorofila y rendimiento relativo según dosis de N aplicado.

Novoa y Villagrán (2002), realizando mediciones con el clorofilometro SPAD-502, reportaron como valor crítico para maíz 35.3, que equivale a 1.83 % de N en la planta, siendo estos similares a los encontrados en este estudio, pero inferiores que los reportados por Rozas y Echeverría, (1998).

4.2 Variables a la cosecha

4.2.1 Longitud de panoja

La longitud de panoja esta influenciada por varios factores como fertilización, manejo agronómico, genética del cultivo y zona entre otros según León (1987).

La panoja del sorgo, puede ser corta ó compacta, suelta ó abierta de 4 a 25cm o más de longitud y de 2 a 20cm de ancho y llevar de 400 a 800 granos o más. Pineda (1999), plantea que las panojas de mayor tamaño poseen mayor número de espiguilla y grano, lo que aumenta el rendimiento por unidad de superficie.

Según resultados del ANDEVA existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados como se muestra en la separación de medias rangos múltiples de Tukey 5 % (tabla 8), muestra que los tratamientos 37, 66 y 96 Kg N/ha fueron iguales estadísticamente diferenciándose del tratamiento cero y donde la fuente de nitrógeno con frijól mungo, este ultimo supero al testigo.

Cabe señalar la importancia de este elemento (N) en esta variable, pues según Compton (1990), las plantas sujetas a la deficiencia de nitrógeno en la etapa de crecimiento producen pequeñas panículas con menos ramas primarias y secundarias y menos florecidas visibles en la emergencia de la panoja, lo que se puede traducir en una importante efecto sobre el rendimiento.

Tabla 8 Comportamiento de la línea (ICVLM 92 522) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada sobre la longitud panoja (cm) San Ramón Matagalpa, postrera 2005.

Tratamiento	Valor cm.	Significancia
Sin fertilizante	15.79	b
37 Kg N ha ¹	22.87	a
66Kg N ha ¹	22.40	a
96Kg N ha ¹	22.57	a
Mungo incorporado	20.30	a b
C.V.%		11.69

4.2.2 Longitud del ráquis.

La longitud del raquis inicia a partir de la hoja bandera y termina en la primera ramilla de la panoja y esta controlada genéticamente; pero factores ambientales adversos como la influencia del agua que ejerce efectos marcados como el largo o corto, grueso o delgado Compton, (1990).

Según la separación de medias por rangos múltiples de Tukey 5% para la variable ráquis demuestra que los tratamientos estudiados no tienen efecto significativo.

La tabla 9 demuestra que el Testigo alcanzó el mayor tamaño (38,90 cm), esto es debido a la ausencia del nitrógeno que incrementa la fibra en la planta, seguido del tratamiento mungo con (36,65cm), porque la planta aprovecha el nitrógeno que hay en el suelo, y el tratamiento que obtuvo menor longitud de ráquis fue el 37 kg N ha⁻¹ con 28,51 cm esto es debido que a medida que el elemento nitrógeno falta la longitud del ráquis aumenta y también a una característica influenciada genéticamente o por el medio ambiente (Compton 1990 citado por Fonseca y López 2004).

Tabla 9 Comportamiento de longitud del ráquis (cm) de la línea (ICVLM 92 522) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. San Ramón Matagalpa, 2005.

Tratamientos	Media	Significancia
Sin fertilización	38.91	ns
37Kg N ha ⁻¹	28.52	ns
66Kg N ha ¹	32.98	ns
96Kg N ha ⁻¹	30.40	ns
Mungo incorporado	36.67	ns
c. v %	5.69	

4.2.3 Rendimiento de grano producido

El rendimiento de sorgo en grano es el principal objetivo de los productores para mejorar sus ingresos y lograr mejores resultados hay que tener en cuenta las características agronómicas adecuadas: tipo de panoja, longitud de panoja, resistencia a plagas y enfermedades entre otras siendo estas de las más importantes MAG (1991).

Espinoza (1992); señala que para lograr altos rendimientos, las variedades y líneas deben de presentar características agronómicas adecuadas tales: panoja semi-serrada y una longitud de panoja superior a los 30cm.

Romero (2003) plantea que el rendimiento del grano también esta determinado por la eficiencia que las plantas hacen de la utilización de los recursos existentes en el medio,

relacionado al potencial genético, asegurando que la absorción de nutrientes es indispensable para el crecimiento de la planta de sorgo y para su rendimiento.

Salmeron y García (1994) manifiestan que el rol del nitrógeno sobre los rendimientos varían de acuerdo al potencial genético de cada variedad y las condiciones climáticas.

Mifflin (1976) citado por Carlson (1990) el contenido de nitrógeno en el grano depende de varios factores entre ellos la planta para traslocar el nitrógeno de sus parte vegetativa a la semilla durante el desarrollo de la misma. El nitrógeno permite el crecimiento vegetativo de las plantas, no solo por estar involucrado en las captación de energía solar, sino también en las distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento celular, Villalobos, (2001) y además el nitrógeno es un elemento importante en la nutrición vegetal, es absorbido por las planta principalmente como nitrato (NO_3^{-1}) y amonio (NH_4^{+1}).

