

**DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA
EN MAÍZ CHIPA (*Zea mays* var. *amiláceo* L.)**

EUGENIO GONZÁLEZ CÁCERES

Tesis presentada 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

2016

**DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA
EN MAÍZ CHIPA (*Zea mays* var. *amiláceo* L.)**

EUGENIO GONZÁLEZ CÁCERES

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez

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

Co-Orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego

Tesis presentada 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

2016

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

**FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDAS ORGÁNICA E
INORGÁNICA EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* var. amiláceo L.)**

Esta Tesis fue aprobada 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: Eugenio González Cáceres

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche

Alvarez

Miembros del Comité Asesor

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez

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

Prof. Ing. Agr. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego

San Lorenzo - Paraguay, 29 de Noviembre de 2016

DEDICADO

A la memoria de mi madre Guillermina
A mi padre Eleuterio y
A mis hermanos

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, por mantenerme con salud, guiar mis pasos y darme la fortaleza necesaria para cumplir mis metas.

A mis padres y hermanos, gracias por el acompañamiento y apoyo incondicional de siempre.

Al Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez, por orientarme durante la ejecución de la tesis y por sobre todo por el profesionalismo demostrado a lo largo de este trabajo.

Al Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas y a la Prof. Ing. Agr. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego por la predisposición y apoyo para la realización de este trabajo.

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

Al Complejo Agroindustrial Angostura S.A (CAIASA), por proveer una de las fuentes de enmiendas utilizadas para el experimento.

A la 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 Alejandro Duarte Sanabria y familia por facilitar la infraestructura y el terreno para la realización del experimento, como así también por la estadía y buenos tratos recibidos durante la ejecución del trabajo a campo.

A mis compañeros de la orientación Suelos, en especial a mis compañeros Alder Duarte Monzón, Samuel Salvador Muller y Derlis Enciso Santacruz por la ayuda durante la realización de este trabajo y por todos los momentos compartidos.

DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA EN MAÍZ CHIPA (*Zea mays* var. *amiláceo* L.)

Autor: Eugenio González Cáceres

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez

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

Co-Orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego

RESUMEN

Las enmiendas orgánicas e inorgánicas y los fertilizantes suministran a los cultivos los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de nitrógeno en combinación con enmiendas orgánica e inorgánica sobre algunas características agronómicas del maíz chipa, el rendimiento y la fertilidad posterior del suelo. El experimento se realizó en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentinas, entre setiembre del 2015 hasta febrero del 2016. El estudio se realizó en un diseño de parcelas subdivididas, evaluando dos factores: fuentes de enmiendas (Factor A) y dosis de nitrógeno (Factor B). Las enmiendas utilizadas fueron el estiércol bovino (25.000 kg ha⁻¹); ceniza de expeler de soja (870 kg ha⁻¹) y el testigo (sin enmienda). Las dosis de nitrógeno evaluadas fueron (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹). Las parcelas y subparcelas se distribuyeron en el área experimental con un diseño de bloques completo al azar con 15 tratamientos y 4 repeticiones. No se encontró diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas con el Factor B: número de hojas por plantas; diámetro del tallo; altura de inserción de espigas; número de espigas por planta; diámetro de espiga; longitud de espigas; masa seca aérea y rendimiento de grano, con medias de 14,0; 20,9 mm; 108,2 cm; 1,5; 36,6 mm; 16,3 cm; 13.317 kg ha⁻¹ y 3.999 kg ha⁻¹, respectivamente. Con la aplicación del Factor A hubo diferencias significativas para el número de hojas por planta, diámetro del tallo, número de espigas por planta, longitud de espigas, masa seca aérea, rendimiento de granos y análisis de suelo posterior a la cosecha. El mejor rendimiento del maíz fue de 4.521 kg ha⁻¹ que se obtuvo con el estiércol bovino, en el análisis de suelo se encontró diferencias significativas en el pH y Al⁺³ en las parcelas tratadas con la ceniza. Es recomendable la aplicación de enmienda orgánica para mejorar la producción del maíz chipá.

Palabras clave: avati morotí, ceniza, estiércol bovino, dosis de nitrógeno.

DOSES DE NITROGÊNIO COM EMENDAS ORGÂNICA E INORGÂNICA EM MILHO CHIPA (*Zea mays* var. amiláceo L.)

Autor: Eugenio González Cáceres

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez

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

Co-Orientadora: Prof. Ing. Agr. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego

RESUMO

Fertilizantes e emendas orgânicas e inorgânicas fornecem os nutrientes necessários para desenvolvimento ideal das culturas. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito da aplicação de doses de nitrogênio combinado com emendas orgânicas e inorgânicas em algumas características agrônômicas do milho chipa, desempenho e subsequente fertilidade do solo. O experimento foi realizado no departamento de Canindeyú, distrito de Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentinas, entre setembro de 2015 até fevereiro de 2016. O estudo foi conduzido em um projeto de enredo dividido, avaliando a dois fatores: fontes alterações (fator A) e doses de nitrogênio (fator B). Alterações foram usadas o fezes bovinas (25.000 kg ha⁻¹); Cinzas expulsaram soja (870 kg ha⁻¹) e o controle (sem alteração). As doses de nitrogênio avaliado foram (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha⁻¹). As parcelas e subparcelas foram distribuídas na área experimental com um design cheio de blocos ao acaso com 15 tratamentos e 4 repetições. Não é encontrado diferenças significativas para qualquer uma das variáveis avaliadas com o fator b: número de folhas por plantas; diâmetro do caule; altura de inserção das espigas; número de espigas por planta; diâmetro das espigas; comprimento das espigas; matéria seca aérea e rendimento de grãos, com médias de 14,0; 20,9 mm; 108,2 cm; 1,5; 36,6 mm; 16,3 cm; 13,317 kg ha⁻¹ e 3,999 kg ha⁻¹, respectivamente. Com a aplicação do Factor A houve diferença significativa para o número de folhas por planta, diâmetro do caule, número de espigas por planta, comprimento das espigas, massa de ar seco, rendimento de grãos e colheita após análise do solo. O melhor rendimento de milho foi 4,521 kg ha⁻¹, que foi obtido com as fezes bovinas; na análise de solo encontraram diferenças significativas no pH e Al³⁺ nas parcelas tratadas com cinzas. Recomenda-se a aplicação da alteração de solo orgânico para melhorar a produção de milho chipa.

Palavras-chave: Avati morotĩ, cinza, fezes bovinas, doses de nitrogênio.

NITROGEN DOSES WITH ORGANIC AND INORGANIC AMENDMENTS IN MAIZE CHIPA (*Zea mays* var. *amylaceus* L.)

Author: Eugenio González Cáceres

Adviser: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez

Co- Adviser: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas

Co- Adviser: Prof. Ing. Agr. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego

SUMMARY

Inorganic and organic amendments and fertilizers provide crops needed nutrients to their optimal development. The objective of this experiment was to evaluate the effect of the application of doses of nitrogen combined with organic and inorganic amendments on some agronomic characteristics of maize chipa, yield and subsequent fertility of the soil. The experiment was carried out in the Department of Canindeyú, district of Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentinas, between September 2015 until February 2016. The study was conducted in a plot design divided, evaluating two factors: amendments (Factor A) sources and doses of nitrogen (Factor B). Used amendments were the bovine manure (25,000 kg ha⁻¹); Ash expelled soybean (870 kg ha⁻¹) and the control (without amendment). The nitrogen doses evaluated were (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha⁻¹). The plots and subplots were distributed in the experimental area with a full design of blocks at random with 15 treatments and 4 replications. We did not find significant differences for any of the variables evaluated with Factor b: number of leaves per plant; diameter of the stem; height of insertion of pins; number of spikes per plant; diameter of shank; length of spikes; aerial dry matter and grain yield, with averages of 14.0; 20.9 mm; 108.2 cm; 1.5; 36.6 mm; 16.3 cm; 13.317 kg ha⁻¹ and 3.999 kg ha⁻¹, respectively. With the application of the Factor there was significant for the number of sheets by plant, stem diameter, spike insertion height, number of spikes per plant, length of spikes, dry air mass, grain yield and harvest after soil analysis. The best corn yield was 4.521 kg ha⁻¹ which was obtained with the cattle manure on soil analysis found significant differences in pH and Al³⁺ in plots treated with ash. The application of organic soil amendment is recommended to improve the production of chipa maize.

Keywords: avati morotĩ, ash, bovine manure, nitrogen doses.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN.....	v
RESUMO	vi
SUMMARY	vii
ÍNDICE	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Producción de maíz en el Paraguay.....	3
2.1.1 Exigencias de clima y suelo del maíz	4
2.1.2 Requerimientos de nitrógeno del maíz	5
2.2 Nitrógeno.....	6
2.2.1 Ciclo del Nitrógeno.....	6
2.2.2 Origen, dinámica y formas en el suelo	7
2.2.3 Fertilizantes nitrogenados	8
2.3 Enmiendas orgánicas e inorgánicas.....	10
2.3.1 Usos de enmiendas orgánicas	11
3 MATERIALES Y MÉTODOS	13
3.1 Localización y caracterización del área experimental.....	13
3.2 Diseño experimental y tratamientos	15
3.3 Implantación y manejo del experimento	17
3.3.1 Colecta de suelo	17
3.3.2 Preparación del terreno	17
3.3.3 Aplicación de los fertilizantes y siembra.....	17
3.3.4 Cuidados culturales.....	18
3.3.5 Cosecha.....	18
3.4 Variables evaluadas	18
3.5 Métodos de control de calidad de los datos.....	20

3.6 Modelo de Análisis e Interpretación	20
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1 Análisis de suelo posterior a la cosecha del maíz.....	21
4.2 Número de hojas por planta de maíz	23
4.3 Diámetro del tallo del maíz	25
4.4 Altura de inserción de espigas del maíz	26
4.5 Número de espigas por planta del maíz.....	27
4.6 Diámetro de espiga del maíz	29
4.7 Longitud de espiga del maíz.....	31
4.8 Masa seca aérea del maíz	32
4.9 Rendimiento de granos del maíz	33
5 CONCLUSIONES.....	38
6 REFERENCIAS	39
7 ANEXOS	47

LISTA DE FIGURAS

1. Ubicación de la parcela experimental	13
2. Precipitación mensual ocurrida durante el ciclo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento y media histórica (2009-2014). Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.	14
3. Distribución de las unidades experimentales en el campo.	16
4. Número de espigas por planta con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	28
5. Rendimiento de granos con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	35

LISTA DE TABLAS

1. Características físicas y químicas del suelo de la parcela experimental.	15
2. Descripción de los tratamientos del experimento.	16
3. Características químicas del suelo en las parcelas donde fueron aplicadas las enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.....	21
4. Número de hojas por planta, diámetro del tallo y altura de inserción de espigas con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	24
5. Número de espigas por planta con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	28
6. Diámetro de espiga, longitud de espiga y masa seca aérea con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	30
7. Rendimiento de granos con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	34

LISTA DE ANEXOS

1. Precipitaciones mensuales ocurridas durante el periodo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento y media histórica (2009-2014): Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.	48
2. Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	49
3. Análisis de varianza de la variable pH.....	51
4. Análisis de varianza de la variable aluminio intercambiable.....	51
5. Tabla general de datos de la variable evaluada análisis de suelo posterior a la cosecha con aplicación de enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	51
6. Análisis de varianza de la variable materia orgánica.....	52
7. Análisis de varianza de la variable fósforo	52
8. Análisis de varianza de la variable calcio	53
9. Análisis de varianza de la variable magnesio	53
10. Análisis de varianza de la variable potasio	53
11. Análisis de varianza de la variable sodio	54
12. Análisis de varianza de la variable número de hojas por planta	54
13. Análisis de varianza de la variable Diámetro del tallo.....	54
14. Análisis de varianza de la variable altura de inserción de espigas.....	55
15. Análisis de varianza de la variable número de espigas por planta.....	55
16. Análisis de varianza de la variable diámetro de espiga.....	55
17. Análisis de varianza de la variable longitud de espiga	56
18. Análisis de varianza de la variable masa seca aérea	56
19. Análisis de varianza de la variable rendimiento de granos	56
20. Ilustraciones de las actividades realizadas durante el periodo del experimento	57

1 INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola, en la actualidad, ha pasado de ser una forma de vida a una actividad de carácter comercial, lo que ha provocado un serio deterioro del recurso suelo, y particularmente de su fertilidad. Como una forma de contrarrestar la pérdida de capacidad de suministro de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ha sido necesario recurrir a la aplicación de productos orgánicos e inorgánicos portadores de dichos nutrientes.

Existen diferentes factores que inciden en los suelos y pueden dejarlos carentes de nutrientes, esto se puede evitar incorporando enmiendas al suelo antes de que los mismos se empobrezcan. Es así que la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica, así como de fertilizantes suministra a los cultivos los nutrientes necesarios para su óptimo desarrollo.

El nitrógeno junto al potasio y el fósforo, constituyen los elementos primarios de las plantas, siendo el nitrógeno uno de los componentes indispensables para un buen desarrollo de los cultivos, además de ser también uno de los elementos más abundantes de la Tierra, pues en su forma gaseosa (N_2) constituye 78% de la atmósfera. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno presente en los suelos es escasa, debido a su propia dinámica y a su ciclo biogeoquímico. El nitrógeno es el elemento que más influye proporcionalmente sobre el rendimiento de un cultivo y su exceso puede causar perjuicios.

