



**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS**  
**José Martí Pérez**

**FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA**

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**FERTILIZACIÓN CON NITRATO DE AMONIO AL  
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL MUNICIPIO  
DE CABAIGUÁN**

**Autor: Carlos Gerardo López Miranda**

***Sancti Spíritus, 2017***



**FACULTAD CIENCIAS AGROPECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA**

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**FERTILIZACIÓN CON NITRATO DE AMONIO AL  
CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN EL MUNICIPIO  
DE CABAIGUÁN**

**Autor: Carlos Gerardo López Miranda**

**Tutor: *Dr.C. Ing.* Marcos T. García González**

***Sancti Spíritus, 2017***

## **SÍNTESIS**

En esta investigación se presentan los resultados de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (Nitrato de Amonio 34 %), en la finca “Caña Piña” ubicada en el municipio Cabaiguán de la provincia Sancti Spíritus con el propósito de determinar la dosis más efectiva en los rendimientos del maíz. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos ( 50, 100, 150 y 200 kg/ha y testigo), y tres réplicas, sobre un suelo Pardo Sialítico sin Carbonato, ubicándose en parcelas de 68 m<sup>2</sup>. Se determinaron los parámetros morfoagronómicos (altura de la planta, número de hojas, número de hileras de granos por mazorca, número de granos por hilera maíz, número de granos por mazorca, masa de 100 granos, área foliar, masa fresca y masa seca) y los índices fisiológicos de crecimiento (índice área foliar, relación o razón de área foliar, tasa de asimilación neta , tasa de crecimiento relativo, tasa absoluta de crecimiento) y el rendimiento, para los cinco tratamientos. La investigación demostró que la dosis de 150 kg/ha fue el tratamiento que mostró los valores más altos en los diferentes parámetros morfoagronómicos evaluados, superando en 2,41; 3,44; 4,59 y 5,15 t/ha a los tratamientos 200,100, 50 kg/ha y testigo respectivamente. De igual manera la dosis de 150 kg/ha fue la más favorecida en los índices de crecimiento con TCR, TAC y TAN superiores al resto de los tratamientos.

## **SYNTHESIS**

They encounter the results of the application in this investigation of different dose of fertilizer nitrogenated ( ammonium nitrate 34 % ), at the farmstead Caña Piña located at the municipality Cabaiguán of the province Sancti Spíritus in order to improve the performances of corn. A design of blocks was used at random with five treatments: 50, 100, 150 and 200 kg/ha ammonium nitrate and witness, and three replies, on a Brown soil Sialítico without carbonate, finding your place at plots of land of 68 m<sup>2</sup>. Morfoproductive determined parameters themselves ( height of the plant, number of sheets, number of rows of grains for ear of corn, number of grains for row corn, number of grains for ear of corn, mass of 100 grains, area foliating, fresh mass and dry mass ); Index them physiological of growth ( index area foliating, relation or reason of area foliating, rate of net assimilation, rate of relative growth, absolute rate of growth and the performance, for the five treatments. The investigation proved that 150 kg/ha's dose was the treatment that evidenced the higher moral values in the different parameters evaluated morfoproductive, surpassing in 2.41; 3.44; 4.59 and 5.15 the t/ha 200, 100, 50 kg/ha and control to the treatments respectively.

<b>Contenido</b>	<b>Páginas</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo II</b>	
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	
<b>2.1 Aspectos Generales</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Botánica del cultivo de maíz</b>	<b>4</b>
<b>2.2.1 Inflorescencia</b>	<b>5</b>
<b>2.2.2. Raíces</b>	<b>6</b>
<b>2.2.3. Tallo</b>	<b>6</b>
<b>2.2.4. Hojas</b>	<b>6</b>
<b>2.3 Fisiología del cultivo de maíz</b>	<b>7</b>
<b>2.3.1 Fase vegetativa</b>	<b>7</b>
<b>2.3.2 Fase reproductiva</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Fenología del cultivo</b>	<b>9</b>
<b>2.4.1 Agrotecnia del cultivo del maíz</b>	<b>9</b>
<b>2.4.1.1 Exigencias en suelo</b>	<b>9</b>
<b>2.4.1.2 Preparación del terreno</b>	<b>10</b>
<b>2.4.1.3 Marco de Siembra</b>	<b>10</b>
<b>2.4.1.4 Labores de cultivo y aporque</b>	<b>11</b>
<b>2.4.1.5 Requerimientos nutricionales</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Riego del cultivo de maíz</b>	<b>12</b>
<b>2.6 Fertilización del cultivo de maíz</b>	<b>12</b>
<b>2.6.1 Especificaciones generales</b>	<b>13</b>
<b>2.6.2 Aplicación de fertilizantes</b>	<b>13</b>
<b>2.6.3 Amonificación de Nitrato (Trayecto asimilativo de nitrato)</b>	<b>14</b>
<b>2.6.4 Importancia de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz</b>	<b>15</b>
<b>2.7 Síntomas carenciales del nitrógeno en el maíz</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1 Descripción del experimento</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Determinación de los parámetros morfoagronómicos del maíz bajo el uso de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha)</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1 Altura de planta</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2 Número de hojas</b>	<b>18</b>
<b>3.2.3 Número de hileras de granos por mazorca.</b>	<b>19</b>
<b>3.2.4 Número de granos por hilera maíz.</b>	<b>19</b>
<b>3.2.5 Número de granos por mazorca</b>	<b>19</b>
<b>3.2.6 Masa de 100 granos.</b>	<b>19</b>
<b>3.2.7 Área foliar</b>	<b>19</b>
<b>3.2.8 Masa fresca y masa seca</b>	<b>20</b>
<b>3.3 Determinación de los índices fisiológicos de crecimiento del</b>	

<b>cultivo del maíz bajo el uso de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha).</b>	<b>20</b>
<b>3.3.1 Índice Área Foliar (IAF).</b>	<b>20</b>
<b>3.3.2 Relación o razón de Área Foliar (RAF)</b>	<b>20</b>
<b>3.3.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN).</b>	<b>21</b>
<b>3.3.4 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR).</b>	<b>21</b>
<b>3.3.5 Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC).</b>	<b>22</b>
<b>3.4 Análisis estadístico</b>	<b>22</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1 Altura de las plantas a los 30 y 45 ddg</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddg</b>	<b>23</b>
<b>4.3 Contenido de Masa Fresca y Masa Seca a los 30 y 45 ddg</b>	<b>24</b>
<b>4.3.1 Masa Fresca</b>	<b>24</b>
<b>4.3.2 Masa Seca</b>	<b>25</b>
<b>4.4 Índice de Área Foliar</b>	<b>25</b>
<b>4.5 Relación de Área Foliar a los 45 ddg</b>	<b>27</b>
<b>4.6 Índices de crecimiento</b>	<b>27</b>
<b>4.6.1 Tasa de crecimiento relativo(TCR)</b>	<b>27</b>
<b>4.6.2 Tasa absoluta de crecimiento(TAC)</b>	<b>28</b>
<b>4.6.3 Tasa de asimilación neta</b>	<b>28</b>
<b>4.7 Variables agronómicas</b>	<b>29</b>
<b>4.7.1 Número de hileras por mazorcas</b>	<b>29</b>
<b>4.7.2 Número de granos por hileras</b>	<b>29</b>
<b>4.7.3 Granos totales por mazorcas</b>	<b>30</b>
<b>4.7.4 Masa de 100 granos</b>	<b>30</b>
<b>4.8 Rendimiento</b>	<b>31</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>32</b>
<b>Recomendaciones</b>	<b>33</b>
<b>Bibliografía</b>	

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es la forma domesticada de la gramínea silvestre mexicana conocida como teocintle (*Zea mexicana* L.). México y los países centroamericanos son considerados como centro de la diversidad de maíz con 59 razas (Cortez, 2008).

El maíz y sus parientes silvestres, los teocintles, se clasifican dentro del género *Zea* perteneciente a la familia Poaceae. Con base en caracteres de la espiga o inflorescencia masculina, el género *Zea* se ha dividido en dos secciones (Iltis & Benz, 2000).

