

**FERTILIZACIÓN CON ESTIÉRCOL Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ
(*Zea mays* L. subsp. *amylacea*) EN EXPERIMENTO DE MEDIA DURACIÓN**

JOSÉ EMANUEL LÓPEZ RODRÍGUEZ

Trabajo Final de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial
San Lorenzo, Paraguay

2019

**FERTILIZACIÓN CON ESTIÉRCOL Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ
(*Zea mays* L. subsp. *amylacea*) EN EXPERIMENTO DE MEDIA DURACIÓN**

JOSÉ EMANUEL LÓPEZ RODRÍGUEZ

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS

Co-orientador: Prof. Ing. Agr. (M. Sc.) CRISTIAN A. BRITOS BENÍTEZ

Trabajo Final de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial
San Lorenzo, Paraguay

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**FERTILIZACIÓN CON ESTIÉRCOL Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ
(*Zea mays* L. subsp. *amylacea*) EN EXPERIMENTO DE MEDIA DURACIÓN**

Este trabajo final de grado fue aprobado por la Mesa Examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.

Autor: José Emanuel López Rodríguez

Orientador: Ing. Agr. (Dr.) Carlos Leguizamón Rojas

Co-orientador: Ing. Agr. (M.Sc.) Cristian Britos Benítez

Miembros de la mesa examinadora:

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos Leguizamón Rojas

Prof. Ing. Agr. (M. Sc.) Cristian Britos Benítez

Ing. Agr. (Dr.) Hugo González Villalba

San Lorenzo, 9 de julio de 2019

DEDICADO
A mis padres Gregorio y Teodora
A mis hermanos Liz, Carmelo y Gregorio.

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres y hermanos; gracias por acompañarme en todo el proceso y por hacer esto posible.

Al Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas; gracias por orientarme durante la ejecución de la tesis, por la predisposición de trabajo durante la fase experimental y sobre todo por el profesionalismo demostrado durante este trabajo.

Al Prof. Ing. Agr. (M. Sc.) Cristian Andrés Britos Benítez por la predisposición durante la ejecución de este trabajo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el financiamiento de la tesis en el marco del Proyecto 14-INV-130 “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”.

A la Orientación Suelos; Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por el apoyo, mediante la utilización de equipos necesarios para el trabajo de campo y laboratorio.

Al señor productor Pedro Sanabria Montiel y el Ing. Agr. Marcos Sanabria por facilitarnos el terreno para la realización del experimento así también por el buen trato y los conocimientos compartidos.

A mis queridos compañeros de la Orientación, Alejandro Garcete y Ariel Torres, por la ayuda durante el trabajo, tanto en el campo como los trabajos de gabinete.

A todos mis amigos, colegas y compañeros que aportaron su conocimiento y tiempo para poder ayudarme, muchas gracias.

FERTILIZACIÓN CON ESTIÉRCOL Y NITRÓGENO EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* L. subsp. *amylacea*) EN EXPERIMENTO DE MEDIA DURACIÓN

Autor: José Emanuel López Rodríguez

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos Leguizamón Rojas

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. (M. Sc.) Cristian Britos Benítez

RESUMEN

La fertilización con estiércol (EB) y la fertilización con nitrógeno (N-urea) son componentes claves para el desarrollo óptimo del maíz. El objetivo general de la investigación fue evaluar la producción del maíz chipa con la aplicación de dosis de nitrógeno, estiércol bovino y la combinación de los mismos. El experimento se llevó a cabo en el Distrito de Caaguazú, ubicado en la compañía 3° Línea Agua. El mismo tuvo una duración de 5 meses, desde noviembre del 2017 hasta marzo del 2018. Este experimento corresponde al tercer año de evaluación siendo mantenidos la aleatorización de los tratamientos y el diseño en bloques completos al azar, se evaluaron dos factores dispuestos en parcelas subdivididas, el primer factor fue el EB que fue distribuido en las parcelas, esta enmienda tuvo dos dosis 5 t ha^{-1} y 10 t ha^{-1} , además de un testigo sin enmienda orgánica. El otro factor fue dosis de N-urea, que se distribuyó en las subparcelas. Las dosis de N-urea fueron respectivamente 40 , 80 , 120 y 160 kg ha^{-1} , además de un testigo sin el fertilizante mineral. El experimento contó con 15 tratamientos y 4 repeticiones. No se verificó diferencia significativa en la población de plantas, siendo el promedio $50.600 \text{ plantas ha}^{-1}$ y no se verificó interacción entre los factores evaluados en ninguna variable. La dosis de N-urea incrementaron la longitud de la espiga, la altura de la planta, la materia seca aérea y el rendimiento en granos. El EB afectó significativamente las variables de rendimiento en granos, longitud y diámetro de la espiga, peso de mil semillas, altura de planta, diámetro del tallo y materia seca aérea. El mayor rendimiento en granos obtenido fue de 4.318 kg ha^{-1} , con dosis de 10 t ha^{-1} y 80 kg ha^{-1} de N-urea. La dosis de N-urea, sin EB, que posibilitó el mayor rendimiento en granos (2.480 kg ha^{-1}) fue 120 kg ha^{-1} , 10 t ha^{-1} de EB sin N-urea posibilitó un rendimiento de 3.090 kg ha^{-1} . La máxima eficiencia técnica fue de 123 kg ha^{-1} de N-urea siendo el máximo rendimiento obtenido de 4.182 kg ha^{-1} . Es recomendable la aplicación del estiércol bovino para mejorar la producción de maíz chipá, en combinación con aplicación de N-urea.

Palabras clave: maíz, estiércol bovino, urea.

**ADUBAÇÃO COM ESTERCO E NITROGÊNIO EM MILHO (*Zea mays* L.
subsp. *amylacea*) EM EXPERIMENTO DE MÉDIO PRAZO**

Autor: José Emanuel López Rodríguez

Orientador: Prof. Dr. Ing. Agr. Carlos Leguizamón Rojas

Co-orientador: Prof. M.Sc. Ing. Agr. Cristian Britos Benítez

RESUMO

A fertilização com esterco (EB) e a fertilização com nitrogênio (N-uréia) são componentes-chave para o desenvolvimento ideal do milho. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar a produção do milho chipá com a aplicação de doses de nitrogênio, esterco bovino e a combinação dos mesmos. O experimento foi realizado no Distrito de Itaipu, localizado na empresa 3° Linha de Água. O mesmo teve uma duração de 5 meses, desde novembro até março de 2017 2018. Este experimento corresponde ao terceiro ano de avaliação, sendo mantidos a aleatorização dos tratamentos e o projeto em blocos completos ao acaso, foram avaliados dois fatores dispostos em parcelas subdivididas, o primeiro fator foi o EB que foi distribuído em parcelas, esta alteração teve dois doses de 5 t ha⁻¹ e 10 t ha⁻¹, além de uma testemunha sem alteração orgânica. O outro fator foi doses de N-uréia, que é distribuído nas subparcelas. As doses de N-uréia foram, respectivamente, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹, além de uma testemunha sem adubo mineral. O experimento contou com 15 tratamentos e 4 repetições. Não se verificou diferença significativa na população de plantas, sendo a média 50.600 plantas ha⁻¹ e não foi observada interação entre os fatores avaliados em nenhuma variável. A dose de N-uréia aumentou o comprimento da espiga, altura da planta, matéria seca aérea e o rendimento. O EB afetou significativamente as variáveis de rendimento em grãos, comprimento e diâmetro da espiga, peso de mil sementes, altura de planta, diâmetro do caule e matéria seca aérea. O maior rendimento de grãos obtido foi de 4.318 kg há⁻¹, com dose de 10 t ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹ de N-uréia. A dose de N-uréia, sem EB, que possibilitou o maior rendimento em grãos (2.480 kg ha⁻¹) foi de 120 kg ha⁻¹, 10 t ha⁻¹ de EB sem N-uréia possibilitou um rendimento de 3.090 kg ha⁻¹. A máxima eficiência obtida foi 123 kg há⁻¹, sendo o rendimento máximo obtido 4182 kg há⁻¹. É recomendável a aplicação do esterco bovino para melhorar a produção de milho chipá, em combinação com aplicação de N-uréia.

Palavras chave: milho, esterço de gado, uréia

FERTILIZATION WITH MANURE AND NITROGEN IN CHIPÁ MAIZE (*Zea mays* L. subsp. *amylacea*) IN MEDIUM-TERM EXPERIMENT

Author: José Emanuel López Rodríguez

Advisor: Prof. Dr. Ing. Agr. Carlos Leguizamón Rojas

Co-advisor: Prof. M.Sc. Ing. Agr. Cristian Britos Benítez

SUMMARY

The fertilization with manure (EB) and the fertilization with nitrogen (N-urea) are key components for the optimal growth of corn. The general objective of the research was to evaluate the production of corn chipá with the application of doses of nitrogen, manure bovine and the combination thereof. The experiment was carried out in the District of Caaguazú, located in the company's 3rd Water Line. The same lasted for a period of 5 months, from November 2017 to march of 2018. This experiment corresponds to the third year of assessment to be maintained the randomization of the treatments and the design in complete blocks at random, we evaluated two factors arranged in parcels subdivided, the first factor was the EB that was distributed in the plots, this amendment had two doses of 5 t ha⁻¹ and 10 t ha⁻¹, in addition to a witness without an organic soil amendment. The other factor was dose of N-urea, which was distributed in the subplots. The doses of N-urea were respectively 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹, in addition to a witness without the mineral fertilizer. The experiment had 15 treatments and 4 repetitions. Not verified significant difference in the population of plants, being the average 50.600 plants ha⁻¹ and did not exhibit interaction between the factors evaluated in any variable. The doses of N-urea increased the length of spike, plant height, the dry air and yield. The EB significantly affect the performance variables in grains, length and diameter of the spike, thousand seed weight, plant height, stem diameter and dry air. The higher yield of grain obtained was by 4,318 kg ha⁻¹, with a dose of 10 t ha⁻¹ and 80 kg ha⁻¹ of N-urea. The doses of N-urea, without EB, which made the higher yield of grains (2.480 kg ha⁻¹) was 120 kg ha⁻¹, 10 t ha⁻¹ of EB without N-urea made possible a yield of 3.090 kg ha⁻¹. The maximum efficiency obtained was 123kg ha⁻¹ being the maximum yield obtained 4.182 kg ha⁻¹. It's recommended the application of manure bovine for improved production of corn chipá, in combination with application of N-urea.

Keywords: maize, cattle manure, urea

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE	vi
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE ANEXO	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades Maíz	3
2.1.1 Producción nacional.....	4
2.1.2 Manejo del cultivo	5
2.1.3 Requerimiento de nitrógeno	6
2.2 Nitrógeno en el sistema agrario	6
2.2.1 Ciclo del Nitrógeno.....	8
2.3 Fertilización nitrogenada.....	9
2.4 Materia Orgánica	11
2.4.1 Estiércol Bovino	12
3. MATERIALES Y MÉTODO	14
3.1 Localización y caracterización del área experimental	14
3.2 Tratamientos y diseño experimental	15
3.3 Implantación y manejo del experimento	17
3.3.1 Antecedentes del experimento.....	17
3.3.2 Periodo experimental	18

3.3.3	Preparación del terreno	18
3.3.4	Aplicación de estiércol bovino, fertilizantes y siembra	18
3.3.5	Cuidados culturales.....	19
3.3.6	Cosecha	19
3.4	Variables Evaluadas.....	19
3.5	Análisis de datos.....	21
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1	Efectos de dosis de estiércol bovino y nitrógeno en parámetros de crecimiento del maíz	22
4.2	Efectos de dosis de estiércol bovino y nitrógeno en caracteres de rendimiento del maíz	24
4.3	Efectos de dosis de estiércol bovino y nitrógeno sobre el rendimiento de granos y la materia seca aérea.....	27
5.	CONCLUSIONES	32
6.	REFERENCIAS	33
7.	ANEXO.....	40

LISTA DE FIGURAS

1. Precipitación (mm) desde noviembre de 2017 hasta marzo del 2018 en relación a un promedio histórico (1987–2016) Departamento de Caaguazú.....	15
2. Distribución de las unidades experimentales en el campo	17
3. Rendimiento en función a la interacción entre estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú. 2018	30

LISTA DE TABLAS

1. Resultado del análisis de suelo de la parcela experimental Caaguazú, 2016.....	14
2. Tratamientos del experimento resultantes de la combinación de Nitrógeno (N) con estiércol bovino (EB).	16
3. Altura, diámetro del tallo y población de plantas del maíz en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, 2018.	22
4. Longitud de la espiga, diámetro de la espiga y peso de mil granos en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, 2018.	25
5. Rendimiento de granos y masa seca aérea en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, 2018.	28

LISTA DE ANEXO

1. Precipitaciones mensuales ocurridas durante el periodo del experimento (noviembre de 2017 hasta marzo de 2018) y media histórica (1987-2016)	41
2. Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú. 2018.	42
3. (Continuación) Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú. 2018.....	43
4. Análisis de varianza de la variable altura de planta.....	44
5. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo.....	44
6. Análisis de varianza de la variable población de plantas.	45
7. Análisis de varianza de la variable diámetro de la espiga.....	45
8. Análisis de varianza de la variable peso de mil semillas.	46
9. Análisis de varianza de la longitud de la espiga.	46
10. Análisis de varianza de la variable masa seca aérea.	47
11. Análisis de varianza de la variable rendimiento.	47
12. Ilustraciones de las actividades realizadas durante el periodo experimental.....	48

1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea cuyo cultivo es muy antiguo; es muy apreciado por muchas culturas americanas por su importancia económica y social. Una de las variedades más difundidas en el Paraguay es el avatí morotí o maíz chipá, ya que sirve de base en la preparación de varios alimentos tradicionales en el País, siendo el mismo producido en la agricultura familiar.

