



**Facultad de Ciencias Agropecuarias
Departamento de Agronomía**

TRABAJO DE DIPLOMA

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA CON UREA AL CULTIVO DEL
MAÍZ (*Zea mays* L.), EN EL MUNICIPIO CABAIGUÁN.**

Autor: Héctor Carlos Pérez Blanco

Sancti Spíritus, 2017



UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
José Martí Pérez

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Departamento de Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA CON UREA AL CULTIVO DEL
MAÍZ (*Zea mays* L.), EN EL MUNICIPIO CABAIGUÁN.**

Autor: Héctor Carlos Pérez Blanco

Tutor: Dr. C. Marcos T. García González

Sancti Spíritus, 2017

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

SÍNTESIS

En este trabajo se presentan los resultados de la aplicación de diferentes dosis de fertilizante nitrogenado (urea 46 % de nitrógeno) con la finalidad de determinar cuál sería la que propicia un mayor aumento en los rendimientos del cultivo de maíz. La investigación se realizó en la finca “Caña Piña”, perteneciente a la CCS Nieves Morejón del municipio Cabaiguán, provincia Sancti Spíritus. En el montaje del experimento se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ y un testigo) con tres réplicas, sobre un suelo Pardo Sialítico sin Carbonato. Ubicándose en parcelas de 68 m². La variedad de maíz utilizada fue “Criollo”; con una distancia de siembra de 0,90 m x 0,30 m. Se determinaron los parámetros morfoagronómicos (altura de 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); 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). Los resultados demostraron que el tratamiento que alcanzó los valores más altos en los diferentes parámetros morfoagronómicos evaluados fue la dosis de 200 kg ha⁻¹, superando en 2,75; 4,18; 4,89 y 6,56 t ha⁻¹ a los tratamientos de 150, 100, 50 kg ha⁻¹ y testigo respectivamente. En cuanto a los índices de crecimiento (TCR, TAC y TAN) la dosis más favorecida fue la de 200 kg ha⁻¹ alcanzando valores superiores al resto de los tratamientos.

SYNTHESIS

They encounter the results of the application in this work of different dose of fertilizer nitrogenated (urea 46 % of nitrogen) with the purpose to determine which one would be the one that propitiates a bigger increase in the performances of the cultivation of corn. The investigation sold off at the farmstead Caña Piña, perteneciente itself to her CCS Nieves Morejón of the municipality Cabaiguán, province Sancti Spíritus. Pardo Sialítico without Carbonato used a design of blocks himself at random with five treatments (50, 100, 150 and 200 kg ha⁻¹) with three replies, on a ground in the set-up of the experiment. Finding your place at plots of land of 68 m². La variety of corn utilized was Creole; With a distance of planting of 0.90 m x 0.30 m. Morfoproductive determined parameters themselves (height from the beginning, 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). The results demonstrated than the treatment that it caught up with the higher moral values in the different parameters 200 kg ha⁻¹ dose was evaluated morfoproductive, surpassing in 2.75; 4.18; 4.89 and 6.56 kg ha⁻¹ to 150, 100, 50 kg ha⁻¹ treatments there are ¹ and control respectively. In as much as to index them (TCR, CAT and SO) the most favored dose went of growth give it ¹ catching up with superior valuables has 200 kg ha⁻¹ to the rest of the treatments.

ÍNDICE

Contenidos	Página
Capítulo I	
1. INTRODUCCIÓN	1
Capítulo II	
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Aspectos generales	5
2.2 Clasificación taxonómica y botánica del maíz	5
2.3 Fisiología del maíz	6
2.3.1 Fase Vegetativa	7
2.3.2 Fase Reproductiva	7
2.4 Requerimientos edafoclimáticos de maíz	7
2.4.1 Condiciones climáticas óptimas	7
2.4.2 Requerimientos del riego	8
2.4.3 Requisitos del suelo	8
2.5 Requerimientos nutricionales del cultivo del maíz	9
2.6 Fertilización nitrogenada	9
2.7 Fertilización química con base nitrogenada	12
2.7.1 Urea	12
2.7.1.1 Datos básicos de la urea	12
2.7.1.2 Formulación de la urea	12
2.7.1.3 Aplicación de la urea	12
2.7.1.4 Dosificación de la urea	13
2.7.1.5 Manipulación y almacenamiento	13
2.8 Importancia del nitrógeno en la nutrición del maíz	14
2.9 Síntomas carenciales del nitrógeno en el maíz	14

Capítulo III

3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Lugar de realización del experimento.	15
3.2 Descripción del experimento	15
3.3 Determinar los parámetros morfoagrómicos del maíz bajo el uso de las dosis de urea (50, 100, 150 y 200 kg ha ⁻¹)	17
3.3.1 Altura de la planta	18
3.3.2 Número de hojas por planta	18
3.3.3 Numero de hileras de granos por mazorca	18
3.3.4 Número de granos por hileras por mazorcas	18
3.3.5 Números de granos totales por mazorca	18
3.3.6 Masa de 100 granos	18
3.3.7 Área foliar	18
3.3.8 Masa fresca y masa seca	19
3.4 Determinar los índices fisiológicos de crecimiento del cultivo del maíz bajo el uso de las dosis de urea (50, 100, 150 y 200 kg ha ⁻¹).	20
3.4.1 Índice de área foliar (IAF)	20
3.4.2 Relación o razón de área foliar (RAF)	20
3.4.3 Tasa de asimilación neta (TAN)	20
3.4.5 Tasa de crecimiento relativo (TRC)	21
3.4.6 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)	21
3.5 Análisis estadístico.	22

Capítulo IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1 Altura de las plantas a los 30 y 45 ddd	23

4.2 Área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddg	23
4.3 Masa fresca y masa seca de los tratamientos a los 30 y 45 ddg	24
4.4 Índice de área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddg	25
4.5 Relación de área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddg	26
4.6 Índices de crecimiento	27
4.7 Variables agronómicas	28
4.8 Rendimiento	30
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Bibliografía	
Anexos	

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie de gramínea anual originaria de América e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz; es uno de los cultivos más estudiados en la actualidad y resulta de gran importancia conocer su origen y características (Cortez, 2008).

Por ser un cultivo de gran capacidad de adaptación no se propagó solo en el continente americano, sino en el resto de los continentes. Las ciencias agrícolas han desarrollado variedades más productivas y con el empleo de la genética y otros procedimientos han mejorado la calidad nutricional del maíz. 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).

La producción mundial de maíz se encuentra alrededor de los 900,00 millones de toneladas producidas anualmente. El mayor productor es Estados Unidos, con alrededor de 300,00 millones de toneladas. Le siguen China, Brasil, México y Argentina (FAO, 2012).