Entre los cuatro cultivos principales en el mundo, el maíz es uno de los más importantes, con más de 900,00 millones de toneladas producidas anualmente. El mayor productor es Estados Unidos, con alrededor de 300,00 millones de toneladas anuales. Le siguen China, Brasil, México y Argentina. Estados Unidos también es el principal productor de elote, mientras que México pasó a ser el segundo país (FAO, 2006).

El maíz es uno de los granos básicos alimenticios más antiguos e importantes que se conocen. Constituye una fuente principal de carbohidratos y proteína. Perteneciente a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de gran importancia económica de este género. El contenido del grano consiste principalmente de carbohidratos (86 %), proteínas (9 %), aceite (3 %) y fibra (2 %). El cultivo de maíz tiene importancia ya que ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz. Es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se le cultiva en casi todo el mundo, es una fuente de almidón pero su contenido de proteína es más bajo que el de otros cereales. Es una planta anual con un gran desarrollo vegetativo, tallo nudoso y macizo con quince a treinta hojas

alargadas y abrasadoras, es monoica o sea que cada planta posee flores masculinas y femeninas (Bonilla Morales, 2009).

Los suelos donde se cultiva el maíz, no tienen la capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento eficiente de las plantas o no otorgarían el rendimiento adecuado, para ello se debe recurrir al empleo de fertilización. El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de una alta fertilización, la demanda por nitrógeno es alta, además de otros como el fósforo y el azufre para obtener una buena producción. Por eso según (Melgar & Torres, 2012) es importante la Determinación de un Plan de Fertilización: El proceso de planificación de la fertilización podría dividirse en varias etapas:

- Muestreo y análisis de suelos
- Diagnóstico de la fertilización
- Diseño del plan de fertilización
- Ejecución y monitoreo del plan de fertilización
- Evaluación y análisis de los resultados del plan de fertilización

Los rendimientos alcanzados en Cuba en los últimos tres años se encuentran alrededor de las 2,0– 2,5 t/ha, en la provincia de Sancti Spíritus estos promedian las 1,8 – 2,0 t/ha, mientras que en el municipio de Cabaiguán los rendimientos en los últimos cinco años muestran valores alrededor de las 1,3 – 1,5 t/ha, que aunque superiores a la media provincial están muy distante de los potenciales productivos del cultivo. Las causas que han propiciado estos bajos rendimientos están la degradación de los suelos, sometidos a una agricultura intensiva durante más de 30 años y a la baja fertilización, que no supe las necesidades nutritivas de los cultivos, fundamentalmente el nitrógeno, elemento este que en las condiciones tropicales es muy deficitario por toda una dinámica del elemento en el suelo. En tal sentido los campesinos del municipio no conocen que dosis de nitrato sería la que favorecería un mayor rendimiento al cultivo. Atendiendo a esta situación se hace necesario el estudio de los fertilizantes nitrogenados y su influencia en el

rendimiento del maíz, fundamentalmente determinar la dosis de nitrato que favorezca un mayor rendimiento.

### **PROBLEMA**

¿Cuál será de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha) que propicie el mejor efecto sobre el comportamiento morfoagronómico y fisiológico del cultivo del maíz en el municipio de Cabaiguán?

### **HIPÓTESIS**

A partir del estudio de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha) se podrá identificar cuáles la que propicie un mejor comportamiento morfoagronómico y fisiológico del cultivo del maíz en el municipio de Cabaiguán.

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el uso de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha) en el comportamiento morfoagronómico y fisiológico del cultivo del maíz en el municipio de Cabaiguán.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar los parámetros morfoagronómicos del maíz bajo el uso de las dosis de nitrato de amonio(50, 100, 150 y 200 kg/ha).
2. Determinar los índices fisiológicos de crecimiento del cultivo del maíz bajo el uso de las dosis de nitrato de amonio(50, 100, 150 y 200 kg/ha)

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Aspectos Generales**

Según Alonso (2009), el maíz es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. A nivel mundial se siembra en latitudes desde los 55 ° N a 40 ° S y del nivel del mar hasta 3 800 m de altitud. La distribución del cultivo está en función de la adaptación, condiciones climáticas (precipitación, altitud sobre el nivel del mar, temperatura, humedad relativa), tipo de suelo. Este cultivo requiere una temperatura de 25 a 30 °C, con bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C, el maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir de 30 °C pueden aparecer problemas serios debidos a mala absorción de nutrientes minerales y agua, para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 30 °C, Pérez *et al.* (2008).

Requiere suelos de tipo intermedio, con buen drenaje, sueltos, aireado, planos o ligeramente quebrados. No son aconsejables suelos arcillosos debido a su alta retención de humedad, ya que esta disminuye el aire del suelo, esencial para el desarrollo de planta (INTA, 2008). Este cereal constituye una fuente de alimentación debido a su contenido de hidratos de carbono del tipo complejo, fibra dietética, vitaminas, principalmente en forma de pro vitamina A (carotenos). Su industrialización ha dado origen a gran variedad de productos derivados, no solo para la alimentación, sino también como elemento integrante de otras producciones de uso cotidiano en la vida del hombre (Alonso,2009).

### **2.2 Botánica del cultivo de maíz**

Al inicio de los estudios taxonómicos del maíz, los científicos clasificaron los géneros *Zea* y *Euchlaena*, como dos géneros separados, sin embargo, debido al estudio realizado por Reeves & Mangelsdorf (1942), se los considera como un

único género, basándose en la compatibilidad entre esos grupos de plantas y los estudios citogenéticos. En general, solo *Zea mays* se considera como una especie de gran importancia económica dentro de las Maydeas (Paliwal, 2001).

La clasificación taxonómica del maíz está bien estudiada (Sánchez, 2014).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: Zea

La planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte. El sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52 % de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48 % de la masa total de raíces de la planta. El tallo es simple, erecto, con numerosos nudos y entrenudos. Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presenta primordios de flores bisexuales pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias femeninas (mazorcas) y masculinas (espiga), respectivamente. El fruto es indehiscente, cada grano se denomina cariósipide, no presentando latencia la semilla (Kato *et al.*,2009).

### **2.2.1 Inflorescencia**

El maíz es una especie monoica, que se caracteriza por tener la inflorescencia femenina (mazorca) y la masculina (espiga) separadas pero en la misma planta. El maíz es una especie de polinización abierta (alógama), la polinización ocurre con la transferencia del polen, por el viento, desde la espiga a los estigmas (cabellos) de la mazorca (Silva, 2005).

### **2.2.2. Raíces**

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Riccelli, 2000).

### **2.2.3. Tallo**

El tallo puede elevarse a alturas de hasta cuatro metros, e incluso más en algunas variedades. Las hojas son anchas y abrazadoras. La planta es diclina y monoica. Las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas y están agrupadas en una espiga rodeada de largas brácteas. A esta espiga se le suele llamar mazorca (Infoagro, 2015).

### **2.2.4. Hojas**

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (García, 2009).

Según Martín (2004), las características botánicas más destacadas son el sistema radicular fibroso, de buen desarrollo, tallo caña macizo, con nudos y entrenudos (sin macollos), hojas envainadoras con amplia y larga lámina ensanchada en su porción basal y bordes suavemente ondulados, planta diclina, con inflorescencia masculina y femenina en el mismo pié, inflorescencia masculina como panoja terminal, formada por un eje central y ramificaciones (es la productora de polen) y una inflorescencia femenina en espiga cilíndrica, ubicada axilarmente a la altura media de la planta (entre 1 y 1,30 m), con los granos dispuestos en hileras.

## **2.3 Fisiología del cultivo de maíz**

La planta de maíz presenta diferente comportamiento a las condiciones agroclimáticas. El conocer las características fenológicas establece el marco temporal que forma el rendimiento y sus componentes. Bolaños y Edmeades (1993), indican que en los puntos cardinales de germinación, iniciación floral, floración y madurez fisiológica se delimitan respectivamente las fases vegetativas, reproductiva y de llenado de grano. La duración de cada una de estas fases depende del genotipo, del fotoperiodo y de la temperatura.

### **2.3.1 Fase vegetativa**

Esta fase se inicia al momento de comenzar el proceso de germinación de la semilla y se establecen las plántulas; se expande el follaje y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual controla la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está altamente correlacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total (Bolaños y Barreto, 1991).

