

**DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA
EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* var. *amilácea* L.) AÑO II**

JORGE DANIEL MELGAREJO KENNEDY

Trabajo Final de Grado 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

2019

**DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA
EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* var. *amilácea* L.) AÑO II**

JORGE DANIEL MELGAREJO KENNEDY

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ÁLVAREZ**
Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS LEGUIZAMÓN ROJAS**

Trabajo Final de Grado 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

2019

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Ingeniería Agronómica

**DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA
EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* var. *amilácea* L.) AÑO II**

Tesis 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: **Jorge Daniel Melgarejo Kennedy**

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy W. Rasche Álvarez

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

Miembros de la Mesa Examinadora

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

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

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Diego Augusto Fatecha Fois

San Lorenzo, 12 de diciembre del 2019

DEDICADO

A mi Padre Luis Melgarejo

A mi Madre Nelly Kennedy

A mis hermanos

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el apoyo incondicional de siempre.

A mis hermanos por todo el apoyo que me han brindado, por acompañarme siempre.

A mi orientador Prof. Ing. Agr. Dr. Jimmy Rasche Álvarez, por la paciencia, enseñanzas y apoyo incondicional brindado durante la ejecución de este trabajo.

Al Sr. Alejandro Duarte y familia por recibirme en su casa, por el buen trato y por proveer el terreno para el experimento.

A mis compañeros y amigos Guillermo Garay, Vicente Romero y Evelyn Miranda, por la cooperación durante el trabajo y por todos los buenos momentos vividos.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y en especial al Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, a sus docentes y personal administrativo, por la ayuda durante mi formación.

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 del suelo para la producción de alimentos”.

A mis amigos y compañeros por todo el apoyo que me brindaron y a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron apoyándome durante estos años de estudio.

DOSIS DE NITRÓGENO CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* var. *amilácea* L.) AÑO II

Autor: **JORGE DANIEL MELGAREJO KENNEDY**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY W. RASCHE ÁLVAREZ**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS A. LEGUIZAMON ROJAS**

RESUMEN

El nitrógeno (N), es uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas, su deficiencia afecta directamente la producción y rendimiento de los cultivos. Los fertilizantes químicos contienen compuestos que se pueden acumular en el suelo y contaminarlo. Una alternativa para sustituir total o parcialmente por enmiendas orgánicas. El objetivo general de la investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de dosis de N en combinación con enmiendas orgánicas e inorgánicas en la producción de maíz Chipá. El experimento se realizó en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentinas, entre setiembre del 2.016 y febrero del 2.017. El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con 15 tratamientos dispuestos en el campo en parcelas subdivididas, evaluando dos factores: fuentes de enmiendas (Factor A) y dosis de nitrógeno (Factor B), con 4 repeticiones. Las enmiendas utilizadas fueron 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 (0, 40, 80, 120 y 160 kg de N ha⁻¹). Las variables evaluadas fueron el número de hojas por planta, diámetro, longitud y número de espigas, diámetro del tallo, altura de inserción de espigas, masa seca aérea y rendimiento de granos. Las dosis de N no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas. Con la aplicación ceniza se encontró aumentos en la longitud de espigas, masa seca aérea y rendimiento en granos. Con el uso de estiércol bovino se obtuvo rendimiento promedio de 5.770 kg ha⁻¹ seguido por el testigo con 4.800 kg ha⁻¹ y por último ceniza con 4.770 kg ha⁻¹. Al aplicar enmiendas orgánicas se obtiene mayor producción y rendimiento en granos de maíz chipá.

PALABRAS-CLAVE: Estiércol bovino, ceniza, urea.

DOSE OF NITROGEN WITH ORGANIC AND INORGANIC AMENDMENTS IN CHIPÁ CORN (*Zea mays* var. *Amilácea* L.) YEAR II

Autor: **JORGE DANIEL MELGAREJO KENNEDY**

Advisor: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY W. RASCHE ÁLVAREZ**

Co-Advisor: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS A. LEGUIZAMON ROJAS**