Los aborígenes cubanos cultivaron el maíz y fue fundamental en la dieta de aquellas comunidades. En la actualidad se cultiva en todas las provincias, y se sitúa dentro de las prioridades de las políticas agrarias del estado, ya que constituye un alimento básico, en la alimentación humana, del ganado y de las aves. La baja producción de los rendimientos de las cosechas, dada por falta de aplicación de la tecnología adecuada al cultivo, ha traído consigo la necesidad de importar cantidades de maíz a un precio en divisa muy variable y que en la

actualidad se ha elevado en el mercado mundial. Con el creciente desarrollo de la industria, este grano se ha convertido en la principal materia prima para la elaboración de almidón, piensos formulados para la rama pecuaria, mieles, jarabes, azúcar y aceites, así como alimentos para el consumo humano (Méndez, 2002).

El maíz es considerado en el país como un cultivo tradicional; se adapta a las más diversas condiciones de climas ambientales, temperatura, humedad, régimen de lluvias y luminosidad. Además, se puede sembrar en diferentes tipos de suelos, puesto que es cultivado a todo lo largo y ancho de la Isla (MAG, 2002).

El crecimiento vegetativo y la necesidad de suplementar nutrientes al maíz, varía apreciablemente entre lotes, zonas climáticas y años de producción. Esto se debe a diferencias en el suelo, clima y manejo del cultivo, algunas de ellas no son detectadas por el análisis de suelos. Es por esto que el maíz es un cultivo con altas demandas nutricionales; entre los elementos del suelo que utiliza en mayores cantidades cabe mencionar al nitrógeno (N), seguido del potasio (K) y fósforo (P); estos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes químicos, ya sean en forma individual o combinados en fórmulas, para obtener una buena producción (Dunja, 2000).

El maíz es un cultivo muy exigente desde el punto de vista nutricional, comparado con otros cultivos, tiene propiedades altamente esquilmanes, o sea requiere de suelos con buena fertilidad natural para desarrollarse y producir de acuerdo a su potencial genético. El nutriente de mayor demanda en este cultivo es el nitrógeno, el cual en las condiciones climáticas de nuestro país es muy escaso, por lo que la fertilización nitrogenada se hace casi imprescindible.

Los rendimientos alcanzados en Cuba en los últimos tres años se encuentran alrededor de las 2,0– 2,5 t ha⁻¹, en la provincia de Sancti Spíritus estos promedian las 1,8 – 2,0 t ha⁻¹, mientras que en el municipio de Cabaiguán, los rendimientos

alcanzados en los últimos cinco años se encuentran entre 1,3 y 1,5 t ha⁻¹, inferiores a la media provincial y muy distante de los potenciales productivos. 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 urea 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 urea que favorezca un mayor rendimiento.

Problema Científico

¿Cuál será la dosis de Urea (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) 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 Urea (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) se podrá identificar cuál es 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 Urea (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) en el comportamiento morfoagronómico y fisiológico del cultivo del maíz en el municipio de Cabaiguán.

Objetivos Específicos

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

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos Generales

El cultivo de maíz tiene importancia especial ya que constituye la base de la alimentación de los latinoamericanos. Es un cereal que se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se le cultiva en casi todo el mundo (Bonilla *et.al.*, 2009).

La importancia que representa dentro de los granos básicos es indudable desde distintos puntos de vista, por tener altas implicaciones en el contexto agrosocioeconómico de una gran mayoría de la población, principalmente para garantizar la seguridad alimentaria y la sobrevivencia. Los productos y subproductos que se obtienen del maíz, son utilizados tanto por la población rural como urbana, siendo estos demandados para el consumo humano, animal, transformación industrial y otros usos variados dentro o fuera de las fincas productoras (Fuentes, 2002).

México es considerado el centro mundial de origen de este importante cultivo, ya que las condiciones que favorecieron su diversificación se deben por una parte a la amplia variación ambiental del territorio mexicano y por otra a que es una especie de polinización abierta y presenta la mayor variación genética conocida dentro de los cultivos agrícolas. Estos aspectos han sido explotados por los agricultores para conservar materiales nativos, así como, adaptar y generar germoplasma nuevo (Benz, 2001).

2.2 Clasificación taxonómica y botánica del maíz

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

Reino *Plantae*

División *Magnoliophyta*

Clase *Liliopsida*
Orden *Poales*
Familia *Poaceae*
Género *Zea*
Especie: *mays*

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 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. Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presentan 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).

2.3 Fisiología

La planta de maíz presenta diferente comportamiento a las condiciones agroclimáticas. El conocer las características fenológicas que 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 (Fuentes, 2002).

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).

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 por mazorca que constituye la fracción cosechable de la biomasa. En el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), 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 Barreto, 1991).

2.4 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo del maíz.

2.4.1 Condiciones climáticas óptimas.

El maíz requiere una temperatura de entre 24,4 a 35,6 °C, siendo una media de 32 °C la temperatura ideal para lograr una óptima producción. Requiere bastante cantidad de luz solar, bajando sus rendimientos en los climas húmedos. La

temperatura debe estar entre los 15 a 27 °C para que se produzca la germinación en la semilla. Puede soportar una temperatura mínima de 8 °C y máximas de 39 °C, pero a partir de los 40 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes y una baja polinización (Cruz, 2013).

2.4.2 Requerimiento del riego

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 6000 a 7000 m³ ha⁻¹ 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)

2.4.3 Requisitos del suelo

El maíz presenta una amplia adaptación a los distintos tipos de suelos, aunque los suelos más apropiados para la producción son los suelos francos arcillosos con

buen drenaje, pH entre 6 a 7, ricos en materia orgánica y bien profundos (García, 2003).

2.5 Requerimientos nutricionales del cultivo del maíz

El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción por lo que requiere cantidades considerables de nutrimentos, sobre todo nitrógeno, fósforo y potasio; de los cuales se muestran a continuación requerimientos por hectárea:

Nitrógeno: 187 kg ha⁻¹

Fósforo: 38 kg ha⁻¹

Potasio: 192 kg ha⁻¹

Calcio: 38 kg ha⁻¹

Magnesio: 44 kg ha⁻¹

Azufre: 22 kg ha⁻¹

Cobre: 0,1kg ha⁻¹

Zinc: 0,3 kg ha⁻¹

Boro: 0,2 kg ha⁻¹

Hierro: 1,9kg ha⁻¹

Manganeso: 0,3 kg ha⁻¹

Molibdeno: 0,01 kg ha⁻¹

2.6 Fertilización nitrogenada

Por fertilizantes nitrogenados se entiende a los fertilizantes minerales que contienen nitrógeno, tanto simple como complejo. El objetivo es despertar el interés por asociar el consumo de materias primas con el consumo energético y con el cambio climático, y por tanto, incorporar el sentido de ahorro y eficiencia energética al uso de cada una de las materias primas. Es indudable que los fertilizantes nitrogenados son actualmente necesarios en la agricultura ya que

proveen los nutrientes que los cultivos necesitan. Con ellos se pueden obtener más alimentos y productos comerciales de mejor calidad, como también mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados (FAO, 2002)

El objetivo final de la práctica de la fertilización, ya sea en el maíz como en cualquier otro cultivo, es el aumentar la rentabilidad del mismo, dentro de un marco sustentable. Una de las formas de conseguir un aumento de la rentabilidad, es aumentando la productividad y la calidad. Es en este punto donde los nutrientes cumplen un rol fundamental. El concepto que hay que remarcar permanentemente es el de nutrición de los cultivos, donde la fertilización es una de las herramientas fundamentales.