El resultado de ANDEVA demuestra que hay efecto significativo en los tratamientos como se muestra en la tabla (10). La separación de medias presenta un valor significativo para los tratamientos de estudio diferenciándose los tratamientos 66 kg N/ha y 96 kg N ha⁻¹ estadísticamente de los demás con una prueba de error del 5% tukey. Estos resultados se deben a la alta concentración de nitrógeno en el suelo por las diferentes dosis de aplicación y que el cultivo responde bien a estas aplicaciones.

En el pacifico norte el INTA, (2005) hizo una evaluación con 15 líneas introducida y la variedad nacional pinolero, utilizando dosis similares de 37, 58 y 79 Kg N obtuvieron un rendimiento entre 1 811Kg ha⁻¹(28qq/mz) y 3 882Kg ha⁻¹(60qq/mz) (García *et al* 2003).

Fonseca y López (2004), obtuvieron rendimientos similares 1892.75 kg en la misma zona con la misma línea en estudio y con la aplicación de 37 kg N ha⁻¹.

Tabla.10 Comportamiento del rendimiento de grano (Kg. ha⁻¹) de la línea (ICVLM 92 522) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada San Ramón Matagalpa 2005.

Tratamiento	Valor Kg. ha ⁻¹	Significancia
Sin fertilizante	2206.00	d
37Kg N ha ⁻¹	3694.00	b
66Kg N ha ⁻¹	4027.25	a b
96Kg N ha ⁻¹	4546.50	a
Frijol mungo incorporado	2783.50	c
C.V.%		6.89

4.2.4 Cantidad de nitrógeno en el grano. (%)

El contenido depende de varios factores entre ellos la capacidad de la planta para traslocar el nitrógeno de su parte vegetativa a la semilla durante el desarrollo de la misma. Carlson, (1990).

El grano de sorgo tiene aplicaciones tanto en la nutrición humana, como en la alimentación de animales, este tiene una composición de 70.2% de almidón, 7.9% de proteína, 3.3% de grasa, 2.4% de fibra, 16.2% de vitamina y minerales Somarriba (1997).

El nitrógeno juega un rol muy importante en las plantas, en los cereales su influencia la ejerce aumentando el número de grano por espigas, y el peso de los granos Salmeron y García (1994).

Según ANDEVA, no hay efecto significativo para los tratamientos como se muestra en la tabla 11. Es interesante hacer notar que esta línea cuando se evaluó con niveles mas altos de N, tampoco mostró diferencias entre aplicar y no aplicar nitrógeno, lo que la muestra como una línea que aprovecha muy bien el nitrógeno acumulado en el suelo y con una alta capacidad de absorción, acumulación y traslocación del nitrógeno.

Tabla 11 Porcentaje de Nitrógeno en el grano de la línea ICSVLM 92 522.

Tratamiento	Valor %	Significancia
Sin fertilizante	0.68	ns
37Kg N ha ⁻¹	0.67	ns
66Kg N ha ⁻¹	0.67	ns
96Kg N ha ⁻¹	0.68	ns
Fríjol mungo incorporado	0.68	ns
C.V.%		0.78

4.2.5 Nitrógeno total acumulado en el grano (Kg N ha⁻¹).

La eficiencia de absorción de nitrógeno en la formación de grano requiere de aquellos procesos asociados con la absorción, traslocación, asimilación y la redistribución del nitrógeno en la planta para operar efectivamente en la producción (León, 1987). A medida que aumenta el rendimiento de grano producido, son mayores las cantidades de nitrógeno acumulado en el área cultivada de sorgo (Solórzano, 1982).

Traore y Maranville (1999), reportan que la aplicación de nitrógeno incremento la producción de grano y la concentración de nitrógeno en la misma. De igual forma reportan que el uso eficiente de nitrógeno fue mayor para las líneas tropicales que para híbrido, tanto en antitesis(antes del panzoneo) como en la maduración, Maranville, *et al.* (1992).

En la figura 2 se muestra la acumulación de nitrógeno en el grano por cada uno de los tratamientos, revelando un incremento a medida que se incrementa la aplicación de N como fertilizante sintético donde el menor valor alcanzado lo obtuvo el Testigo, probablemente se deba a la lenta o poca disposición del N que contiene el suelo, en cambio el tratamiento Mungo alcanzo un mayor valor que el Testigo. Esto pone en evidencia una vez mas, la alta capacidad de traslocación de este material es muy sobresaliente.