Entre los cultivos que exigen gran demanda de nitrógeno se encuentra el maíz y cuando se busca altas productividades de este cultivo la fertilización orgánica no siempre sule de manera adecuada la cantidad de nitrógeno necesaria por la planta, por tanto es recomendado realizar la fertilización química de la misma.

Actualmente el maíz chipa constituye uno de los rubros de explotación agrícola más difundidos entre los pequeños y medianos productores, ya que la misma representa una de las bases de la alimentación humana.

Teniendo en cuenta la falta de actualización de resultados experimentales sobre la aplicación de enmiendas orgánicas e inorgánicas y la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en maíz chipa, se llevó a cabo el siguiente experimento en el Departamento de Canindeyú, distrito de Ybyrarobana.

El objetivo general de este experimento fue evaluar la producción del maíz chipa con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en combinación con enmiendas orgánica e inorgánica, y como objetivos específicos evaluar algunas características agronómicas del maíz, el rendimiento y determinar la fertilidad del suelo posterior a la aplicación de diferentes fuentes de enmiendas y dosis de nitrógeno.

En el experimento se plantearon las hipótesis de que con la aplicación de enmienda orgánica en combinación con el fertilizante nitrogenado se obtendrá el mayor rendimiento del cultivo. Por otro lado, el requerimiento de nitrógeno será menor cuando su aplicación es combinada con la enmienda orgánica.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Producción de maíz en el Paraguay

Según el IICA (2013) en nuestro país el maíz se cultiva en gran parte del territorio, actualmente la producción de los pequeños productores con superficies de siembra de hasta una hectárea, son dirigidas a variedades de avati morotĩ (chipa), morotĩ porã (locro), destinadas al consumo dentro de la finca y karape pytã utilizada para la alimentación de animales.

En la zafra 2012/13, los Departamentos de Alto Paraná, Canindeyú, San Pedro y Caaguazú, abarcaron el 75% del área sembrada y el rendimiento medio alcanzó 4.000 kg ha^{-1} , 29,2% más que lo alcanzado en la zafra 2011/12. Sin embargo, la mayor parte del maíz sembrado pertenece al maíz karape pytã.

Según el Censo Agropecuario Nacional (2008), los principales departamentos especializados en la producción de maíz son: Alto Paraná que ocupa el primer lugar con 225.795 ha. sembradas; Canindeyú ocupa el segundo lugar con 208.201 ha.; San Pedro esta en tercer lugar con una superficie sembrada de 123.485 ha.; en el cuarto lugar se encuentra el Departamento de Caaguazú con 89.730 ha.; y el quinto lugar ocupa el Departamento de Itapúa con 83.976 ha.

La superficie estimada del cultivo de maíz de la zafra agrícola 2007/08 fue de 858.101 ha. en la zafra 2008/09 fue de 774.100 ha. y la proyección de la zafra agrícola 2009/10 fue de 700.000 ha. sembradas CAN (2010). Según IICA (2013), la superficie sembrada en la zafra 2012/13 fue de 1.030.003 ha., aumentando 3,5% respecto al año agrícola anterior. Con esto se puede evidenciar que la superficie sembrada en la zafra 2012/13 aumentó con respecto a zafras anteriores.

A pesar de que la superficie sembrada del maíz se mantiene estable con pequeñas variaciones, el rendimiento refleja profundos altibajos. Según el Censo Agropecuario Nacional, en la zafra 2006/07 el rendimiento medio del maíz fue de 2.907 kg ha⁻¹; en la zafra 2007/08 alcanzó 2.880 kg ha⁻¹; en la zafra 2008/09 el rendimiento medio fue de 2.400 kg ha⁻¹; y en la zafra 2009/10 fue de 2.500 kg ha⁻¹. En relación al maíz chipá, este se encuentra distribuido por todo el territorio nacional, cultivado en fincas menores de 5 ha, solo o asociado con cultivos de poroto, zapallo, mandioca, entre otros cultivos de consumo humano (Salhuana y Machado 1999), utilizándose parte del mismo para alimentación humana y el excedente vendido para la obtención de ingresos en la finca.

Según el MAG (2008) en el Paraguay se sembraron 80.759 ha distribuidas en 134.835 fincas, con rendimiento promedio a nivel país de 1.062 kg ha⁻¹. Cuando se considera la distribución por finca se observa que el 36%, 28,3% y 24,1% de las fincas donde se cultiva el maíz chipá poseen entre 1 a 5 ha, 5-10 ha y 10-20 ha, respectivamente.

De las 80.759 ha sembradas en el país, 4.962 ha son realizadas en el Departamento de Canindeyú, distribuidas en 6.200 fincas, donde el 87% corresponden a fincas entre 1 a 20 ha, con rendimiento promedio a nivel departamental de 1.140 kg ha⁻¹.

Carballo et al. (2010) realizaron una investigación sobre disponibilidad del poroto (*Vigna unguiculata*), mandioca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*) para consumo humano y su valoración social por las familias. De los tres rubros, el maíz es considerado el de mayor valoración social, la mandioca se sitúa en segundo lugar y por último el poroto.

2.1.1 Exigencias de clima y suelo del maíz

Esta variedad es muy sensible al estrés hídrico y durante su ciclo vegetativo, los requerimientos hídricos son de 600 – 800 mm. Este cultivo requiere de suficiente aporte de agua durante la germinación y la floración, en esta última etapa presenta el

máximo requerimiento de agua, o sea, 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 del nitrógeno, unas tres semanas, que preceden a la liberación del polen, perjudicará el resultado de la cosecha de forma irreversible (MAG 2006).

La temperatura óptima requerida por el maíz varía entre 20-30 °C (Granados y Sarabia 2013). Es un maíz de ciclo tardío que necesita 1.052 unidades térmicas, habiendo diferenciación en la necesidad de las flores femeninas y masculinas en relación a las unidades térmicas, entre 62 a 107 grados de calor entre ambas (Salhuana y Machado 1999).

El maíz como la mayoría de los cultivos requiere suelos fértiles, pero se adapta a una gran variedad de ellos; no obstante, son preferibles suelos de texturas medias, 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 (MAG 2006).

2.1.2 Requerimientos de nitrógeno del maíz

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. El maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno cuando alrededor de seis hojas se encuentran completamente expandidas (V6 a V7). Por ello, antes de que comience esta etapa fenológica, el cultivo debería disponer de una oferta de nitrógeno adecuada que satisfaga su demanda para el crecimiento (Melgar y Torres 2002).

2.2 Nitrógeno

2.2.1 Ciclo del Nitrógeno

Trivelin (2015) menciona que el nitrógeno se encuentra en la naturaleza en cambios constantes, estas son representadas por el reciclaje del nitrógeno en el sistema suelo microorganismos-planta-animal-agua-atmósfera, que conforman el ciclo biogeoquímico del nitrógeno. El ciclo de este elemento dentro del sistema agrícola puede darse de varias maneras y magnitudes, las cuales dependen de cómo se producen las entradas y salidas del elemento dentro del sistema, cuyo balance podrá reflejarse a corto, medio y largo plazo en la productividad de cultivos de interés económico. Finck (2009) sostiene que el nitrógeno es uno de los nutrientes que más limita la producción de los cultivos, se puede decir que en la naturaleza existe una relación inversa entre la cantidad y la disponibilidad para las plantas de las distintas formas de nitrógeno.

Las estradas 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 hospedadas (Van Raij 2011).

El suministro de fertilizantes minerales obtenidos de la fijación industrial del N_2 atmosférico, sigue siendo una de las vías más importantes de reposición de este nutriente en el sistema; otra es la fertilización orgánica vía suelo con residuos y subproductos de la agroindustria o subproductos de la actividad antrópica; el nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) contenido en el agua de lluvia, producto de la actividad antrópica; la absorción de amoniaco (NH_3) y de óxidos de N de la atmósfera por parte del follaje de los vegetales; y por último, el nitrato transportado a través del perfil del suelo con el movimiento ascendente del agua (Trivelin 2015).

El mismo autor menciona que se tiene como salidas o pérdidas de N: la exportación de N en las cosechas; óxidos de N (N_2O , NO y NO_2), 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. Las formas gaseosas contribuyen al efecto de invernadero y cambios climáticos (Urquiagua y Zapata 2000).

2.2.2 Origen, dinámica y formas en el suelo

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 (Van Raij 2011).

La gran disponibilidad del gas nitrógeno en el aire atmosférico no garantiza la disponibilidad del nutriente para la agricultura. Por el contrario, es el elemento que necesita la mayor porción de energía, entre los macronutrientes, para ser transformado en abonos minerales en formas disponibles para la planta. La biosfera y sus productos de degradación, principalmente el suelo, retiene la mayor parte del nitrógeno que puede biodisponibilizarse, constituyendo la parte del ciclo de este elemento que es de mayor interés para la agricultura (Van Raij 2011).

Los tenores de $N-NO_3^-$ del suelo que se encuentran sujetos a pérdidas son muy inestables en el espacio y en el tiempo, los cuales dependen de la cantidad de N adicionado, de la tasa de mineralización del N originario del suelo, de lo exportado

por los cultivos, del sistema de manejo, del tipo de cultivo y del volumen del agua drenada; factores influenciados considerablemente por las propiedades del suelo (CIC, textura, estructura, contenido de materia orgánica, etc.) (Urquiagua y Zapata 2000).

Es importante considerar las pérdidas que ocurren en suelos con el pasar de los años del cultivo. El tenor de la materia orgánica (MO) en un suelo, bajo vegetación natural se encuentra en condiciones de equilibrio reflejando el resultado de adición y pérdida (Van Raij 2011). El mismo autor menciona que con el cultivo de los suelos, 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.

2.2.3 Fertilizantes nitrogenados

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

Los mismos autores mencionan que durante la producción de urea dos moléculas pueden combinarse para formar un compuesto llamado biuret, que puede ser perjudicial cuando se rocía sobre el follaje de las plantas. La mayoría de los fertilizantes comerciales a base de urea contienen solo pequeñas cantidades de biuret debido a las condiciones rigurosamente controladas durante la fabricación.

La urea es utilizada de varias maneras para proveer nitrógeno para el crecimiento de las plantas. Es más comúnmente incorporada al suelo o aplicada a la superficie. Debido a su alta solubilidad, se puede disolver en agua y aplicarse al suelo en forma líquida, agregarse 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 la enzima ureasa, que convierte la urea

en NH_3 por hidrólisis. Durante este proceso el nitrógeno contenido en la urea es susceptible a pérdidas gaseosas por volatilización en forma de NH_3 (Mikkelsen y Prochnow 2013).

Barbieri et al. (2010) realizaron un experimento por dos años en maíz para determinar la eficiencia del uso de nitrógeno y la pérdida por volatilización. Para ello utilizaron urea, urea+NSN (copolímero maleico-itacónico) y urea+nBTPT (triamida n-butil tiofosfórica), en combinación con dosis de N (60 y 120 kg ha^{-1}). En ambos años, las pérdidas de N- NH_3 determinadas para urea fueron superiores respecto a las pérdidas de urea+ aditivos. Las pérdidas en el año 1 desde urea fueron del 3 y 10% para 60 y 120 kg ha^{-1} de N, respectivamente, mientras que desde urea+NSN no superaron el 0,5% para ambas dosis. En el año 2, las pérdidas desde urea fueron de 2,3 y 3,8% para 60 y 120 kg ha^{-1} de N, respectivamente, mientras que desde urea+NSN y urea+nBTPT no superaron el 2% para ambas dosis. La utilización de los aditivos si bien fue efectiva para reducir las pérdidas por volatilización, no produjo incrementos significativos en rendimiento, contenido de N en grano y EUN.

Barraco y Díaz-Zorita (2005) evaluaron 7 tratamientos en un estudio factorial con 2 factores: (a) Dosis de fertilización con urea (0,0; 37,5; 75,0; 150,0 kg ha^{-1} de N) y (b) momento de aplicación (siembra y estadio de 6 hojas desplegadas). La producción de grano varió entre 5.023 y 14.757 kg ha^{-1} . No se observaron interacciones entre dosis y momentos de fertilización con N. Tampoco se detectaron diferencias en los rendimientos entre momentos de aplicación, pero sí entre las dosis aplicadas. Los rendimientos máximos se alcanzaron con niveles de N superiores a 142 kg ha^{-1} .

En un estudio que se llevó a cabo para determinar los efectos de fuentes y dosis de N en maíz, donde las fuentes de N fueron urea, sulfato de amonio y UAN+TSA (Urea-Nitrato de amonio + Tiosulfato de amonio) y dos testigos sin aplicación de fertilizantes y otro con aplicación de fósforo y potasio pero sin nitrógeno; las dosis de N fueron 30, 60, 90 y 120 kg ha^{-1} . No se encontraron diferencias significativas entre fuentes de N, pero sí entre dosis de N dentro de cada una de las fuentes. Las dosis de máxima eficiencia económica y técnica de N con la

urea fueron de 58 y 66 kg ha⁻¹, en el tratamiento con UAN + TSA, fue de 66 y 75 kg ha⁻¹ y con sulfato de amonio fue de 61 y 70 kg ha⁻¹ (Karajallo 2014).