Los problemas en la producción del maíz chipá son su bajo rendimiento siendo el promedio nacional 1.067 kg por hectárea, el ciclo de producción relativamente mayor que otras variedades de maíz, la estrecha época de siembra y mala sincronización entre la floración masculina y femenina (Machado 1997).

Una de las causas del bajo rendimiento del avatí morotí es la baja fertilidad del suelo de las parcelas de producción familiar, esto relacionado al sistema de siembra convencional, a la nula o baja adición de fertilizantes y enmiendas, la erosión hídrica, la compactación del suelo, entre otros factores.

Por otro lado, uno de los elementos requeridos en mayor cantidad por el maíz es el nitrógeno, ya que, por ser una gramínea, no cuenta con la capacidad de realizar una relación simbiótica con bacterias para la fijación de nitrógeno como los cultivos de la familia Fabácea. Además el nitrógeno se caracteriza por ser extremadamente móvil dentro del sistema suelo, pudiendo ser perdido por lixiviación, erosión, escurrimiento superficial, volatilización y por cosecha.

Para poder cubrir los requerimientos de nitrógeno en el suelo y que estas puedan ser absorbidas por el cultivo de maíz, son alternativas la aplicación de materia orgánica como estiércol bovino y una fertilización mineral adecuada.

La justificación de este experimento apuntó a la búsqueda de alternativas para incrementar de la fertilidad del suelo con los insumos disponibles en la finca y fertilización mineral, para así, incrementar el rendimiento del rubro maíz y consecuentemente conseguir un mayor beneficio económico para la agricultura familiar.

El objetivo general de este experimento fue evaluar la producción del maíz chipa con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno, estiércol bovino y la combinación de los mismos.

Los objetivos específicos de la investigación fueron: evaluar las variables de crecimiento y medir las variables de rendimiento del maíz bajo dosis de estiércol bovino y fertilización nitrogenada.

Este trabajo plantea la siguiente hipótesis. El crecimiento y rendimiento del maíz responderá significativamente a la aplicación de estiércol bovino. El desarrollo y rendimiento del maíz responderán de manera significativa a la aplicación de dosis de nitrógeno. El requerimiento del fertilizante mineral será inferior al aplicar estiércol bovino para un mismo rendimiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades Maíz

Es una de las plantas cultivadas más antiguas. Ya no sobrevive en forma silvestre y solo se produce bajo cultivos; durante mucho tiempo los indígenas habían logrado resultados sobresalientes obteniendo variedades de maíz amiláceo, dulce, duros o dentados. La principal contribución del hombre al mejoramiento del maíz antes de este siglo, fue la obtención de variedades dentadas con la adaptación a las diversas regiones donde se cultivan (Poehlman 1990).

De acuerdo a Llanos (1984) el maíz (*Zea mays* L.) es clasificado como monocotiledónea, del origen graminales, tribu maideaes, familia gramineas, género *Zea*, especie *mays*.

El cultivo de maíz prospera en climas templados y soleados, donde el suministro de humedad es adecuado durante la temporada de crecimiento. Álvarez, et al. (1995), Nos indica que la incidencia de periodos secos durante la temporada de crecimiento puede afectar adversamente al cultivo. Las mayores necesidades de agua corresponden a la época de floración.

En cuanto a la temperatura y la luminosidad estas influyen directamente sobre el periodo vegetativo. Temperaturas inferiores a 13°C hacen que el maíz tenga un crecimiento muy limitado y mayores de 29°C, ocasionan marchitez por la dificultad para absorber agua. En su ciclo vegetativo, los requerimientos hídricos son de 600 – 800 mm. No debe faltarle agua durante la germinación y la floración; en esta última etapa se presenta el máximo requerimiento de agua, en otras palabras, 15 días antes de

la floración hasta cuando la mazorca está completamente formada y llena. Una deficiencia en el aporte de agua y nutrientes en especial de los nitrogenados, perjudicará el resultado de la cosecha de forma irreversible (MAG 2013).

El maíz requiere suelos fértiles, pero se adapta a una gran variedad de ellos; no obstante, son preferibles suelos de textura media, de buena fertilidad, bien drenados y sueltos con un pH entre 5,5 y 7. La profundidad efectiva del perfil puede constituir un factor limitante; un horizonte o capa compacta puede impedir la penetración de las raíces y ocasionar trastornos nutritivos o fisiológicos que se manifestaran en una disminución de la producción INTA (2010).

2.1.1 Producción nacional

Según el MAG (2013), en nuestro país se cultiva maíz en gran parte del territorio, actualmente la producción de los productores familiares con superficies de siembra de hasta una hectárea, son dirigidos a variedades de avati moroti (chipa), moroti pora (locro), destinadas al consumo dentro de la finca y karape pyta utilizada para la alimentación animal.

Los principales departamentos especializados en la producción del maíz según el MAG (2008), son: Caaguazú, que ocupa el primer lugar con 15.033 ha Sembradas; San Pedro ocupa el segundo lugar con 10.540 ha; Itapúa está posicionado en tercer lugar con una superficie sembrada de 9.474 ha; en el cuarto lugar se encuentra el departamento de Caazapá con 9.277 ha; y el quinto lugar lo ocupa el departamento de Paraguarí con 6.836 ha sembradas.

De la misma manera se tiene que en la última zafra 2015/16, los departamentos de Caaguazú, San Pedro e Itapúa, abarcaron el 45% de área sembrada y el rendimiento medio alcanzo los 1.062 kg ha⁻¹.

2.1.2 Manejo del cultivo

De acuerdo a Vigliola (2003), la distancia de plantación tiene marcado efecto sobre el rendimiento y calidad de la producción. Como regla general, al aumentar la densidad de plantación, aumenta el rendimiento total, pero disminuye el rendimiento comercial debido a un menor tamaño de las mazorcas (Panera 2002).

Las distancias de plantación recomendadas por Correa (1992) y Filgueira (2003), para maíz amiláceo son de 80 a 90 cm entre hileras y 20 a 30 cm entre plantas, mientras que Smith et al. (2002), de 70 a 90 cm entre hileras y 17,5 a 25 cm entre plantas.

El objetivo de la preparación de tierra o del terreno es condicionar un lecho para que la semilla germine, emerja sin dificultad alguna y tenga un desarrollo vigoroso, logrando una superficie uniforme, con suelos libres de terrones y malezas (Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, FONAIAP 2008).

Según Álvarez et al (1995) el momento de la siembra viene determinado por las condiciones climáticas del año en conjunción con el ciclo de la variedad que se utiliza. En Paraguay la variedad amilácea posee un periodo de siembra que va desde agosto hasta octubre y es una variedad de ciclo largo, 165 días aproximadamente.

Desde el momento de la siembra, el maíz, está expuesto a los ataques de numerosas plagas, sin embrago, el clima, las labores de preparación de suelos, la alternancia de cultivos y el control de malas hierbas, son entre otros los principales factores que pueden favorecer o dificultar la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo (Centa 2008).

Si se obtiene un buen control de las malezas y enfermedades acompañado de un buen manejo, el cultivo llegará a su madures fisiológica, el cual nos indica el momento para la cosecha. Litzenberger (1976), Nos dice que cuando la humedad del grano llegue a 13 o 16% generalmente es el mejor momento para la cosecha.

2.1.3 Requerimiento de nitrógeno

El en cultivo de maíz existen tres elementos que más limitan la producción, estos son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos, para su aplicación es importante realizar un análisis de suelo, que permita definir los niveles de N, P, K y determine la cantidad de fertilizante a aplicar. (Barbieri et al. 2010)

Los mismos autores mencionan que el maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) por cada tonelada de granos producida. Diferentes ensayos realizados indican que para maximizar los rendimientos del cultivo la oferta del suelo debería ser del orden de 140 a 150 kg ha⁻¹. Sin embargo, estos rangos de nitrógeno presentan variaciones regionales, definidas por el potencial de rendimiento.

En cuanto a mayor necesidad de nutrientes se refiere, el cultivo de maíz es muy exigente en la fertilización nitrogenada. Melgar y Torres (2002) recomiendan alrededor de 25 a 30 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) por cada tonelada de granos producida. El maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno alrededor de la etapa de crecimiento (V10 a R1), por ello, antes de que empiece esta etapa fenológica el cultivo debería disponer de una oferta de nitrógeno adecuada que satisfaga su demanda de nitrógeno para el crecimiento.

2.2 Nitrógeno en el sistema agrario

Conociendo los diferentes ecosistemas en el cual el nitrógeno se encuentra podemos señalar lo dicho por la FAO (2002) sobre el sistema Planta; el nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Es absorbido del suelo bajo la forma de nitrato (NO_3^+) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la adsorción de los otros nutrientes.

El nitrógeno es el principal nutriente que condiciona la productividad del maíz, siendo el más requerido por el cultivo. El Instituto nacional de tecnología agraria, INTA (2008) señala que las deficiencias de N reducen el rendimiento en granos y sus componentes a través de la merma en la materia seca total y su partición hacia los granos. Esto afecta al número de granos debido a las variaciones provocadas en la fijación de destinos reproductivos (fertilización y aborto de granos), que conllevan a variaciones importantes en el número de espiguillas o granos potenciales

White (2004), señala que el nitrógeno es esencial durante toda la estación del cultivo de maíz. Si la planta se queda sin N en un momento crítico como en las fases fonológicas V6 al R1, las mazorcas son pequeñas y el contenido de proteína es bajo. Los granos de la planta no se llenan. Por su parte Arévalo (2009) indica que el nitrógeno influye en el rendimiento y también en la calidad, ya que, de este elemento depende el contenido de proteína en el grano.

Navarro (2003) nos indica que el exceso de N origina plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo de las raíces con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman un color verde oscuro y la maduración se retrasa. En muchos cereales alarga el periodo de crecimiento, lo que trae consigo un mayor contenido en paja con relación al grano. De forma contraria Howler (2002) señala que su deficiencia reduce el crecimiento de planta, se produce un amarillamiento uniforme de las hojas, que comienza en las hojas inferiores, pero rápidamente se extiende a toda la planta

Vidal et al. (2002) sostienen que las plantas utilizan solo una parte del nitrógeno aplicado al suelo, el resto se pierde en los estratos profundos del suelo o en la atmósfera, ocasionando una contaminación en ambos casos. Van Raij (2011) complementa que, con el cultivo de los suelos y el sistema convencional utilizado normalmente ocurre reducción del tenor de materia orgánica a lo largo de los años, una vez que las adiciones de residuos orgánicos, por lo general, son inferiores a los que ocurrían bajo vegetación natural.

Goedert (1987) indica que para una explotación adecuada de los suelos y un consecuente aumento de la productividad es necesario el conocimiento del ciclo del N en los diferentes agro ecosistemas.