#### **Etapas Vegetativas**

- **VE (Emergencia)**
- **V1 (Primera hoja)**
- **V2 (Segunda hoja)**
- **Vn (Enésima hoja)**
- **VT (Panojamiento)**

**VT corresponde a la floración masculina**

Cuando la planta está entre V4 y V6, el meristemo apical de crecimiento foliar finaliza la diferenciación de hojas y comienza la diferenciación de espiguillas estaminadas correspondientes a la panoja (V6 a V8). Entre V7 y V9 comienza la diferenciación de los primordios florales de la yema axilar que dará origen a la espiga.

La dinámica de crecimiento del cultivo:

- A los 14 días de VE (entre V5 y V6), comienza el alargamiento de entrenudos con una altura de planta de 0,35 cm.
- A los 21 días el cultivo está entre V7 y V8 con 0,56 cm de altura.
- A los 40 días está entre V9 y V10, con 1,10 a 1,20 m de altura.
- A los 52 días está en V12 a V13 con más de 1,80 m.

El panojamiento (VT) consiste en la emergencia de la inflorescencia masculina a través del cogollo formado por las hojas superiores y se completa al expandirse la última hoja. Luego de la emergencia total de la panoja ocurre la antesis, que se define como la aparición de las anteras de las flores en las espiguillas de la panoja y el comienzo de la liberación de polen (Martín y Liendo , 2004).

### **2.3.2 Fase reproductiva**

En esta fase se elabora el órgano de interés desde el punto de vista de la cosecha: la mazorca y el número de granos, que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso de las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal y las flores femeninas en las axilas laterales, por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde se esté desarrollando el cultivo, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. Este período se puede alargar entre 5 - 8 días para las condiciones del altiplano. La polinización es una fase extremadamente sensitiva al efecto que puedan causar los estreses ambientales tales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento (Bolaños y Edmeades, 1993).

### **Etapas Reproductivas**

- **R1 (Emergencia de estigmas)**
- **R2 (Cuaje o Ampolla)**
- **R3 (Grano lechoso)**

- **R4 (Grano pastoso)**
- **R5 (Grano duro o dentado)**
- **R6 (madurez fisiológica)**

**(R1 corresponde a la floración femenina).**

La Floración femenina o R1, consiste en la emergencia de los estigmas fuera de la envoltura de las chalas de la espiga. El período de emisión de polen y aparición de estigmas se prolonga por varios días. En los materiales modernos, la diferencia de tiempo entre el polen y los estigmas no debe ser mayor a 3 a 4 días.

El Llenado de Grano según Martín y Liendo (2004), se reconoce tres fases diferentes, según su tasa de acumulación de Materia Seca (M.S.):

1ª Fase o Cuaje: la tasa de acumulación de M.S. en grano es baja.

2ª Fase (de llenado efectivo del grano o crecimiento lineal): aquí la tasa de acumulación de M.S. es máxima; suele representar más de la mitad del período total de llenado (el que no debería ser inferior a 50 días) y se caracteriza por el activo crecimiento del grano.

3ª Fase (de crecimiento no lineal): tiene una duración de uno a dos semanas con una tasa de acumulación de materia seca declinante progresivamente hasta hacerse nula; al final de esta fase el grano alcanza la Madurez Fisiológica.

## **2.4 Fenología del cultivo**

### **2.4.1 Agrotecnia del cultivo del maíz**

#### **2.4.1.1 Exigencias en suelo**

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (Infoagro, 2015).

#### **2.4.1.2 Preparación del terreno**

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno, para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (Infoagro, 2015).

#### **2.4.1.3 Marco de Siembra**

El maíz posee un elevado potencial de rendimiento muy sensible al estrés, característica que determina su marcada respuesta al correcto ajuste en el manejo agronómico. Su crecimiento está directamente relacionado con la capacidad del canopeo para capturar la luz solar incidente. Esa captura es función de la estructura del cultivo y depende del tipo de planta, de la cantidad y de su distribución en el terreno (Cirilo, 2008).

La modificación de la distancia entre los surcos en maíz plantea dificultades operativas para llevarla a la práctica. Una menor distancia entre los surcos de siembra permite cubrir mejor el suelo y capturar más luz desde etapas tempranas del cultivo, incrementando la producción de biomasa. En densidades bajas, la reducción de la distancia entre surcos contribuye también a asegurar una mayor cobertura durante la floración (Cirilo, 2008).

#### **2.4.1.4 Labores de cultivo y aporque**

El deshierbe se hace con azadón, aproximadamente 25 a 30 días después de la siembra, sacando todas las malezas del cultivo, para evitar la competencia por luz, agua y nutrientes, y favorecer el desarrollo adecuado del cultivo. Hay que tener cuidado de no dar vuelta con el azadón al abono colocado en la siembra. El aporque se realiza 30 días después del deshierbe. Tiene la finalidad de airear el suelo y brindar soporte a la planta, y debe hacerse con bastante tierra coincide con la segunda aplicación de abono (Ruiz *et al.*, 2011)

#### **2.4.1.5 Requerimientos nutricionales**

El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción por lo que requiere cantidades considerables de nutrimentos.

**Tabla 1: Cantidad de elementos nutritivos que requiere el maíz de alta producción.**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>kg/ha</b>
<b>Nitrógeno</b>	<b>187</b>
<b>Fósforo</b>	<b>38</b>
<b>Potasio</b>	<b>192</b>
<b>Calcio</b>	<b>38</b>
<b>Magnesio</b>	<b>44</b>

<b>Azufre</b>	<b>22</b>
<b>Cobre</b>	<b>0,1</b>
<b>Zinc</b>	<b>0,3</b>
<b>Boro</b>	<b>0,2</b>
<b>Hierro</b>	<b>1,9</b>
<b>Manganeso</b>	<b>0,3</b>
<b>Molibdeno</b>	<b>0,01</b>

Este cultivo es muy exigente en elementos nutritivos, comparado con otros cultivos, por lo que en un plan de fertilización se debe tomar en cuenta los resultados del análisis químico del suelo y su recomendación, esto le garantiza suplir de los elementos nutritivos necesarios a la planta y evitar gastos innecesarios. Es importante tomar en cuenta que para que un fertilizante ejerza su acción, es indispensable que exista buena humedad en el suelo (Deras , 2014).

## **2.5 Riego del cultivo de maíz**

El agua en forma de lluvia es necesaria y benéfica ya que en ciertas ocasiones existe un control de plagas en forma natural, sobre todo cuando la planta está en el período de crecimiento. Una variedad tropical de maíz con un ciclo de cultivo de 120 días, requiere aproximadamente de 600 a 700 mm de agua durante su ciclo vegetativo. En el cultivo de maíz los riegos pueden realizarse por aspersión, por gravedad y por goteo. El riego más empleado es por aspersión. Las necesidades hídricas o de agua varían en las diferentes fases del cultivo, cuando las plantas comienzan a nacer requieren una menor cantidad de agua pero manteniendo una humedad constante.

Durante la fase del crecimiento vegetativo es cuando se requiere una mayor cantidad de agua y se recomienda realizar riegos suplementarios, entre unos 8 a 10 días antes de la floración, para evitar el estrés hídrico. La fase de floración es el período más crítico porque de ella depende el llenado del grano y la cantidad de producción obtenida, por lo que se recomienda, en esta fase, riegos que mantengan la humedad, para asegurar una eficaz polinización y un llenado total de granos. Aproximadamente el maíz necesita disponer de 5 milímetros de agua

por día. Para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada (Fernández, 2006)

## **2.6 Fertilización del cultivo de maíz**

La aplicación de fertilizantes con base en las demandas nutricionales del cultivo del maíz permite un uso eficiente de este insumo, con mejores rendimientos y calidad del producto. El manejo cuidadoso de los fertilizantes, desde su almacenamiento en bodegas hasta su aplicación, reduce la probabilidad de contaminar fuentes de agua y suelos (Oyarzun Arrechea, 2010).