Masino et al. (2010) condujeron un experimento en maíz con 10 tratamientos de nitrógeno con dosis de 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ y las mismas dosis más 10 kg azufre. Todos los tratamientos fertilizados arrojaron diferencias significativas respecto del tratamiento control. No existiendo diferencia entre los que sólo recibieron nitrógeno y los que recibieron nitrógeno más azufre. Los rendimientos de los tratamientos solo con N fueron de 8.805 kg ha⁻¹, 10.099 kg ha⁻¹, 11.894 kg ha⁻¹, 12.478 kg ha⁻¹ y 12.436 kg ha⁻¹ respectivamente, y los tratamientos de N+S tuvieron rendimientos de 8.138 kg ha⁻¹, 10.099 kg ha⁻¹, 11.359 kg ha⁻¹, 11.894 kg ha⁻¹ y 12.770 kg ha⁻¹ respectivamente. Siendo la dosis de nitrógeno de 120 kg ha⁻¹ la que permitió el máximo rendimiento.

2.3 Enmiendas orgánicas e inorgánicas

Un componente fundamental del suelo, es la materia orgánica, también denominada fracción orgánica, o humus, material extraño a las rocas que tiene origen en el proceso de fotosíntesis, y que transforman gas carbónico, oxígeno, hidrógeno y nutrientes minerales en compuestos orgánicos. Dos importantes elementos químicos, no existentes en el material de origen, carbono y nitrógeno, son incorporados en la materia orgánica, en la forma de compuestos orgánicos, a lo largo del tiempo del desenvolvimiento del suelo (Van Raij 2011).

Según el mismo autor la materia orgánica del suelo, de abonos orgánicos y de residuos vegetales puede suplir importantes cantidades de nitrógeno para los cultivos. A medida que la productividad de los cultivos aumenta, la necesidad de aporte de nitrógeno para las plantas, que son muy altas.

Con la intensificación de la agricultura para satisfacer la creciente demanda de alimentos, la producción y uso de los fertilizantes químicos se han incrementado, substituyendo la fertilización con abonos orgánicos. Sin embargo las enmiendas orgánicas, como el estiércol, siguen teniendo significado como fuente de nutrientes

en algunos sistemas agrícolas, pero el problema actual está en los enormes volúmenes que serían necesarios transportar para cubrir la demanda de nutrientes de los cultivos (Urquiagua y Zapata 2000). Sin embargo, el uso de estiércol en la agricultura es una forma de reducir contaminaciones puntuales por acumulación de estiércol en la producción intensiva de aves, suinos, bovinos entre otros que también va en aumento.

2.3.1 Usos de enmiendas orgánicas

Los residuos vacunos constituyen uno de los abonos de granja más importante y dependiendo de las condiciones del suelo el efecto del estiércol en los vegetales puede variar considerablemente (Finck 2009).

Figuroa et al. (2010) evaluaron tratamientos por 3 años con estiércol, fertilizante químico y la combinación de estiércol + fertilizante en maíz forrajero. La media de rendimiento de forraje con el uso estiércol fue 18,5 Mg ha⁻¹, comparado con 15,8 Mg ha⁻¹ obtenido con fertilizante químico. Los resultados indican que es posible sustituir parcial o totalmente el fertilizante químico por estiércol o compost, en el cultivo de maíz forrajero, y obtener igual o mayor rendimiento.

Salazar et al. (2009) condujeron un experimento para determinar la mejor dosis de estiércol para la producción de maíz para forraje y maíz asociado con soja. Los tratamientos fueron 0, 40, 80, 120 y 160 Mg ha⁻¹ de estiércol y un testigo químico de 100-150-00 (N-P₂O₅-K₂O) kg ha⁻¹ aplicados durante cinco años en forma consecutiva. Los resultados indican que hubo mejor respuesta en el tratamiento de 120 seguido del 160 Mg ha⁻¹ de estiércol, con una producción superior a las 100 Mg ha⁻¹ de forraje verde. La MO alcanzó hasta 6% en los primeros 30 cm de profundidad.

Trejo et al. (2013) realizaron un experimento en maíz forrajero desde 1998 a 2007, donde los tratamientos de estudio fueron 0, 40, 80, 120 y 160 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino lechero y tratamiento químico 100-150 (kg ha⁻¹; N-P). Los tratamientos de 160 y 120 Mg ha⁻¹ de estiércol incrementaron 189 y 180% la MO del suelo (4 y 3,8%). Desde el año 2000 hasta 2007, los tratamientos de estiércol con 80

Mg ha⁻¹ o más fueron superiores en rendimiento al testigo e iguales o superiores al tratamiento químico (años 2003, 2004, 2005 y 2007); esto demuestra que el estiércol es una excelente alternativa para satisfacer la demanda nutricional del cultivo.

Brizuela (2010) en un experimento con maíz realizado en Caazapá, obtuvo resultados altamente significativos empleando estiércol vacuno (20 Mg ha⁻¹) y fertilización química (200 kg ha⁻¹ de 10-30-10), alcanzando un rendimiento de 2.253 kg ha⁻¹, llegando a superar al testigo en 370%. Por su parte, Sánchez (2010) en el mismo departamento, al realizar combinaciones de sistemas de siembra y fertilización orgánica en maíz, observó que con la aplicación de 30 y 40 Mg ha⁻¹ de estiércol vacuno, mejoró significativamente el rendimiento de maíz en comparación con la parcela no tratada, registrándose un incremento de 65 y 70% respectivamente.

López et al. (2001) realizaron un experimento en maíz donde evaluaron cuatro tratamientos de abonos orgánicos a dosis de 20, 30 y 40 Mg ha⁻¹ para bovino, caprino y composta, y 4, 8 y 12 Mg ha⁻¹ para gallinaza, y un testigo con fertilización inorgánica (120-40-00 de N-P-K). El rendimiento de grano con el tratamiento de fertilización inorgánica 120-40-00 de N-P-K fue el mejor (6,5 Mg ha⁻¹); el abono orgánico de composta (5,66 Mg ha⁻¹) mostró similares resultados, luego la gallinaza (4,65 Mg ha⁻¹), bovino (4,34 Mg ha⁻¹) y caprino (3,49 Mg ha⁻¹). Los abonos orgánicos, principalmente composta con dosis de 20 a 30 Mg ha⁻¹, son una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica.

Salazar et al. (2010) condujeron un trabajo con tratamientos establecidos desde 1998, con dosis de estiércol bovino de 0, 40, 80, 120 y 160 Mg ha⁻¹, aplicado anualmente en las mismas parcelas, así como fertilización química con 150-150 kg ha⁻¹ de N y P₂O₅, respectivamente. Después de seis años de incorporar estiércol bovino, los valores iniciales indicaron que con 100 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino, la materia orgánica incrementó en 2,11%. Las concentraciones más altas de MO (hasta 3%) se registraron en los primeros 15 cm de profundidad en los tratamientos con estiércol bovino. Después de seis años de incorporación continua de estiércol bovino, el N residual fue suficiente para producir maíz forrajero sin aplicar fertilizantes químicos.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y caracterización del área experimental

El experimento se realizó en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentinas, desde setiembre del 2015 hasta febrero del 2016 en la propiedad del productor Alejandro Duarte Sanabria (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la parcela experimental

La temperatura media anual del departamento es de 21°C. La máxima es de 39 C° en el verano y la mínima llega a 0 C° durante el invierno. La precipitación promedio anual esta entre 1.600 a 1.700 milímetros (Ferreira 2002).

En la Figura 2 (Anexo 1) se observa el régimen de precipitaciones ocurrida en la zona de Ybyrarobana, Departamento de Canindeyú, durante el periodo de la ejecución del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), donde las mayores precipitaciones registradas fueron en los meses de noviembre y diciembre, con promedios de 376 mm y 383 mm respectivamente, siendo estos valores el doble de las medias históricas registradas para esos meses.

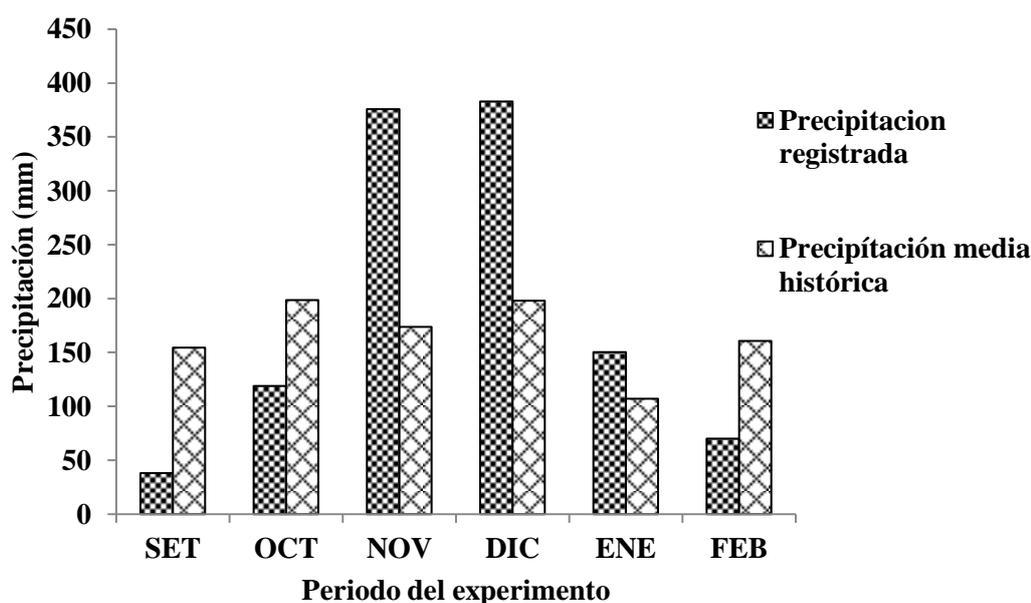


Figura 2. Precipitación mensual ocurrida durante el ciclo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento y media histórica (2009-2014). Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.

Para la determinación de las características físico-químicas de la parcela experimental fue extraída una muestra de suelo antes del inicio del experimento, la cual fue enviada al laboratorio del Área Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNA, para su análisis (Tabla 1). Según López et al. (1995), el suelo donde se implantó el experimento está clasificado como un Arenic Rhodic Paleudult

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo de la parcela experimental.

Prof.	pH	M.O.	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ⁺³ +H ⁺	P	Text
cm.	Agua	%	-----cmol _c dm ⁻³ -----					mg kg ⁻¹	
0-20	5,08	0,9	0,02	1,0	0,29	0,11	0,63	9,0	A

Extractores: pH= Agua; P y K⁺= Mehlich-1; Ca⁺² + Mg⁺² y Al³⁺= KCl 1Mol L⁻¹; a= arenoso

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Para el estudio se utilizó el diseño de parcelas subdivididas, evaluando dos factores. El primer factor fue el tipo de enmienda (Factor A) se ubicó en las parcelas, y el factor dosis de nitrógeno (Factor B) se ubicó en las subparcelas. Las enmiendas utilizadas fueron tres: el estiércol bovino (25.000 kg ha⁻¹); ceniza de expeller de soja (870 kg ha⁻¹) y el testigo (sin enmienda). Las dosis de nitrógeno evaluadas fueron cinco (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹) (Figura 3).

Las parcelas y subparcelas se distribuyeron en el área experimental con un diseño de bloques completo al azar con 15 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 60 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo representada por un área de 17,5 m² (5 m x 3,5 m), siendo el total de área utilizada para el experimento de 1050 m² (Figura 3).

Cada unidad experimental fue constituida por cinco hileras distanciadas a 0,70 m cada una y 0,25 m entre plantas, dejando una planta por hoyo. En cada unidad experimental se tuvo 100 plantas, de las cuales se recolectó como muestra las plantas ubicadas en el área útil (2,10 m²), dentro de la parte central de las unidades experimentales, para evitar el efecto borde.

El estiércol se consiguió de una estancia de la zona. La ceniza de expeller de soja fue proveída por el CAIASA (Complejo Agroindustrial Angostura S.A.). El nitrógeno aplicado en los diferentes tratamientos fue obtenido a partir de la urea (46-00-00). También en cada unidad experimental se aplicó 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 70 kg ha⁻¹ de K₂O, siendo utilizadas como fuentes el súper fosfato triple (00-46-00) y el cloruro de potasio (00-00-60).

B-I		B-II		B-III		B-IV	
EN	N kg ha ⁻¹						
Estiércol bovino	80	Sin enmienda	80	Estiércol bovino	40	Sin enmienda	40
	160		160		120		80
	0		0		160		160
	120		40		0		0
	40		120		80		120
Sin enmienda	120	Ceniza	160	Ceniza	40	Estiércol bovino	120
	40		40		0		40
	160		120		160		160
	0		80		80		0
	80		0		120		80
Ceniza	80	Estiércol bovino	0	Sin enmienda	160	Ceniza	120
	0		80		40		0
	160		160		80		80
	40		40		120		40
	120		120		0		160

Figura 3. Distribución de las unidades experimentales en el campo.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos del experimento.