2.2.1 Ciclo del Nitrógeno

La entrada de nitrógeno al suelo se puede dar por fijación biológica de nitrógeno realizada por los microorganismos libres del suelo, existiendo bacterias, hongos y algas capaces de efectuarlas, como las bacterias del género *Azotobacter* y *Beijerinckia*. Para la agricultura, la de mayor importancia es la fijación simbiótica realizada principalmente por bacterias del genero *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*, que forman nódulos en las raíces de las leguminosas y transforman el nitrógeno fijado de la atmósfera a formas metabolizables para las plantas hospederas (Van Raij 2011).

El mismo autor señala, que en los suelos el nitrógeno se encuentra principalmente en forma orgánica. Una pequeña parte del nitrógeno total del suelo se encuentra en las formas minerales de amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-), que son las formas aprovechables por las plantas y, por tanto, de mayor interés para la nutrición vegetal. A pesar de que el nitrógeno es uno de los nutrientes más difundidos en la naturaleza, prácticamente no se encuentra en las rocas que dan origen a los suelos. Así, se puede considerar que la fuente esencial del elemento en el suelo es el nitrógeno atmosférico.

El ciclo del nitrógeno en el suelo representa solamente una parte del ciclo total del nitrógeno en la naturaleza. La disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas para el uso en la síntesis de proteínas y de otros compuestos orgánicos vegetales. Cuando los restos animales y vegetales vuelven en el suelo, son objeto de numerosos procesos de transformación, en su mayoría de carácter biológico. A través de estos procesos microbianos de fijación de N, se produce un enriquecimiento del en el suelo. Así resulta que el contenido y las formas de nitrógeno en el suelo no presentan una naturaleza estática, sino más bien dinámica (Fassbender 1987).

El nitrógeno es un elemento muy dinámico en el suelo, pues sufre de diversos procesos que modifican su forma, entre los cuales están los procesos microbianos de inmovilización y desnitrificación. Las reservas de nitrógeno en el suelo son el resultado del balance entre la mineralización y la inmovilización que ocurre en el mismo, o sea, cuando la mineralización es mayor que inmovilización, va ocurrir un aumento neto del nitrógeno mineral en el suelo, de lo contrario ocurrirá una reducción (Coyne 2000).

Las salidas o pérdidas de N del sistema suelo son: la exportación de N en las cosechas; óxidos de N (N_2O y NO), NH_3 y el N molecular (N_2) lanzados a la atmósfera con la quema de restos culturales; la lixiviación de formas minerales de N en el suelo, especialmente nitrato, a profundidades fuera del alcance de la exploración del sistema radicular de los cultivos; las pérdidas gaseosas de óxido de nitrógeno del suelo, inclusive de N_2 , mediadas por microorganismos desnitrificadores, y por la volatilización del amoníaco (NH_3); las pérdidas gaseosas de N_2O y NH_3 por el follaje de los vegetales y las pérdidas por escurrimiento superficial en los suelos (Trivelin 2015).

2.3 Fertilización nitrogenada

La fertilización mineral tiene como objetivo mantener el suelo con un contenido adecuado de elementos minerales, en condiciones de asimilabilidad para que la planta pueda absorberlo en el momento preciso y en las condiciones necesarias. La nutrición mineral de las plantas determina en gran parte la estructura histológica o morfológica, la intensidad de las actividades fisiológicas y diversos otros procesos del vegetal (Arévalo 2009).

Debido a su constante transformación en suelo, resulta ventajoso distribuir los fertilizantes nitrogenados en por los menos dos aplicaciones, empleando una parte en el momento de la siembra y los restantes en cobertura (Bayer y Mielniczuck 1997).

La urea es el fertilizante más utilizado para la incorporación de nitrógeno al suelo. El alto contenido de nitrógeno de la urea hace que sea eficiente para transportar y ser aplicado al campo. La producción de urea implica una reacción controlada de gas amonio (NH_3) y dióxido de carbono (CO_2) con temperaturas y presiones elevadas (Mikkelsen y Prochnow 2013).

Los mismos autores mencionan que la urea es utilizada de varias maneras para proveer nitrógeno para el crecimiento de la planta. El más común es la incorporación al suelo o aplicación a la superficie. Debido a su alta solubilidad, se puede disolver en agua para su posterior aplicación en forma líquida, agregar al agua de riego o rociar sobre el follaje de las plantas. En aplicaciones foliares, la urea puede ser absorbida rápidamente por las hojas; pasa muy rápidamente a la forma amoniacal en condiciones normales de temperatura, humedad y pH por la acción de las enzimas ureasa, que convierte la urea en NH_3 por hidrólisis. Durante este proceso el nitrógeno contenido en la urea es susceptible a pérdida gaseosa por volatilización en forma de NH_3 .

García y García, citado por González (2006) sostienen que la fertilización nitrogenada es la que más complicación ofrece y la que requiere más experiencia de campo para determinar dosis óptimas. Concorre en primer término la complejidad al ciclo del nitrógeno en el suelo, con formas orgánicas, amoniacales y nítricas de distintos coeficientes de absorción para cada especie vegetal. Por otra parte, los nitratos del suelo, principal forma asimilable, pasan por valores máximos en verano-otoño y mínimas en invierno- primavera, mientras que las épocas de las plantas pueden no coincidir con existencias óptimas de nitratos.

Según González et al. (2014) la fertilización nitrogenada representa el mayor desafío para el manejo nutricional del cultivo de maíz, en parte debido a que no existe un análisis de suelo que ayude a predecir la respuesta de maíz a la fertilización con N. Como la urea es el fertilizante más comúnmente utilizado para este cultivo, y la tasa de hidrólisis de la urea es muy alta y ocurre en un periodo breve de tiempo, existen

altas probabilidades de que ocurran deficiencias de N en periodos críticos para el cultivo de maíz, lo que puede comprometer el potencial de rinde final.

Los mismos autores recomiendan que para el manejo de N en maíz es generalmente aplicarlo en forma parcelada, 20-30% del total de la dosis en la siembra y el resto cuando el maíz se encuentra entre las etapas de crecimiento V4-V6, de modo que las plantas lleguen bien nutridas al periodo máximo de crecimiento y absorción de N, que generalmente ocurre entre las etapas de crecimiento V10 a R1.

Reichert (2017), observó efectos en el rendimiento de granos y materia seca aérea del maíz chipa con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno (40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹), siendo el mayor rendimiento de granos de 3.013 kg ha⁻¹ con dosis de 160 kg ha⁻¹ en relación al testigo de 2.200 kg ha⁻¹, de la misma manera la materia seca aérea obtuvo un rendimiento de 4.350 kg ha⁻¹ con respecto al testigo de 2.822 kg ha⁻¹. Por su parte González (2016) aplicando dosis de nitrógeno con enmiendas orgánicas e inorgánicas en maíz chipa obtuvo un rendimiento de granos de 4.155 kg ha⁻¹ con dosis de 120 kg ha en relación al testigo el cual obtuvo 3.824 kg ha⁻¹.

2.4 Materia Orgánica

La materia orgánica es la base de la fertilidad de los suelos en sistemas agrícolas, porque cumple múltiples funciones físicas, químicas y biológicas, siendo la fuente principal de nutrientes para las plantas a través del reciclaje de los mismos. Debido a estas razones y porque la utilización fertilizante químicos es muy limitada en la producción familiar, la materia orgánica en el suelo tiene una importancia especial (Florentín et al. 2001).

La cantidad de materia orgánica en el suelo está ligada de forma directa a la población microbiana del suelo, mientras más materia orgánica se tenga en el sistema, mayor será la población microbiana. Según Doran (1981) la población microbiana y las actividades enzimáticas, cuando realizada siembra directa, son frecuentemente, de 1,5 a 2,0 veces mejores que en suelos cultivados de manera convencional.

La descomposición de la materia orgánica es promovida por la biomasa microbiana del suelo, la cual es responsable de su mineralización, pudiendo tener efecto inmediato o residual (Rodríguez et al 2008).

Los fertilizantes organominerales se basan en la descomposición de la materia orgánica permitiendo la liberación de humus y liberación de sales minerales que contienen los principales nutrientes para las plantas; el humus que se produce se combina con las sales minerales, lo que genera una asociación que se denomina fertilizante orgánico-mineral, que se puede formar naturalmente en el suelo (Burbano 2001).

Dos Santos et al (2012), concluyen que el uso de fertilizantes organominerales aumenta la cantidad de materia seca en los vegetales. Además, Gómez y Cepada (2010) completan que, con la fertilización organomineral bajo labranza reducida es posible disminuir la fertilización química en un 25%.

2.4.1 Estiércol Bovino

Una de las formas de materia orgánica disponible en la finca de la pequeña propiedad es el estiércol. Salazar et al. (2010), se refieren al estiércol como el producto que se obtiene de la fermentación anaeróbica sucedida en el intestino de los residuos alimentarios no utilizados por los rumiantes. Estos dependiendo de su procedencia poseen diversos nutrientes y por lo general tiene alto contenido de nitrógeno (Garro 2016).

En un estudio de velocidad de descomposición de los estiércoles caprinos, ovinos y bovinos, se concluyó que el estiércol bovino presenta una descomposición más acelerada en relación a los demás (Souto et al 2005).

El estiércol contiene todos los elementos esenciales para las plantas, aunque sus proporciones relativas difieren de las cantidades relativas necesarias de los cultivos (International Plant Nutrition Institute, IPNI 2013).

Sánchez (2008) señala el contenido medio de los principales nutrientes del estiércol bovino son. N 3,4; P₂O₅ 1,3; K₂O 3,5 % por tonelada.

Llano (1984), nos presenta algunas ventajas del estiércol con respecto a los abonos minerales. El estiércol contribuye a mejorar la estructura física de los suelos, Facilita la lenta y progresiva liberación de los elementos nutritivos naturales contenidos en el suelo, de modo que hace de regulador de la fertilidad natural, Mejora la retención de agua por las tierras.

De Luna et al. (2016) recomiendan el uso de abonos orgánicos combinados con inorgánicos, ya que incrementa notablemente el crecimiento y producción de las plantas de maíz. Los abonos orgánicos con un buen manejo agronómico muestran ser una alternativa sustentable y amigable con el medio ambiente.

González (2016) en un experimento de dosis de enmiendas orgánicas e inorgánicas en maíz, obtuvo un rendimiento de granos de 4.521 kg ha⁻¹ utilizando enmienda orgánica con dosis de 25 t ha⁻¹ en relación al testigo (3.815 kg ha⁻¹). De la misma manera Duarte (2016) realizó un experimento con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa, el cual obtuvo un rendimiento de 4.692 kg ha⁻¹ con dosis de 25t ha⁻¹ en relación al testigo (3.991 kg ha⁻¹).

Garcete (2018) en un experimento con dosis de estiércol bovino en maíz chipa obtuvo un rendimiento de 3.187 kg ha⁻¹ con dosis de 10 t ha⁻¹ en relación al testigo (715 kg ha⁻¹) Por otra parte, Reichert (2017) alcanzó los 3.612 kg ha⁻¹ en granos de maíz chipa con dosis de 15 t ha⁻¹ de estiércol bovino, superando al testigo sin estiércol bovino (512 kg ha⁻¹).

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1 Localización y caracterización del área experimental

El experimento se llevó a cabo en el Distrito de Caguazú, ubicado en la compañía 3° Línea Agua, en el predio de la finca del señor Pedro Sanabria Montiel. La misma está unos 200 kilómetros al este de Asunción, la latitud del mismo es 25°23'18''S y longitud 56°02'36''O, a una altitud aproximada de 315 metros sobre el nivel del mar.

El suelo predominante en la zona es un Rhodic Paleudult (Ultisol), caracterizado como suelos minerales con horizonte iluvial de arcilla y baja saturación de bases, con textura arenosa en el horizonte A y textura franco arcillosa en el horizonte B, posee poca plasticidad y pegajosidad, con buena aireación y permeabilidad, además de buena capacidad de retención de agua en las capas más profundas (López et al 1995).

Tabla 1. Resultado del análisis de suelo de la parcela experimental Caaguazú, 2016.

pH	M.O. %	P (mgkg ⁻¹)	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ +H ⁺
			----- cmol _c kg ⁻¹ -----				
5,5	0,69	2,76	0,8	0,28	0,07	0,02	0

Fuente: Ramírez (2016).