### **2.6.1 Especificaciones generales**

- Se debe considerar un análisis físico de suelo para determinar el potencial productivo de éste, lo que permitirá en conjunto con el análisis químico, hacer las recomendaciones de fertilización de acuerdo con la producción esperada.
- Se recomienda elaborar un programa de fertilización, realizado por un profesional capacitado, basado en análisis del suelo. Este programa deberá permanecer archivado, señalando el nombre del profesional responsable.
- El programa de fertilización elaborado debe considerar híbrido y subespecies, necesidades nutricionales de macro y micronutrientes, características y aporte de nutrientes del suelo, efecto sobre el suelo, dosis, momento de aplicación y rendimiento esperado.
- El programa de fertilización debe priorizar prácticas que eviten la lixiviación, escurrimiento superficial y volatilización del producto.
- Se recomienda que se adquiera sólo las cantidades de fertilizantes que se demandarán durante la temporada. Esto reducirá los riesgos de contaminar el medio ambiente y a la seguridad del personal por el manejo, transporte y almacenamiento (Oyarzun Arrechea, 2010)

## **2.6.2 Aplicación de fertilizantes**

- Todas las aplicaciones de fertilizantes deben ser registradas, indicando el sector donde se aplicó, estado fenológico, producto, dosis, forma y fecha de aplicación, técnico que recomendó la aplicación y aplicador.
- En el caso de la fertilización nitrogenada, se recomienda fraccionar la dosis según estados de desarrollo más demandantes en nutrientes y así evitar pérdidas de nitrógeno por lluvias intensas u otros factores inesperados

## **2.6.3 Amonificación de nitrato (Trayecto asimilativo de nitrato)**

### **Descripción del proceso:**

El nitrato es asimilado cuando el mismo es reducido para utilizarse como nutriente. Dicho proceso de reducción es conocido como metabolismo asimilativo. Es importante enfatizar que el metabolismo asimilativo de nitrato es muy diferente al proceso de denitrificación, donde el nitrato es utilizado como aceptador final de electrones en un proceso dirigido a generar energía (respiración anaerobia). Nos referimos al proceso de denitrificación como un trayecto disimilativo, mientras que el proceso de amonificación de nitrato es un trayecto asimilativo. A diferencia del proceso de denitrificación, que resulta en la pérdida de nitrógeno de ambientes naturales, la amonificación de nitrato, tiene como producto principal al amoniaco.

Este es posteriormente incorporado al material celular mediante las reacciones de asimilación que presentamos en una sección anterior. Las reductasas de nitrato que intervienen en el trayecto asimilativo son proteínas solubles que no son afectadas por el oxígeno, mientras que su contraparte en el trayecto disimilativo son proteínas ligadas a la membrana citoplasmática cuya síntesis es reprimida por oxígeno. El trayecto asimilativo de nitrato es llevado a cabo por plantas, hongos y algunas bacterias, mientras que la denitrificación es un proceso que llevan cabo

sólo bacterias. La amonificación de nitrito que se observa en el trayecto disimilativo es llevada a cabo por organismos fermentativos que utilizan los electrones del coenzimo NADH para reducir nitrito en lugar de reducir a un compuesto orgánico, por lo tanto, no es un caso de respiración aerobia (Bormann, 1977).

#### **2.6.4 Importancia de la fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz**

El nitrógeno es el macronutriente fundamental para el crecimiento vegetativo del cultivo de maíz. Se considera, además, el nutriente una limitante para el desarrollo de la planta, ya que cuantitativamente es el que se requiere en mayor cantidad. Una correcta dosificación de este elemento, en equilibrio con las aportaciones de potasio y fósforo, son los factores más influyentes en la consecución de unos rendimientos óptimos de maíz, de ahí la importancia de programar una fertilización adaptada a las necesidades del cultivo tanto en cantidad como en momento óptimo de aplicación y tipo de formulación del fertilizante nitrogenado (Rodríguez *et al.*, 2014).

La importancia del nitrógeno para la planta se debe a las numerosas funciones en las cuales interviene este nutriente, entre las cuales destacan las siguientes:

- Forma parte de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos.
- Es un componente fundamental en la síntesis de clorofila.
- Es un componente de vitaminas, derivados de azúcares, celulosa, almidón y lípidos.
- Forma parte de coenzimas y enzimas.
- Alarga las fases del ciclo de cultivo.
- Favorece la multiplicación celular y estimula el crecimiento.

## 2.7 Síntomas carenciales del nitrógeno en el maíz

Según (Rodríguez *et al.*, 2014) los síntomas de las deficiencias de nitrógeno pueden ser más o menos severos dependiendo del estado vegetativo de la planta en el que se hayan presentado tales deficiencias, los síntomas visuales en el maíz suelen detectarse a partir de las 6 hojas desarrolladas y suelen presentarse los expuestos a continuación:

- Generalmente se produce una disminución progresiva del área foliar de hasta el 60 %, además las hojas se mantienen verdes durante menos tiempo, lo que implica un menor periodo de tiempo durante el cual se acumula nitrógeno en las partes vegetativas.
- Las plantas deficientes de N son más pequeñas de lo normal, los tallos son finos y entrenudos más cortos, aunque no suele afectar al número de hojas producidas, si bien éstas presentarán un menor desarrollo.
- Se puede producir un desfase entre la polinización y la aparición de estigmas, lo que produce una mayor tasa de mazorcas abortadas.
- Clorosis en las hojas adultas, con distintas tonalidades de verde, dependiendo de las variedades de maíz (el nitrógeno se transporta de hojas adultas a hojas más jóvenes debido a su alta movilidad).
- Las plantas de maíz muestran una coloración purpúrea causada por la acumulación de pigmentos antocianos debido a un aumento de la concentración de azúcares.
- Disminución de tamaño celular y disminución de síntesis de proteínas, lo que hace que los granos presenten menos materia seca, se puede reducir el peso del grano en hasta un 30% debido a un menor periodo de llenado.
- La floración queda muy restringida con notable reflejo en la fructificación.
- Las plantas son más sensibles a las heladas.
- El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse.
- Se adelanta la maduración.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

La presente investigación se realizó en la finca Caña Piña, perteneciente a la CCS Nieves Morejón del municipio Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus. La situación geográfica del ecosistema en estudio, corresponde con el cinturón climático tropical, al igual que todo el archipiélago y pertenece a la sub-región climática Caribe-Occidental, con vientos estacionales en calma e influencia de la continentalidad.

El diseño metodológico de la investigación se estructuró en fases que darán salida cronológicamente y de manera sistémica al objetivo del estudio, empleándose los tres métodos fundamentales de investigación en la biología aplicada:

- La observación.
- La medición.
- El experimento.

#### **3.1 Descripción del experimento**

El experimento se realizó en los meses de mayo-agosto de 2016; sobre un suelo Pardo Sialítico sin Carbonatos (Hernández *et al.*, 1999).

La preparación del suelo se realizó según las normas del instructivo técnico del maíz: roturación, mullido, cruce, mullido y surcado; todo con tracción animal excepto la rotura que se realizó de forma mecanizada. En la siembra se realizó una fertilización con fórmula completa (9-13-17). A los 25 días después de la germinación (ddg), se realizó un aporque entre surco, con tracción animal y una segunda aplicación de Nitrato de Amonio (34 % de N). Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo para determinar la concentración de nitrógeno por el método de Johan Kjeldahl (Gerhardt, 2015).

En el montaje del experimento se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas (Tabla 2), ubicándose en parcelas de 68 m<sup>2</sup>. La variedad de maíz utilizada fue “criollo”; con una distancia de siembra de 0.90 m x

0.30 m. Los tratamientos utilizados fueron nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha) y un testigo.

**Tabla 2. Diseño experimental en Bloques al Azar**

<b>C3</b>	<b>E3</b>	<b>D3</b>	<b>A3</b>	<b>B3</b>
<b>E2</b>	<b>D2</b>	<b>B2</b>	<b>C2</b>	<b>A2</b>
<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>C1</b>	<b>D1</b>	<b>E1</b>

**A: 50 kg/ha de Nitrato de Amonio**

**B: 100 kg/ha de Nitrato de Amonio**

**C: 150 kg/ha de Nitrato de Amonio**

**D: 200 kg/ha de Nitrato de Amonio**

**E: Testigo**

### **3.2 Determinación de los parámetros morfoagronómicos del maíz bajo el uso de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha).**

Para la determinación se utilizó el criterio de Centro Internacional del Mejoramiento del maíz y trigo (2011).