En el caso del maíz, como toda gramínea, es altamente demandante de Nitrógeno, por lo que es este nutriente uno de los principales a tener en cuenta en cualquier plan de fertilización dentro de una nutrición balanceada. Esto para poder conseguir que la planta de maíz trabaje óptimamente. Para conocer la importancia que tiene aplicar el nitrógeno debemos saber que es el nutriente motor del crecimiento. Cuando la planta lo absorbe, lo acumula como nitrato en las hojas y este es el encargado de motorizar la síntesis del complejo hormonal del crecimiento, cuyo componente principal es el AIA (ácido indol acético). Así mismo, el nitrógeno es el componente principal de la mayoría de los aminoácidos que integran las proteínas (Gaspar, 2010).

No hay dudas de que la fertilización mineral nitrogenada incrementa los rendimientos agrícolas, hecho que ha sido demostrado en numerosas investigaciones a través de los años. Los productores con el afán de incrementar las producciones de sus cosechas, lo utilizan indiscriminadamente, obviando las consecuencias negativas que puede acarrear esta actividad, porque el uso excesivo del mismo perjudica el adecuado desarrollo de las plantas provocando un enorme crecimiento de las mismas ocasionando lo que llamamos " encamado" de los cultivos lo cual deprime los rendimientos agrícolas. Además de los efectos nocivos que tiene la aplicación de altas dosis de nitrógeno sobre los cultivos,

existe otro aspecto fundamental que debe valorarse y que constituye un riesgo potencial para la salud humana y animal y es la contaminación ambiental que puede ocasionar el empleo indiscriminado de este fertilizante (López, 2013).

Es común la práctica de aplicar urea a la superficie del suelo, tanto en sistemas de cultivo convencional como sistemas de siembra directa (labranza cero), aun cuando se ha demostrado que un alto porcentaje de urea se pierde por volatilización. Finalmente, la cuestión es definir en términos técnicos y económicos cual es la mejor forma de aplicar urea: aplicación superficial o aplicación incorporada entre 5 y 7 cm de profundidad. En primera instancia, el optar por la aplicación superficial es mucho más simple, debido a que esta aplicación es más económica que la aplicación incorporada por el menor consumo de combustible, menor uso de mano de obra y menor tiempo de aplicación.

Sin embargo, la situación cambia radicalmente a favor de la incorporación de la urea cuando se suman a los costos de aplicación, los costos derivados de las pérdidas por volatilización y la incidencia de esas pérdidas en la reducción del rendimiento del cultivo. Datos de investigación en diferentes años muestran claramente que las pérdidas de nitrógeno (N) por volatilización pueden ser superiores al 40% cuando la urea se deja en la superficie del rastrojo, inclusive cuando se riega el campo luego de la aplicación de la urea, para favorecer su incorporación (Lara Cabezas *et al.*, 1997)

La utilización de urea convencional como principal fuente de nitrógeno conlleva pérdidas importantes por volatilización y lavado si se lo aplica al voleo; la eficiencia de recuperación es mayor cuando la urea se aplica en bandas a 10 cm de profundidad, dependiendo del rendimiento se planificará el calendario de fertilización (Melgar y Torres 2006).

2.7 Fertilización química con base nitrogenada

2.7.1 Urea

Según YPF (2010), planteo que la urea es el fertilizante más popular. Es el sólido granulado de mayor concentración de nitrógeno.

2.7.1.1 Datos Básicos

Nombre Comercial: Urea

Grado Equivalente: 46-0-0

Categoría: Fertilizante

Familia: Nitrogenados

Presentación: Sólido Granulado en Bolsas de 50 kg

2.7.1.2 Formulación

Nitrógeno Total 46 % (en forma amídica)

Humedad 1,5 %

Peso Molecular 60,06 %

Dureza 1,2 kg (Presión para romper gránulos)

2.7.1.3 Aplicación

Se adapta a diferentes tipos de cultivos y distintos tipos de aplicaciones. La urea se puede aplicar al voleo, en cobertura, pero la mejor eficiencia se logra entre líneas, al costado o debajo de la línea de siembra, donde además no existen limitaciones en las dosis a aplicar. Para evitar pérdidas de nitrógeno por volatilización, en situaciones con temperaturas promedio superiores a 18°C se recomienda también su incorporación al suelo. Como todo fertilizante nitrogenado, puede aplicarse antes de la siembra o al momento de la misma. La aplicación debe realizarse con suficiente antelación al momento en que la planta precise el nitrógeno, pues su acción es lenta.

La urea es tan eficiente como cualquier otro fertilizante nitrogenado si se incorpora al suelo inmediatamente luego de la aplicación. Cuando es incorporado al mismo, no existen, o son mínimas, las pérdidas de nitrógeno. Al incorporar la urea al suelo rápidamente después de la aplicación, el amoníaco que libera se combina con la humedad y las partículas del mismo. Así se retiene en el suelo igual que el amoníaco anhidro cuando se lo inyecta, habiendo muy poca pérdida de nitrógeno a la atmósfera.

Si se aplica en la superficie, o no se incorpora o arrastra dentro del suelo por la lluvia o el riego, se hidroliza liberando amoníaco gaseoso a la atmósfera, lo cual puede representar severas pérdidas de nitrógeno, por ello es muy conveniente su incorporación para reducir la volatilización del nitrógeno amoniacal que se potencia en suelos calizos, con pH elevados, ambiente seco y temperaturas altas. Cuando se cuenta con riego es conveniente que el suelo esté húmedo o se practique un ligero riego tras su incorporación.

2.7.1.4 Dosificación

No se recomiendan dosis mayores de 20 a 40 kg de producto sobre la misma línea de siembra, ya que existen severos riesgos de fitotoxicidad a la semilla. En cambio, localizado entre hileras, al costado o por debajo de la línea de siembra no existen limitaciones de cantidades.

2.7.1.5 Manipulación y almacenamiento

Se recomienda su almacenaje en recintos cerrados, bien ventilados y con ambiente seco, donde la temperatura no debe ser elevada. El producto debe mantenerse embolsado sobre tarimas sin entrar en contacto con el suelo, y lejos de fuentes de calor. No dejar envases abiertos porque se humedece en contacto con el aire (es higroscópico). Se debe separar la estiba del techo por lo menos un metro. Dejar espacio entre ellas para permitir la circulación de aire.