El clima se caracteriza por ser húmedo y mesotérmico, con precipitación media anual de 1.790 mm y temperatura media anual de 22,5°C, con ocurrencia de heladas entre los meses de mayo a agosto, los inviernos son templados, con media de 18°C, esta se caracteriza por las bajas precipitaciones comparado con el resto del año, mientras que los veranos son calurosos, con una media de 28°C (Aquino 2014).

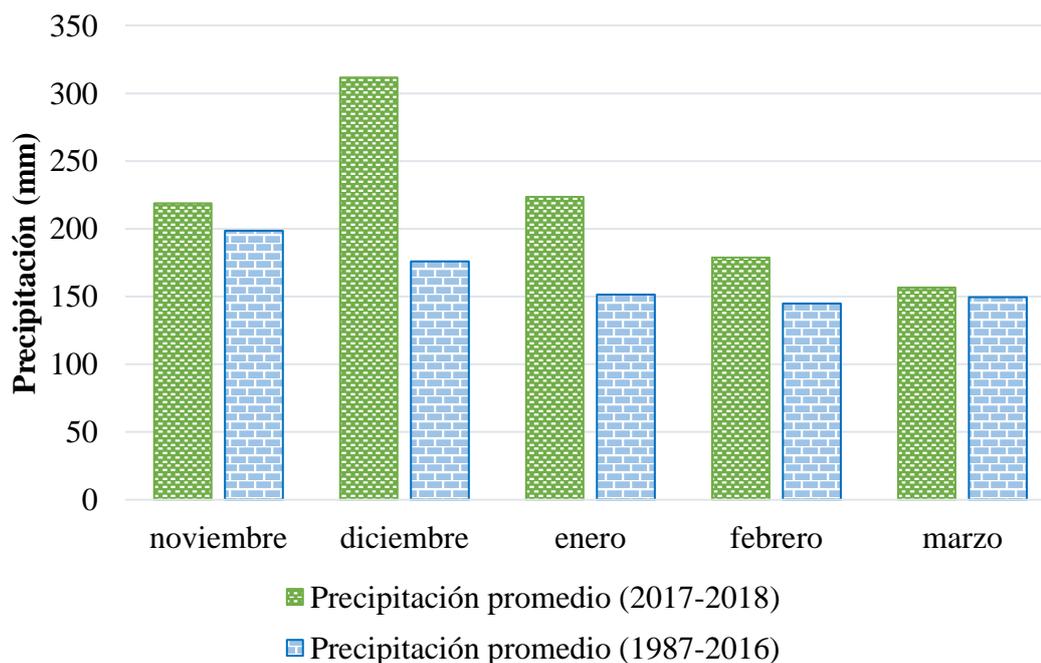


Figura 1. Precipitación (mm) desde noviembre de 2017 hasta marzo del 2018 en relación a un promedio histórico (1987–2016) Departamento de Caaguazú.

Fuente: Dirección de Meteorología e Hidrología, DMH/DINAC y procesados por la División de Meteorología de la Facultad de Ciencias Agrarias

3.2 Tratamientos y diseño experimental

El experimento tuvo un diseño en bloques completos al azar. Se evaluaron dos factores dispuestos en parcelas subdivididas, el primer factor fue el estiércol bovino (Factor A) que fue distribuido en las parcelas, esta enmienda tuvo dos dosis que fueron respectivamente 5 t ha⁻¹ y 10 t ha⁻¹, además de un testigo que no llevó enmienda orgánica. El otro factor fue dosis de nitrógeno (N) (Factor B), que se distribuyó en las subparcelas. Las dosis de N fueron respectivamente 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹, además de un testigo que no llevó el fertilizante mineral.

El experimento contó con 15 tratamientos y 4 repeticiones obteniendo así un total de 60 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo un área de 15 m² (5 m x 3 m) totalizando un área de 900 m² (45 m x 20 m). Para el distanciamiento del cultivo de maíz se utilizó 0,70 m entre hilera y 0,25 m entre plantas, en cada unidad experimental se tuvo un aproximado de 72 plantas.

El estiércol bovino se obtuvo de la finca del productor siendo considerada la humedad del mismo para determinar la cantidad aplicada por cada dosis. El N aplicado en los diferentes tratamientos se obtuvo a partir de la urea con formulación (46-0-0). En cada unidad experimental se aplicó dosis fijas de P₂O₅ y K₂O (70 kg ha⁻¹ y 80 kg ha⁻¹ respectivamente), siendo utilizada como fuente superfosfato simple (0-21-0) y cloruro de potasio (0-0-60).

Tabla 2. Tratamientos del experimento resultantes de la combinación de Nitrógeno (N) con estiércol bovino (EB).

TRATAMIENTOS	Cantidad de N	Cantidad de EB
	(kg ha ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
T1	0	0
T2	40	0
T3	80	0
T4	120	0
T5	160	0
T6	0	5
T7	40	5
T8	80	5
T9	120	5
T10	160	5
T11	0	10
T12	40	10
T13	80	10
T14	120	10
T15	160	10

B-I		B-II		B-III		B-IV	
EB t ha ⁻¹	N kg ha ⁻¹						
10	120	5	160	10	0	5	40
	160		40		160		120
	40		0		40		0
	0		80		120		80
	80		120		80		160
5	80	0	40	0	80	10	40
	0		80		40		160
	40		120		0		0
	160		160		120		80
	120		0		160		120
0	0	10	80	5	160	0	40
	160		0		80		80
	80		160		40		160
	120		120		120		120
	40		40		0		0

Figura 2. Distribución de las unidades experimentales en el campo

3.3 Implantación y manejo del experimento

3.3.1 Antecedentes del experimento

Este experimento formó parte del proyecto “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), siendo el tercer año de cultivo, conducido en la misma área con el mismo diseño experimental y el mismo objetivo, siendo mantenida los tratamientos definidos por las dosis de N y de estiércol bovino en las mismas parcelas.

El área experimental tiene 45 metros de largo y 20 metros de ancho, el primer cultivo implantado fue de mandioca realizado a mediados del 2015 posterior a una labranza a tracción animal, el segundo cultivo fue maíz en octubre de 2016, en siembra directa y el tercer cultivo corresponde al presente experimento.

3.3.2 Periodo experimental

El experimento se realizó desde la quincena de noviembre del 2017 hasta la quincena de marzo de 2018, con una duración de 140 días.

3.3.3 Preparación del terreno

El tipo de sistema implantado en el experimento fue de siembra directa, con cobertura de cultivos anteriores junto con malezas. Tres semanas antes del cultivo se realizó la aplicación de herbicidas post emergentes sistémicos y selectivos tanto para hojas finas (Galat) como para hojas anchas (2,4 D), con el fin de poder controlar las malezas en la parcela y su posterior utilización como cobertura vegetal.

3.3.4 Aplicación de estiércol bovino, fertilizantes y siembra

Con los bloques definidos y las parcelas marcadas, se procedió a la colecta de estiércol de finca del productor y su posterior aplicación al voleo en los bloques correspondientes según las dosis establecidas (Tabla 1).

La siembra de maíz de variedad amiláceo se ejecutó de forma manual con la utilización de sembradora tipo matraca. El cultivo tuvo un distanciamiento de 0,70 m entre hileras y 0,25 m entre plantas.

Posterior a la germinación del cultivo se realizó la fertilización mineral siguiendo el cuadro de distribución de las unidades experimentales. Las aplicaciones mayores a 40 kg ha⁻¹ de N-urea se fraccionaron en dos aplicaciones, la primera al momento de la germinación junto con la aplicación de los fertilizantes súper fosfato simple y cloruro de potasio y la segunda aplicación se realizó a los 45 días después de la primera.

3.3.5 Cuidados culturales

El raleo del cultivo se ejecutó 25 días después de la emergencia del cultivo, del mismo modo que la primera carpida dejando una planta por hoyo. Durante el ciclo se realizó un total de tres carpidas de forma manual con azadas eliminando así las malezas para evitar competencia con el cultivo por los nutrientes y agua. También se realizó dos aplicaciones de insecticida (Cipermetrina) por la incidencia de plagas (*Spodoptera frugiperda*) que generan daño tanto de forma directa como indirecta.

3.3.6 Cosecha

La cosecha del cultivo se realizó en cada unidad experimental, marcando el área útil de 5,76 m², cuando el cultivo alcanzó su madurez fisiológica. Las muestras fueron separadas por tratamiento para su traslado a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción y posterior medición de variables.

3.4 Variables evaluadas

Diámetro y altura de la planta de maíz: se seleccionaron y midieron ocho plantas del área útil por unidad experimental. El diámetro del tallo del maíz se midió bajo el primer nudo, utilizando un paquímetro. La altura en cambio se midió con una cinta métrica desde el cuello hasta el ápice de la flor masculina.

Población de plantas: al momento de la cosecha se procedió al conteo de las plantas en el área útil de las unidades experimentales, el resultado fue expresado en número de plantas por hectáreas.

Longitud y diámetro de la espiga del maíz: las espigas cosechadas del área útil fueron trasladadas a la Facultad de Ciencias Agrarias en donde se realizaron las mediciones. El diámetro se determinó en la parte central con el uso de un paquímetro y la longitud utilizando una cinta métrica. En ambas variables se midieron seis espigas del área útil de cada unidad experimental.

Peso de mil semillas: para el efecto, se seleccionaron 3 muestras de 100 semillas por unidad experimental, las cuales fueron pesadas en la balanza de precisión registrándose así un promedio, y luego se procedió a multiplicar por 10 para obtener el peso de mil granos.

Masa seca aérea del maíz: se seleccionaron las plantas de las dos hileras centrales del área útil y fueron pesadas. De estas plantas se obtuvo una submuestra para su colocación en estufa a 60°C por 48 h de manera a obtener la humedad y corregir el peso de la materia seca aérea según la fórmula expresada abajo, siendo los resultados expresados en kg ha⁻¹.

$$MSA=PH - \left(\frac{PH * \% H^{\circ}}{100} \right)$$

Rendimiento en granos: se determinó una vez desgranadas todas las espigas del área útil. Posteriormente se determinó el contenido de humedad de los granos para ajustar el rendimiento al 13 % de humedad del grano. Para obtener rendimiento al 13 % de humedad, se pesó cuatro muestras de granos que fueron llevados a estufa a 60° C por 48 h. Posteriormente se realizaron los cálculos según la formula abajo presentada, siendo los resultados presentados en kg ha⁻¹.

$$R13\% H^{\circ}=RH - \left(RH * \frac{\% H^{\circ} - 13 \%}{100} \right)$$

3.5 Análisis de datos

Cada actividad fue realizada de manera minuciosa, al igual que la manipulación de los datos. El trabajo tanto de campo como de gabinete fueron supervisados por el orientador y coorientador, quienes brindaron sus conocimientos para elaborar el trabajo de manera eficiente.

Los datos fueron controlados conjuntamente mediante los programas informáticos Infostat® y Microsoft Excel® en sus versiones 2018 y 2016, respectivamente.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza. En los tratamientos en donde hubo diferencias significativas por efecto de tratamientos, se realizó prueba de comparación de medias con el test de Scott Knott al 5% de probabilidad de error o análisis de regresión.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efectos de dosis de estiércol bovino y nitrógeno en parámetros de crecimiento del maíz

Los valores medios referentes a la altura de la planta, diámetro del tallo y población de plantas se presentan en la tabla 3. Se constataron diferencias significativas en la variable altura de planta y diámetro del tallo con la aplicación de estiércol bovino (EB) no así en la población de plantas. La aplicación de nitrógeno (N-urea) afectó significativamente únicamente a la altura de plantas, entre estas variables evaluadas. Por otro lado, no se constató interacción significativa entre el EB y el N-urea. Los análisis estadísticos se aprecian en los anexos (A4, A5, A6).

Tabla 3. Altura, diámetro del tallo y población de plantas del maíz en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, 2018.