#### **3.2.1 Altura de planta**

Esta variable se midió con la ayuda de una cinta métrica desde la base de la planta hasta el punto de inserción de la hoja bandera a los 30 y 45 ddg , 15 plantas por parcelas para un total de 45 plantas por tratamiento

#### **3.3.2 Número de hojas**

Esta medición se realizó por conteo físico a los 30 y 45 ddg y se contó desde la primera hoja hasta la hoja bandera.

### 3.2.3 Número de hileras de granos por mazorca

Se contó el número de hileras por mazorca por conteo físico, 15 mazorcas por parcela para un total de 45 mazorcas por tratamiento en el momento de la cosecha.

### 3.2.4 Número de granos por hilera por mazorca

Se contó el número de granos por hilera y se determinó el promedio de granos por hilera por mazorca en el momento de la cosecha.

### 3.2.5 Número de granos por mazorca

El producto de números de hileras por mazorca por el número de granos por hilera, generó el número total de granos por mazorca.

### 3.2.6 Masa de 100 granos

Para ello se utilizará una balanza digital de precisión *Sartorius BS22025* (d= 0.01g).

### 3.2.7 Área foliar

El Área Foliar (AF) se determinó por el método del factor, este método se basa en la medición de la longitud y ancho del limbo de la hoja y la relación matemática entre el área real y el producto del largo por ancho de dicha hoja. Se requiere conocer o determinar el coeficiente de área foliar para poder usarlo.

$$At = \sum (l a) f \qquad f = \frac{Ah}{l.a}$$

**Ah:** Área de la hoja

**l:** Largo del limbo de la hoja

**a:** Ancho del limbo de la hoja en la zona más ancha ( centro)

**f:** Coeficiente de área foliar (factor)

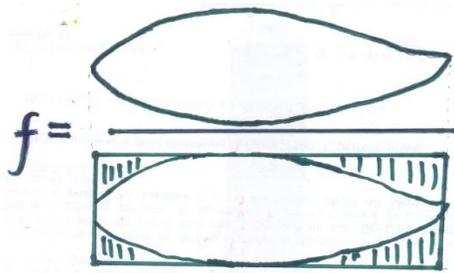


Figura 1. Coeficiente de Área Foliar.

### 3.2.8 Masa fresca y masa seca

La masa fresca se determinará en una balanza digital de precisión *Sartorius BS22025* ( $d= 0.01g$ ), luego se determinó la masa seca empleándose para ello una estufa a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , durante 72 horas, procediéndose después al pesaje de las muestras hasta que estas presentaron una masa estable. Para ello se tomaron muestras a los 30 y 45 ddg.

### 3.3 Determinación de los índices fisiológicos de crecimiento del cultivo del maíz bajo el uso de las dosis de nitrato de amonio (50, 100, 150 y 200 kg/ha)

Con los datos obtenidos en el acápite anterior se realizarán los cálculos del Índice de Área Foliar, la Relación de Área Foliar, la Tasa de Asimilación Neta, la Tasa de Crecimiento Relativo y la Tasa Absoluta de Crecimiento.

#### 3.3.1 Índice Área Foliar (IAF)

Expresa la relación entre el área foliar y el área de terreno que ocupa la planta.

$$IAF = \frac{AreaFoliar}{AreaSuelo}$$

#### 3.3.2 Relación o razón de Área Foliar (RAF)

Expresa la proporción de superficie de hojas de la planta por unidad de masa presente en un momento dado.

$$RAF = \frac{1}{2} \left( \frac{A1}{P1} + \frac{A2}{P2} \right)$$

**A1:** Área foliar de la planta (cm<sup>2</sup>) a los 30 días posteriores a la siembra

**A2:** Área foliar de la planta (cm<sup>2</sup>) a los 45 días posteriores a la siembra

**P1:** Masa seca de la planta (g) a los 30 días posteriores a la siembra

**P2:** Masa seca de la planta (g) a los 45 días posteriores a la siembra

### 3.3.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

Es la producción de materia seca elaborada por la planta, determinada fundamentalmente por el balance entre la fotosíntesis y la respiración. Se calculó mediante la fórmula:

$$TAN = \frac{P2 - P1}{A2 - A1} \bullet \frac{\ln A2 - \ln A1}{t2 - t1} = g \text{ dm}^{-2} \text{ d}^{-1}$$

**P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 30 días posteriores a la siembra

**P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 45 días posteriores a la siembra

**A1:** Área Foliar (cm<sup>2</sup>) a los 30 días posteriores a la siembra

**A2:** Área Foliar (cm<sup>2</sup>) a los 45 días posteriores a la siembra

**t1:** 30 días de sembrado

**t2:** 45 días de sembrado

### 3.3.4 Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)

Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de masa seca presente por unidad de tiempo. Se calculó mediante la fórmula:

$$TCR = \frac{2(P2 - P1)}{(P2 + P1)(t2 - t1)}$$

**P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 30 días posteriores a la siembra

**P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 45 días posteriores a la siembra

**t1:** 30 días de sembrado

**t2:** 45 días de sembrado

### 3.3.5 Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC)

Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de tiempo. Es la pendiente de la curva sigmoideal del crecimiento en el tiempo. Se calculó mediante la fórmula:

$$TAC = \frac{P2 - P1}{t2 - t1}$$

**P1:** Masa de la materia seca total (g) a los 30 días posteriores a la siembra

**P2:** Masa de la materia seca total (g) a los 45 días posteriores a la siembra

**t1:** 30 días de sembrado

**t2:** 45 días de sembrado

### 3.4 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de ANOVA de clasificación simple a las variables determinadas y las medias se compararán por la prueba de rango múltiple de Tukey para  $p \leq 0,05$ , previa comprobación de normalidad (Kolmogórov Smirnov). y homogeneidad (Levene) en el paquete estadístico SPSS versión 21 para window.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de las plantas a los 30 y 45 ddg

A los 30 ddg no existieron diferencias estadísticas entre las cuatro dosis de nitrato de amonio utilizadas, ni entre las dosis 50; 100 y 150 kg/ha con el testigo; mientras que la dosis de 200 kg/ha sí difirió del testigo siendo este el tratamiento con menor altura (Figura 2). Por su parte a los 45 ddg mantuvo un comportamiento similar, no existiendo diferencias tampoco entre las dosis 50; 100 y 150 kg/ha con el testigo pero sí el de 100 y 200 kg/ha con el testigo.

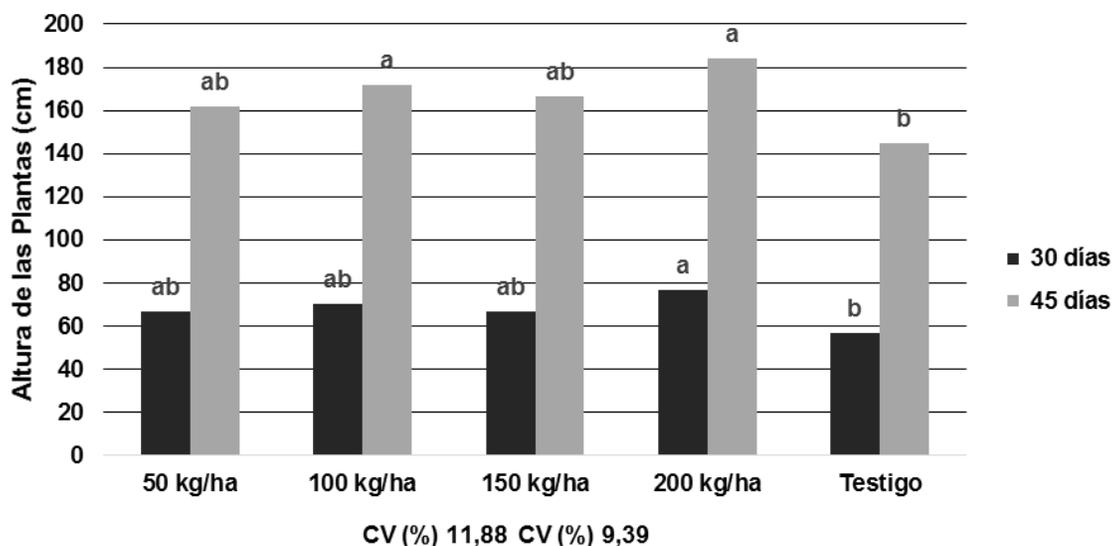


Figura 2. Altura de las plantas a los 30 y 45 ddg.