Tratamientos	Fuentes	Dosis	
		Ab. Orgánico e Inorgánico (Mg ha ⁻¹)	Nitrógeno (kg ha ⁻¹)
T1	Urea	0	0
T2	Urea	0	40
T3	Urea	0	80
T4	Urea	0	120
T5	Urea	0	160
T6	Estiércol bovino	25	0
T7	Estiércol bovino + Urea	25	40
T8	Estiércol bovino + Urea	25	80
T9	Estiércol bovino + Urea	25	120
T10	Estiércol bovino + Urea	25	160
T11	Ceniza de expeller de soja	0,87	0
T12	Ceniza de expeller de soja + Urea	0,87	40
T13	Ceniza de expeller de soja + Urea	0,87	80
T14	Ceniza de expeller de soja + Urea	0,87	120
T15	Ceniza de expeller de soja + Urea	0,87	160

3.3 Implantación y manejo del experimento

3.3.1 Colecta de suelo

La recolección de la muestra de suelo para el análisis se realizó en forma de zig-zag, a una profundidad de 20 cm con la utilización de pala, machete y bolsas de polietileno y enviadas al laboratorio como explicado anteriormente.

3.3.2 Preparación del terreno

La primera remoción del área donde se implantó el experimento fue realizada un mes antes de la siembra, con la utilización de un tractor se procedió a realizar una arada con su respectiva rastreada para romper los terrones del suelo y así dejar en las condiciones propicias para la siembra. La segunda remoción se realizó momentos antes de la siembra, donde fue realizada solamente la rastreada del área experimental.

Después de realizar la arada y rastreada se realizó la marcación de las parcelas con la utilización de estacas e hilo de ferretería, cada unidad experimental fue nombrada con los tratamientos correspondientes a través de estacas con carteles indicativos. Una vez demarcadas las parcelas, se procedió a la incorporación de la enmienda orgánica e inorgánica al suelo de forma manual. En el caso de la enmienda orgánica fue aplicada con anticipación a la siembra, para asegurar su buena descomposición y así evitar daños a las semillas.

3.3.3 Aplicación de los fertilizantes y siembra

La incorporación de las enmiendas utilizadas se llevó a cabo 15 días antes de la siembra, aplicando el total de las dosis de cada tratamiento en forma manual y al voleo en cada parcela correspondiente.

La siembra del maíz se realizó en forma manual, con la utilización de una sembradora tipo matraca, el distanciamiento utilizado fue de 0,70 m. entre hileras y 0,25 m. entre plantas, sembrando dos semillas por hoyo. La semilla del maíz utilizada fue de la variedad amiláceo 254.

La urea se aplicó al momento de la siembra con 20 kg ha^{-1} de la dosis de cada tratamiento con N, esto debido a la dinámica de este nutriente en el suelo y para evitar pérdidas del mismo. Lo restante de la urea se aplicó a los 45 días después de la siembra, llegando a incorporar el total de las dosis por tratamiento con N. Los otros fertilizantes como el súper fosfato triple (90 kg ha^{-1}) y el cloruro de potasio (70 kg ha^{-1}) fueron aplicados al momento de la siembra.

3.3.4 Cuidados culturales

La primera actividad realizada fue el raleo del cultivo, realizado 15 días después de la emergencia de las plantas del maíz dejando una planta cada 0,25 m. La limpieza de las parcelas fue realizada de forma manual con azadas eliminando las malezas que interferían en el crecimiento del maíz, realizando tres carpidas durante el experimento. También durante el ciclo del cultivo fueron realizadas tres aplicaciones de insecticidas, Profenofos + Lufenuron en una dosis de 30 ml para un tanque de 20 l de agua. Las aplicaciones fueron realizadas a los 15; 45 y 75 días después de la emergencia del cultivo.

3.3.5 Cosecha

La cosecha del maíz se realizó en forma manual. Una vez que los granos alcanzaron su madurez fisiológica. La superficie cosechada fue de $2,10 \text{ m}^2$ de cada unidad experimental. La muestra dirigida o intencional se realizó teniendo en cuenta la parte central de cada unidad experimental.

3.4 Variables evaluadas

Número de hojas por planta del maíz: fueron seleccionadas 10 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, contando el número total de hojas desde la base hasta la última inserción de la hoja en la planta.

Diámetro del tallo del maíz: para la medición de esta variable se tomaron las mismas 10 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, y con el paquímetro se midió el diámetro por encima del segundo entrenudo de cada planta a partir de la superficie del suelo.

Altura de inserción de las espigas del maíz: se tomaron las mismas 10 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles y se determinó la altura desde el suelo hasta la base de la inserción de la espiga al tallo con un flexómetro, los datos fueron anotados en una planilla y luego se calcularon las medias de la altura de inserción por espigas en metros.

Número de espigas por planta del maíz: de las 10 plantas elegidas anteriormente por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, se tomaron los datos de número de espigas por planta y estos fueron anotados en una planilla y luego se procedió a calcular las medias y los resultados fueron expresados en unidad por planta.

Longitud de espiga del maíz: fueron seleccionadas diez espigas provenientes de las plantas de cada unidad experimental escogidas para el rendimiento, a las cuales previamente se les sacó las chalas, la longitud de cada espiga fue medida con la ayuda de una cinta métrica, el resultado se expresó en cm.

Diámetro de espiga del maíz: para la medición de esta variable se utilizó el paquímetro, colocando el material en la parte media de cada espiga, se tuvieron en cuenta las espigas escogidas para la medición de la longitud de espiga. Los resultados fueron expresados en mm.

Rendimiento de granos del maíz: las mazorcas cosechadas del área útil de cada parcela fueron trilladas de forma manual, los granos fueron pesados en balanza con dos decimales de precisión. Los resultados fueron expresados en kg ha^{-1} .

Masa seca aérea del maíz: fueron seleccionadas 5 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, las 5 plantas (incluyendo la espiga) se cortaron al ras del suelo y fueron pesadas a campo con una romana digital (dinamómetro) y trilladas con una forrajera y de la cual se tomó una submuestra por cada unidad experimental para llevarla a estufa a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 72 horas. Posteriormente se determinó la masa seca de la sub muestra de las 5 plantas, los resultados fueron expresados en kg ha^{-1} .

Análisis de suelo posterior a la cosecha del maíz: se evaluó la fertilidad del suelo de las parcelas con aplicación de enmiendas después de la cosecha en la camada 0-10 cm. Se realizó la extracción de una muestra compuesta por cada cuatro sub-muestras de cada parcela, en total 12 muestras. Los elementos de trabajo que se utilizaron fueron: el barreno y bolsas de plástico donde se depositaron las muestras. Las muestras se llevaron al laboratorio de análisis de suelo del Área de Suelo y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias, en cuyo laboratorio se realizaron los análisis correspondientes.

3.5 Métodos de control de calidad de los datos

Cada actividad fue realizada de manera minuciosa, con el control de cada uno de los datos del trabajo, de tal manera a evitar errores que pudieran haber alterado los resultados del experimento. Durante el desarrollo de estas actividades se contó con el apoyo de los orientadores del trabajo, quienes brindaron sus conocimientos para elaborar el experimento con eficiencia

3.6 Modelo de Análisis e Interpretación

Una vez obtenidos los datos, fueron sometidos a análisis de varianza para determinar si hubo o no diferencia estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados (Tabla 2). Con aquellos resultados que arrojaron diferencias estadísticas significativas se procedió a realizar la comparación de medias, utilizando el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Para las dosis de nitrógeno se realizó curvas de regresión. Los resultados fueron presentados e interpretados utilizando tablas y figuras.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de suelo posterior a la cosecha del maíz

En la Tabla 3, se presentan los análisis químicos realizados en las parcelas donde fueron aplicadas las enmiendas orgánica e inorgánica. La aplicación de enmiendas mostró diferencias significativas a nivel estadística en el pH y aluminio intercambiable ($Al^{+3}+H^{+}$) (Anexo 3 y 4), donde la ceniza aumentó significativamente el pH del suelo, que fue de 5,65 correspondiendo al rango de suelo ligeramente ácido de acuerdo a la tabla de interpretación de análisis de suelo (Anexo 5), sin embargo, las parcelas donde fue aplicado el estiércol bovino y la parcela testigo (sin enmienda) se encuentran en un rango de suelos ácidos.

Tabla 3. Características químicas del suelo en las parcelas donde fueron aplicadas las enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016

Análisis de suelo	pH	M. O.	P	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ +H ⁺
		%	mg kg ⁻¹	Cmol _c kg ⁻¹				
Estiércol	5,0 b	0,96 ^{ns}	7,29 ^{ns}	1,04 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,78 a
Ceniza	5,65 a	0,83	20,57	1,04	0,37	0,14	0,02	0,08 b
Sin enmienda	5,08 b	0,88	8,99	0,99	0,29	0,11	0,02	0,63 a
CV (%)	2,64	27,14	58,04	10,03	11,37	20,16	0	43,73

CV: Coeficiente de variación. ns: Diferencias no significativas. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

La misma tendencia se obtuvo para el aluminio intercambiable ($Al^{+3}+H^{+}$), al aplicar la ceniza disminuyó significativamente la cantidad del mismo en el suelo, correspondiendo a la categoría baja de acuerdo a la tabla de interpretación (Anexo 5), siendo 0,55 cmol_c kg⁻¹ menos que el testigo y 0,7 cmol_c kg⁻¹ menos que el estiércol bovino (Tabla 3).

Estos resultados concuerdan con lo obtenido por Saucedo (2016), quien en un experimento sobre uso de ceniza como corrector de las propiedades químicas del suelo, donde se observan aumentos significativos del pH con la aplicación de la ceniza y donde el aluminio intercambiable se llegó a neutralizar en un suelo Franco arcillo arenoso con la dosis de $2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ de ceniza, en tanto que para el suelo franco la neutralización total se dio en la dosis de 5 Mg ha^{-1} de ceniza. Estigarribia et al. (2015) también obtuvieron aumento de pH con la aplicación de ceniza pasando de 3,6 en el testigo a 6,3 donde se aplicó $8,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ de ceniza.

Cabe destacar que en el presente experimento solamente se aplicó 870 kg ha^{-1} de ceniza, lo que representa el 10,5% de la mayor dosis utilizada por Estigarribia et al. (2015), y mucho menos de lo utilizado por Saucedo (2016), quien utilizó hasta 20 Mg ha^{-1} . Esto demuestra que la utilización de cenizas puede ser importante en suelos ácidos para corregir la acidez de los mismos, principalmente cuando uno se encuentra cerca de lugares donde se produce grandes cantidades de cenizas como son las chiperías, fábricas de ladrillos, secaderos como en los silos o aserraderos, descascadoras de arroz, fábrica de aceite de coco, entre otros.

Los niveles de materia orgánica, fósforo disponible, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiable no presentaron diferencias estadísticas significativas (Anexo 6 al 11), sin embargo, se puede observar en la Tabla 3 que existe una tendencia de aumento del fósforo en la parcela donde se aplicó la ceniza, llegando a incrementar en un 36,04% más que el estiércol bovino y 31,42% más que el testigo, este nivel del fósforo es considerado según la tabla de interpretación como un nivel alto (Cubilla et al. 2012; Britos et al. 2012).

Saucedo (2016) y Estigarribia et al. (2015) al contrario de lo que ocurrió en el presente experimento verificaron aumentos del nivel de P, Ca^{++} y Mg^{++} con la aplicación de la ceniza. En cuanto al K^{+} , Estigarribia et al. (2015) obtuvieron resultados similares a este experimento, donde tampoco encontraron diferencias significativas, sin embargo, existió una tendencia de aumento del mismo en las

parcelas donde fue aplicada la ceniza. En cambio, Saucedo (2016) constató aumento significativo en el contenido de K^+ con la aplicación de la ceniza.

Por el contrario, la materia orgánica aumentó en la parcela donde fue aplicado el estiércol bovino, resultado similar al obtenido por Duarte (2016), quien trabajando con enmienda orgánica e inorgánica en maíz chipa, obtuvo el porcentaje de materia orgánica más alta numéricamente en las parcelas tratadas con estiércol bovino.

Duarte (2006), quién realizó un experimento sobre fertilización química, orgánica y órgano-mineral en algodón constató contenido de materia orgánica más alto en las parcelas donde se aplicó estiércol bovino. Salazar et al. (2010) después de seis años de incorporar estiércol bovino, observaron un incremento del 2,11% en el nivel de materia orgánica.

4.2 Número de hojas por planta de maíz

En la Tabla 4 se presentan los valores obtenidos de las variables número de hojas por planta, diámetro del tallo y altura de inserción de espigas del maíz. En el número de hojas del maíz hubo diferencia significativa entre las enmiendas aplicadas, sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de nitrógeno aplicadas para esta variable, tampoco se encontró interacción entre los factores estudiados (Anexo 12).

Entre las enmiendas aplicadas, como se observa en la Tabla 4 la ceniza fue superior al testigo, con un promedio de 14,2 hojas por planta, mientras que el testigo tuvo un promedio de 13,8 hojas, con un aumento promedio de 0,4 hojas por planta. Cuando se compara la enmienda orgánica esta no fue significativamente diferente a la ceniza ni al testigo quedando entre ambos valores con un promedio de 14,1 hojas por planta.

Salhuana y Machado (1999) sostienen que la variedad avati morotí posee en promedio 15,6 hojas por plantas, siendo mayor que en las otras variedades. Rodríguez y Rabery (2003) observaron que el número de hojas por planta no fue

afectado por la época de siembra ni por la densidad de siembra, obteniendo entre 11 y 13 hojas por plantas, valores similares a lo encontrado en el presente experimento.