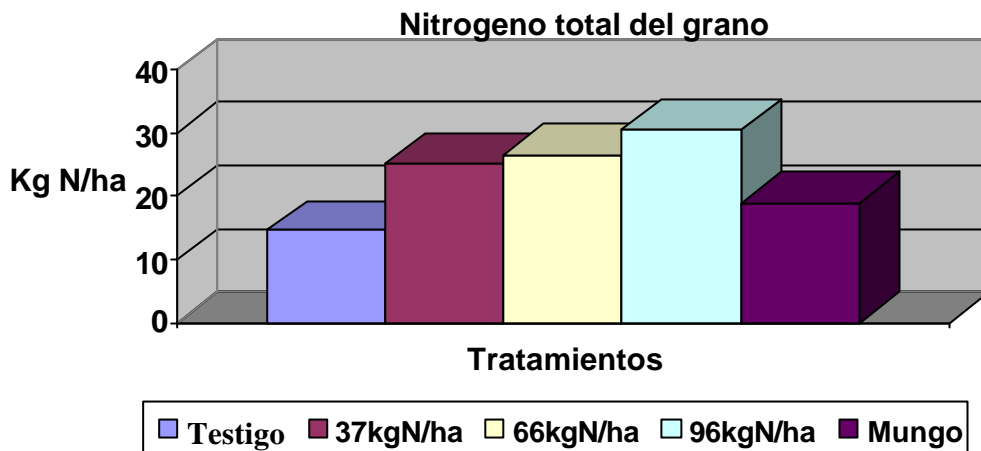


Figura 2. Nitrógeno total acumulado en el grano con diferentes dosis de nitrógeno (Kg. ha⁻¹)

4.2.6 Rendimiento de Biomasa seca (kg ha⁻¹)

La materia seca acumulada esta relacionada con el índice foliar (el cual se alcanza unos días antes de la antésis), tal acumulación esta afectada por las condiciones climáticas, la población, así como también, la absorción total de nitrógeno por el cultivo (Paúl, 1990).

Resultados obtenidos en el ANDEVA, demuestran que hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos. La separación de medias según Tukey las separó en tres categorías estadísticas. Los tratamientos con aplicación de fertilizante sintético (N) fueron similares entre ellos, pero superaron al testigo y fertilización con mungo, este último supero al testigo en un 100% en producción de biomasa. Resultados similares obtuvieron Valle y Toledo (2003), al evaluar la misma línea con cero y 112 kg/ha de N

Esto indica que las variaciones en los contenidos de biomasa están influenciadas directamente por la fertilización nitrogenada.

Tabla 11. Comportamiento de la biomasa seca (kg/ha) bajo diferentes dosis de fertilizante nitrogenado en la línea (ICVLM 92 522) en San Ramón, Matagalpa postrera 2005.

Tratamiento	Valor Kg.ha ⁻¹	Significancia
Sin fertilizante	3110.25	c
37Kg N ha ⁻¹	9897.00	a
66Kg N ha ⁻¹	8680.00	a
96Kg N ha ⁻¹	9415.00	a
Frijol mungo incorporado	6568.25	b
C.V.%		9.14

4.2.7 Cantidad de nitrógeno en la biomasa (%).

Es la concentración de nitrógeno que se almacena en las diferentes partes de la planta, y se expresan en porcentaje sobre la materia seca producida (Valle & Toledo, 2003).

Compton (1990), plantea que es necesaria la aplicación de nitrógeno, ya que la deficiencia limita la división y expansión de las células, pues a medida que aumenta la concentración de N la producción de biomasa seca será mayor.

El ANDEVA para esta variable, demuestra que existe efecto significativo para los tratamientos como se puede apreciar en la tabla 13. La separación de media por rango múltiple de tukey al 5%, las separo en dos categorías estadísticas, cabe mencionar que los tratamiento con aplicación de fertilizante sintético (N) demostraron comportamientos similares con respecto al testigo. Esto se manifiesta en estudios anteriores que con poca aplicación de nitrógeno la concentración es muy similar debido al uso eficiente del N por la planta (Leiva y Ponce 2004).

Tabla 13 Porcentajes de Nitrógeno en la biomasa de la línea ICSVLM 92 522.

Tratamiento	Valor %	Significancia
Sin fertilizante	0.67	ab
37Kg N ha ⁻¹	0.68	a
66Kg N ha ⁻¹	0.67	a b
96Kg N ha ⁻¹	0.67	ab
Fríjol mungo incorporado	0.65	b
C.V.%		0.92

Medias con igual letra no difieren estadísticamente.

4.2.8 Nitrógeno total acumulado en la biomasa (kg ha⁻¹).

El nitrógeno permite el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas, no solo por estar involucrado en la captación de energía solar, si no también en la distribución y síntesis de moléculas que participan en el crecimiento y desarrollo celular Villalobos, (2001).

La figura 3 muestra que los tratamientos con aplicación de fertilizante sintético, obtuvieron las mayores acumulaciones de N en la biomasa y con valores muy similares entre ellos. Las diferencias entre el testigo y el Mungo se deben fundamentalmente a la cantidad de biomasa que produjeron y no al porcentaje de N en la biomasa (análisis de laboratorio), que fue muy similar entre todos los tratamientos evaluado (tabla 12), cabe mencionar que el mungo mantuvo la tendencia de ser una fuente alternativa de N para los cultivos con 41.7 kg ha⁻¹ de N acumulado en la biomasa.