SUMMARY

Nitrogen (N), is one of the most important elements in plant nutrition, its deficiency directly affects the production and yield of crops. Chemical fertilizers contain compounds that can build up in the soil and contaminate it. An alternative to replace totally or partially by organic amendments. The general objective of the research was to evaluate the effect of the application of N doses in combination with organic and inorganic amendments on the production of Chipá corn. The experiment was carried out in the Department of Canindeyú, Ybyrarobana District, Colonia Lomas Valentinas, between September 2016 and February 2017. The experimental design used was randomized complete blocks with 15 treatments arranged in the field in subdivided plots, evaluating two factors: sources of amendments (Factor A) and nitrogen dose (Factor B), with 4 repetitions. The amendments used were manure bovine (25,000 kg ha⁻¹); soybean expeller ash (870 kg ha⁻¹) and the control (without amendment). The evaluated nitrogen doses were (0, 40, 80, 120 and 160 kg of N ha⁻¹). The variables evaluated were the number of leaves per plant, diameter, length and number of ears, stem diameter, height of insertion of ears, aerial dry mass and grain yield. N doses did not show significant differences in any of the evaluated variables. With the ash application, increases were found in the length of ears, aerial dry mass and grain yield. With the use of bovine manure, an average yield of 5,770 kg ha⁻¹ was obtained, followed by the control with 4,800 kg ha⁻¹ and finally ash with 4,770 kg ha⁻¹. By applying organic amendments, greater production and yield are obtained in chipá corn grains.

KEY-WORDS: Bovine manure, ash, urea.

DOSE DE NITROGÊNIO COM COMPOSTOS ORGÂNICOS E INORGÂNICOS NO MILHO TIPO CHIPÁ (*Zea mays* var. *Amilácea* L.) ANO II

Autor: **JORGE DANIEL MELGAREJO KENNEDY**

Conselheiro: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY W. RASCHE ÁLVAREZ**

Co-Conselheiro: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS A. LEGUIZAMON ROJAS**

RESUMO

O nitrogênio (N) é um dos elementos mais importantes na nutrição das plantas, pois sua deficiência afeta diretamente a produção e o rendimento das culturas. Os fertilizantes químicos contêm compostos que podem se acumular no solo e contaminá-lo. Uma alternativa para substituir total ou parcialmente por emendas orgânicas. O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o efeito da aplicação de doses de N em combinação com alterações orgânicas e inorgânicas na produção de milho Chipá. O experimento foi realizado no departamento de Canindeyú, distrito de Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentinas, entre setembro de 2016 e fevereiro de 2017. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com 15 tratamentos dispostos em campo, em parcelas subdivididas, avaliando dois fatores: fontes de emendas (fator A) e dose de nitrogênio (fator B), com 4 repetições. bovino ($25.000 \text{ kg ha}^{-1}$); cinzas de expulsão de soja (870 kg ha^{-1}) e controle (sem alteração). As doses de nitrogênio avaliadas foram (0, 40, 80, 120 e $160 \text{ kg de N ha}^{-1}$). As variáveis avaliadas foram: número de folhas por planta, diâmetro, comprimento e número de espigas, diâmetro do caule, altura de inserção das espigas, massa seca aérea e produtividade de grãos. As doses de N não apresentaram diferenças significativas em nenhuma das variáveis avaliadas. Com a aplicação das cinzas, foram encontrados aumentos no comprimento das orelhas, na massa seca aérea e no rendimento de grãos. Com o uso de esterco bovino, obteve-se um rendimento médio de 5.770 kg ha^{-1} , seguido pelo controle com 4.800 kg ha^{-1} e, finalmente, cinzas com 4.770 kg ha^{-1} . Aplicando emendas orgânicas, obtém-se maior produção e rendimento nos grãos de milho chipá.

PALAVRAS-CHAVE: Estrume bovino, cinza, uréia.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PORTADA.....	i
HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
RESUMO.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Nitrógeno.....	3
2.1.1 Ciclo del nitrógeno.....	4
2.2 Fertilización inorgánica.....	5
2.2.1 Urea.....	5
2.3 Fertilización orgánica.....	6
2.3.1 Estiércol Bovino.....	7
2.4 Cultivo de maíz.....	9
2.4.1 Maíz Amiláceo.....	10
2.4.2 Requerimientos de nitrógeno del maíz.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Antecedentes.....	12
3.2 Localización y caracterización del área experimental.....	12
3.3 Diseño experimental y tratamientos.....	14
3.4 Implantación y manejo del experimento.....	16