Factores	Altura de la planta (m)	Diámetro del tallo (cm)	Población de plantas ha⁻¹
Dosis de estiércol bovino (t ha⁻¹)			
0	1,83 c	1,60 c	49.131 ns
5	2,03 b	2,17 b	52.517
10	2,18 a	2,50 a	50.260
Promedio	2,01	2,09	50.636
Dosis de N (kg ha⁻¹)			
0	1,89 b	2,02 ns	48.177 ns
40	2,04 a	2,08	50.925
80	2,04 a	2,09	49.913
120	2,05 a	2,10	53.096
160	2,07 a	2,16	51.070
Promedio	2,018	2,09	50.636
CV (%)	7,05	16,62	10,26

CV: Coeficiente de variación; ns: diferencia no significativa entre las medias en la columna; medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error

El efecto del estiércol bovino (EB) sobre la variable altura de la planta se ajustó a la siguiente fórmula lineal ($y = 0,035x + 1,8383$), el cual nos indica que, por cada $t\ ha^{-1}$ aplicado la altura aumenta un 0,035 m. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,99$, que nos indica que la ecuación explica en un 99% el comportamiento de la altura en relación a la dosis de EB. En este sentido, Freeres (2013) no encontró diferencias significativas en un estudio de fertilización orgánica en maíz, en donde obtuvo en promedio 2,10 m de altura.

El efecto del EB sobre la variable diámetro del tallo se ajustó a una ecuación lineal ($y = 0,09x + 1,60$) el cual nos indica que, por cada $t\ ha^{-1}$ aplicado el diámetro del tallo aumenta un 0,09 cm. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,98$, que nos indica que un 98% del comportamiento del diámetro del tallo del maíz en relación a las dosis de EB es explicada por dicha ecuación.

La variable población de plantas no fue afectada significativamente, tanto por las dosis de EB, como del N-urea aplicados, alcanzándose un promedio de plantas de 50.636 por unidad experimental. Al no hallarse diferencias significativas en el número de plantas se considera que las diferencias que pueden detectarse en las demás variables se deben al efecto de los tratamientos utilizados. El análisis estadístico para la variable se aprecia en el anexo (A9), Estos resultados concuerdan a lo obtenido en el experimento de Freres (2013), quién tampoco encontró diferencias significativas en la población de plantas en un estudio con fertilización orgánica en maíz, siendo el promedio general fue de 52.500 plantas ha^{-1} . Cervantes et al. (2009) en un estudio de fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz no encontraron diferencias significativas en la población de plantas. Los mismos autores sostienen que las densidades de plantas son directamente proporcionales a los cuidados culturales y tipo de manejo. Vallone et al. (2010), aportan que el maíz es un clásico ejemplo de cultivo donde el rendimiento en granos es maximizado a un nivel de población definido.

La variable altura de planta presentó una diferencia significativa con la aplicación de diferentes dosis de N-urea respecto al testigo obteniéndose en promedio

2,05 m en relación al testigo el cual se obtuvo 1,89 m. De forma contraria Cervantes et al. (2009) evaluando la densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz no encontraron diferencias significativas en la altura de la planta tanto para la densidad de población como para la fertilización nitrogenada.

Las dosis de N-urea no afectaron significativamente al diámetro del tallo del maíz, obteniéndose un promedio de 2,09 cm. De forma contraria Intriago (2013) en su experimento con fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz encontró diferencias significativas para la variable diámetro del tallo, alcanzando el mayor promedio de 2,14 cm, con la dosis 200 kg ha⁻¹ de urea en relación al testigo que fue de 2 cm.

4.2 Efectos de dosis de estiércol bovino y nitrógeno en caracteres de rendimiento del maíz

La longitud de la espiga, el diámetro de la espiga y peso de mil granos fueron afectados significativamente por la aplicación de estiércol bovino (EB), sin embargo, las dosis de nitrógeno (N-urea) solamente afectaron la longitud de mazorcas (Tabla 4). Anexos (A7, A8, A9). Por otro lado, no se verificó interacción entre ambos factores para las variables presentadas.

Tabla 4. Longitud de la espiga, diámetro de la espiga y peso de mil granos en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, 2018.

Factores	Longitud de la espiga (cm)	Diámetro de la espiga (cm)	Peso de mil granos (g)
Dosis de estiércol bovino (t ha⁻¹)			
0	15,72 c	2,70 b	271,65 b
5	16,56 b	3,47 a	277,25 b
10	17,30 a	3,65 a	298,85 a
Promedio	16,52	3,27	282,58
Dosis de N (kg ha⁻¹)			
0	15,59 b	3,99 ns	272,75 ns
40	16,98 a	4,19	294,50
80	16,90 a	4,29	283,33
120	16,78 a	4,12	280,42
160	16,36 a	4,27	281,92
Promedio	16,52	4,17	282,58
CV (%)	6,26	6,80	11,58

CV: Coeficiente de variación; ns: diferencia no significativa entre las medias en la columna; medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error

La variable longitud de la espiga se vio afectada significativamente por las dosis de estiércol bovino (EB), su efecto en la longitud de la espiga se ajustó a una ecuación lineal ($y = 1,58x + 15,737$) el cual nos indica que, por cada t ha⁻¹ aplicado la longitud aumenta un 1,58 cm. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,99$, que nos indica que un 99% del comportamiento de la longitud de la espiga en relación a las dosis de EB es explicada por la ecuación. González (2016) también observó efectos significativos con el uso de estiércol bovino en el aumento de la longitud de la mazorca utilizando 25 t ha⁻¹, alcanzando un promedio de 17,1 cm en comparación al testigo 16,0 cm.

El diámetro de la espiga no presentó interacción significativa entre las dosis de EB, en cambio se halló diferencia estadística entre las dosis correspondientes a 5 t ha⁻¹, 10 t ha⁻¹ y el testigo, en el cual el mayor resultado obtenido fue en la dosis mayor, con un promedio de 3,65 cm. El resumen del análisis estadístico se aprecia en el anexo (A7). Duarte (2016), constató diferencia significativa en el diámetro de la mazorca del maíz utilizando 30 t ha⁻¹, obteniéndose medias generales de 3,7 cm respectivamente.

Resultados similares se pueden observar en el experimento de Salvador (2016), quién realizó un trabajo usando la misma variedad de maíz, donde se observan que tampoco hay diferencias significativas con los tratamientos evaluados, deduciéndose que el diámetro de espiga depende más bien de las características genotípicas del maíz.

Para la variable peso de mil semillas se verificaron diferencias significativas entre las dosis de EB. La dosis correspondiente a 10 t ha^{-1} obtuvo 299 g observándose en la tabla 4, en cambio la dosis de 5 t ha^{-1} y el testigo no difirieron significativamente obteniéndose 272 g y 276 g respectivamente.

Las dosis de N-urea afectaron de forma significativa a la variable longitud de la espiga. Se observa una diferencia entre las dosis aplicadas con una media de 16,53 cm y el testigo con media de 15,59. De forma contraria Quintana (2012) realizando una evaluación de la fertilización nitrogenada, en diferentes momentos fenológicos del maíz no observó diferencias significativas en la longitud de espigas.

Martínez (2014) en una evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz, no encontró diferencias significativas entre las fuentes para la variable longitud de la espiga, pero si observó diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno evaluadas, siendo la mejor dosis 120 kg ha^{-1} de N, con una longitud de 18,3 cm.

Las variables diámetro de la espiga y peso de mil semillas no presentaron diferencia significativa en relación a las dosis de N-urea, sin embargo, el diámetro de la espiga obtuvo el mayor resultado con una dosis de 80 kg ha^{-1} obteniéndose 4,29 cm y la máxima respuesta para la variable peso de mil granos fue de 294,50 g con dosis correspondiente a 40 kg ha^{-1} .

De la misma manera Cano (2015), realizando una fertilización nitrogenada en cobertura en el maíz, no observó respuestas significativas entre las dosis de N y fuentes de N, para las variables diámetro de la mazorca y peso mil granos del maíz cuyo valor promedio fue de 18,9 mm y 348,2 g respectivamente.

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Masiso (2010), en un estudio agregando dosis crecientes de nitrógeno al cultivo de maíz, no se encontraron diferencias significativas en el peso de mil semillas, en cambio se observó que la máxima respuesta fue de 329,2 g con dosis correspondiente a 120 kg ha⁻¹.

Sosa (2010), realizando un experimento de fertilización nitrogenada en maíz variedad BR 106, tampoco encontró diferencias para la variable peso de mil semillas, aunque la máxima respuesta fue similar a lo obtenido por Masiso; con dosis de 120 kg ha⁻¹ obtuvo 338 g.

El bajo valor del coeficiente de variación obtenido (6,26; 6,80; 11,58%) para la longitud y el diámetro de la mazorca del maíz, así como el peso de mil granos indica la confiabilidad de los resultados obtenidos para las variables evaluadas con la aplicación de EB y dosis de N-urea.

4.3 Efectos de dosis de estiércol bovino y nitrógeno sobre el rendimiento de granos y la materia seca aérea.

En la tabla 5 se observan los valores medios del rendimiento y materia seca aérea. Se constata diferencia significativa en ambas variables con dosis de estiércol bovino (EB) y nitrógeno (N-urea) en cambio, no se detectó interacción de los factores en ninguna de las variables evaluadas. A pesar de que no hubo interacción entre los factores evaluados, se presenta también la ecuación de regresión para las diferentes dosis de N-urea, en cada dosis de EB. El análisis estadístico se aprecia en el anexo (A10, A11).

Tabla 5. Rendimiento de granos y masa seca aérea en función a la aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, 2018.

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Rendimiento de granos			Promedio
	Dosis de estiércol Bovino (t ha ⁻¹)			
	0	5	10	
0	1.110 b ²	2.092 b ²	3.090 b ²	2.097 c
40	1.523 b	2.811 a	3.505 b	2.613 b
80	1.721 b	2.886 a	4.318 a	2.975 a
120	2.480 a	2.870 a	4.273 a	3.207 a
160	1.945 a	3.379 a	3.684 b	3.003 a
Promedio	1.756 C ³	2.808 B	3.774 A	2.779
Materia seca aérea (kg ha ⁻¹)				
	0	5	10	
0	1.599 b ²	1.955 b ²	2.973 ns ¹	2.176 b ²
40	2.278 b	2.888 a	3.444	2.870 a
80	2.549 b	2.904 a	3.810	3.087 a
120	2.928 a	2.962 a	3.351	3.080 a
160	2.859 a	2.979 a	3.572	3.136 a
Promedio	2.243 B ³	2.738 B	3.430 A	2.870

¹no significativo; ²medias seguidas por diferentes letras minúsculas en la columna y ³letras mayúsculas en la línea, difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error.

La materia seca funcionará como cobertura de suelo brindando protección al suelo contra la erosión hídrica, el encostramiento entre otros factores. Esta variable obtuvo diferencia significativa en relación a la dosis de EB incrementando a 2.738 kg ha⁻¹ con dosis de 5 t ha⁻¹ y a 3.430 kg ha⁻¹ con dosis de 10 t ha⁻¹ en relación al testigo. Su efecto sobre esta variable se ajustó a la formula ($y=98,7x + 2.376,8$), el cual nos indica que por cada t ha⁻¹ aplicado la materia seca aumenta 98,7 kg. El coeficiente de determinación fue de $R^2= 0,95$.

En un experimento aplicando dosis de estiércol bovino, Reichert (2017) en la misma área del presente experimento, no constató diferencia significativa en la materia seca aérea del maíz obteniendo los siguientes resultados 4.397 kg ha⁻¹ con dosis de 7,5 t ha⁻¹ y 4.448 kg ha⁻¹ con dosis de 15 t ha⁻¹ de estiércol bovino respectivamente.

El N-urea afectó de forma significativa a la materia seca aérea obteniendo una diferencia entre las dosis aplicadas y el testigo en donde los valores de las dosis oscilan entre 2800 kg ha⁻¹ a 3100 kg ha⁻¹ con dosis de 40 a 160 kg ha⁻¹. No se presentó interacción significativa entre ambos factores. Los resultados del análisis se aprecian en el A10. De forma contraria Rivas (2014) quien, aplicando diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenado, no encontró diferencias significativas para la variable materia seca aérea.

La variable rendimiento se vio afectada de forma significativa por el factor EB. Su efecto se ajustó a la siguiente fórmula lineal ($y = 202x + 1.770,3$), el cual nos indica que, por cada t ha⁻¹ aplicado el rendimiento aumenta 202kg. El coeficiente de determinación fue $R^2 = 0,99$, que nos indica que la ecuación explica en un 99% el comportamiento del rendimiento en relación a la dosis de EB aplicada. La máxima respuesta de rendimiento observada en la tabla 5 fue de 4.318 kg ha⁻¹ este resultado se obtuvo con un tratamiento de 10 t ha⁻¹ de EB y 80 kg ha⁻¹ de N-urea.