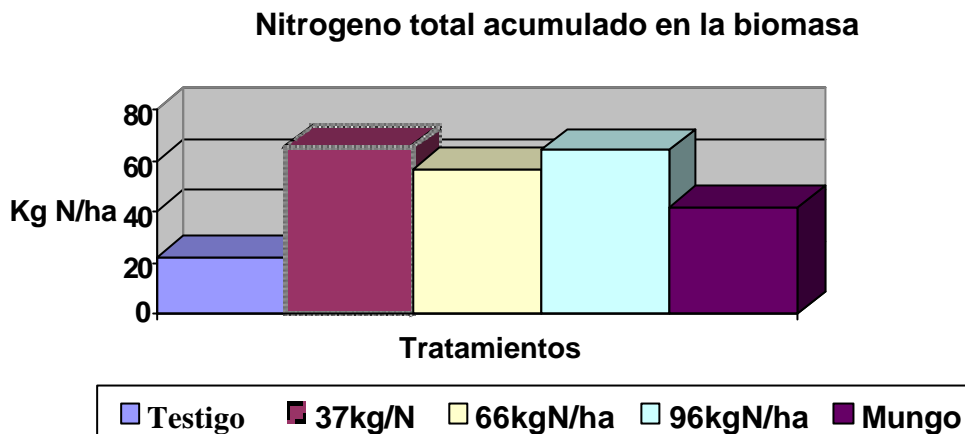


Figura 3. Nitrógeno total acumulado en la biomasa (Kg ha^{-1}).

4.2.9 Uso eficiente del nitrógeno por el grano ($\text{Kg N/ kg asimilado ha}^{-1}$).

El Nitrógeno es uno de los elementos que más limita los rendimientos, esto se debe a que es un elemento muy dinámico en el suelo y depende fundamentalmente de la materia orgánica, por lo que requiere un manejo cuidadoso sobre todo para aumentar su disponibilidad y que la planta haga un uso eficiente del mismo.

Una practica recomendada para incrementar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, es la aplicación fraccionada del mismo, esto conduce a un mejor uso del fertilizante, mayor absorción por el cultivo y mayor rendimiento por unidad de fertilizante (Lang & Mallet, 1986).

Según Youngquist *et. al* (1992), el uso eficiente del nitrógeno ha sido descrito en dos sentidos, uno que describe eficiencia de absorción, y otra sobre la utilización eficiente de nitrógeno, siendo esta última la más importante, por que describe el uso que la planta hace del fertilizante en sus procesos metabólicos, la eficiencia de absorción del nitrógeno, es definida como el contenido total en la planta por unidad de fertilizante aplicado, mientras el uso eficiente del nitrógeno como la cantidad de fertilizante aplicado.

Las cantidades de fertilizantes requeridos por las plantas de sorgo varían dependiendo del tipo y las condiciones de suelo, la figura 4 muestra que el testigo obtuvo el mejor uso eficiente de nitrógeno por el grano con un valor de 58.3 kg N ha⁻¹, el resto de tratamientos obtuvieron valores similares entre 41 y 47 kg de N ha⁻¹. A la luz de estos resultados, podríamos afirmar, que se trata de una línea con alta eficiencia fisiológica, pues es capaz de traslocar hacia la biomasa y el grano una gran parte del N del que dispone, también es interesante resaltar que el mungo demostró también ser una buena fuente de N, y que aun cuando necesita mineralizarse para estar disponible para el cultivo, este lo trasloca con la misma eficiencia de cómo si se tratara de fertilizantes solubles. A este respecto Mendieta, 1999, reporta que el 80% de este se descompone en las primeras dos semanas de ser incorporado y está disponible para ser absorbido fácilmente por la planta.

Según Moll *et al*, (1982), la eficiencia de absorción de nitrógeno y el uso relativo en la producción de grano requiere que los procesos asociados con la absorción, traslocación, asimilación y redistribución del nitrógeno operen eficientemente en la planta.

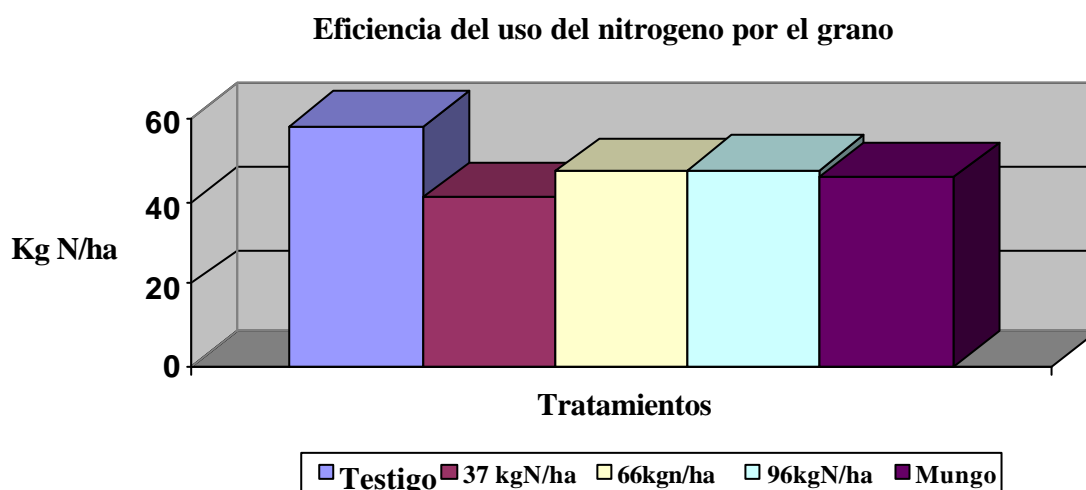


Figura 4. Eficiencia de uso del nitrógeno por el grano.