Con la aplicación de las dosis de N, se observa que no hubo diferencia entre los tratamientos aplicados (Anexo 12), siendo el T4 con una dosis de 120 kg ha⁻¹ el que alcanzó numéricamente la mayor media, que fue de 14,2 hojas. La media general obtenida entre las dosis de N fue 14 hojas por planta. Estos datos son similares a lo encontrado por Álvarez (2014), quién al evaluar cinco niveles de nitrógeno no observó diferencia significativa usando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en maíz, sin embargo el mismo obtuvo un promedio general de 9,9 hojas por planta, que es menor a lo obtenido en el presente experimento. Así mismo, Rivas (2014), aplicando diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenado, tampoco encontró diferencias significativas para el número de hojas por planta.

Tabla 4. Número de hojas por planta, diámetro del tallo y altura de inserción de espigas con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes de Enmiendas (Factor A)	Niveles (Mg ha⁻¹)	Nº de hojas por planta	Diámetro del tallo (mm)	Altura de In. de Espigas (cm)
Estiércol bovino	25	14,1 ab	22,1 a	108,9 ^{ns}
Ceniza	0,87	14,2 a	20,2 b	110,2
Sin enmienda	0	13,8 b	20,4 b	105,3
Media		14,0	20,9	108,1
Dosis de N (Factor B)	(kg ha⁻¹)			
T1	0	13,9 ^{ns}	20,4 ^{ns}	107,5 ^{ns}
T2	40	14,1	21,2	109,5
T3	80	13,7	20,6	105,5
T4	120	14,2	21,3	112,5
T5	160	14,1	21,0	105,8
Media		14,0	20,9	108,2
CV (%)		3,4	5,8	6,4

CV: Coeficiente de variación. ns: Diferencias no significativas. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

4.3 Diámetro del tallo del maíz

Los datos del diámetro del tallo se presentan en la Tabla 4, en la misma se verificó diferencias significativas entre las fuentes de enmiendas aplicadas, sin embargo, entre las dosis de N aplicadas no hubo diferencias significativas. La combinación de estos factores no presentó interacción (Anexo 13).

Entre las enmiendas aplicadas el estiércol bovino superó a las otras fuentes alcanzando un diámetro promedio de 22,1 mm, siendo 1,9 mm y 1,8 mm mayor que el alcanzado en los tratamientos con ceniza y el testigo, respectivamente (Tabla 4). La ceniza y el testigo (sin enmienda) arrojaron resultados iguales estadísticamente con diámetros promedios de 20,2 mm y 20,4 mm, respectivamente. Sin embargo, Duarte (2016), en su experimento aplicando enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa encontró diferencias significativas con la aplicación de estiércol bovino y la ceniza de expeller de soja en comparación al testigo.

Con la aplicación de las dosis de N, se puede observar que los valores del diámetro del tallo oscilaron entre 21,3 mm donde se aplicó la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N (T4), y 20,4 mm obtenido con el testigo (T1). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rivas (2014), quien aplicando diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados, tampoco encontró diferencias significativas para la variable diámetro del tallo. Esta misma tendencia se observa en el experimento de Álvarez (2014), quién con un estudio comparativo de cinco niveles de nitrógeno usando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en maíz no obtuvo diferencias significativas en relación al testigo con una media general de 6 cm.

Sin embargo, 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 de 200 kg ha⁻¹ de urea.

4.4 Altura de inserción de espigas del maíz

Los datos de la altura de inserción de espigas del maíz se presentan en la Tabla 4. No hubo diferencias significativas a nivel estadístico en los dos factores estudiados, tanto en las fuentes de enmiendas y las dosis de N aplicadas, tampoco hubo interacción entre las mismas (Anexo 14). Sin embargo, se puede observar que entre las fuentes de enmiendas aplicadas la ceniza numéricamente alcanzó el mayor promedio de altura con 1,32 cm más que el estiércol y 4,93 cm más que el testigo. En otro lado el estiércol bovino presentó un promedio de 3,61 cm más que el testigo.

Estos resultados son similares a lo obtenido por Freres (2013), quién tampoco encontró diferencias significativas en un estudio con fertilización orgánica en maíz, en donde el promedio general de altura de inserción de espigas fue de 115,89 cm.

Los valores obtenidos a través de la aplicación de las dosis de nitrógeno oscilaron entre 112,5 cm de altura con la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N (T4) y 105,5 cm de altura con la dosis de 80 kg ha⁻¹ de N (T3). Machado (2013) evaluando siete variedades de avati morotí en cinco localidades observó que la altura de la mazorca varía con la variedad y con el ambiente, obteniendo entre 148,9 cm en el cultivar AMSJBautista (avati morotí San Juan) y 165,8 cm en el AMS 1 HC C1 (AMS1 HC C1, representa el ciclo 1 de selección de familias S1 que dio origen a la variedad Guaraní V 252), con promedio de 158,0 cm.

Rodriguez y Rabery (2003) sostienen que la época de siembra del avati morotí afecta la altura de inserción de la mazorca, donde constataron que el maíz sembrado en 3 de agosto alcanzó 110 cm y en 4 de octubre 129 cm, en ambos casos mayores a lo obtenido en el presente experimento. Karajallo (2014) tampoco encontró diferencias significativas en la altura de inserción de espigas en un experimento donde evaluó los efectos de fuentes y dosis de N sobre un cultivo de maíz safrita, obteniendo una media de 79 cm. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rivas (2014), quien aplicando diferentes fuentes y dosis de

fertilizantes nitrogenado, tampoco encontró diferencias significativas para la altura de inserción de espigas.

Resultado similar obtuvo Álvarez (2014) en maíz, quien observó una media general de 110 cm, evaluando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados (dosis de urea y sulfato de amonio), utilizando las mismas dosis de este experimento. Sin embargo, observó significancia estadística entre fuentes, siendo los mejores tratamientos las dosis de urea y el grupo testigo, cuyos promedios fueron 112 y 113 cm, respectivamente, superiores al grupo de los tratamientos con sulfato de amonio que presentó un promedio de 104 cm.

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 inserción de espigas tanto para la densidad de población como para la fertilización nitrogenada. Los mismos autores sostienen que las variables de característica de mazorca como la altura de inserción de espigas y número de espigas por plantas pueden ser mayormente influenciadas por el genotipo o por el ambiente.

4.5 Número de espigas por planta de maíz

En la Tabla 5 se presentan los valores de la variable número de espigas por planta, obteniendo significancia estadística para las fuentes de enmiendas aplicadas en relación al número de espigas por planta (Anexo 15), en donde el estiércol bovino arrojó el mayor promedio estadísticamente de 1,6 espigas por planta en comparación al testigo, donde se obtuvo un promedio de 1,4 espigas, la ceniza presentó un valor estadísticamente igual al estiércol bovino y al testigo, con un promedio de 1,5 espigas por planta.

Tabla 5. Número de espigas por planta con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes de Enmiendas (Factor A)	Niveles (Mg ha ⁻¹)	Nº de espigas por planta
Estiércol bovino	25	1,6 a
Ceniza	0,87	1,5 ab
Sin enmienda	0	1,4 b
Media		1,5
CV (%)		13,5

CV: Coeficiente de variación. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la Figura 4 se presentan las medias del número de espigas por planta del maíz obtenido con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno.

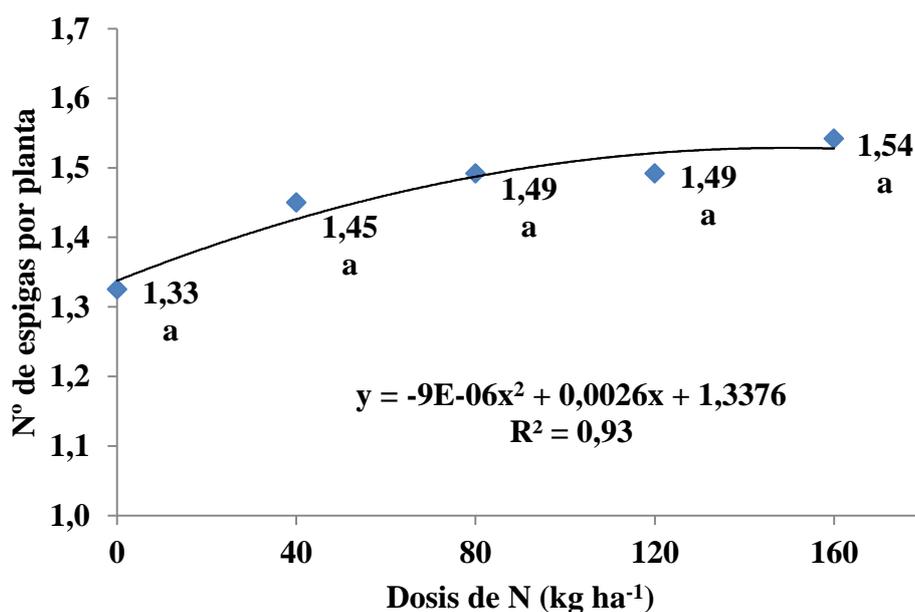


Figura 4. Número de espigas por planta con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Según la Figura 4, (Anexo 15) la aplicación de dosis de N no presentó diferencias significativas para la variable número de espigas por planta. Sin embargo, se puede observar una tendencia de aumento del número de espigas a medida que las dosis son incrementadas, siendo que el promedio más alto numéricamente se obtuvo

con el tratamiento de 120 kg ha^{-1} de N. La combinación de los factores estudiados no presentó interacción.

Estos resultados concuerdan con el potencial de la variedad de maíz utilizada para este experimento, que según IPTA (2015) es de 1,5 espigas por planta. Resultados similares obtuvo Quintana (2012) realizando una evaluación de la fertilización nitrogenada, en diferentes momentos fenológicos del maíz no encontró diferencias significativas en el número de espigas por planta. Salhuana y Machado (1999) sostienen que la variedad avati morotí posee en general solamente una mazorca por planta.

Por su parte Karajallo (2014) evaluando efectos de fuentes y dosis de nitrógeno sobre un cultivo de maíz en sistema de siembra directa, no encontró diferencias significativas para el número de espigas por planta, donde obtuvo una media general de 1,06 espiga por planta.

4.6 Diámetro de espiga del maíz

En la Tabla 6 se presentan los valores de la variable diámetro de espigas por planta, de acuerdo al análisis de varianza (Anexo 16), no existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados, tampoco se encontró interacción entre las fuente de enmiendas y dosis de nitrógeno.

Con la aplicación de las fuentes de enmiendas el diámetro de espiga varió entre 36,1 mm en el tratamiento con ceniza y 37,2 mm en el tratamiento con estiércol bovino, variación de 1,1 mm. Freres (2013) tampoco encontró diferencias significativas para la variable diámetro de espiga en un estudio con fertilización orgánica en maíz, con un promedio general de 16,17 cm.

Machado (2013) evaluando siete variedades de avati morotí en cinco localidades observó que el diámetro de la mazorca varía con la variedad y con el ambiente, obteniendo entre 3,8 cm en el cultivar AMChoré a 4,2 cm la variedad AMSJBautista, Guarani V 252 y AMS 1 HC C1, con promedio general de 4,1 cm, que es superior al del presente experimento que posee en general 3,66 cm. Salhuana

y Machado (1999), sostienen que el diámetro de mazorca de la variedad avati morofi posee en general 3,95 cm de diámetro.

Tabla 6. Diámetro de espiga, longitud de espiga y masa seca aérea con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes de Enmiendas (Factor A)	Niveles (Mg ha⁻¹)	Diámetro de espiga (mm)	Longitud de espiga (cm)	Masa seca aérea (kg ha⁻¹)
Estiércol bovino	25	37,2 ^{ns}	17,1 a	14.623 a
Ceniza	0,87	36,1	15,7 b	12.629 b
Sin enmienda	0	36,4	16,0 b	12.699 b
Media		36,6	16,3	13.317
Dosis de N (Factor B)	(kg ha⁻¹)			
T1	0	36,1 ^{ns}	15,9 ^{ns}	12.352 ^{ns}
T2	40	36,7	16,3	13.548
T3	80	36,4	16,2	13.708
T4	120	36,6	16,7	13.264
T5	160	37,1	16,3	13.714
Media		36,6	16,3	13.317
CV (%)		4,09	5,3	13,7

CV: Coeficiente de variación. ns: Diferencias no significativas. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En relación a las dosis de nitrógeno los promedios oscilan entre 37,1 mm, que se obtuvo con la dosis de 120 kg ha⁻¹ y 36,1 mm, donde la media general obtenida fue 36,6 mm (Tabla 6). Resultados similares se pueden observar en el experimento de Salvador (2016), quién realizó un trabajo usando la misma variedad de maíz que este experimento, 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.

Quintana (2012) realizando una evaluación de la fertilización nitrogenada, en diferentes momentos fenológicos del maíz no encontró diferencias significativas en el diámetro de espiga. Así mismo, Intriago (2013) condujo un experimento con fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz, donde no encontró diferencias significativas entre las dosis de N aplicado, pero sí hubo diferencias entre los híbridos de maíz en estudios. Esta misma tendencia se puede observar en el

experimento de Cassol et al. (2014), quienes no encontraron diferencias significativas en relación al testigo.