### 4.2 Área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddg

El área foliar a los 30 ddg mostró que entre los tratamientos 100; 150 y 200 kg/ha no hubo diferencias estadísticas entre ellos pero sí con los tratamientos 50 kg/ha y el testigo respectivamente (Figura 3). A los 45 ddg el mejor tratamiento fue el de 150 kg/ha con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, le siguen los tratamientos 100 y 200 kg/ha sin diferencias entre ellos; pero sí con el de 50

kg/ha y el testigo respectivamente. El tratamiento con menor área foliar fue el testigo superado por todas las dosis de nitrato de amonio empleadas.

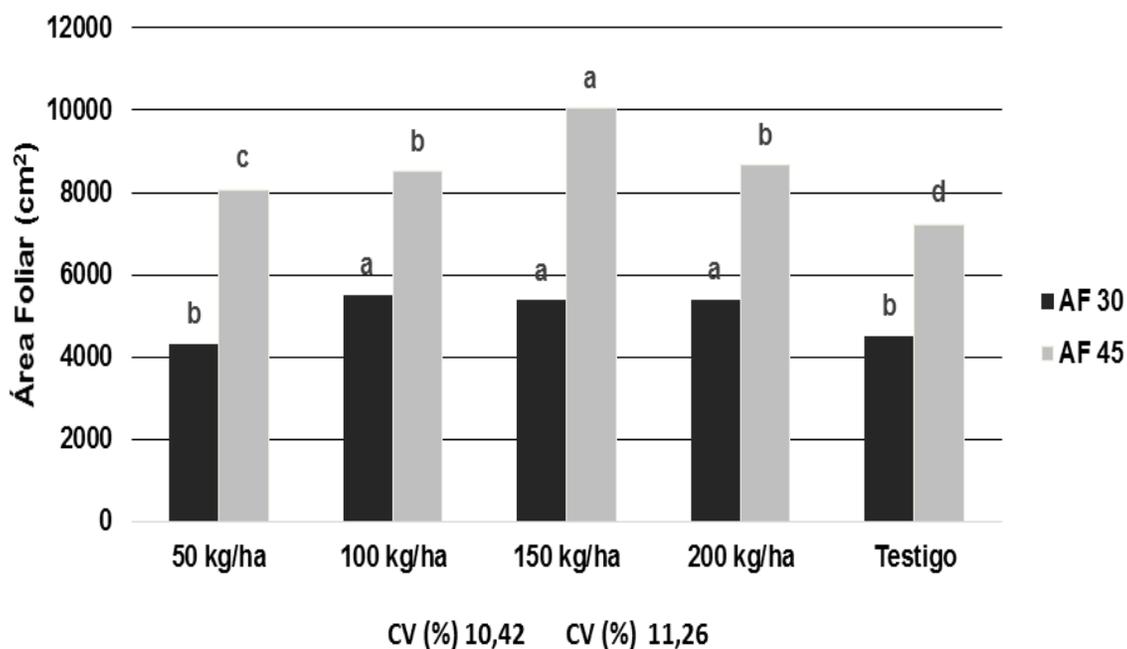


Figura 3. Área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddg.

### 4.3 Contenido de Masa Fresca y Masa Seca a los 30 y 45 ddg

#### 4.3.1 Masa Fresca

A los 30 ddg la masa fresca mostró que no existieron diferencias estadísticas significativas en los cuatro tratamientos empleados aunque la dosis de 200 kg/ha mostró el mayor valor numérico de igual manera no existieron diferencias significativas entre los tratamientos 50; 100; 150 kg/ha y el testigo (Tabla 3). El testigo mostró el menor valor numérico a los 30 ddg. Por su parte a los 45 ddg no existieron diferencias significativas al igual que a los 30 ddg; en los cuatro tratamientos utilizados con nitrato de amonio el mayor valor numérico lo alcanzó la dosis de 150 kg/ha. El testigo no tuvo diferencias significativas con los tratamientos 50; 100 y 200 kg/ha aunque con el menor el menor valor numérico alcanzado.

### 4.3.2 Masa Seca

A los 30 ddg mostró que no existieron diferencias significativas entre los cuatro tratamientos de nitrato de amonio empleados, pero sí de estos con el testigo; excepto el de 100 kg/ha. El testigo mostró los menores valores numéricos, mientras que la dosis de 150 kg/ha fue la de mayor masa seca sin diferencias estadísticas entre ellos, por su parte los tratamientos de 100 y 200 kg/ha no presentaron diferencias con el de 50 kg/ha y el testigo respectivamente, el tratamiento con mayor valor numérico o alcanzó la dosis de 150 kg/ha (Tabla 3).

**Tabla 3. Masa fresca y seca de los tratamientos a los 30 y 45 ddg.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Masa Fresca 30 días (g)</b>	<b>Masa Fresca 45 Días (g)</b>	<b>Masa Seca 30 días (g)</b>	<b>Masa Seca 45 días (g)</b>
<b>50 kg/ha</b>	517,66 ab	1277,10 ab	66,62 a	185,84 b
<b>100 kg/ha</b>	531,76 ab	1370,40 ab	62,12 ab	279,17 ab
<b>150 kg/ha</b>	578,36ab	1659,66 a	73,85 a	344,06 a
<b>200 kg/ha</b>	656,23 a	1611,10 ab	68,55 a	264,79 ab
<b>Testigo</b>	390,75 b	1028,93 b	41,23 b	182,65 b
<b>CV %</b>	21,08	21,70	25,45	29,80
<b>EE(x)±</b>	29,13	77,87	4,12	19,13

Letras desiguales en las columnas para las medias difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey.

### 4.4 Índice de Área Foliar

A los 30 ddg el índice de área foliar mostró que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos 50; 100 y 150 kg/ha, lo que significa una mejor relación entre el área foliar y el terreno que ocupan las plantas de estos tratamientos con respecto al de 50 kg/ha y el testigo respectivamente (Figura4). A los 45 ddg fue la dosis de 150 kg/ha la que mostró los mejores valores con

diferencias significativas con el resto de los tratamientos, le siguen las dosis de 100 y 200 kg/ha. Por su parte la dosis de 50 kg/ha fue la de menor valor aunque con diferencia con el testigo.

Estos resultados expresan que en todos los tratamientos donde se empleó la fertilización nitrogenada con nitrato de amonio favoreció la relación entre el área foliar y el terreno que ocupan las plantas, mostrando utilidad práctica al permitir justificar las densidades de siembra. De igual manera las plantas que fueron fertilizadas con nitrógeno obtuvieron una mayor superficie foliar por superficie de suelo, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento del marco de siembra establecido y de la luz solar. Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez (2016) aunque este autor además de la fertilización nitrogenada utilizó bioestimulantes foliares.