4.2.10 Uso eficiente del nitrógeno por la biomasa (Kg biomasa / Kg de N absorbido)

Según Maranville *et al.*, (1992), el uso eficiente del nitrógeno en la biomasa, es definido como: la producción de biomasa por el total de nitrógeno almacenado, la producción de grano por unidad de nitrógeno almacenado en la planta, y como la relación entre el contenido de nitrógeno en el grano y el nitrógeno almacenado en la biomasa.

El nitrógeno es esencial para todos procesos vitales de la planta, en su crecimiento, una insuficiencia de nitrógeno da lugar a una planta pequeña con poco desarrollo y hojas muy pequeñas, lo cual provoca una maduración temprana con frutos de mala calidad que se traducen en rendimientos bajos Fuentes *et al.*, (1994).

De acuerdo a la figura 5, aunque el tratamiento Mungo incorporado mostró mayor eficiencia del uso del nitrógeno por la biomasa, las diferencias son muy pequeñas como para poder establecer diferencia entre ellos, no obstante, esto permite reafirmar la importancia que podría tener, sobre todo para pequeños productores (con pocos recursos) el uso del mungo como fuente de N, además de las mejoras a las propiedades físicas y químicas del suelo.

Mendieta (1999), estimó una fijación entre 75 y 400 kg ha⁻¹ de nitrógeno por parte de las leguminosas, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades requeridas de un cultivo

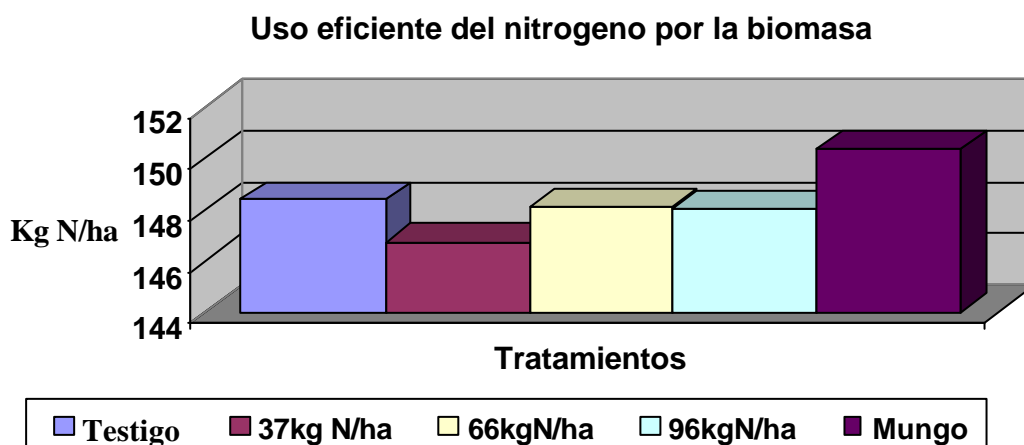


Figura 5. Eficiencia de uso del nitrógeno por la biomasa.

4.2.11 Incremento del rendimiento del grano por Kg. de nitrógeno aplicado

Los rendimientos de grano de sorgo se elevan con la aplicación de nitrógeno aunque la magnitud en la respuesta a la producción esta influenciada por el nivel o potencial de rendimiento para cada línea ó variedad García *et al*, (2003).

La decisión de la cantidad y momento de aplicación del fertilizante, debe respaldar a la mayor eficiencia y mayor beneficio económico INTA, (1999).

Padilla & Pereira (2000), plantean que la extracción de nitrógeno es mayor cuando se incrementa el rendimiento, a si como la concentración de nitrógeno en varias parte de la planta.

Según Compton (1990), el uso eficiente de nitrógeno generalmente declina cuando suben los niveles ó dosis de nitrógeno, una adecuada fertilización del cultivo garantiza un buen rendimiento al momento de cosecha.

La planta de sorgo concentra la absorción de nitrógeno durante dos periodos principales: cuando existe un crecimiento vegetativo rápido poco ante de formación de la panícula y durante el desarrollo de grano en cambio cuando el suministro de nitrógeno es deficiente se produce un crecimiento lento, sistema radicular pequeño, amarillamiento de la hojas y el grano presenta poca cantidad de proteína y menor peso Villalobos, (1994).

En la figura 6 se muestra que el mayor incremento de rendimiento de grano que se logró con el tratamiento de 37 kg N ha⁻¹ de 43 kg ha⁻¹ superando a los demás tratamientos y el de menor incremento el tratamiento 96 kg N ha⁻¹ con 22.6 Kg ha⁻¹, lo que concuerda con Compton (1990), que el incremento de grano generalmente declina cuando suben los niveles ó dosis de nitrógeno.

En esta figura (6), no se muestra el tratamiento mungo porque no se recopilieron datos sobre la aportación de nitrógeno de esta leguminosa.