2.8 Importancia del Nitrógeno en la Nutrición del Maíz

El Nitrógeno es esencial en la planta. Forma parte de cada célula viva. Las plantas requieren grandes cantidades de nitrógeno para crecer normalmente. Es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de la clorofila, está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. Es componente de vitaminas y de los sistemas de energía de la planta. Y es también un componente esencial de los aminoácidos; por lo tanto el nitrógeno es directamente responsable del incremento de proteínas en las plantas, estando directamente relacionado con la cantidad de hojas, brotes, tallos, etc. En cereales el nitrógeno es determinante en la cantidad de proteínas de los granos (Fausto, 2014).

2.9 Síntomas Carenciales del Nitrógeno en el Maíz

Los síntomas visuales de deficiencias de nitrógeno no son fácilmente detectables en estadíos tempranos del ciclo del cultivo, pudiendo aparecer síntomas severos a partir de las 6 a 7 hojas desarrolladas. El estrés nitrogenado hace que las hojas tomen una coloración verde claro a amarillenta debido a la merma en el contenido de clorofila. El amarillamiento y senescencia foliar producido por la escasez de nitrógeno comienza por las hojas basales avanzando desde la punta hacia la base de las mismas en forma característica de "V" invertida.

Es importante señalar que existen diferencias apreciables entre híbridos en la intensidad del color verde de las hojas por lo que la comparación entre genotipos puede conducir a errores en la interpretación del estado nutricional del cultivo (Uhart & Echeverría, 2000).

Según (Rodríguez *et al.* 2014) otros síntomas de carencia de nitrógeno en maíz pueden ser:

- 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 período de tiempo durante el cual se acumula nitrógeno en las partes vegetativas.
- Las plantas deficientes de nitrógeno son más pequeñas de lo normal, los tallos son finos y entre nudos 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.
- El crecimiento se hace lento e incluso puede paralizarse.
- Se adelanta la maduración.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de realización del experimento

La presente investigación se realizó en la finca “Caña Piña”, perteneciente a la CCS Nieves Morejón del municipio Cabaiguán, provincia 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 subregión 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.

3.2 Descripción del experimento

El experimento se realizó en los meses de mayo-agosto del 2016 realizándose la siembra en 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. A los 25 días después de la germinación (ddg), se realizó un aporque entre surco, con tracción animal. La fertilización fue con formula completa (9-13-17) en la siembra y una segunda

aplicación a los 25 ddg con urea al 46 % de nitrógeno con dosis según los tratamientos y coincidiendo con la labor de aporque. Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo para conocer el contenido de nitrógeno por el método de Johan Kjeldahl (Gerhardt, 2015).

En el montaje del experimento (Tabla1) se empleó un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas, ubicándose en parcelas de 68 m². La variedad de maíz utilizada fue “Criollo”; con una distancia de siembra de 0,90 m x 0,30 m. Los tratamientos utilizados fueron urea (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹) y un testigo.

Tabla1. Diseño experimental en Bloques al Azar

C3	E3	D3	A3	B3
E2	D2	B2	C2	A2
A1	B1	C1	D1	E1

A: 50 kg ha⁻¹ de urea

B: 100 kg ha⁻¹ de urea

C: 150 kg ha⁻¹ de urea

D: 200 kg ha⁻¹ de urea

E: Testigo

3.3 Determinar los parámetros morfoagromórficos del maíz bajo el uso de las dosis de urea (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹)

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

3.3.1 Altura de planta. Esta variable se midió a los 30 y 45 ddg con la ayuda de una cinta métrica desde la base de la planta hasta el punto de inserción de la hoja

bandera, se midieron 15 plantas por parcelas para un total de 45 plantas por tratamiento.

3.3.2 Numero 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, se midieron 15 plantas por parcelas para un total de 45 plantas por tratamiento.

3.3.3 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.

3.3.4 Número de granos por hilera por mazorca. Se realizó por conteo físico contando el número de granos por hilera y se determinó el promedio de granos por hilera por mazorca. Se tomaron 15 mazorcas por parcela para un total de 45 mazorcas por tratamiento en el momento de la cosecha

3.3.5 Número de granos totales por mazorca. El producto de los números de hileras por mazorca por el número de granos por hilera, generó el número total de granos por mazorca.

3.3.6 Masa de 100 granos. Para ello se utilizó una balanza digital de precisión *Sartorius BS22025* ($d= 0,01g$). Se tomaron cien granos al azar por tratamiento y se le realizó el pesaje.

3.3.7 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.

$$At = \Sigma (l a) f$$

$$f = \frac{Ah}{l.a}$$

At: Área total

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)

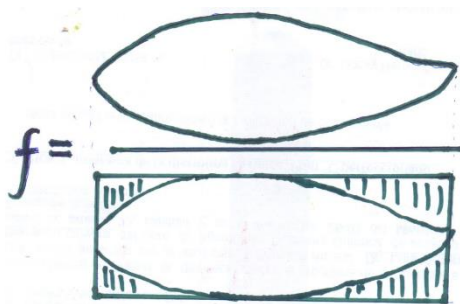


Figura 1. Coeficiente de Área Foliar

3.3.8 Masa fresca y masa seca

La masa fresca se determinó en una balanza digital de precisión *Sartorius BS22025* ($d= 0,01g$), luego se determinó la masa seca empleándose para ello una estufa a $65\text{ }^{\circ}C$, durante 72 horas, procediéndose después al pesaje de las muestras hasta que estas presentaron una masa estable. Para ello se tomaron 15 muestras por parcela para un total de 45 muestras por tratamiento a los 30 y 45 ddg.

3.4 Determinar los índices fisiológicos de crecimiento del cultivo del maíz bajo el uso de las dosis de urea (50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹).

Con los datos obtenidos en el acápite anterior se realizaron 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.

3.4.1 Índice Área Foliar (IAF). Expresa la relación entre el área foliar y el área de terreno que ocupa la planta.