De la misma manera, Duarte (2016) quien realizó un experimento con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa, observó que la parcela con estiércol bovino superó al testigo con un rendimiento promedio de 4.692 kg ha⁻¹ respectivamente, con una diferencia de 761 kg ha⁻¹ más que el testigo.

Brizuela (2010) obtuvo resultados significativos empleando estiércol bovino y fertilización mineral, alcanzando un rendimiento de 2.253 kg ha⁻¹, llegando a superar al testigo que arrojó un rendimiento promedio de 479 kg ha⁻¹.

Resultados similares se verifican con los obtenidos por Reichert et al. (2017), quienes constataron efecto significativo con la aplicación de dosis creciente de estiércol bovino (7,5 y 15 t ha⁻¹), obteniendo promedios de 3.613 y 2.899 kg ha⁻¹ de granos de maíz chipa, respectivamente. González (2016), con una dosis de 25 t ha⁻¹ de estiércol bovino obtuvo un promedio de 4.521 kg ha⁻¹ en granos de maíz chipa.

Las dosis de N-urea incrementaron el rendimiento, el mayor promedio observado es de 3.207 kg ha⁻¹ con una dosis de 120 kg ha⁻¹, disminuyendo con la dosis de 160 kg ha⁻¹. Gavilán (2010), realizando fertilización nitrogenada en maíz encontró diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno, quien alcanzó el mayor rendimiento de 7.840 kg ha⁻¹ con la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N.

El efecto del N-urea sobre la variable rendimiento registra un incremento desde 2.097 kg ha⁻¹ con el testigo a 3.207 kg ha⁻¹ con dosis de 120 kg ha⁻¹, disminuyendo con la dosis 160 kg ha⁻¹. Este resultado se ajustó a una ecuación cuadrática $y = -0,0701x^2 + 17,229x + 2073,5$ con un coeficiente de determinación de 0,98, en donde la dosis de máxima eficiencia técnica fue 123 kg ha⁻¹ N-urea obteniendo un máximo rendimiento de 4.182 kg ha⁻¹.

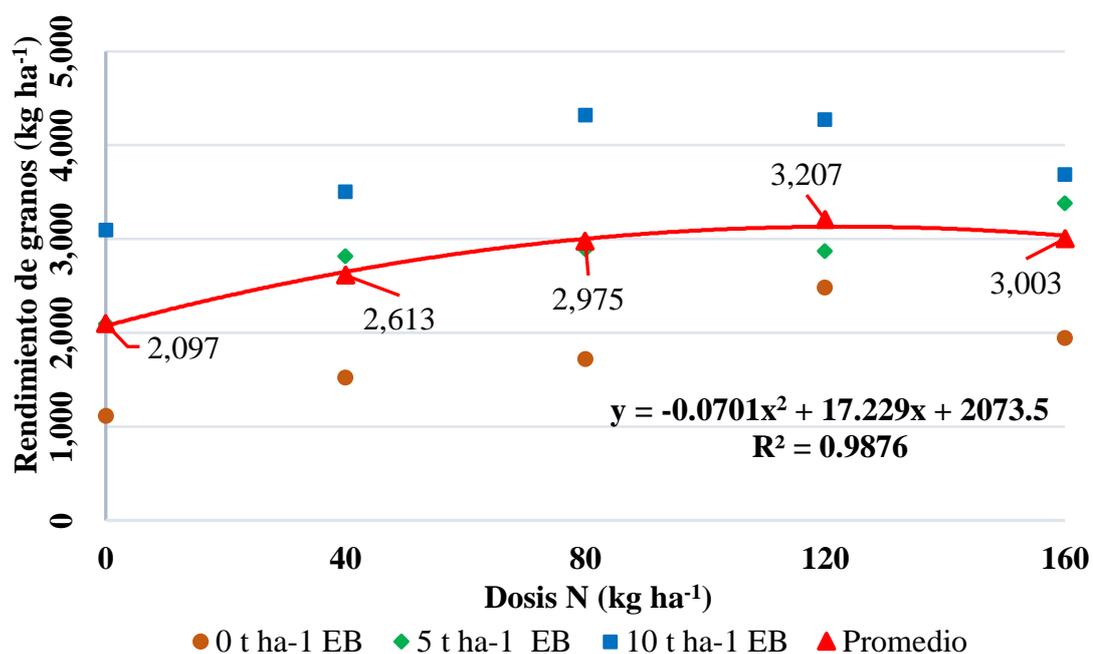


Figura 3. Rendimiento en función a la interacción entre estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú. 2018

La aplicación dosis de N-urea en relación a la nula aplicación de EB se ajustó a la siguiente fórmula $y = -0,0596x^2 + 16,103x + 1039,7$ con un coeficiente de determinación de 0,79 en donde la máxima eficiencia del N-urea fue de 136 kg ha⁻¹

obteniendo un rendimiento de 2.129 kg ha⁻¹, de la misma manera aplicación de dosis creciente de N-urea en relación a 10 t ha⁻¹ de EB se ajustó a una ecuación cuadrática $y = -0,1279x^2 + 25,36x + 2.973,4$ en donde se registra un aumento del rendimiento hasta la dosis 80 kg ha⁻¹ disminuyendo con 120 kg ha⁻¹ con un R² de 0,88 donde la máxima eficiencia técnica del N-urea fue de 99 kg ha⁻¹ obteniendo un rendimiento máximo de 4.230 kg ha⁻¹.

Karajallo (2014) en un experimento evaluando efectos de fuentes y dosis de nitrógeno sobre un cultivo de maíz en donde no encontró diferencias significativas en la masa seca aérea del maíz. De la misma manera Torres et al. (2012) tampoco encontraron diferencias significativas en un estudio con dosis N en maíz, con un rendimiento promedio de 9.666 kg ha⁻¹ de masa seca aérea.

Sin embargo, Álvarez (2014) evaluando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados (dosis de urea y sulfato de amonio) similares a este experimento en maíz encontró diferencias significativas con relación al testigo, quién obtuvo un rendimiento promedio de 5.511 kg ha⁻¹ con las dosis de urea y 5.164 kg ha⁻¹ con las dosis de sulfato de amonio, siendo el menor promedio 3.984 kg ha⁻¹ la cual se dio con el testigo.

Los valores medios obtenidos superan al rendimiento promedio a nivel país (1.062 kg ha⁻¹) y así también el rendimiento promedio departamental (990 kg ha⁻¹), sin embargo, se encuentran por debajo del potencial productivo registrado por IICA (2013) en el cual se obtuvo un rendimiento medio de 4.000 kg ha⁻¹ del maíz.

5. CONCLUSIONES

En las condiciones en las que se desarrolló el experimento se puede concluir que:

El estiércol bovino (EB) mejora los parámetros de crecimiento del maíz chipá, como la altura, el diámetro del tallo y la materia seca. También permite el aumento en el rendimiento del cultivo, de la longitud y diámetro de la espiga y del llenado de granos.

EL nitrógeno (N-urea) aumenta la altura de la planta, materia seca aérea, la longitud de la espiga y rendimiento en granos, en cambio para las demás variables no se halló diferencias significativas.

No se encuentra interacción significativa entre los factores EB y N-urea para ninguna de las variables estudiadas.

La fertilización orgánica sumada a la fertilización mineral permite el incremento adicional del rendimiento en granos del maíz chipá.

6. REFERENCIAS

- Aquino, M. 2014. Unidad de estudio agroeconómico: serie histórica por departamento y por rubros agrícolas y pecuarios (en línea) Asunción, Py. Consultado 12 feb. 2019. Disponible en <http://www.mag.gov.py/dgp/ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA%20ZAFRA%202012%202013.pdf>.
- Álvarez, JE. 2014. Estudio comparativo de cinco niveles de nitrógeno usando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en maíz (*Zea mayz* L.). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad de Guayaquil. Guayaquil, EC. 84 p. Consultado 12 oct. 2016. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/4209/1/TESIS%20%20EN%20MA%C3%8DZ%20JHONNY%20RAMON%20ALVAREZ.pdf>
- Álvarez, L. Casaccia, R. Villalba, M. Álvarez, E. Espinoza, M. Leguizamón, R. 1995. Ministerio de agricultura y ganadería; diversificación agrícola; rubros complementarios de la zona norte. Asunción, Paraguay. 52p.
- Arévalo, T. 2009. Manejo de nitrógeno bajo fertilización con NPK aplicado en siembra y cobertura en cultivos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis (Ing. Agr.). San Pedro de ycuamandyú, Carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 43p.
- Bayer, C. Mielniczuck, J. 1997. Características químicas do solo afetados por métodos de preparo e sistemas de cultura. Brasil. Campinas, v.21, p. 105-112.
- Barbieri, PA; Echeverría HE; Saínz Rozas HR; Maringolo M. 2010. Fertilización de maíz con urea de liberación lenta: pérdida por volatilización y eficiencia de uso de nitrógeno. CI. Suelo (Argentina) 28(1): 57-66. Consultado 8 abr. 2018. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v28n1/v28n1a07.pdf>
- Brizuela, FM. 2010. Efecto de diferentes dosis de estiércol vacuno y fertilizante mineral (10-30-10) en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido BR 106. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias-Universidad Nacional de Asunción. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Caazapá, PY. 25 p

- Burbano, H. 2001. Los orgánico en el manejo productivo del suelo: manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento (en línea). Sociedad Colombiana de la ciencia del Suelo. Consultado 3 de nov. 2017 disponible en: <http://www.secsuelo.org/wp-orgánico/manejo/productivo/suelos/5-a-W.pdf>.
- Cano, N. 2015. Fertilización nitrogenada en cobertura en el maíz. Tesis, Ing. Agr. Nathalia Cano Quintero, PY, Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 69p.
- Centa. 2008. Híbrido de maíz HQ-61: programa de granos. Consultado el 15 de dic. 2017, disponible en: www.centa.gob.sv/uploads/documentos/maiz.pdf
- Cervantes, F.; Covarrubia, J.; Rangel, JA.; Terrón, AD.; Mendoza, M.; Preciado, RE. 2009. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):101-110. Consultado 11 ene. 2019. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_101.pdf
- Correa, L. 1992. A. Plantio e tratos culturais. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. A cultura do mí/ha doce. Brasília, Brasil. p.15-16
- Coyné, M. 2000. Microbiología del suelo: un enfoque exploratorio. España. Madrid Editorial Paraninfo. 416p.
- De Luna, A; García, ML; Rodríguez, E; Pimienta, E. 2016. Evaluación de composta, vermicomposta y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.) (en línea) Guadalajara, Mx. Consultado 20 abr. 2019. Disponible en http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol3num8/Revista_Ciencias_Naturales_V3_N8_7.pdf.
- Dos Santos, MZ. Neitzke, DF, Sanderson, R. 2012. Estudio comparativo entre a eficiencia de diferentes formas de abudação na cultura caña-de-açúcar. Ivaílandia, Brasil. 492p
- Duarte, AD. 2016. Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánicas en maíz chipa (*Zea mays* var. Amiláceo L.). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, San Lorenzo- PY. 64 p.
- FAO (Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación). 2002 los fertilizantes y su uso (en línea. Consultado 14 oct. 2017. Disponible en <ftp://fao.org/agl/agll/docs/mandiocamundial.pdf>. Medellín, Co.
- Fassbender, H. Elemer H. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América latina. 2da edición. San José, Costa Rica. Editorial Costa Rica. 420p.

- Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias FONAIAP. 2008. Manejo del cultivo de maíz en el estado de Monagas. Consultado el 15 de dic. 2017, disponible en: www.cenaip.gov.ve/pdb/revistasTecnicas/fonaiapDivulga/fd49/maiz.htm.
- Florentín, M. A; Peñalva, M. Calegari, A. y Derpsh. R. 2001. Abonos verdes y rotación de cultivos en siembra directa. San Lorenzo – Paraguay. Proyecto de conservación de suelo MAG – GTZ. Pág. 18.
- Freres, VR. 2013. Efectos de la fertilización orgánica, edáfica y foliar sobre la agronomía y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*, L.), en la zona de Boliche provincia del Guayas. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias- Universidad de Guayaquil- Milagro–Ecuador. 82 p. Consultado 12 oct. 2018.
- Garro, J. 2016. El suelo y los abonos orgánicos (en línea) San José, CR. Consultado 20 abr. 2019. Disponible en: http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/04/El_Suelo_y_los_Abonos_Organicos-min.pdf.
- Gavilán, P. 2010. Fertilización nitrogenada en maíz, (*Zea mays* L.) variedad BR 106 en un Ultisol del Alto Paraná. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, San Lorenzo- PY. 40 pág.
- Garcete, A. 2019. Fertilización fosfatada y orgánica en maíz chipa (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev.). tercer año de evaluación. Tesis de grado. San Lorenzo, Paraguay. FCA, Universidad Nacional de Asunción. 70 p.
- Goedert, W. J. 1987. Solos dos cerrados. 1ra ed. Piracicaba: BR, EMBRAPA. Pg 203. IPNI (international plant nutrition institute). Consultado 07 de feb. 2019. Disponible en: www.ipni.net/ppiweb/mexnca.nsf.
- Gómez, BL. Cepada, MA. 2010 Efecto de la fertilización química y organomineral sobre la producción de canola en secano bajo labranza reducida en Michoacán México. ITEA revista. 183p.
- González, S. 2006. Efectos de la aplicación de Nitrógeno y de estiércol Bovino sobre la tasa de crecimiento de naranjo agrio (*Citrus aurantium* L.) de segundo año de implantación. Tesis (ing. Agr.) San Pedro de Ycuamandijú. PY: carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 51p.
- González Cáceres, E. 2016. Dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa (*Zea mays* var. *amiláceo* L.). Tesis de grado. San Lorenzo, Paraguay. FCA, Universidad Nacional de Asunción. 74 p.
- González, H. Leite, J. Otto, R. Trivelin, P.C.O. 2014 Fertilizantes Nitrogenados: Novas tecnologías. *Informações Agronomicas* 148, 12-20.

- Howeler, R. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization (en línea). Biology Production and Utilization. Cabi-Wallingford. Consultado 3 de nov. 2017 Disponible: www.betuco.cassavamineralnutrition20fertilization.pdf.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, PY) 2013. Evolución y situación del maíz (*Zea mays*). (En línea). Consultado el 20 feb 2019. Disponible en: http://www.iica.org.py/observatorio/maiz_comp.htm
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agrícola, AR.) 2008. Eficiencia del uso de Nitrogeno en maíz con siembra directa: efectos de diferentes dosis. (en línea). Consultado 2 jul. 2018. Disponible en: www.inta.gov.ar/rafaela/info/documento/anuario2002
- Intriago, NF. 2013. Fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz (*Zea mays*) amarillo duro dk 1040 e iniap h-553 en el empalme. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo-Ecuador. 61 p. Consultado 08 oct. 2018. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/561/1/T-UTEQ-0103.pdf>
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2010. Guía tecnológica. Cultivo del maíz (*Zea mays* L.) (en línea) Managua, Nic. Consultado 24 feb. 2018. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MAIZ%202010%202DA%20EDICION.pdf>.
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2013. Fertilización orgánica con estiércol bovino. Consultado 3 nov. 2017. Disponible en: [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/B898B337EC6993ED85257B4200621343/\\$FILE/IAH%20-2013-01%20NLA.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/B898B337EC6993ED85257B4200621343/$FILE/IAH%20-2013-01%20NLA.pdf).AR. 321p.
- Karajallo, JC. 2014. Efectos de fuentes y dosis de nitrógeno sobre un cultivo de maíz safrita en sistema siembra directa. Tesis Magíster en Ciencias del Suelo y Ordenamiento Territorial-Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Dirección de Posgrado. San Lorenzo, PY. 59 p.
- Llanos, M. C. 1984. El Maíz su cultivo y aprovechamiento. Editora Mundi-Prensa. Madrid-España. 318p.
- López, O. González, E. Molinas, M. Franco, S. García, S. Ríos, A. 1995. Estudio de reconocimientos de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar para la región oriental del Paraguay. Proyecto de racionalización de la tierra. Asunción, Paraguay. SSERNMA/Banco Mundial. 246p.
- Litzenberger, S. 1976. Guía para el cultivo en los trópicos y subtropicos. México, México.; CRAT. 209p.

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2013. Volúmenes de cuadros estadísticos (en línea). Consultado 20 oct. 2017. Disponible en: <http://www.mag.gov.py/index-censo2014.php?pag=volumenes.html>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2008 Cooperación Técnica Alemana. Proyecto de Desarrollo Rural Regional de Caazapá. Sistema de producción sostenibles para los Departamentos de Caazapá y Guairá. Asunción: GTZ, 2004. 154 p.
- Machado, V. 1997. Evaluación de germoplasma de avati moroti. In: MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). Informe anual: Cultivo de maíz ciclo 1996/7. Capitán Miranda, PY. 24-26p.
- Masiso, A. 2010 respuesta del cultivo de maíz a dosis crecientes de nitrógeno. (en línea). consultado el 22 de nov. 2018. Disponible en : <http://inta.gob.ar/documentos/respuesta-del-cultivo-de-maíz-a-dosis-creciente-de-nitrogeno>.
- Martínez, DG. 2014. Evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, San Lorenzo- PY. 49 p.
- Mikkelsen, R.; Prochnow, L. 2013. Principios básicos que sustentan la fuente correcta. 4R de la nutrición de las plantas: un manual para mejorar el manejo de la nutrición de las plantas. EE.UU. IPNI., 33p.
- Melgar, R. Torres, M. 2002. Manejo de fertilización en maíz. 114-121 p. Consultado 15 dic. 2017. Disponible en: www.biblioteca.org.ar/libros/210722.pdf
- Navarro, G. 2003. Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2da Ed. Madrid, ES: MUNDI-prensa. 487p.
- Panera, C. 2002. Hoja Informativa: INTA al servicio del productor. Serie: Producción Agropecuaria Nro. 2. Consultado el 28 de nov. 2018. Disponible en www.inta.gov.ar/sanjuan/info/documentos/horticultura/resmaizdulce1.pdf
- Poehlman, J. M. 1990. Mejoramiento de las cosechas. 2da ed. Vol 2. México, Mx: Limusa. 453p.
- Produção e comercialização de hortalicas. 2da. Edición, Editorial Universidade Federal de Viçosa. Brasil. 412p.
- Quintana, OV. 2012. Evaluación de la fertilización nitrogenada, en diferentes momentos fenológicos del maíz híbrido Dekalb 350 (*Zea mays*), en el distrito de Santa Rosa, Misiones. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Santa Rosa-Misiones, PY. 52 p.

- Ramírez, V. 2016. Fertilización nitrogenada, orgánica y organomineral en mandioca (*manihot esculenta* Crantz). Tesis (Ing. Agr.) Caaguazú. PY: Carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 57p.
- Reichert, A. 2017. Fertilización nitrogenada con estiércol bovino en la producción de maíz, en el distrito de Caaguazú. Tesis (Ing. Agr.) Caaguazú. PY: Carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 65p
- Rivas, R. 2014. Efectos de fuentes y dosis de fertilizante nitrogenado sobre las características agronómicas del maíz (*Zea mays*) en un suelo Paleudult. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Caazapá, PY. 45 p.
- Rodríguez, G. Torres, S. Lhinares, P. Freitas, R. 2008. Quantidade de esterco bovino no desempenho agronômico da rúcula. Brasil, BR. 168p.
- Salazar, E; Idilio, H; Vázquez, C; López, J; Chavarria, A. 2010. Producción orgánica de maíz. (220-240). (Facultad de Ciencias Agrarias y Zootecnia, Universidad Juárez del estado de Durango). Agricultura orgánica, Tercera parte. (en línea). Durango, Mx. Consultado 20 abr. 2019. Disponible en <http://faz.ujed.mx/Posgrado/maos/AUTOEVALUACION/CATEGORIAS/3-LINEA%20MANEJO%20SUSTSUELO/Libro%20de%20agricultura%20organica%20TERCERA%20PARTE%202010.pdf>.
- Salvador Muller, LS. 2016. Diferentes fuentes de fosforo con promotores de crecimiento (PGPR) en cultivo de maíz chipa (*Zea mays* var. Amiláceo L.). Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial. San Lorenzo, PY. 66 p.
- Sanchez, F. 2008. Fertilización orgánica (en línea) consultado 3 nov. 2017. Disponible en: <http://www.google.com.py/url?sa=t&rct=j&q=&esrc>. Pdf
- Smith, R.; Aguiar, J.; Caprile, J. 2.002. Producción de maíz dulce en California. Centro de Información e Investigación de hortalizas. Serie de Producción de Hortalizas Division of Agricultura and Natural Reources. Publication 7223-spanish
- Souto, PC. Tedesco, M. 2005. Descomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em áreas degradadas no semiárido da Paraíba. Revista brasileira de Ciencia do Solo, Viçosa, 29, 125-130p.
- Sosa, P. 2010. Fertilización nitrogenada en maíz (*zea mays* L.) variedad BR 106 en un ultisol de Alto Paraná. Tesis (ing. Agr.) Alto Paraná. PY: carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 40p.

- Tislade, S. Nelson, W. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, EE: VTHEA. 138-203p.
- Torres, CA.; Leguizamón, CA.; Causarano, HJ.; González, AL. 2012. Dosis y época de fertilización nitrogenada en el maíz. III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, PY. FCA-UNA. 308-310 p. Consultado 11 ene. 2019. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IIICNCA2014.pdf>
- Trivelin, PC. 2015. Avances en manejo de la fertilización nitrogenada en cultivos Extensivos. I Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. San Lorenzo (PY) 36-41 p.
- Valdez, AS.; Gray Acuña, MG. 2014. Fuentes y dosis de fertilizantes fosfatados en maíz. III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias. San Lorenzo, PY. FCA-UNA. 295-297 p. Consultado 12 oct. 2018. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IIICNCA2014.pdf>
- Van Raij, B. 2011. Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. Piracicaba (BR). IPNI (International Plant Nutrition Institute). 420 p.
- Vidal, I.; Etchevers, J.; Fischer, A. 2002. Dinámica del nitrógeno bajo diferentes rotaciones, sistemas de labranza y manejo de residuos en el cultivo de trigo, (en línea) consultado el 23 de abril 2019. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid
- Vigliola, M. 1. 2003. Manual de Horticultura. Buenos Aires. Argentina. Hemisferio Sur. 235 p.
- Vallone, P; Gudelj, V; Galarza, C; Masiero, B; Ferreira, L; Canale, A. 2010. Ensayo de densidad y distancia de siembra de maíz. INTA (en línea) Consultado 28 nov. 2018. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-10_1.pdf.
- White, D. 2004. Plagas y enfermedades del maíz. Madrid, ES. 78p.

7. ANEXO

Anexo 1. Precipitaciones mensuales ocurridas durante el periodo del experimento (noviembre de 2017 hasta marzo de 2018) y media histórica (1987-2016): Fuente: Estación meteorológica de Coronel Oviedo.

DÍAS	2017		2018			
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	
1			17,6			
2	17,8					
3	50	10,4				
4	10,8					
5			T		17,5	
6		6,5	31,8		15,3	
7						
8					34,1	
9					5,6	
10			14,2	45,4		
11			1,2	2,3		
12			42,7			
13						
14			18		56,2	
15					17,4	
16	11,8			5,8		
17	28,8					
18				40,4		
19		116,8		17,3		
20		15,4	3,6			
21		0,5	20,2			
22		93,9				
23		4,2			10,4	
24	0,8		2,2			
25	89,6					
26		51,2	0,5			
27		6,2		29,3		
28		4	71,6	1,3		
29	9,4	2,6		-----		
30				-----		
31	-----			-----		
TOTAL	219	311,7	223,6	141,8	156,5	1.052,6
MEDIA	31,2	28,3	20,27	20,25	22,35	
MEDIA HISTORICA	198,4	176	151,3	178,8	149,3	

Anexo 2. Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, Paraguay. 2018.