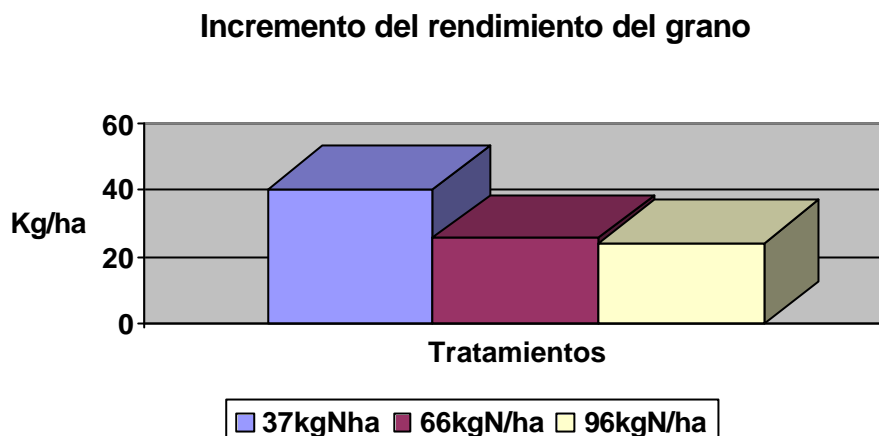


Figura 6. Incremento del rendimiento del grano por Kg de nitrógeno aplicado.

CORRELACIONES GENERALES

Los resultados mostraron una clara correlación entre las mediciones del clorofilometro Minolta SPDAD-502 y el contenido de nitrógeno en las diferentes hojas y cada posición. No obstante, estas fueron mas estrecha en la tercera medición, que corresponde a los 75 dds, razón por la cual solo discutimos los resultados para esta fecha.

Los resultados de correlación de Pearsson entre los valores obtenidos con el SPAD-502 y bs contenidos de N en la biomasa (en esa fecha), determinados en el laboratorio, indicaron que no existe correlación entre el contenido relativo de clorofila y el % de N en la planta. Este resultado pudo haber sido afectado por la parte de la planta que se analizo, ya que en este trabajo se tomo toda la planta (incluyendo tallo), y no solo las hojas, pues otros investigadores (Salas, *et al*; 1998, Novoa y Villagran 2002) han reportado que la intensidad del color verde de las hojas está directamente relacionada con el contenido de clorofila y con la cantidad de nitrógeno. También es importante, mencionar que la correlación obtenida entre los valores SPAD (valores relativos de clorofila) tampoco fue significativa para el nitrógeno en el grano y la biomasa.

Una alta correlación fue obtenida entre los valores SPAD y los parámetros rendimiento de grano y biomasa, siendo con esta última con la que se correlacionaron más las distintas posiciones que se muestrearon.

Para rendimiento de biomasa se obtuvieron correlaciones que variaron para las diferentes posiciones y con un valor significativo de R entre 0.76 y 0.89. En la tabla 14 se puede observar que las mediciones de clorofila hechas en la hoja 2 (Última hoja totalmente formada) y la posición en que se haga la medición, para las otras hojas es mejor la parte basal según los resultados encontrados muestran más significancia.

Estos resultados respecto a la biomasa son normales si consideramos el papel que juega la clorofila en la planta, la que tiende a formar más biomasa en la medida que la capacidad fotosintética aumenta.

Respecto al rendimiento de grano (tabla 14), la mejor correlación se logró con valores SPAD obtenidos en la hoja **1**, parte basal y con un valor de $R = 0.79$ y una $Pr = 0.0004$.

Las mejores correlaciones obtenidas a los 75 dds probablemente se deba a que en esta etapa la absorción de N por parte de las plantas disminuye y todo el N que ha sido absorbido es dirigido a la floración etapa que comienza aproximadamente a los 75 dds, y el llenado del grano, en esta etapa aumenta más la demanda de nitrógeno por lo que la cantidad traslocada dependerá de la cantidad que la planta haya acumulado (Solórzano, 1986). Esta situación colocaría a la antésis como una de las etapas adecuadas para conocer el efecto del nitrógeno en la producción de grano y determinar la demanda del fertilizante en la etapa de crecimiento vegetativo del sorgo.

Tabla 14. Correlación entre tratamiento, hojas y sus partes contra el porcentaje de nitrógeno, rendimiento de biomasa, grano, nitrógeno en biomasa y grano.

	% N	RB	RG	NB	NG
Trat	ns	ns	ns	ns	ns
H1ap	ns	0.79395 0.0004	0.64263 0.0098	ns	ns
H1md	ns	ns	ns	ns	ns
H1bs	ns	0.84618 <.0001	0.79373 0.0004	ns	ns
H2ap	ns	0.81449 0.0002	ns	ns	ns
H2md	ns	0.76924 0.0008	ns	ns	ns
H2bs	ns	0.78366 0.0005	ns	ns	ns
H3ap	ns	ns	ns	ns	ns
H3md	ns	0.89508 <.0001	0.77062 0.0008	ns	ns
H3bs	ns	ns	ns	ns	ns

Trat=Tratamiento

H1ap=Hoja 1 apical

H1md=Hoja 1 media

H1bs=Hoja 1 basal

H2 y H3=Hoja 2 y 3.