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

3.4.2 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 (cm²) a los 30 ddg

A2: Área foliar de la planta (cm²) a los 45 ddg

P1: Masa seca de la planta (g) a los 30 ddg

P2: Masa seca de la planta (g) a los 45 ddg

3.4.3 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:

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

P1: Masa de la materia seca total (g) a los 30 ddg

P2: Masa de la materia seca total (g) a los 45 ddg

A1: Área Foliar (cm²) a los 30 ddg

A2: Área Foliar (cm²) a los 45 ddg

t1: 30 ddg

t2: 45 ddg

3.4.5 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 ddg

P2: Masa de la materia seca total (g) a los 45 ddg

t1: 30 ddg

t2: 45 ddg

3.4.6 Tasa Absoluta de Crecimiento (TAC). Expresa cantidad de masa seca producida por unidad de tiempo. Es la pendiente de la curva sigmoidea 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 ddg

P2: Masa de la materia seca total (g) a los 45 ddg

t1: 30 ddg

t2: 45 ddg

3.5 Análisis estadístico

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

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de las plantas a los 30 y 45 ddg

A los 30 ddg la altura de las plantas que estaban bajo el efecto de la fertilización nitrogenada con urea, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellas (Figura 2), pero sí con el testigo excepto el tratamiento de 50 kg ha⁻¹. A los 45 ddg el comportamiento de la altura de las plantas fue similar a la obtenida a los 30 ddg. No existieron diferencias entre los tratamientos con fertilización nitrogenada, pero sí de entre estos con el testigo. Estos resultados determinan que la fertilización nitrogenada con urea a los 25 días favorece un mayor crecimiento de las plantas de maíz.

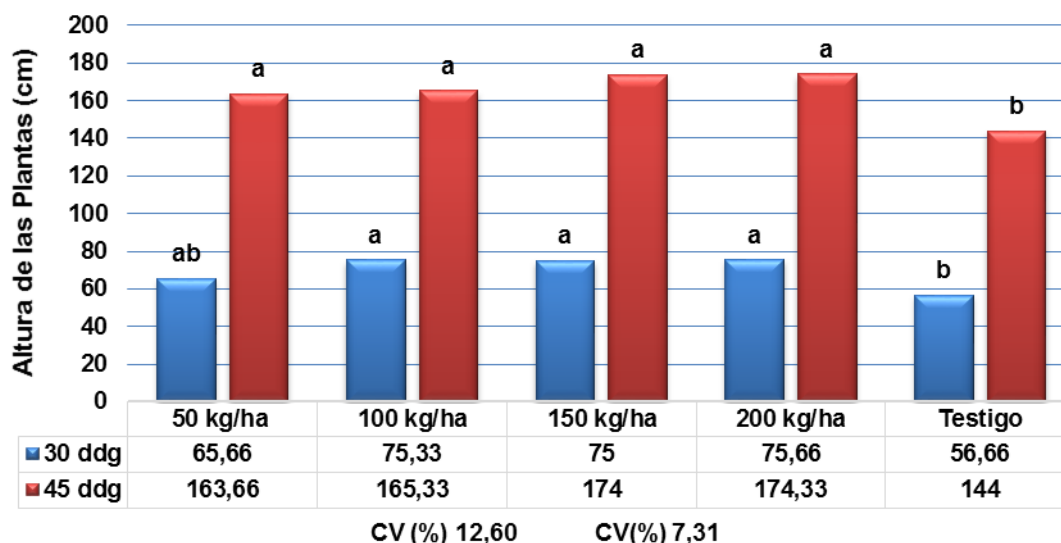


Figura 2. Altura de las plantas a los 30 y 45 ddg

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

El área foliar de las plantas de maíz a los 30 ddg se vio favorecida en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada respecto al testigo que solo fue

fertilizado con fórmula completa en el momento de la siembra (Figura 3). La dosis que alcanzo los mejores valores fue la de 200 kg ha⁻¹ con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos y superando al testigo 2019,5 cm² de área foliar, en segundo orden le sigue el tratamiento de 150, 100 y 50 kg ha⁻¹ respectivamente y con diferencias estadísticas entre ellos. Por su parte a los 45 ddd el área foliar mostro un comportamiento similar al muestreo de los 30 ddd, donde el tratamiento de 200 kg ha⁻¹ fue el más favorecido y el testigo el de menores valores con diferencias estadísticas significativas con el resto de los tratamientos.

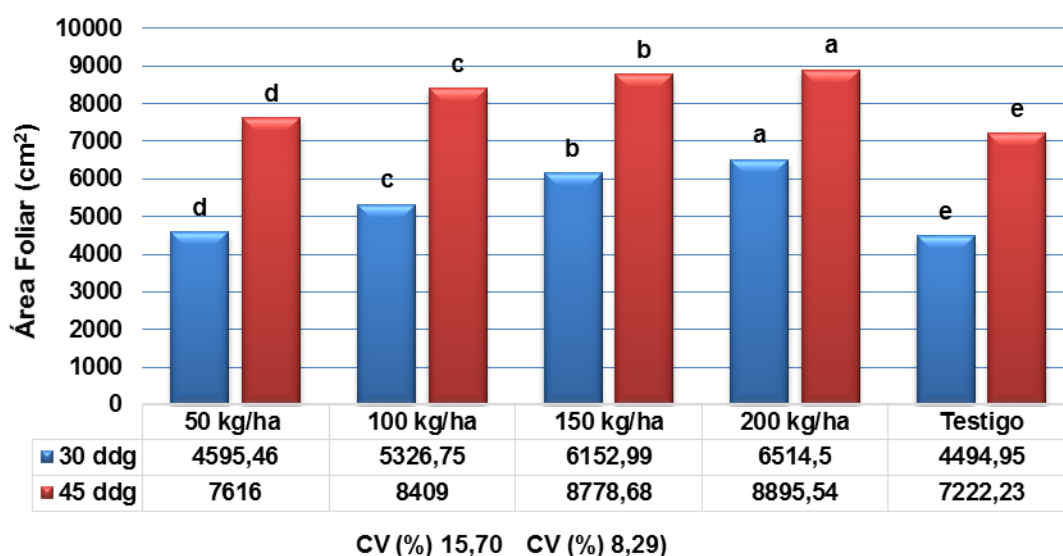


Figura 3. Área foliar de las plantas a los 30 y 45 ddd

4.3 Masa fresca y seca de los tratamientos a los 30 y 45 ddd

En la tabla dos se puede observar el comportamiento de la masa seca y fresca a los 30 y 45 ddd. A los 30 ddd la masa fresca no presento diferencias significativas entre los tratamientos donde se utilizó la fertilización nitrogenada con urea a los 25 ddd, pero sí de estos con el testigo, el cual fue el que alcanzo menores valores. A los 45 ddd la dosis con valor mínimo más alto fue la de 150 kg ha⁻¹ aunque sin diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos con fertilización

nitrogenada. De igual modo el testigo fue el que presentó los resultados más bajos en cuanto a estadística respecto a los demás.

Por su parte la masa seca a los 30 ddg mostró que no existieron diferencias significativas entre las cuatro dosis de urea empleadas, donde la de 200 kg ha⁻¹ fue la de mayor valor numérico (Tabla 2). Los tratamientos de 50 y 100 kg ha⁻¹ no presentaron diferencias con el testigo que fue el de menor valor numérico. A los 45 ddg se mantienen los tratamientos de 150 y 200 kg ha⁻¹ como los de mayores valores y sin diferencias entre ellos, le siguen en segundo orden los de 50 y 100 kg ha⁻¹ respectivamente y continúa el testigo como el tratamiento con los menores valores.