4.7 Longitud de espiga del maíz

Los resultados de la variable longitud de espiga se pueden observar en la Tabla 6 (Anexo 17). Con la aplicación de las fuentes de enmiendas, hubo diferencias significativas en esta variable, siendo el estiércol bovino la mejor fuente en comparación con la ceniza y el testigo, alcanzando un promedio de 17,1 cm; el testigo y la ceniza arrojaron resultados estadísticamente iguales con promedios de 16,0 cm y 15,7 cm, respectivamente. Sin embargo, en el experimento de Freres (2013), realizando fertilización orgánica en maíz, quién obtuvo una media general de 15,7 cm no observó significancia estadística para los tratamientos estudiados.

Entre las dosis de nitrógeno aplicadas, no existió diferencias significativas a nivel estadística (Anexo 17), sin embargo, con los datos de la Tabla 6 se observa que existen diferencias numéricas en donde el mayor promedio se dio con la dosis de 120 kg ha⁻¹ de N alcanzando 16,7 cm de longitud y el promedio más bajo con la dosis cero de N. Estos resultados son inferiores al potencial de la variedad utilizada para el experimento, que según IPTA (2015) es de 18 cm.

Valdez y Gray (2014) realizando un experimento con fuentes y dosis de fertilizantes fosfatados en maíz tampoco encontraron diferencias significativas en relación a la longitud de espigas, quienes obtuvieron una longitud promedio de 18 cm. Quintana (2012) realizando una evaluación de la fertilización nitrogenada, en diferentes momentos fenológicos del maíz no observó diferencias significativas en la longitud de espigas.

Sin embargo, Intriago (2013), al evaluar dosis de fertilizante nitrogenado en dos híbridos de maíz, encontró diferencias significativas entre ambos factores (dosis de fertilizante nitrogenada e híbridos de maíz), siendo las dosis de 200 y 250 kg ha⁻¹ de urea los mejores tratamientos con promedios de 20,5 cm y 20,4 cm de longitud de espigas, respectivamente.

Martínez (2014) en una evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz, no encontró diferencias significativas entre las fuentes 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.

Machado (2013) evaluando siete variedades de avati morotí en cinco localidades observó que la longitud de la mazorca varía con la variedad y con el ambiente, obteniendo entre 18,5 cm en el cultivar AMSJBautista, a 20,7 cm la variedad AMChoré, con promedio general de 19,1 cm, siendo superior al del presente experimento, donde se obtuvo un promedio de 16,28 cm.

4.8 Masa seca aérea del maíz

El análisis estadístico realizado para esta variable demuestra diferencias significativas entre las enmiendas aplicadas, sin embargo, no hubo diferencias estadísticas significativas entre las dosis de nitrógeno aplicadas para esta variable (Anexo 18). En la Tabla 6 se puede observar que entre las enmiendas aplicadas el estiércol bovino supera a las otras fuentes, siendo 1.994 kg ha^{-1} superior que la ceniza y 1.924 kg ha^{-1} superior al testigo (sin enmienda), la ceniza y el testigo arrojaron resultados estadísticamente iguales con rendimientos promedios de 12.629 y $12.699 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente.

Resultados similares se observan en el experimento de Duarte (2016), quien trabajando con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa, obtuvo diferencias significativas con la aplicación del estiércol bovino, con un rendimiento promedio de $12.757 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación al tratamiento testigo, que fue de $10.842 \text{ kg ha}^{-1}$.

Figuerola et al. (2010) evaluaron tratamientos por 3 años con estiércol, fertilizante químico y la combinación de estiércol + fertilizante en maíz forrajero. La media de rendimiento de forraje con el uso estiércol fue $18,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, comparado con $15,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ obtenido con fertilizante solo. Los resultados indican que es posible

sustituir parcial o totalmente el fertilizante químico por estiércol o compost, en el cultivo de maíz forrajero, y obtener igual o mayor rendimiento.

Entre las dosis de nitrógeno los valores oscilaron entre $12.352 \text{ kg ha}^{-1}$ y $13.714 \text{ kg ha}^{-1}$ los cuales fueron obtenidos con las dosis 0 y 160 kg ha^{-1} de N respectivamente, arrojando una media general de $13.317 \text{ kg ha}^{-1}$. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rivas (2014), quien aplicando diferentes fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenado, tampoco encontró diferencias significativas para la variable masa seca.

Torres et al. (2012) tampoco encontraron diferencias significativas en un estudio con dosis y época de fertilización nitrogenada en maíz, con un rendimiento promedio de 9.666 kg ha^{-1} de masa seca aérea. Tampoco Karajallo (2014) en un experimento evaluando efectos de fuentes y dosis de nitrógeno sobre un cultivo de maíz encontró diferencias significativas en la masa seca aérea del maíz.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Martínez (2014), quién en una evaluación de fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz, no obtuvo resultados con diferencias estadísticas tanto en las fuentes y dosis de nitrógeno, siendo el mayor rendimiento obtenido con la dosis de 120 kg ha^{-1} de N, que fue $23.909 \text{ kg ha}^{-1}$ de masa seca de maíz.

4.9 Rendimiento de granos del maíz

En la Tabla 7, se presentan los resultados del rendimiento de grano obtenidos. Donde se observa que la aplicación de las enmiendas presentó diferencias significativas (Anexo 19), siendo el estiércol bovino la mejor fuente con un rendimiento promedio de 4.521 kg ha^{-1} , la aplicación de la ceniza y el testigo (sin enmienda) arrojaron resultados similares estadísticamente con promedios de 3.616 y 3.858 kg ha^{-1} , respectivamente. Con estos resultados se aprueba la hipótesis planteada en el experimento la cual fue de que con la aplicación de enmienda orgánica en combinación con el fertilizante nitrogenado se obtendría el mayor

rendimiento del cultivo. La combinación de las enmiendas con las dosis de nitrógeno no presentó interacción para esta variable.

Tabla 7. Rendimiento de granos con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes de Enmiendas (Factor A)	Niveles (Mg ha⁻¹)	Rendimiento de granos (kg ha⁻¹)
Estiércol bovino	25	4.521 a
Ceniza	0,87	3.616 b
Sin enmienda	0	3.858 b
Media		3.998
CV (%)		16,6

CV: Coeficiente de variación. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente entre sí por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Duarte (2016) realizó un experimento con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa, quien constató que las parcelas tratadas con estiércol bovino llegó a superar al testigo con rendimientos promedios de 4.692 kg ha⁻¹ y 3.931 kg ha⁻¹ respectivamente, llegando el estiércol bovino a producir 761 kg ha⁻¹ más que el tratamiento testigo.

Por su parte, Sánchez (2010) al realizar combinaciones de sistemas de siembra y fertilización orgánica en maíz, observó que con la aplicación de 30 y 40 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino, mejoró significativamente el rendimiento de maíz en comparación con la parcela no tratada, registrándose un incremento de 65 y 70% respectivamente. Esta misma tendencia se puede observar en el experimento de Freres (2013), quien realizando una fertilización orgánica en maíz y obtuvo una media general de 4.930 kg ha⁻¹. Así mismo, se puede observar en el experimento de Brizuela (2010), quien obtuvo resultados significativos empleando estiércol bovino y fertilización química, alcanzando un rendimiento de 2.253 kg ha⁻¹, llegando a superar al testigo que arrojó un rendimiento promedio de 479 kg ha⁻¹.

En la Figura 5 se presenta las medias de los rendimientos de granos de maíz obtenidos con la aplicación de dosis de nitrógeno.

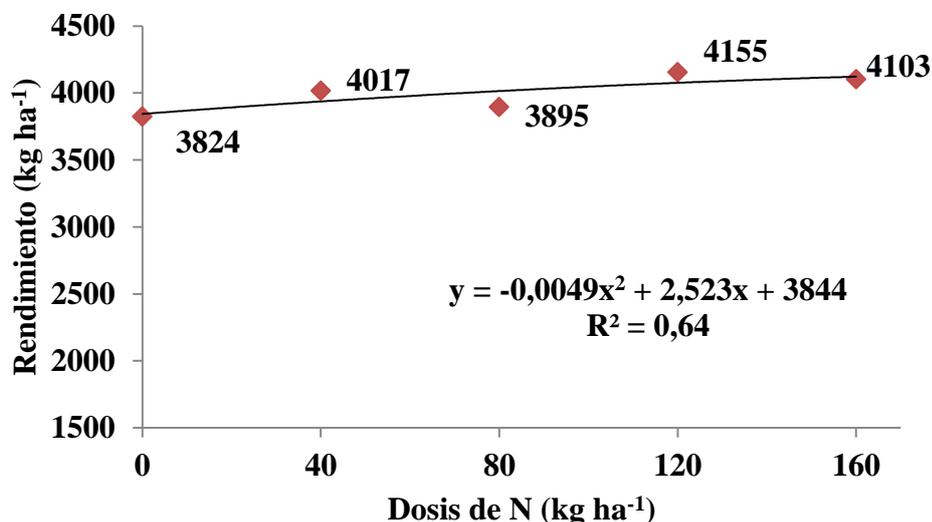


Figura 5. Rendimiento de granos con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Las dosis de nitrógeno no presentaron diferencias significativas entre las medias de los rendimientos (Anexo 19), donde los promedios oscilaron entre 4.155 kg ha⁻¹, que se obtuvo con el T4 y 3.823 kg ha⁻¹ que se obtuvo con el testigo. Los rendimientos obtenidos se encuentran por debajo del potencial productivo de esta variedad, que según IPTA (2015) es de 5.200 kg ha⁻¹, sin embargo, concuerdan con los datos registrados por el IICA (2013) en el cual se obtuvo un rendimiento medio de 4.000 kg ha⁻¹ del maíz. Y es mucho mayor al rendimiento promedio a nivel país (1.062 kg ha⁻¹) y departamental (1.140 kg ha⁻¹) (MAG 2010).

Los resultados obtenidos en respuesta a la aplicación de las dosis de nitrógeno pueden ser explicados por las altas precipitaciones registradas durante el periodo del experimento (setiembre 2015 hasta febrero del 2016), donde las mayores precipitaciones se registraron en los meses de noviembre y diciembre, siendo que la segunda aplicación de lo restante de las dosis de nitrógeno fue realizada el 8 de noviembre, que fueron dosis muy altas y registrándose dos días después de esta aplicación una alta precipitación que fue de 52 mm, lo que pudo haber influido en gran manera en el aprovechamiento del nitrógeno por el cultivo de maíz, pudiendo

haberse registrado pérdidas por lixiviación, ya que el suelo donde se implantó el experimento es de textura arenosa.

Como así también, pueden ser explicados en parte por la acidez del suelo ($\text{pH}=5,08$) y la presencia de aluminio intercambiable ($0,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), lo que pudo no haber permitido el aprovechamiento adecuado del fertilizante nitrogenado por el maíz. A pesar de que en las parcelas donde fueron aplicadas la ceniza aumentó significativamente en pH del suelo en 5,65, este valor sigue siendo bajo para el buen aprovechamiento del N aplicado por el cultivo de maíz.

Torres et al. (2012) tampoco encontraron efectos significativos evaluando dosis y época de fertilización nitrogenada en el maíz, sin embargo obtuvo rendimientos más altos que lo obtenido en este experimento, siendo el promedio general de 4.871 kg ha^{-1} .

Resultados similares se observan en el experimento de Quintana (2012), quién realizó una evaluación de la fertilización nitrogenada, en diferentes momentos fenológicos del maíz, donde no observó significancia estadística entre las dosis de N aplicadas. Karajallo (2014) evaluando efectos de fuentes y dosis de nitrógeno sobre un cultivo de maíz no obtuvo efectos significativos entre los tratamientos, siendo la media del rendimiento alcanzado 5.602 kg ha^{-1} .

Intriago (2013) evaluando dosis de fertilizante nitrogenada en dos híbridos de maíz, no encontró diferencias significativas entre las dosis de nitrógeno, donde los rendimientos oscilaron entre 5.625 kg ha^{-1} y 5.426 kg ha^{-1} con las dosis de 250 y 300 kg ha^{-1} de nitrógeno.

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.

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. Resultado similar fue obtenido por Martínez (2014), quién evaluando fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en maíz encontró diferencias significativas entre las dosis de N aplicadas en relación al testigo, alcanzando el mejor rendimiento de $10.219 \text{ kg ha}^{-1}$ con la dosis de 120 kg ha^{-1} de N.

5 CONCLUSIONES

En las condiciones que se desarrolló esta investigación se puede concluir que:

El estiércol bovino permite aumentar la producción del maíz con la aplicación del mismo. La utilización del estiércol bovino puede suplir las necesidades de nitrógeno requerido por las plantas, con la aplicación del estiércol bovino en combinación con las dosis de nitrógeno se verificó diferencias significativas en el rendimiento y en la mayoría de las variables evaluadas sobre las características agronómicas del maíz chipa.

La ceniza puede servir como una alternativa de corrección de la acidez del suelo, como así también se puede usar como una fuente de nutrientes para los cultivos. La combinación de la ceniza de expeller de soja y las dosis de nitrógeno estadísticamente no arrojó resultados significativos en comparación al testigo en la mayoría de las variables evaluadas.

Las dosis de nitrógeno aplicadas no arrojaron diferencias estadísticas significativas para ninguna de las variables evaluadas, por lo que son necesarias más investigaciones y buscar los métodos más adecuados para el manejo de este nutriente.