ns=No significativo

% N=Porcentaje de nitrógeno en biomasa aérea

RB=Rendimiento de biomasa

RG=Rendimiento de grano

NB= % Nitrógeno en la biomasa

NG= % Nitrógeno en el grano

Conclusiones

- En las variables de crecimiento (altura, diámetro y número de hojas) el tratamiento que tuvo mayor influencia sobre la altura de la planta fue el tratamiento 96 kg N ha^{-1} .
- Sobre Clorofila se concluye que a los 75dds es el momento óptimo para diagnosticar la deficiencia de N en la planta de sorgo siendo el lugar a muestrear la hoja 1, posición media.
- Para las variables de rendimiento se concluye que el tratamiento 37 kg N ha^{-1} obtiene mayor longitud de panoja y mayor incremento de grano producido, en cuanto a longitud de ráquis y cantidad de N en el grano, no hubo ninguna influencia de los tratamientos, pero el mayor rendimiento de grano y N en el grano se logra con la aplicación de 96 kg N ha^{-1} .
- El mayor uso eficiente del nitrógeno por el grano lo obtuvo el testigo.
- La producción de biomasa, porcentaje de N en la biomasa y cantidad total de nitrógeno acumulado en la biomasa, fueron mas influenciado por el tratamiento 37 kg N ha^{-1} .

Recomendaciones

- 1 Para obtener rendimientos de grano satisfactorios ($3,500 \text{ kg ha}^{-1}$) es suficiente la aplicación de $37 \text{ kg de N ha}^{-1}$ en esta línea(92 522) y bajo estas condiciones.
- 2 Para la realización del diagnostico de deficiencia de N con el clorofilometro SPAD-502, las mediciones deben hacerse en la parte media de la hoja uno que esta inmediatamente superior a la totalmente formada (# 1) y el valor SPAD no deberá ser menor de 38.5 para no afectar negativamente la producción de biomasa aérea y el rendimiento de grano a producir.

Referencia bibliografía

- ALMAGRO. 1996.** Diagnostico de la producción de sorgo en la zona del pacifico.
Documento de trabajo. Masaya, Nicaragua. 15p.
- Argenta G.; Ferreira da Silva P.R.; Bortolini C.G.; Forsthofer E. L.; Strieder M. L.**
(2001). Relacao da leitura de clorofilometro com os teores de clorofila extraivel e de nitrogenio na folha de milho.
- Blackmer, T.M e Schepers, J. S (1995).** Use of chorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. Journal of production Agriculture.
- Bremner, J.M. (1985).** Total nitrogen. pp. 1149-1178. *In*: Society of Agronomy. Madison, 0 CA. Black (ed.). Methods of soil analysis.
- Carlson, P.S.(1990).** Cultivo del sorgo. INTA Managua, Nicaragua.
- Cristiani, A. J. (1987).** Introducción del cultivo de sorgo. Guatemala. 46p
- Compton L, P. (1985).** La investigación en sistemas de producción con sorgo en Honduras, aspectos agronómicos. INTSORMIL/CIMIT. México (D F) 37 p.
- Compton L, P. (1990).** Agronomía del sorgo. ICRISAT/CIMMYT. India. 301p.
- Córdoba, M.L, (1994).** Guía de estudio de granos básicos. Facultad de educación a distancia y desarrollo rural. UNA,Managua,Nicaragua.
- Cronquist, A. (1986).** Botánica básica México, México.

Dwyer, L. M. ; Anderson, A. M. ; MA, B. L.; Stewart, D. W.; Tollenaar, M. e Gregorich

E. (1995). Quantifying the nonlinearity in chlorophyll meter response to corn leaf nitrogen concentration. Canadian journal of plant science 179-182 pág.

Domínguez, V. A. (1997). Tratado de fertilización. Mundi-Prensa. Madrid, España.37-44p.

Espinosa, A. (1992). Evaluación de generaciones F6 de sorgo para la formación de variedades mejorada en Nicaragua. En REUNION anual PCCMCA. Managua, Nicaragua.

FAO. (1995). El sorgo y el mijo en la nutrición humana. Roma, Italia.197-199pag

FAO. (2002). El sorgo y el mijo en la nutrición humana roma, (ITALIA).197p.

Fonseca Méndez, A.; López Gutiérrez A. M. (2004). Evaluación del comportamiento agronómico y la deficiencia del nitrógeno para 12 líneas de sorgo (*sorghum bicolor* L Moench) San Ramón-Matagalpa.

Fuentes, J. L. (1994). El suelo y los fertilizantes .Mundi –prensa, Madrid, España.

Goldsworthy, P., R., & Fischer, N., M., (1994). The Physiology of Tropical Field Crops.

John y Sons LTD. 231-243 pp.

Holdridge, (1982). En Nicaragua en función del cambio climático. Tesis Ing.Agr.

FARENA/UNA. Managua Nicaragua.59 p.

INTA (Pineda, L,L 1999). Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua, Nicaragua.

INTA. (2005). Cultivo de sorgo. Guía Tecnológica 5. Managua _ Nicaragua.