	Página
3.4.1 Preparación del terreno.....	16
3.4.2 Delimitación de parcelas.....	16
3.4.3 Aplicación de fertilizantes y siembra	17
3.4.4 Cuidados culturales	17
3.4.5 Cosecha.....	17
3.5 Variables evaluadas.....	18
3.6 Métodos de control de calidad de los datos.....	19
3.7 Modelo de análisis e interpretación.....	19
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Número de hojas por planta, altura de inserción de espigas de maíz y diámetro del tallo.....	20
4.2 Diámetro de espigas, longitud de espigas y número de espigas por plantas	23
4.3 Masa seca aérea de maíz.....	26
4.4 Rendimiento en granos de maíz.....	29
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
5.1 Conclusiones.....	32
5.2 Recomendaciones.....	32
6. REFERENCIAS.....	33
ANEXOS.....	39

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Características químicas del suelo en las parcelas donde fueron aplicadas las enmiendas orgánica e inorgánica al final del primer año del experimento. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	14
2. Descripción de los tratamientos del experimento del cultivo de maíz chipá (segundo año).....	16
3. 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, 2017.....	20
4. Diámetro de espiga, longitud de espiga y masa seca aérea con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	24
5. Masa seca aérea de maíz, con aplicación con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	27
6. Rendimiento en granos de maíz aplicación con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	29

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Imagen Satelital del local del experimento en el Dpto. de Canindeyú.....	12
2. Representación diaria de las precipitaciones y temperaturas medias ocurridas durante el ciclo del maíz (16 de septiembre de 2016 al 15 enero de 2017).	13
3. Distribución de las unidades experimentales en el campo.....	15
4. Masa seca aérea con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	28
5. Rendimiento en granos de maíz con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.	30

LISTA DE ANEXOS

	Página
A1. Precipitaciones diarias ocurridas durante el periodo del experimento (16 de setiembre del 2016 hasta el 15 de enero del 2017), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.....	40
A2. Temperatura media diaria ocurrida durante el periodo del experimento (16 de setiembre del 2016 hasta el 15 de enero del 2017), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.....	41
A3. Análisis de varianza variable número de hojas por plantas.....	42
A4. Análisis de varianza variable diámetro del tallo del maíz.....	42
A5. Análisis de varianza variable número de espigas por plantas.....	43
A6. Análisis de varianza variable altura de inserción de espigas.....	43
A7. Análisis de varianza variable longitud de espigas de maíz.....	44
A8. Análisis de varianza variable diámetro de espigas.....	44
A9. Análisis de varianza variable masa seca aérea.....	45
A10. Análisis de varianza variable rendimiento en granos de maíz.....	45

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más cultivado en el mundo, es el alimento básico en varios países y son destinados para alimentar tanto a animales como para el consumo humano e industrias.

El suelo que es el sostén de las plantas y también la fuente de nutrición de las mismas, posee los elementos nutritivos que provienen del resultado de la transformación de la materia orgánica a través de su descomposición y mineralización por los microorganismos del sistema. Por ello se deben buscar alternativas para realizar un buen manejo y cuidado del mismo mediante la aplicación de fertilizantes y abonos orgánicos que podrían mejorar tanto las propiedades físicas como las químicas.

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes en la nutrición de las plantas, la deficiencia afecta directamente en la producción y rendimiento de los cultivos. El uso de fertilizantes químicos es una forma de suplir o devolver los nutrientes utilizados por la planta, pero a su vez posee otros compuestos como metales pesados que se pueden acumular en el suelo.

Los fertilizantes orgánicos son derivados de productos vegetales o animales, que contienen destacables cantidades de los elementos principalmente el nitrógeno, el aporte de materia orgánica en el suelo es muy importante ya que incrementa la reserva de nutrientes del suelo, la biomasa microbiana y el nivel de fertilidad, además retiene y los libera lenta y progresivamente.

El estiércol bovino puede ser considerado como un abono orgánico universal, tiene efecto benéfico en la nutrición de la planta por su riqueza en materia orgánica, microorganismos de la flora intestinal y nutriente como el nitrógeno. Además, puede mejorar las propiedades físicas del suelo.

El uso de ceniza como enmienda inorgánica es una buena alternativa para sustituir los fertilizantes inorgánicos. Además de que aumentan el pH y la disponibilidad de nutrientes a los cultivos, potencia el incremento del rendimiento de los mismos.