Tabla 2. Masa fresca y seca de los tratamientos a los 30 y 45 ddg

Tratamientos	Masa Fresca	Masa Fresca	Masa Seca	Masa Seca
	30 días (g)	45 días (g)	30 días (g)	45 días (g)
50 kg ha⁻¹	597,02 a	1330,36 ab	67,48 ab	227,30 bc
100 kg ha⁻¹	629,53 a	1189,63 ab	64,34 ab	205,29 bc
150 kg ha⁻¹	668,87 a	1631,43 a	71,41 a	279,42 a
200 kg ha⁻¹	664,63 a	1476,43 ab	72,85 a	238,92 ab
Testigo	390,75 b	1028,98 c	41,23 b	182,65 c
CV %	19,89	18,10	23,65	15,92
EE(x)±	30,31	62,24	3,87	9,50

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 y 45 ddg

El índice de área foliar a los 30 ddg en las plantas de maíz indicó que el tratamiento de 200 kg ha⁻¹ fue el que mejor relación estableció entre el área foliar y el terreno que ocupan las plantas con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. El testigo fue el de menor relación aunque sin diferencia con la dosis

de 50 kg ha⁻¹ (Figura 4). A los 45 ddg no existieron diferencias significativas entre los tratamientos de 100, 150 y 200 kg ha⁻¹, pero sí de estos con las dosis de 50 kg ha⁻¹ y el testigo, los cuales fueron los que obtuvieron menor relación. Estos resultados muestran como a partir del IAF se puede manejar las densidades de siembra y así favorecer una mejor asimilación de nutrientes del suelo y una mejor actividad fotosintética (Figura 4). 50 kg ha⁻¹

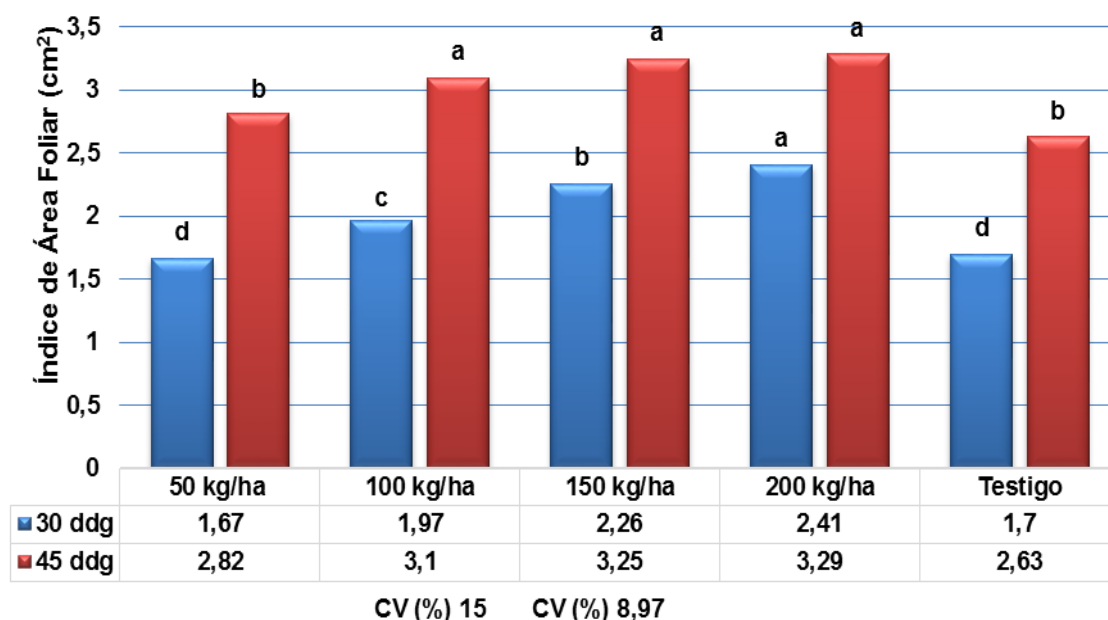


Figura 4. Índice de área foliar a los 30 y 45 ddg

4.5 Relación de área foliar a los 45 ddg

La relación de área foliar (RAF) indica como entre los tratamientos 50, 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ no existieron diferencias estadísticas significativas (Figura 5). Por su parte el testigo fue el que alcanzó un mayor valor y con diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos, lo que demuestra como el testigo necesita una mayor área foliar para poder fijar la misma cantidad de masa seca que los tratamientos fertilizados con urea.

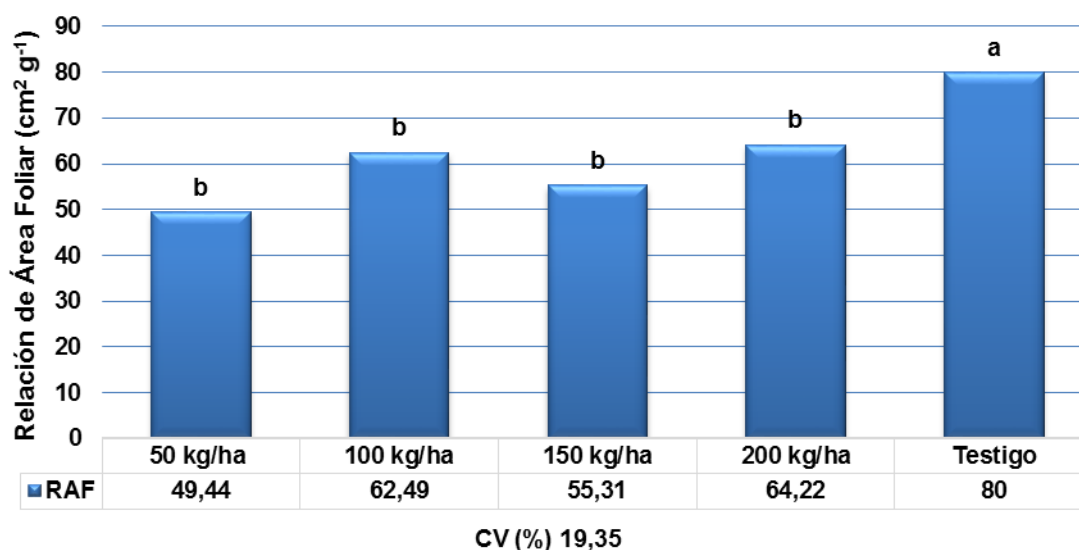


Figura 5. Relación de área foliar a los 45 ddd

4.6 Índices de crecimiento

La tasa relativa de crecimiento (TCR) mostró que los tratamientos de 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ fueron los más favorecidos sin diferencias entre ellos (Tabla 3). La dosis de 200 kg ha⁻¹ fue la que logró el mayor valor numérico. Por su parte la dosis de 50kg ha⁻¹ y el testigo obtuvieron los mismos valores los que resultaron los más bajos de la investigación. Estos resultados demuestran que las plantas de maíz donde se aplicaron las dosis de 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ tuvieron un mejor aprovechamiento de la luz solar al producir materia seca por gramo de materia seca existente en un tiempo determinado. Este índice de crecimiento se considera como indicador de eficiencia fotosintética y por consiguiente en los rendimientos.