6 REFERENCIAS

- Álvarez, JE. 2014. Estudio comparativo de cinco niveles de nitrógeno usando dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en maíz (*Zea mays* 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%20C3%8DZ%20JHONNY%20RAMON%20ALVAREZ.pdf>
- Barbieri, PA; Echeverría HE; Saíz 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. 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v28n1/v28n1a07.pdf>
- Barraco, M. & Díaz-Zorita, M. 2005. Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en Hapludoles Típicos. *CI. Suelo* 23 (2): 197-203. Consultado 10 abr. 2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v23n2/v23n2a10.pdf>
- Britos, CA.; Causarano, HJ.; Rasche, JW.; Barreto, UF.; Mendoza, F. 2012. Fertilización fosfatada de los principales cultivos bajo siembra directa mecanizada en la región Oriental del Paraguay, *Investigación Agraria*, 14, 2. 87-92. Consultado 18 oct. 2016. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S2305-06832012000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

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.

Carballo, D.; Gavilán, MJ.; Benítez, CH. 2010. Disponibilidad de poroto, mandioca y maíz y su valoración social por familias de la comunidad Piray, Distrito Abaí, Departamento Caazapá. Nota de Investigación. Investigación Agraria. 2010; 12(1):41-46. Consultado 30 oct. 2015. Disponible en: <http://scielo.iics.una.py/pdf/ia/v12n1/v12n1a07.pdf>

Cassol, C.; Heberle, CT.; Dahlem Ziech, AR.; Piske, DR.; Conceição, PC. 2014. Componentes de produção e rendimento do milho em sucessão a plantas de cobertura. III Congreso Nacional De Ciencias Agrarias. San Lorenzo, PY. FCA-UNA. 141-142 p. Consultado 13 oct. 2016. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IIICNCA2014.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 oct. 2016. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_meso/v24n01_101.pdf

Cubilla, MM.; Wendling, A.; Eltz, FLF.; Amado, TJC.; Mielniczuk, J. 2012. Recomendaciones de fertilización para Soja, Trigo, Maíz y Girasol bajo el Sistema de Siembra Directa en el Paraguay. Asunción-Py: Artemac S.A., 88 pág. Consultado 27 oct. 2016. Disponible en: http://capeco.org.py/wp-content/uploads/2015/06/libro-final_recomendaciones-de-fertilizacion-paraguay_2012.pdf.

Duarte, GA. 2006. Fertilización química, orgánica y órgano-mineral y su efecto sobre el rendimiento de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) y la recuperación

química del suelo en rotación de maíz y avena más lupino. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, San Lorenzo- PY. 51 p.

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.

Estigarribia, J.; Galeano, MP.; Leguizamón, CA. 2015. Ceniza como corrector de propiedades químicas del suelo y su efecto en el poroto *vigna unguiculata*. I Congreso Paraguayo de Ciencias del Suelo. San Lorenzo, PY. FCA-UNA. 157-159 p.

Ferreira, H. 2002. XIV° Departamento de Canindeyú. Asunción, PY. Consultado 13 mayo 2016. Disponible en: http://www.portalguarani.com/detalles_museos_otras_obras.php?id=27&id_obras=988&id_otras=127

Figuroa, U.; Cueto, JÁ.; Delgado, JÁ.; Núñez, G.; Reta, DG.; Quiroga, HM.; Faz Contreras, R.; Márquez, JL. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y Recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoamericana 28 (4): 361-369. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en: www.redalyc.org/pdf/573/57318502008.pdf

Finck, A. 2009. Fertilizante y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Barcelona (ES). Editorial Reverte S.A.

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. 2016.

Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2730/1/Tesis%20en%20ma%C3%ADz%20V%C3%ADctor%20Freres%20Coello.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.

Granados, R.; Sarabia, AA. 2013. Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (3): 435-446. Consultado 14 mayo 2016. Disponible en: www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n3/v4n3a8.pdf

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, PY) 2013. Evolución y situación del maíz (*Zea mays*). (En línea). Consultado el 30-08-2015. Disponible en: http://www.iica.org.py/observatorio/maiz_comp.htm

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. 2016. Disponible en: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/561/1/T-UTEQ-0103.pdf>

IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, PY). 2015. Programa de investigación de maíz, sorgo y girasol. Avati morotĩ – avati chipá. Guaraní vs 254. IPTA. Capitán Miranda. PY.

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.

López, O.; González, E.; Llamas, P.A.; Molinas, A.; Franco, E.; García, S.; Ríos, E. 1995. Estudio de reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Asunción, PY: MAG/SRNMA/BM/PRUT. V.1, 246 p. Consultado 14 mayo. 2016. Disponible en: <http://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>

López Martínez, J.D.; Díaz Estrada, A.; Martínez Rubín, E.; Valdez Cepeda, R.D. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y Químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra 19 (4): 293-299. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en: <http://ceuta.org.uy/files/estudiodecasomz.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2006. Dirección de Educación Agraria. Cultivo de Maíz, 96-108 pág. Consultado 26 agos. 2015. Disponible en: <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Ma%C3%ADz.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY) 2010. Análisis del comportamiento de rubros agrícolas: Censo Agropecuario 2008. Consultado 26 agos. 2015. Disponible en: www.mag.gov.py/dgp/Analisis%20comportamiento%20de%20Rubros%20Agricolas.pdf

Machado, V. 2013. Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati Morotí. Investigación Agraria. 2013; 15(2):75-81. Consultado 02 nov. 2016. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/230-901-1-PB.pdf>

Martínez, D.G. 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.

- Masino, A.; Madoery O.; Conde, B.; Montechiari, A. 2010. Respuesta del cultivo de Maíz a Dosis Crecientes de Nitrógeno. Proyecto Regional Agricultura Sustentable de la provincia de Córdoba-INTA, 7 pag. Consultado 09 abr. 2016. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-respuesta_del_cultivo_de_maz_a_dosis_crecientes_de_ni.pdf
- Melgar, R.; Torres, M. 2002. Manejo de la Fertilización en Maíz. 114-121 pág. Consultado 14 mayo 2016. Disponible en: www.biblioteca.org.ar/libros/210722.pdf
- Mikkelsen, R.; Prochnow, L. 2013. Principios científicos 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., 33 p.
- 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.
- 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.
- Rodriguez, GL; Rabery, SH. 2003. Rendimiento del maíz amiláceo variedad avati morofí sembrado en dos épocas y tres distancias entre hileras. Revista Investigación Agraria. 5(2):30-36. Consultado 14 oct. 2016. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/167-657-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/167-657-1-PB%20(1).pdf)
- Sánchez, A. 2010. Efecto de combinaciones de sistemas de siembra y fertilización orgánica en maíz (*Zea mays*), variedad nutri guaraní V-1 en el distrito de

Caazapá. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Departamento de Producción Agrícola. Caazapá, PY. 34 p.

Salazar, E.; Trejo, HI.; López, JD.; Vázquez, C.; Serrato, JS.; Orona, I.; Flores, JP. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*. 28 (4): 381-390. Consultado 30 agosto. 2015. Disponible en: www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a10.pdf

Salazar, E.; Trejo, HI.; Vázquez, C.; López, JD.; Fortis, M.; Zuñiga, R.; Amado, JP. 2009. Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con Estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana* 27 (4): 373-382. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en: www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a12.pdf

Salhuana, W; Machado, V. 1999. Razas de maíz en Paraguay, consideraciones en la organización y utilización de los recursos genéticos de maíz. Publicación 025. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación en Agricultura. Programa de Investigación del maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. 148 p. Consultado 29 oct. 2016. Disponible en: https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/RoM_Paraguay_0_Book.pdf

Saucedo, CMJ. 2016. Uso de ceniza como corrector de las propiedades químicas del suelo. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial. San Lorenzo, PY. 37 p.

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.

- 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 oct. 2016. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IICNCA2014.pdf>
- Trejo, H.; Salazar, E.; López, JD.; Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 4 (5): 727-738. Consultado 05 feb. 2016. Disponible en: www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n5/v4n5a6.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.
- Urquiaga, S.; Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada en cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre (BR). 1^a edición. Génesis. 103 p.
- Van Raij, B. 2011. Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. Piracicaba (BR). IPNI (International Plant Nutrition Institute). 420 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 10 oct. 2016. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IICNCA2014.pdf>

7 ANEXOS

Anexo 1. Precipitaciones mensuales ocurridas durante el periodo del experimento (setiembre de 2015 hasta febrero de 2016), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento y media histórica (2009-2014): Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.

DIAS	MESES 2015 - 2016						
	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	
1					26	25	
2			1	10		20	
3		55				25	
4							
5			36	71			
6					7,5		
7							
8					48		
9		4					
10			52				
11		11					
12							
13							
14				81			
15					24		
16			55				
17			50				
18			48				
19				120			
20			19				
21				10			
22							
23			49				
24							
25							
26			16	18			
27	38	49					
28			42	55			
29				18			
30			8		25		
31					20		
Total	38	119	376	383	150,5	70	1136,5
Media	38	29,75	34,18	47,88	25,08	23,33	
Media histórica	154,6	198,9	172,3	198,1	107,2	160,7	

Anexo 2. Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Trat.y Rep.	Nº de hojas	D. tallo (mm)	A de In. de Esp. (cm)	Nº de Esp/p	D. de Espiga (mm)	Ltud. de Esp. (cm)	Rendimiento. (kg ha-1)	Masa.sec a aerea (kg ha-1)
T1 R1	13,7	19,9	104,7	1,4	35,9	15,8	3.270	10.156
T1 R2	13,8	22,2	114,7	1,2	37,7	16,7	4.669	11.563
T1 R3	12,4	16,9	104,6	1,0	35,3	14,6	2.664	11.210
T1 R4	14,5	21,0	104,9	1,4	36,7	16,3	4.809	13.389
T2 R1	14,1	21,7	111,3	1,5	36,3	17,1	4.324	13.477
T2 R2	14,2	21,9	104,8	1,3	37,4	15,3	4.002	12.539
T2 R3	13,0	18,4	107,1	1,3	34,2	14,7	2.654	11.321
T2 R4	13,5	20,0	94,2	1,3	35,8	16 ,1	4.090	14.614
T3 R1	14,3	21,4	108,6	1,5	35,9	15,7	3.385	15.730
T3 R2	13,4	21,1	102,4	1,6	38,8	17,4	4.338	10.774
T3 R3	12,5	17,5	94,5	1,3	34,0	13,9	2.687	11.755
T3 R4	13,4	20,3	96,8	1,4	35,7	17,4	4.639	15.719
T4 R1	14,4	22,9	111,9	1,4	37,8	16,4	4.472	10.694
T4 R2	13,9	20,0	113,4	1,5	36,6	16,3	4.218	12.374
T4 R3	13,6	18,7	118,0	1,2	36,1	16,3	4.107	13.411
T4 R4	13,9	20,4	105,6	1,3	35,2	16,4	3.439	14.397
T5 R1	14,0	20,7	109,6	1,3	41,6	15,4	4.108	12.730
T5 R2	14,2	22,4	99,6	1,6	34,7	15,8	3.620	11.469
T5 R3	13,5	19,5	104,5	1,4	36,7	16,0	3.748	13.776
T5 R4	14,7	20,8	94,9	1,5	34,8	17,2	3.929	12.882
T6 R1	13,5	22,8	104,4	2,0	37,5	17,7	5.130	12.332
T6 R2	14,1	21,4	117,3	1,2	37,4	16,5	4.594	11.531
T6 R3	13,3	20,8	102,3	1,6	37,3	18,0	4.587	14.654
T6 R4	14,6	20,7	105,8	1,5	35,2	15,3	3.573	16.037
T7 R1	15,2	22,7	111,9	1,5	37,0	17,1	4.232	13.958
T7 R2	14,4	24,5	122,6	2,0	36,7	17,8	4.835	14.681
T7 R3	13,0	23,5	99,0	1,3	39,1	17,4	5.150	14.981
T7 R4	14,5	20,7	112,1	1,3	36,5	17,3	4.865	13.158
T8 R1	12,5	23,8	94,5	1,7	38,4	16,9	4.333	15.867
T8 R2	14,2	21,1	122,7	1,5	38,4	17,6	4.827	13.736

Anexo 2. (Continuación) Tabla general de datos de las variables evaluadas con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016