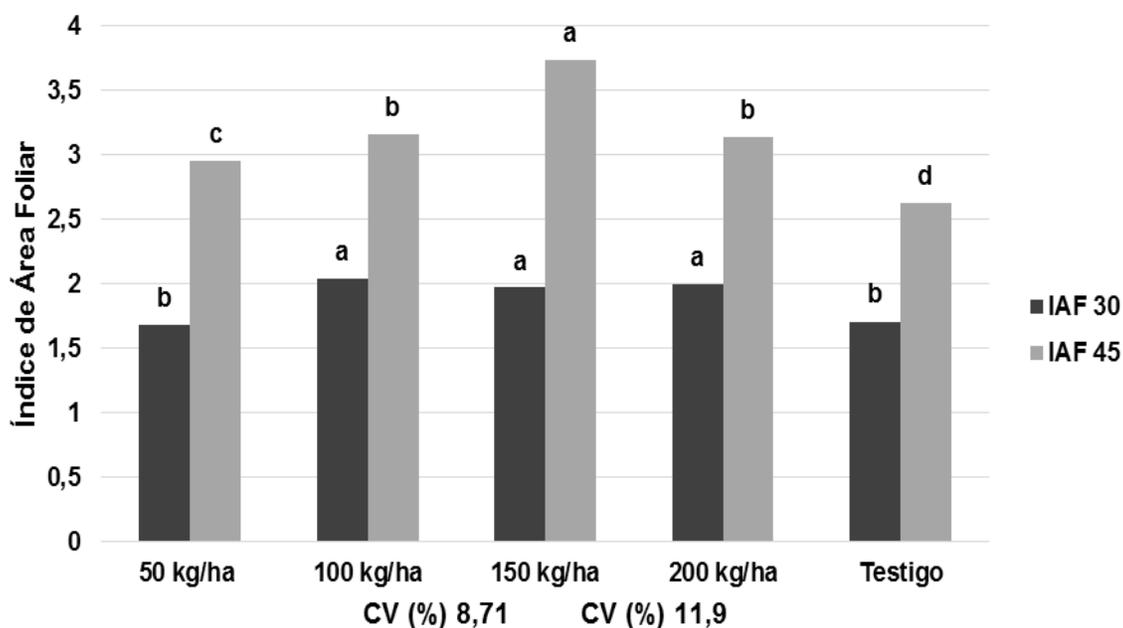


Figura 4. Índice de área foliar a los 30 y 45 ddd

#### 4.5 Relación de Área Foliar a los 45 ddg

La relación de área foliar mostró que el tratamiento con 100 kg/ha fue el de menor valor sin diferencias estadísticas con el de 200 kg/ha, lo que indica una mejor relación entre la superficie de área foliar por unidad de masa seca presente en las plantas. En segundo orden le sigue el tratamiento de 50 kg/ha sin diferencias con el de 100 kg/ha. El testigo fue el que alcanzó el mayor valor mostrando que fue el tratamiento que necesitó mayor área foliar para fijar una unidad de masa seca (Figura 5).

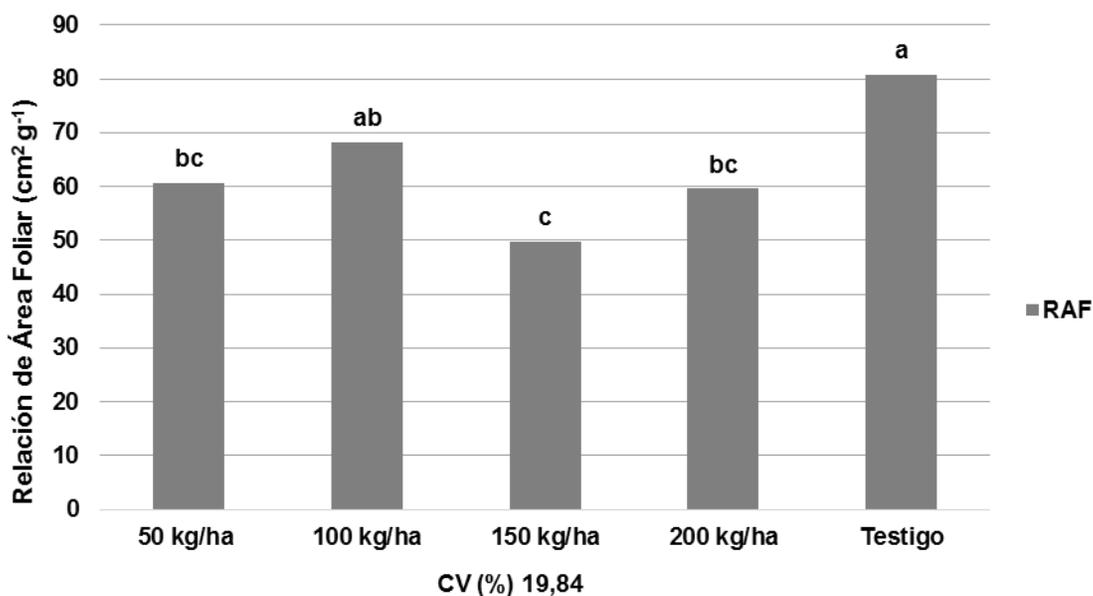


Figura 5. Relación de área foliar a los 45 ddg

#### 4.6 Índices de crecimiento

##### 4.6.1 Tasa de crecimiento relativo (TCR)

En la tasa de crecimiento relativo los tratamientos de mayor ganancias fueron sin diferencias estadísticas constituyendo un grupo homogéneo, aunque la dosis de 150 kg/ha fue la de mayor valor numérico, le siguen en segundo orden el resto de

los tratamientos aunque sin diferencias con el tratamiento de 100 kg/ha (Tabla 4). Estos resultados demuestran que la dosis de 150 kg/ha fue la que tuvo una marcada efectividad para mejorar la producción de materia seca por unidad de tiempo por gramos de materia seca existente en la planta y por consiguiente en los rendimientos.

#### **4.6.2 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)**

El tratamiento de 150 kg/ha fue el que mayor valores alcanzó en la tasa absoluta de crecimiento con diferencias estadísticas con el resto de las dosis empleadas incluyendo el testigo (Tabla 4). Le siguen en un segundo orden los tratamientos de 100 y 200 kg/ha respectivamente sin diferencias entre ellos. Lo anteriormente dicho demuestra que la dosis 150 kg/ha presentó un mayor incremento de masa seca por unidad de tiempo, lo que se traduce en un mejor desarrollo y crecimiento de las plantas en comparación con el resto de los tratamientos.

#### **4.6.3 Tasa de asimilación neta (TAN)**

Como se puede observar en la (Tabla 4) los tratamientos de 150 y 100 kg/ha fueron los que alcanzaron los mejores resultados sin diferencias estadísticas entre ellos. Por su parte los tratamientos de 50 y 200 kg/ha no tuvieron diferencias con el testigo. Estos resultados muestran con dosis de 150 kg/ha se obtuvieron las mayores ganancias neta de materia seca por unidad de área foliar y por tanto una mayor eficiencia fotosintética.

Como se puede valorar los índices crecimiento antes evaluados demostraron que con la dosis 150 kg/ha de nitrato de amonio en el maíz se favorecen los procesos fisiológicos en especial la actividad fotosintética dado por una mayor producción de masa seca en función de la masa seca presente en la planta de la superficie foliar y del tiempo.

**Tabla 4. Índices de crecimiento**

Tratamientos	TCR (g . g <sup>-1</sup> . día <sup>-1</sup> )	TAC (g . día <sup>-1</sup> )	TAN (g . cm <sup>-2</sup> . día <sup>-1</sup> )
50 kg/ha	0,0651 b	7,5035 c	0,0123 c
100 kg/ha	0,0794 ab	12,2480 b	0,0220 ab
150 kg/ha	0,0940 a	16,9026 a	0,0234 a
200 kg/ha	0,0710 b	11,5060 bc	0,0157 bc
Testigo	0,0687 b	7,2053 c	0,0120 c
CV %	16,57	35,59	16,66
EE(x)±	0,0032	1,017	0,0015

Letras desiguales en las columnas para las medias difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey.

#### 4.7 Variables agronómicas

##### 4.7.1 Número de hileras por mazorcas

En la (Tabla 5) se puede observar como el número de hileras por mazorcas estuvo favorecido por la dosis de 100 kg/ha, alcanzando el mayor valor numérico sin diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos de fertilización nitrogenada. El testigo fue el que obtuvo el menor valor sin diferencias con la dosis de 50, 100 y 200 kg/ha.

##### 4.7.2 Número de granos por hileras

Un comportamiento similar mostró el número de granos por hileras donde el tratamiento de 150 kg/ha fue el de mejor valor sin diferencias con las dosis de 50 y 200 kg/ha. Por su parte los tratamientos de 100 kg/ha y el testigo fueron los de menor granos (Tabla 5).

### 4.7.3 Granos totales por mazorcas

Los granos totales por mazorcas al igual que las variables anteriores el tratamiento con mejor valor numérico lo alcanzó el de 150 kg/ha sin diferencias con el de 200 kg/ha, seguido en segundo orden por las dosis de 100 y 50 kg/ha y testigo respectivamente (Tabla 5).

### 4.7.4 Masa de 100 granos

La masa de 100 granos con un 14% de humedad mostró que el tratamiento de 150 kg/ha fue el que alcanzó el mayor valor sin diferencias estadísticas con las dosis de 100 y 200 kg/ha (Tabla 5). Le siguen la dosis de 50 kg/ha y el testigo respectivamente. Este último fue el de menor valor numérico.