Trat. Y Bloque	Rendimiento (kg ha⁻¹)	MsA (kg ha⁻¹)	Long. de espiga (cm)	Diam. de espiga (cm)	P. mil semillas (g)	Altura de planta (m)	diam. del tallo (cm)	población ha⁻¹
T1 B1	1.083,4	1.624,2	12,5	4	246	1,15	0,82	55.555,5
T2 B1	1.810,7	2.180,8	17,3	3,8	249	1,994	1,97	57.291,6
T3 B1	2.055	2.288,8	15,8	4,18	254	1,728	1,36	48.611
T4 B1	2.111,9	2.942,8	17,2	4,1	254	1,884	1,55	60.763,8
T5 B1	1.627	2.769,4	14,9	3,93	268	1,902	1,59	53.819,4
T6 B1	1.609,98	1.794,5	14,1	4	287	2,01	2,3	48.611,1
T7 B1	3.087,3	3.353,4	15,8	4,56	275	1,952	2,3	48.611
T8 B1	3.504	3.353,4	16,85	4,35	257	2,05	2,8	50.347
T9 B1	2.973,7	3.132,9	15,4	4,08	263	1,932	2,03	53.819,4
T10 B1	2.742,6	3.044,7	16,4	4,25	283	2,05	2,1	60.763,8
T11 B1	2.301,3	2.364,8	16,25	3,98	295	2,04	2,3	53.819,4
T12 B1	3.260,3	4.230,9	17,9	4,566	300	2,1	1,92	52.083,3
T13 B1	4.242,7	3.814,2	17,2	4,25	290	2,15	2,05	59.027,7
T14 B1	3.977,6	3.388,4	18,1	4,48	312	2,13	2,5	52.083,3
T15 B1	3.560,9	3.376,2	17,8	4,5	301	2,155	2,2	53.819,44
T1 B2	1.263,3	1.563,4	14,8	3,7	243	1,9	1,83	43.402,7
T2 B2	1.865,6	3.292,6	16	3,85	252	1,82	1,45	36.458,3
T3 B2	2.750,2	3.145	17,5	4,16	247	1,84	1,3	38.194,4
T4 B2	2.541,87	2.399	15,96	4,18	265	1,925	1,85	52.083
T5 B2	1.852,4	3.166,3	16,15	4,3	248	1,75	1,2	60.763,8
T6 B2	2.358,15	1.954,2	18,4	4,1	259	1,99	1,9	48.611,1
T7 B2	3.140,4	2.329,9	18,08	4,06	293	2,01	2,1	52.083,3
T8 B2	2.718	2.456,1	18,1	3,98	284	1,98	1,9	50.347,2
T9 B2	2.884,6	2.253,8	17,28	3,58	286	1,96	2,3	55.555,5
T10 B2	3.437,78	2.258,4	17,75	4,63	289	2,1	2,3	39.930,5
T11 B2	3.090,39	2.532	17,3	4,6	275	2,01	1,94	45.138,8
T12 B2	4.024,95	3.794	18,06	4,23	301	2,045	1,99	52.083,3
T13 B2	4.042	4.131	18,48	4,41	315	2,15	1,98	38.194,4
T14 B2	4.621,59	3.148	16,83	4,16	295	2,038	2,03	43.402,7
T15 B2	3.826	4.304	16,4	4,48	302	2,2	2,01	48.611

Anexo 3. (Continuación) Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de estiércol bovino y nitrógeno. Caaguazú, Paraguay. 2018.

Trat. Y Bloque	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Msa (kg ha ⁻¹)	Long. de espiga (cm)	Diam. de espiga (cm)	P. mil semillas (g)	Altura de planta (m)	diam. del tallo (cm)	población ha ⁻¹
T1 B3	1.053,1	1.463	16,08	4,15	251	1,93	1,55	41.666,6
T2 B3	1.073,9	1.951,2	14	3,5	460	1,76	1,76	43.402,7
T3 B3	1.056,9	2.999	14,45	3,9	257	1,95	1,92	46.875
T4 B3	1.799,3	2.707	16,5	4	278	1,93	1,5	45.138
T5 B3	2.187,6	3.003,6	16,1	4,2	272	1,89	1,89	52.083,3
T6 B3	2.689,6	1.946,6	14,8	3,9	238	1,9	1,99	50.347,2
T7 B3	2.689,6	3.497,9	17,6	4,5	281	1,99	1,95	52.083,3
T8 B3	3.077,9	3.414,3	17,7	4	279	2,06	1,99	55.555,5
T9 B3	2.375,1	3.202,9	16,5	4,1	253	2,13	2,3	55.555,5
T10 B3	4.023,63	3.344,3	16,4	4,55	262	2,15	2,2	48.611,1
T11 B3	3.502,18	3.240,9	16,91	4	328	2,18	3,01	43.402,7
T12 B3	3.659,39	2.688,8	18,13	4,7	303	2,33	3,33	45.138,8
T13 B3	4.536,87	3.084,2	16,8	4,85	297	2,12	2,7	48.611
T14 B3	4.295,76	3.295,6	17,2	4,18	310	2,15	2,6	53.819,4
T15 B3	3.769,25	3.878,1	14,66	3,6	301	2,2	2,1	48.611
T1 B4	1.041,75	1.748,9	15,083	2,75	304	1,2	1,4	41.666,6
T2 B4	1.344,8	1.688,1	15,65	4	245	2,02	1,57	53.819,4
T3 B4	1.022,81	1.764,1	15,25	4,1	315	1,946	1,56	50.347,2
T4 B4	3.468,09	3.663,6	16,2	4,28	252	2,074	1,96	53.819,4
T5 B4	2.113,8	2.500,3	16,5	4,4	273	2,04	1,94	46.875
T6 B4	1.710,3	2.124,6	14,5	4,1	270	2,15	1,9	53.819,4
T7 B4	2.329,7	2.372,5	17,5	4,3	283	2,17	1,9	64.236,1
T8 B4	2.244,5	2.395,3	16,5	4,2	320	2,08	2,4	59.027,7
T9 B4	3.248,37	3.262,1	14,75	3,9	285	2,05	2,3	55.555,5
T10 B4	3.314	3.269,8	16	4	298	1,98	2,5	46.875
T11 B4	3.466,19	3.756,4	16,05	4,4	277	2,215	3,3	52.083,3
T12 B4	3.077,9	3.064,4	17,5	4,1	292	2,238	2,9	53.819,4
T13 B4	4.451,12	4.212,7	17,9	4,5	285	2,38	3,1	53.819,4
T14 B4	4.200,4	3.572,4	19,16	4,4	312	2,345	3,05	55.555,5
T15 B4	3.579,8	2.732,9	17	4,25	286	2,45	2,93	52.083,3

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable altura de planta.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta	60	0,69	0,56	7,05

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,89	17	0,11	5,49	<0,0001
Bloque	0,18	3	0,06	2,95	0,0434
Factor A	1,23	2	0,62	30,50	<0,0001
Factor B	0,25	4	0,06	3,09	0,0258
Factor A*B	0,23	8	0,03	1,40	0,2250
Error	0,85	42	0,02		
Total	2,74	59			

Anexo 5. Análisis de varianza de la variable diámetro del tallo.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro del tallo	60	0,68	0,55	16,62

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,80	17	0,64	5,26	<0,0001
Bloque	1,77	3	0,59	4,84	0,0053
Factor A	8,28	2	4,14	34,32	<0,0001
Factor B	0,13	4	0,03	0,26	0,9008
Factor A*B	0,62	8	0,08	0,64	0,7368
Error	5,07	42	0,12		
Total	15,86	59			

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable población de plantas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Población de plantas	60	0,46	0,24	10,26

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	970936213,80	17	57113894,93	2,12	0,0247
Bloque	493706597,10	3	164568865,70	6,10	0,0015
Factor A	118855291,97	2	59427645,98	2,20	0,1233
Factor B	154722865,23	4	38680716,31	1,43	0,2400
Factor A*B	203651459,50	8	25456432,44	0,94	0,4924
Error	1133897569,66	42	26997561,18		
Total	2104833783,46	59			

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable diámetro de la espiga.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Diámetro de Espiga	60	0,48	0,28	6,80

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,17	17	0,19	2,32	0,0137
Bloque	0,04	3	0,01	0,19	0,9052
Factor A	1,31	2	0,66	8,16	0,0010
Factor B	0,69	4	0,17	2,16	0,0906
Factor A*B	1,12	8	0,14	1,74	0,1174
Error	3,38	42	0,08		
Total	6,54	59			

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable peso de mil semillas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de mil semillas	60	0,28	0,00	11,58

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17211,3	17	1012,4	0,94	0,531
Bloque	2584,9	3	861,6	0,80	0,498
Factor A	8252,7	2	4125,8	3,85	0,029
Factor B	2932,8	4	733,2	0,68	0,606
Factor A*B	3441,7	8	430,2	0,40	0,913
Error	45001	42	1071,4		
Total	62212,5	59			

Anexo 9. Análisis de varianza de la longitud de la espiga.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Longitud de Espiga	60	0,56	0,39	6,26

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	58,16	17	3,42	3,20	0,0011
Bloque	8,20	3	2,74	2,56	0,0680
Factor A	24,99	2	12,50	11,68	0,0001
Factor B	15,80	4	3,95	3,69	0,0116
Factor A*B	9,16	8	1,15	1,07	0,4017
Error	44,94	42	1,07		
Total	103,10	59			

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable masa seca aérea.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Masa seca aérea	60	0,61	0,46	18,86

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	19637577,82	17	1155151,64	3,94	0,0001
Bloque	117982,26	3	39327,42	0,13	0,9391
Factor A	10276215,62	2	5138107,81	17,53	<0,0001
Factor B	7738853,06	4	1934713,26	6,60	0,0003
Factor A*B	1504526,89	8	188065,86	0,64	0,7382
Error	12308007,74	42	293047,80		
Total	31945585,56	59			

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable rendimiento.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	60	0,86	0,80	16,44

F.V.	S.C.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	53432138,05	17	3143066,94	15,05	<0,0001
Bloque	775880,67	3	258626,89	1,24	0,3079
Factor A	40753295,94	2	20376647,97	97,55	<0,0001
Factor B	9175854,47	4	2293963,62	10,98	<0,0001
Factor A*B	2727106,97	8	340888,37	1,63	0,1448
Error	8773395,87	42	208890,38		
Total	62205533,92	59			

Anexo 12. Ilustraciones de las actividades realizadas durante el periodo experimental



Aplicación de herbicida.



Realización de surcos de forma manual



Aplicación de estiércol Bovino



Siembra de maíz chipa



Limpieza de la parcela



Aplicación de fertilizante mineral



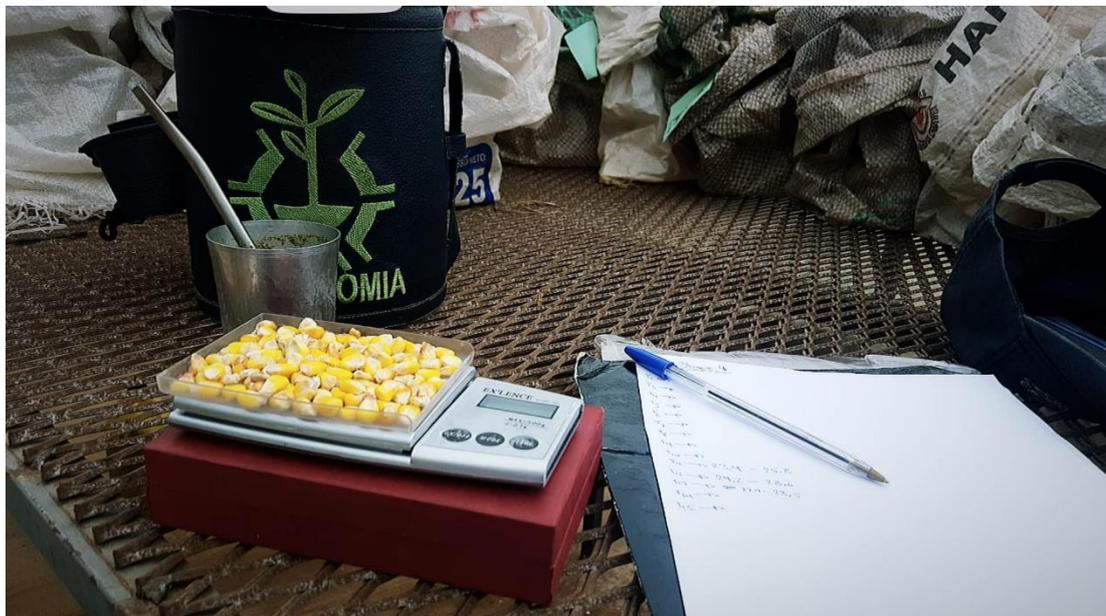
Raleo del cultivo



Medición de variables a campo



Cosecha



Medición de variables en la Facultad de Ciencias Agrarias