En la tabla 3 se puede apreciar el comportamiento de la tasa absoluta de crecimiento (TAC) en las plantas de maíz. En la misma se presentan a los tratamientos 150 y 200 kg ha⁻¹ como las dosis de urea con los mayores valores sin diferencias entre ellos y si con el resto de tratamientos. Los tratamientos de 50,

100 kg ha⁻¹ y el testigo constituyen un ejemplo homogéneo. Resultados estos que confirman que las dosis de urea de 150 y 200 kg ha⁻¹ fueron los que favorecieron un mejor desarrollo fisiológico y de crecimiento de las plantas.

La tasa de asimilación neta (TAN) por su parte fue mayor al igual que la tasa absoluta de crecimiento en los tratamientos de 150 y 200 kg ha⁻¹, aunque sin diferencias significativas con el tratamiento de 100 kg ha⁻¹ (Tabla 3). El testigo alcanzó los valores numéricos más bajos y sin diferencia con el tratamiento de 50 kg ha⁻¹. Con estos resultados se puede concluir con que los tratamientos de 100, 150 y 200 kg ha⁻¹ fueron los de mayor ganancia neta en masa seca por unidad de área foliar y por tanto los de mayor eficiencia fotosintética.

Tabla 3. Índices de crecimiento

Tratamientos	TCR (g . g⁻¹. día⁻¹)	TAC (g . día⁻¹)	TAN (g . cm⁻². día⁻¹)
50 kg ha⁻¹	0,0687 b	9,55 b	0,0013 b
100 kg ha⁻¹	0,0696 ab	9,39 b	0,0015 ab
150 kg ha⁻¹	0,0799 ab	13,85 a	0,0019 a
200 kg ha⁻¹	0,0911 a	13,73 a	0,0020 a
Testigo	0,0687 b	7,20 b	0,0012 b
CV %	21,94	21,13	22,50
EE(x)±	0,0029	0,075	0,0009

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

En la tabla 4 se pueden observar los resultados de las principales variables agronómicas del cultivo de maíz. El número de hileras de granos por mazorca mostró que no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos con fertilización nitrogenada de diferentes dosis de urea, aunque el mayor valor numérico lo alcanza la dosis de 200 kg ha⁻¹. Por su parte la de 50 kg ha⁻¹ fue junto con el testigo las de más bajo valor y sin diferencias entre ellos.

Por su parte el número de granos por hilera estuvo favorecido en los tratamientos de 150 y 200 kg ha⁻¹ sin diferencias estadísticas entre ellos (Tabla 4). Le siguen en segunda orden los tratamientos de 100 y 50 kg ha⁻¹ respectivamente. El testigo continúa como el de más bajos resultados.

El número de granos totales se vio mayormente favorecido por la dosis de 200 kg ha⁻¹ y con diferencias estadísticas con los demás tratamientos (Tabla 4). En segundo orden le sigue la dosis de 150 kg ha⁻¹ y el testigo continúa como tratamiento de resultados más bajos.

En el pesaje de la masa de 100 granos la dosis de 200 kg ha⁻¹ continúa como el mejor tratamiento y con diferencias estadísticas con el resto. Le continúa en segunda orden las dosis de 150, 50 y 100 kg ha⁻¹ respectivamente. El testigo se mantiene con los valores más bajos (Tabla 4).

Resultado inferior reflejo Viejó, 2015 trabajando con la dosis de 200 kg ha⁻¹, donde obtuvo en el pesaje de la masa de 100 granos 37,63 gramos.

Tabla 4. Variables Agronómicas

Tratamientos	No de Hileras por Mazorcas	No de Granos Por Hilera	Granos Totales Por Mazorca	Masa de 100 Granos
50 kg ha⁻¹	14,00 ab	42,00 bc	588,00 d	37,19 b
100 kg ha⁻¹	15,33 a	43,00 bc	657,00 c	36,84 b
150 kg ha⁻¹	15,33 a	47,33 ab	724,66 b	38,68 b
200 kg ha⁻¹	16,00 a	49,66 a	794,66 a	44,15 a
Testigo	12,66 b	37,00 c	466,00 e	37,51 c
CV %	3,14	11,39	18,26	12,16
EE(x)±	0.373	1,28	30,7	1,7

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

4.8 Rendimiento

En la Figura 6 se confirma como la utilización de la fertilización nitrogenada con urea a los 25 días después de la germinación puede aumentar considerablemente los rendimientos. El tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento potencial y con diferencias estadísticas significativas fue la dosis de 200 kg ha⁻¹. Este tratamiento supero en 6,56 toneladas al testigo. Por su parte el tratamiento de 150 kg ha⁻¹ le siguió en segundo orden, mientras que la dosis de 50 y 100 kg ha⁻¹ a pesar de no mostrar diferencias estadísticas con el testigo si lo superaron numéricamente.

Resultado inferior reflejo Nuñez, 2016 trabajando con FitoMas-E + ME, donde obtuvo un rendimiento de 5,30 t ha⁻¹. Lo que demuestra la eficiencia de la aplicación de fertilizante químico, en este caso, la urea a una dosis de 200 kg ha⁻¹ alcanzando un rendimiento potencial de 12,93 t ha⁻¹. Siendo superior al rendimiento obtenido por Nuñez, 2016 en un 40,98 %.