**Tabla 5. Variables Agronómicas**

<b>Tratamientos</b>	<b>No de Hileras por Mazorcas</b>	<b>No de Granos Por Hilera</b>	<b>Granos Totales por Mazorca</b>	<b>Masa de 100 Granos</b>
<b>50 kg/ha</b>	14,00 ab	37,33 ab	522,66 c	35,92 bc
<b>100 kg/ha</b>	14,16 ab	39,33 bc	582,00 bc	37,52 ab
<b>150 kg/ha</b>	15,33 a	46,66 a	744,66 a	41,83 a
<b>200 kg/ha</b>	14,66 ab	45,66 ab	669,33 ab	36,81 ab
<b>Testigo</b>	12,66 b	37,00 c	466,00 c	30,72 c
<b>CV %</b>	28,54	11,40	18,62	11,11
<b>EE(x)±</b>	0,40	1,21	28,75	1,04

Letras desiguales en las columnas para las medias difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey.

#### 4.8 Rendimiento

Como se puede observar en la Figura 6 el rendimiento obtenido demuestra que la fertilización Nitrogenada con Nitrato de Amonio a los 25 ddg incrementó los rendimientos en el cultivo del maíz. Se da a conocer que la dosis con mayor rendimiento fue la de 150 kg/ha, con diferencias significativas con los demás tratamientos. Le siguió en segundo orden la dosis de 200 kg/ha sin diferencias estadísticas con las dosis de 50 y 100 kg/ha, pero si con el testigo. El testigo por su parte fue el de menor valor numérico alcanzado. Resultados similares fueron obtenidos por (Pedrol *et al.*, 2007).

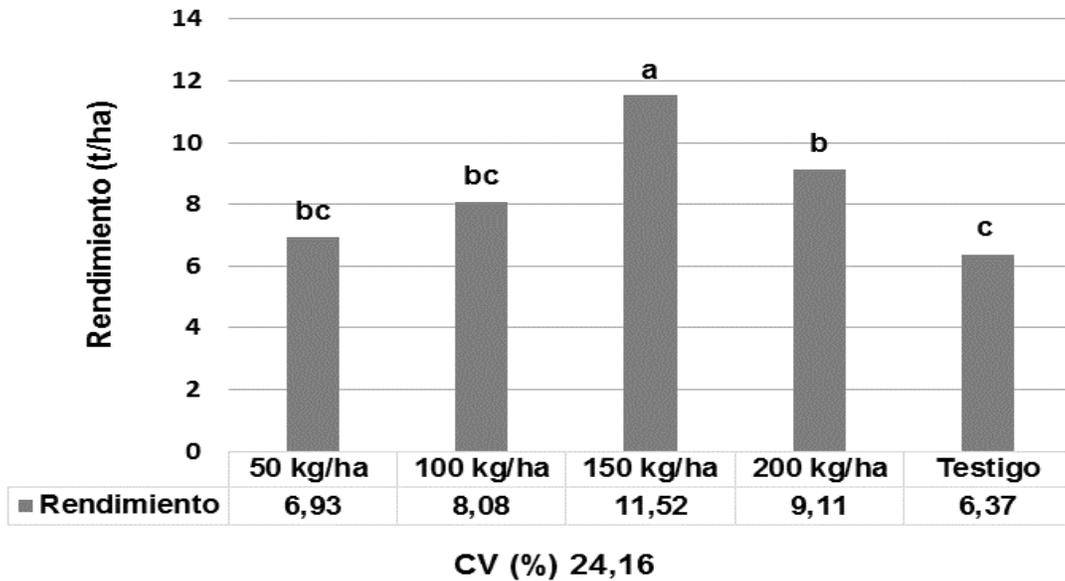


Figura 6. Rendimiento obtenido

## **5. CONCLUSIONES**

1. Los resultados demostraron que la dosis de 150 kg/ha fue el tratamiento que mostró los valores más altos en los diferentes parámetros morfoagronómicos evaluados, superando en 2,41; 3,44; 4,59 y 5,15 t /ha a los tratamientos 200,100, 50 kg/ha y testigo respectivamente.
2. De igual manera la dosis de 150 kg/ha fue la más favorecida en los índices de crecimiento con TCR, TAC y TAN superiores al resto de los tratamientos.

## **6. RECOMENDACIONES**

Utilizar la dosis de 150 kg/ha de nitrato de amonio a los 25 ddg las plantas para aumentar los rendimientos en el maíz.

## 7. Bibliografía

- Alonso, R. (8 de mayo de 2009). El maíz y la nutrición. Salud y vida.
- Berhardt, C. (2015). Análisis de nitrógeno por el método de Johan Kjeldahl. Alemania
- Bolaños, J., & Barreto, H. (1991). Análisis de los componentes de rendimiento de los ensayos regionales de maíz.
- Bolaños, J., & Edmeades, G. (1993). Eight cycles of selection for drought in lowland tropical maize.
- Bonilla Morales, N. (2009). Manual de recomendaciones técnicas del cultivo del maíz. 7.
- Bormann. (1977). Nutrientes y Gases: Nitrógeno.
- Cirilo, A. G. (2008). Manejo de la densidad en el cultivo del maíz.
- Cortez, M. (2008). El maíz en México y en el mundo. Instituto Nacional de Ecología. Dirección de Economía Ambiental.
- Deras, H. (2014). Guía técnica del cultivo del maíz. CENTA.
- FAO. (13 de junio de 2006). Producción Mundial de Maíz .[www.FAO.org](http://www.FAO.org). Recuperado el 18 de junio de 2016
- Fernández, J. (2006). Manual de requerimientos para el cultivo de maíz. Comisión Nacional para las buenas prácticas en maíz.
- García, M. T. Uso racional de insecticida químico y el policultivo maíz-calabaza en el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Cuba, 19 marzo
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D., Rivero, L., Camacho, E., Ruiz, J., . . . Mesa, A. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. AGRINFON, 64.
- Iltis, H., & Benz, B. (2000). *Zea nicaraguensis* (Poaceae), a new teosinte from Pacific Coastal Nicaragua. (10), 382-390.
- Infoagro. (2015). El cultivo del maíz. Unión de Naciones Unidas. Historia y origen del maíz .
- INTA. (2008). Manual de recomendaciones del cultivo del maíz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

- Kato, T. A., Mapes, C., Mera, L. M., Serratos, J. A., & Bye, R. A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica.
- Martin, G. O. H. Y Liendo, R. Cultivo del Maíz , 17 junio 2004
- Melgar, R., & Torres, M. (2012). Manejo de la Fertilización en Maíz. Maíz, 114-115.
- Oyarzun Arrechea, M. (septiembre de 2010). Respuesta productiva de un cultivo de maíz ("Zea mays" L. var. Dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efecto sobre la lixiviación de nitratos.
- Paliwal, R. (2001). Introducción al maíz y su importancia. El maíz en los trópicos Mejoramiento y producción. Producción y Protección Vegetal. 1-3.
- Hugo M. Pedrol, Julio M. Castellarín, Facundo Ferraguti y Osmar Rosso (2007/2008) Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz según nivel hídrico. Informaciones agronómicas, No. 40.
- Pérez, F., Aspillaga, J., Urra, P., Danty, J., & Echevarri, V. (2008). Cultivo de maíz. Especificaciones técnicas de buenas prácticas agrícolas.
- Reeves, R., & Mangelsdorf. (1942). A proposed taxonomic change in the tribe Maydeae. 815-817.
- Riccelli, M. Mejoramiento Genético y Biotecnología, Introducción a la Genética del Maíz, 21 junio 2000
- Rodríguez Bragado, L., Sombrero Sacristán, A., & Cedniú del Agua, M. M. (2014). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo del maíz. FERTILIZACIÓN(223).
- Rodríguez Núñez, A. (2016). Empleo de bioestimulantes foliares en el maíz (Zea mays L.) en el municipio de Fomento. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez". Trabajo de Diploma.
- Ruiz, C.; Cotrina, J. Y De, J. Manejo tecnificado del cultivo del maíz en la sierra , 27 octubre 2011.
- Sánchez, O. (febrero de 2014). Maíz (Zea mays L). 2(7), 151-171.
- Silva, C. Maíz genéticamente modificado [en línea]. -, 07 octubre 2005