INTA. (1999). Catalogo de variedades mejoradas del grano básico. Cultivo del sorgo. Guía tecnológica 5. Managua, Nicaragua

- INETER. (2006).** Dirección general de metodología. Resumen meteorológico diario del 2005. Estación San Ramón Matagalpa. Managua, Nicaragua. 23pag
- Lang y mallet. (1986).** The effects of tillage system, rate, and time of nitrogen application on maize performance on a sandy Avalon soil. S. Afr. Journal plant, soil.
- Leiva Montoya, H. J y Ponce Cruz, E B. (2004).** Evaluación agronómica y uso eficiente del nitrógeno en 15 líneas de sorgo con dos niveles de fertilización. Zambrano-Masaya.UNA Managua- Nic.
- López, J.A. & Galeato, A. (1982).** Efecto de competencia de distintos estados de crecimientos del sorgo. Publicaciones técnicas N° 25. INTA. Argentina. 20 p.
- León, L. (1987).** Fundamento botánicos de los cultivos tropicales interamericano de ciencia agrícola de la OEA, San José Costa Rica. 198-203pag
- MAG. (1991).** Guía técnica para la producción de sorgo Managua, Nicaragua.30-35pag.
- Mendieta, L. M. (1999).** Monitoreo del proceso de mineralización de tres especies de leguminosas (*Vigna radiata*, *Vigna unguiculata* y *mucura pruriens*), usa como abono verde en el municipio San. Dionisio Matagalpa, UNA Managua, Nicaragua. 66pag.
- Moll R, H. (1982).** Analysis and interpretation of factor wich contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy T. 564 p.
- Morales, V.M. (2002).** Comportamiento de generaciones F5 de sorgo granifero (*Sorghum bicolor* L. Moench), en Nicaragua.UNA.Managua.44pag.
- Novoa, R. y Villagrán, N. (2002).** Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en determinación de niveles foliares en maíz. Agricultura Técnica.

Padilla, Cerda, L.I. ; Pereira, Aguilar, J.A.(2000). Evaluación de arreglos de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (*sorghum bicolor* L moench) variedad pinolero. Managua, Nicaragua.

Paul, C. L. (1990). Agronomía del sorgo. CENTA. El Salvador.

Peterson, T. A. and T.M. Blackmer, D.D. Francis, and J.S. Schepers. (1993). Using a chlorophyll meter to improve N management. Nebguide G93-117-A. 4 p. Cooperative Extension Service, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, USA.

Pineda, L. L. (1997). Las producciones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano. Instructivo técnico, INTA, CNIA. Managua, Nicaragua. 55 pag.

Poehlman, J. M. (1995). Mejoramiento genético de la cosecha. Limosa, México. 398-453 pag

Peña, S. E. (1989). Influencia de rotación del cultivo y control de maleza sobre la cenosis de maleza, y el crecimiento; desarrollo y rendimiento del cultivo de sorgo. 25-50 pag.

Reuter D. J and Robinson J. B. (1986). Plant Analysis an Manual of interpretation. Inkata Press.

Rodríguez, R. A. & Orozco. (2002). Evaluación de dosis y momento de aplicación de urea 46% de nitrógeno en el sistema tradicional de producción de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), su efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. UNA. Managua, Nicaragua .1-25 pag.

Romero, A. (2003). Uso eficiente del nitrógeno por cuatro variedades de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench), en la zona de tisma Managua, Nicaragua. UNA .36 pag.

Rozas, S. H. Y Echeverria, H. E. (1998). Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD-502) en distintos estadios del ciclo del cultivo del maíz y el rendimiento en grano. Balcarce. Argentina

Salas H .P.; E. Martellotto; E. Lovera; A Salinas; P. Mazzini; L. Lingua y M.

Bragachini. (1998). Riego y agricultura de precisión. Jornada de actualización. INTA. Manfredi Cba.

Salmeron, M. F. y García, C. L. (1994). Fertilidad y fertilización de suelos texto básico Managua Nicaragua. 141pp.

Somarriba, R. C. (1997). Texto de granos básicos. Escuela de producción vegetal. UNA. Managua Nicaragua, 197 p.

Solórzano P. R. (1982). Efecto de dos niveles de nitrógeno y poblaciones sobre el rendimiento de sorgo granifero y sobre la acumulación y distribución de nitrógeno en la planta. Venezuela, Pág. 301-312.

Soil Science Society of America (1967). Soil Testing and Plant Analysis. Part II. Plant Analysis. 114 p. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA.

Traore, A. & Maranville, J.W. (1992). Effect of nitrate/ ammonium ratio on biomass production, nitrogen accumulation, and use efficiency in sorghum of different origin. Journal of plant nutrition .22(4 &5).813-825.

Traore, A & Maranville, J.W. (1999). Nitrate reductase activity of diverse grain sorghum genotypes and its relation ship to nitrogen use efficiency. Agronomy Journal.

Villalobos Rodríguez E. (2001). Fisiología de los cultivos tropicales. Editorial de la universidad. San José, Costa Rica. 203pp.

Villalobos .L .A. (1994). Los cultivos básicos (cultivo de sorgo). Editorial Universidad estatal a distancia. Costa Rica.pag.297.

Valle, K. J. &Toledo, I. (2003). Evaluación agronómica de veinticuatro líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), Municipio de Zambrano. Managua, Nicaragua. 35 Pág.

Younquist, J. B; Bramel, Cox. P .Maranville, J. W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting Nitrogen-use efficient genotypes in sorghum. Crop science 32 pag.

ANEXO



Clorofilometro Minolta SPAD- 502 en una hoja de sorgo.