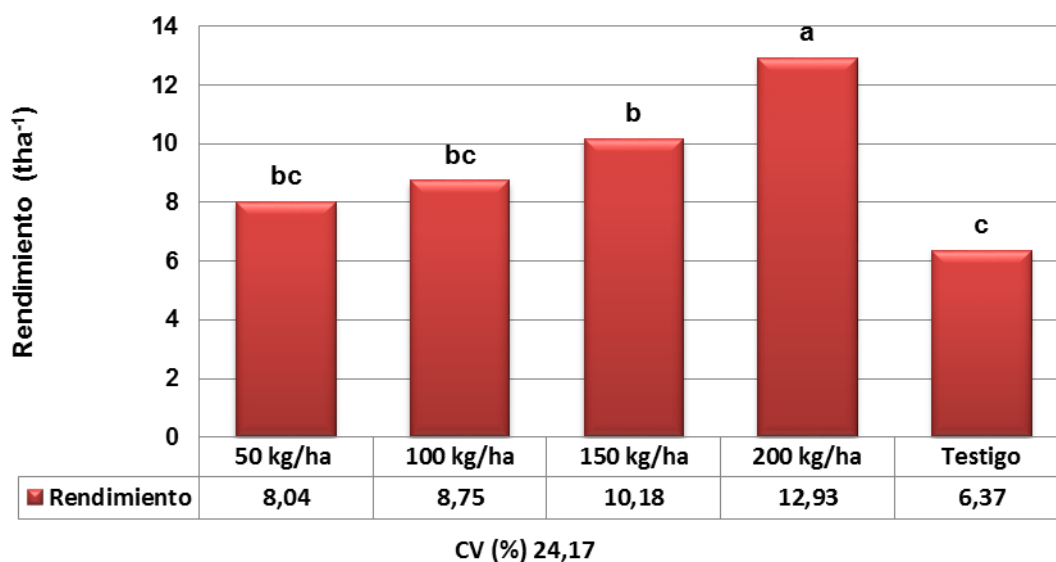


Figura 6. Rendimiento potencial obtenido

5 CONCLUSIONES

1. Los resultados demostraron que el tratamiento que alcanzó los valores más altos en los diferentes parámetros morfoagronómicos evaluados fue la dosis de 200 kg ha⁻¹, superando en 2,75; 4,18; 4,89 y 6,56 t ha⁻¹ a los tratamientos de 150, 100, 50 kg ha⁻¹ y testigo respectivamente.
2. En cuanto a los índices de crecimiento (TCR, TAC y TAN) la dosis más favorecida fue la de 200 kg ha⁻¹ alcanzando valores superiores al resto de los tratamientos.

6 RECOMENDACIONES

Utilizar la dosis de 200 kg ha⁻¹ de urea a los 25 ddg y coincidiendo con la labor de aporque para aumentar los rendimientos en el cultivo de maíz.

7 Bibliografía

- Alonso, R. *El maíz y la nutrición, Salud y vida* [en línea]. Infomet, 08 mayo 2009 [Consulta: 02 diciembre 2009]. Disponible en: [http:// WWW.Infomet.cu](http://WWW.Infomet.cu).
- Altieri, M. Bases Agroecológicas para una producción agrícola sustentable. 1994. *Agricultura Técnica (Chile)* 54(4):371-386.
- Benz, B. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz. *PNAS* 98 (4): 2104-2106. 2001.
- Bolaños, M. y Barreto, A. Metodología para el Manejo Integrado del Maíz. Ciudad Habana Cuba: MINAGRI, 1991.
- Bonilla, A. Cereales de Primavera .Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 2009. p458.
- Cortez, M. *El maíz en México y en el mundo*. México: Instituto Nacional de Ecología. Dirección de Economía Ambiental., 2008.
- Cruz, O. Manual para el cultivo del maíz en Honduras. Programa Nacional de Maíz. Tegucigalpa, M. D. C. 2013
- Dunja, M. (2000). *Fertilización del cultivo de maíz*. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. FONAIAP.
- FAO. Los fertilizantes y su uso. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. París 2002.
- Fausto, H. (2014). *Fertilizantes Nitrogenados*. Ficha Comercial.
- Fernández, J. Manual de requerimientos para el cultivo del maíz. Colombia. Comisión Nacional para las buenas prácticas en maíz. 2006.
- Fuentes, J. Estudio agroecológico del cultivo del maíz y sus potencialidades en la sustentabilidad de pequeñas fincas campesinas en la provincia de Granma, Cuba. Tesis de Maestría, Universidad Internacional de Andalucía, España, 143 pp. 2002.
- García, F. *Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz*. Argentina: INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur, 2013.
- Gaspar, L. (2010). Fertilización del Cultivo del Maíz. *AgroEstrategias*.

- Gerhardt, C. (2015). *Análisis de nitrógeno por el método de Johan Kjeldahl*. Alemania: Konigswinter.
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D.; Rivero, L.; Camacho, E.; Ruiz, J.; Jaimez, E.; Marsán, R.; Obregón, A.; Torres, J.; González, J. E.; Orellana, Rosa.; Paneque, J. & Mesa, A. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. 1ra ed. Ciudad de La Habana: AGRINFON Ministerio de la Agricultura, 1999. p. 64. ISBN 959-246-022-1.
- Kato, T. A.; Mapes, C.; Mera, L. M.; Serratos, J. A. & BYE, R. A. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Kurilich, 2009.
- Lara, C. W.A.R., G.H. Komdorfer e S.A. Motta. 1997.
- López, J. A. (Febrero de 2013). Fertilización Nitrogenada, Impactos Sobre los Rendimientos y el Medio Ambiente. *Desarrollo Local Sostenible*, 16.
- MAG. (2002). *La agricultura en el Ecuador: Un campo para explotar*. Editorial Soboc Grafic.
- Melgar, R., & Torres, D. (2006). Manejo de la fertilización en maíz (En línea). Disponible en <http://www.elsitioagricola.com/articulos/melgar/Manejo%20de%201a%20Fertilizacion%20en%20Maiz%20%202003.asp>(Consultado el 13 de octubre de 2014). .
- Méndez, A. Agroentomofauna principal y aspectos bioecológicos de las especies de importancia económica en la provincia de Las Tunas», Tesis de Doctorado, Universidad Central de Las Villas, Cuba, 2002.
- Nuñez, A. R. (2016). *EMPLEO DE BIOESTIMULANTES FOLIARES EN EL MAÍZ (Zea mays L.) EN EL MUNICIPIO DE FOMENTO*. . Fomento.
- Pérez, F.; Aspillaga, J.; Urra, P.; Danty, J. & Echavarrí, V. Especificaciones técnicas de buenas prácticas agrícolas. Cultivo de maíz. República de Chile: Ministerio de la Agricultura, 2008.
- Rodríguez Bragado, L., Sombrero Sacristán, A., & Cedniú del Agua, M. M. (2014). Efectos de la fertilización nitrogenada en el cultivo del maíz. *Fertilización*, 223.

Sánchez, O. Maíz (*Zea mays* L.). *Reduca (Biología)*. Serie Botánica, febrero 2014, nº 7 (2): 151-171.

Uhart, S., & Echeverría, H. (2000). *El rol del nitrógeno y del fósforo en la producción de maíz*. INTA-FCA Balcarce: Morgan.

Viejó, J. M. (2015). *RESPUESTA AGRONÓMICA DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ (Zea mays L.) A LA APLICACIÓN DE TRES FUENTES DE FERTILIZANTES NITROGENADOS*. Ecuador.

YPF. (2010). Urea 46-0-0. *Fertilizantes Nitrogenados*, 11.

8 ANEXOS