Trat.y Rep.	Nº de hojas	D. tallo (mm)	A de In. de Esp. (cm)	Nº de Esp/p	D. de Espiga (mm)	Ltud. de Esp. (cm)	Rendimiento. (kg ha ⁻¹)	Masa.seca aerea (kg ha ⁻¹)
T8 R3	13,9	21,5	103,8	1,5	36,6	16,8	3.913	17.444
T8 R4	14,5	19,7	112,9	1,4	35,4	15,6	3.450	14.857
T9 R1	14,4	22,5	104,2	1,6	34,5	17,4	3.237	12.729
T9 R2	14,6	22,2	122,2	1,3	37,3	17,8	4.809	12.301
T9 R3	13,5	22,8	106,4	1,7	40,1	18,4	5.940	13.397
T9 R4	15,1	23,0	108,5	1,8	38,0	17,1	5.061	15.565
T10 R1	13,9	24,6	104,7	2,0	37,2	17,0	4.869	21.353
T10 R2	14,4	20,7	115,0	1,5	37,7	16,2	3.894	14.491
T10 R3	13,8	22,1	104,0	1,5	37,1	16,5	4.598	17.650
T10 R4	14,6	21,6	104,1	1,4	37,3	17,2	4.531	11.734
T11 R1	14,8	20,2	120,3	1,1	35,5	15,1	3.064	9.490
T11 R2	13,8	21,0	111,6	1,4	35,8	15,0	3.482	13.610
T11 R3	14,3	18,8	104,5	1,1	35,0	14,9	3.414	13.236
T11 R4	13,9	19,3	94,7	1,0	34,0	14,4	2.631	11.014
T12 R1	14,5	19,7	115,6	1,4	37,0	15,8	3.593	13.430
T12 R2	14,2	22,6	111,7	1,8	38,0	16,0	4.114	13.479
T12 R3	14,2	19,8	108,4	1,3	38,6	15,8	3.662	13.013
T12 R4	14,8	19,1	115,8	1,4	33,5	15,0	2.687	13.928
T13 R1	14,7	21,3	113,2	1,6	35,3	14,7	3.346	14.179
T13 R2	14,2	21,5	112,2	1,6	36,2	16,1	4.128	11.897
T13 R3	13,0	18,8	100,2	1,5	36,4	16,0	4.130	11.830
T13 R4	14,3	19,3	103,6	1,3	35,1	16,2	3.564	10.702
T14 R1	14,5	22,5	126,1	1,5	37,1	17,4	4.136	11.661
T14 R2	13,8	20,8	112,0	1,6	35,3	16,2	3.293	14.120
T14 R3	13,4	18,6	103,5	1,5	35,5	15,6	3.364	14.335
T14 R4	15,1	20,8	117,8	1,5	35,8	15,6	3.786	14.179
T15 R1	13,6	18,8	106,3	1,7	35,9	14,8	2.947	13.024
T15 R2	14,1	21,6	108,2	1,5	37,9	17,4	5.062	12.620
T15 R3	13,6	19,2	99,1	1,9	36,8	16,7	4.017	10.987
T15 R4	14,8	20,5	120,0	1,2	37,0	15,6	3.910	11.853
Medias	14,0	20,9	108,2	1,5	36,3	16,3	3.999	13.317

Anexo 3. Análisis de varianza de la variable pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
ph	12	0,93	0,88	2,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,57	5	0,31	16,43	0,0019
Trat	1,01	2	0,51	26,39	0,0011
Bloques	0,56	3	0,19	9,78	0,01
Error	0,12	6	0,02		
Total	1,69	11			

Anexo 4. Análisis de varianza de la variable aluminio intercambiable

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Al+3+H+	12	0,85	0,72	43,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,58	5	0,32	6,75	0,0189
Trat	1,1	2	0,55	11,69	0,0085
Bloques	0,49	3	0,16	3,45	0,0918
Error	0,28	6	0,05		
Total	1,86	11			

Anexo 5. Tabla general de datos de la variable evaluada análisis de suelo posterior a la cosecha con aplicación de enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Area de Suelos y Ordenamiento Territorial
Laboratorio de Servicio al Público
Planilla de resultados de análisis de suelos

Propietario: EUGENIO GONZÁLEZ CÁCERES
Departamento: CANINDEYÚ
Distrito: LOMAS VALENTINAS
Fecha: 08/04/16

Nº	Lab.	Código	Prof. cm.	pH	Mat.Org. %	P mg/kg	Ca ²⁺ mg/kg	Mg ²⁺ mg/kg	K ⁺ cmol/kg	Na ⁺ cmol/kg	Al ³⁺ +H ⁺ cmol/kg	Clase Textural	Munsell	Color Descripción
16	52i	Testigo R1	0-10	5,40	0,62	3,70	0,76	0,29	0,08	0,02	0,31	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	53i	Estiercol R1	0-10	5,40	1,04	5,96	0,95	0,34	0,11	0,02	0,31	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	54i	Ceniza R1	0-10	5,90	0,91	34,71	0,95	0,39	0,11	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	55i	Testigo R2	0-10	4,80	1,01	8,22	0,95	0,29	0,10	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	56i	Estiercol R2	0-10	4,80	0,94	6,88	0,95	0,39	0,13	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	57i	Ceniza R2	0-10	5,40	0,91	14,07	0,95	0,34	0,17	0,02	0,31	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	58i	Testigo R3	0-10	4,80	0,78	12,84	1,13	0,29	0,13	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	59i	Estiercol R3	0-10	4,80	1,23	8,01	1,32	0,39	0,21	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	60i	Ceniza R3	0-10	5,70	0,69	13,15	1,13	0,34	0,13	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	61i	Testigo R4	0-10	5,30	1,10	11,19	1,13	0,29	0,13	0,02	0,31	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	62i	Estiercol R4	0-10	5,00	0,62	8,32	0,95	0,29	0,17	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo
16	63i	Ceniza R4	0-10	5,60	0,82	20,33	1,13	0,39	0,13	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/6	Marrón Rojizo

La siguiente tabla le ayudará a interpretar los resultados

Nivel	Mat. Org.	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al+H ⁺	pH
Bajo	< 1,2	< 12	< 2,51	< 0,4	< 0,12	< 1,5	< 0,4	< 5,6 Ácido
Medio	1,2 - 2,8	12 - 30	2,51 - 6,6	0,4 - 0,8	0,13 - 0,17	1,5 - 3,0	0,4 - 0,9	5,6 - 6,4 Lig. Ácido
Alto	> 2,8	> 30	> 6,6	> 0,8	> 0,17	> 3,0	> 0,9	6,5 - 7,4 Neutro
								> 7,4 Alcalino

Q.A. Mg. Doralicia Zacarías Servín
Responsable de los análisis

Lic. Geol. Mg. Hilgino Morán Requín
Coordinador Laboratorio



Trat y Rep	Mat. Org.(%)	pH	P (mg kg ⁻¹)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
Tes R1	0,62	5,4	3,7	0,76	0,29	0,08	0,02	0,31
Tes R2	1,01	4,8	8,22	0,95	0,29	0,1	0,02	0,94
Tes R3	0,78	4,8	12,84	1,13	0,29	0,13	0,02	0,94
Tes R4	1,1	5,3	11,19	1,13	0,29	0,13	0,02	0,31
Est R1	1,04	5,4	5,96	0,95	0,34	0,11	0,02	0,31
Est R2	0,94	4,8	6,88	0,95	0,39	0,13	0,02	0,94
Est R3	1,23	4,8	8,01	1,32	0,39	0,21	0,02	0,94
Est R4	0,62	5	8,32	0,95	0,29	0,17	0,02	0,94
Cen R1	0,91	5,9	34,71	0,95	0,39	0,11	0,02	0
Cen R2	0,91	5,4	14,07	0,95	0,34	0,17	0,02	0,31
Cen R3	0,69	5,7	13,15	1,13	0,34	0,13	0,02	0
Cen R4	0,82	5,6	20,33	1,13	0,39	0,13	0,02	0

Anexo 6. Análisis de varianza de la variable materia orgánica

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mat. Org.	12	0,13	0	27,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,05	5	0,01	0,18	0,9587
Trat	0,03	2	0,02	0,28	0,7684
Bloques	0,02	3	0,01	0,12	0,9438
Error	0,35	6	0,06		
Total	0,4	11			

Anexo 7. Análisis de varianza de la variable fósforo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P	12	0,6	0,27	58,04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	461,63	5	92,33	1,82	0,2438
Trat	417,43	2	208,71	4,11	0,0752
Bloques	44,2	3	14,73	0,29	0,8315
Error	304,86	6	50,81		
Total	766,49	11			

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable calcio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ca ⁺⁺	12	0,73	0,51	10,03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,17	5	0,03	3,25	0,0918
Trat	0,01	2	3,20E-03	0,3	0,7509
Bloques	0,17	3	0,06	5,22	0,0414
Error	0,06	6	0,01		
Total	0,24	11			

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable magnesio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Mg ⁺⁺	12	0,61	0,28	11,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	5	2,70E-03	1,86	0,2362
Trat	0,01	2	0,01	4,43	0,0659
Bloques	6,30E-04	3	2,10E-04	0,14	0,9306
Error	0,01	6	1,50E-03		
Total	0,02	11			

Anexo 10. Análisis de varianza de la variable potasio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
K ⁺	12	0,68	0,42	20,16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	5	1,90E-03	2,58	0,1395
Trat	4,10E-03	2	2,00E-03	2,82	0,1373
Bloques	0,01	3	1,80E-03	2,43	0,1633
Error	4,30E-03	6	7,20E-04		
Total	0,01	11			

Anexo 11. Análisis de varianza de la variable sodio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Na+	12	sd	sd	0

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0	5	0	sd	sd
Trat	0	2	0	sd	sd
Bloques	0	3	0	sd	sd
Error	0	6	0		
Total	0	11			

Anexo 12. Análisis de varianza de la variable número de hojas por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº de hojas planta ⁻¹	60	0,56	0,38	3,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13,23	17	0,78	3,13	0,0013
Factor A	2,09	2	1,05	4,21	0,0216
Factor B	1,67	4	0,42	1,68	0,1722
Bloques	8,36	3	2,79	11,21	<0,0001
Factor A*Factor B	1,1	8	0,14	0,56	0,8077
Error	10,44	42	0,25		
Total	23,67	59			

Anexo 13. Análisis de varianza de la variable Diámetro del tallo

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D. tallo/pla(mm)	60	0,6	0,44	5,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	95,7	17	5,63	3,73	0,0003
Factor A	45,9	2	22,95	15,23	<0,0001
Factor B	6,8	4	1,7	1,13	0,3567
Bloques	39,79	3	13,26	8,8	0,0001
Factor A*Factor B	3,21	8	0,4	0,27	0,9735
Error	63,31	42	1,51		
Total	159,01	59			

Anexo 14. Análisis de varianza de la variable altura de inserción de espigas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
A de In. de Esp.(cm)	60	0,43	0,2	6,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1515,85	17	89,17	1,85	0,0538
Factor A	261,1	2	130,55	2,7	0,0786
Factor B	404,06	4	101,01	2,09	0,0989
Bloques	672,85	3	224,28	4,64	0,0068
Factor A*Factor B	177,85	8	22,23	0,46	0,8768
Error	2028,25	42	48,29		
Total	3544,11	59			

Anexo 15. Análisis de varianza de la variable número de espigas por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº de Esp/p	60	0,43	0,21	13,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,26	17	0,07	1,9	0,046
Factor A	0,39	2	0,19	4,95	0,0117
Factor B	0,32	4	0,08	2,07	0,1015
Bloques	0,28	3	0,09	2,42	0,0792
Factor A*Factor B	0,27	8	0,03	0,86	0,5591
Error	1,64	42	0,04		
Total	2,9	59			

Anexo 16. Análisis de varianza de la variable diámetro de espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D. de Espiga	60	0,31	0,03	4,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	42,26	17	2,49	1,11	0,3732
Factor A	14,23	2	7,11	3,19	0,0514
Factor B	6,22	4	1,55	0,7	0,5984
Bloques	15,53	3	5,18	2,32	0,089
Factor A*Factor B	6,28	8	0,79	0,35	0,9395
Error	93,69	42	2,23		
Total	135,95	59			

Anexo 17. Análisis de varianza de la variable longitud de espiga

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ltud. de Esp.	60	0,49	0,28	5,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	30,23	17	1,78	2,38	0,0116
Factor A	20,23	2	10,12	13,51	<0,0001
Factor B	4,81	4	1,2	1,6	0,1909
Bloques	1,61	3	0,54	0,72	0,5465
Factor A*Factor B	3,58	8	0,45	0,6	0,7747
Error	31,44	42	0,75		
Total	61,67	59			

Anexo 18. Análisis de varianza de la variable masa seca aérea

_Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Masa Seca Kg ha-1	60	0,42	0,18	13,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	100693962,7	17	5923174,27	1,77	0,067
Factor A	51196862,76	2	25598431,38	7,65	0,0015
Factor B	15574698,58	4	3893674,65	1,16	0,3406
Bloques	6887181,84	3	2295727,28	0,69	0,5656
Factor A*Factor B	27035219,47	8	3379402,43	1,01	0,4434
Error	140553615,2	42	3346514,65		
Total	241247577,8	59			

Anexo 19. Análisis de varianza de la variable rendimiento de granos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento Kgha-1	60	0,41	0,18	16,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13068340,31	17	768725,9	1,74	0,0734
Factor A	8776867,23	2	4388433,61	9,92	0,0003
Factor B	924113,91	4	231028,48	0,52	0,7199
Bloques	1362045,11	3	454015,04	1,03	0,3907
Factor A*Factor B	2005314,06	8	250664,26	0,57	0,799
Error	18579740,75	42	442374,78		
Total	31648081,06	59			

Anexo 20. Ilustraciones de las actividades realizadas durante el periodo del experimento



Preparación del terreno





Recolección del estiércol bovino



Delimitación del área experimental e identificación de las unidades experimentales



Siembra y aplicación de fertilizantes



Cuidados culturales del cultivo



Evaluación de la variable diámetro del tallo del maíz



Evaluación de la variable altura de inserción de espigas



Espigas cosechadas para la evaluación del rendimiento de granos