El objetivo general de este experimento fue el de evaluar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en combinación con abonos orgánicos e inorgánicos en la producción de maíz chipá, y los objetivos específicos fueron comparar la altura de la inserción de espigas, número de hojas por planta, diámetro del tallo, longitud y diámetro de espigas, la masa seca, el rendimiento con las diferentes dosis de fertilizantes orgánicos e inorgánicos aplicados.

Por lo tanto, para este experimento se plantea la hipótesis de que con la aplicación de estiércol bovino como fertilizante orgánico en combinación con diferentes dosis de nitrógeno se obtendrá el mayor rendimiento del cultivo que en donde se aplica ceniza o en el testigo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente esencial en las plantas, es el factor limitante en la producción vegetal, además de ser el componente principal de las proteínas y del ADN e indispensable para todos los seres vivos (Bear et al. 2016).

En la atmósfera se encuentra disponible en la forma de nitrógeno molecular N_2 , aunque es muy abundante, no es posible su asimilación de forma directa tanto para animales como para las plantas, una manera en que pueda ser aprovechado es a través de un proceso de transformación denominado fijación biológica del nitrógeno (FBN) realizados mediante la asociación simbiótica de bacterias del reino Eubacterias y Archaeobacterias con plantas leguminosas donde el nitrógeno molecular es reducido a amoníaco (Baca et al. 2000).

Below (2002) afirma que el nitrógeno puede ser absorbido por las plantas de dos maneras que son la forma de anión nitrato (NO_3^-) y catión de amonio (NH_4^+). Los fertilizantes sintéticos a base de nitrógeno poseen estas dos formas disponibles de nitrógeno en concentraciones diversas, cabe destacar que los microorganismos del suelo oxidan rápidamente en NH_4^+ a NO_3^- en suelos con buena cantidad de macro y micro poros que poseen alta tasa de respiración además y temperatura adecuada que favorecerá la absorción del mineral el vegetal. Por ello la mejor forma de asimilación del nitrógeno por las plantas es en forma de anión nitrato sin distinción al tipo de fuente de N aplicado.

Indistintamente al estado del nitrógeno en el momento de la absorción, sea de forma anión nitrato o catión amonio, estando dentro de la planta debe ser asimilado a compuestos orgánicos, comúnmente aminoácidos. La mayor parte del nitrógeno es destinada a formar parte de las proteínas. Las funciones generales que desempeña el nitrógeno en el metabolismo de la planta son el establecimiento y mantenimiento de la capacidad fotosintética y el desarrollo y ampliación de los sitios reproductivos (Below 1995).

2.1.1 Ciclo del Nitrógeno

El ciclo del nitrógeno es un sistema dinámico que ocurre a través de la biosfera, cuyos mecanismos de transformación están condicionados por la diversidad y la actividad de las poblaciones microbianas y otros factores como la temperatura del suelo, humedad, tamaño de residuos, agregación y tipo de suelo (Bear et al. 2016).

Según Trivelin (2015) el nitrógeno es un elemento que se encuentra en el ambiente de forma inestable, su ciclo puede presentarse de distintas formas. Según Blessing y Hernández (2009) está definido por tres factores fundamentales en la biosfera. En primer lugar, se encuentra la abundancia de este elemento en la atmósfera el cual está relacionado con la fijación biológica e industrial, la disponibilidad de N en las rocas y minerales que conforman el suelo y la inestabilidad del nitrógeno en el ecosistema sea en forma gaseosa o disuelta.

Verhulst et al. (2015) menciona que la nitrificación es un proceso biológico que ocurre en el suelo donde se obtiene NO_3 a partir de NH_4^+ a través de las bacterias. Van Raij (2011) sostiene que las entradas de nitrógeno al sistema suelo se da por fijación biológica mediante microorganismos libres en el suelo. Para la agricultura el género de mayor importancia en cuanto a fijación biológica y simbiosis son del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* que forman nódulos en las raíces de las leguminosas y atrapan el nitrógeno de la atmósfera que se no encuentra disponible y lo transforma a una forma disponible.

Las vías más importantes de reposición del nitrógeno en el suelo son los fertilizantes minerales obtenidos de la fijación industrial, otra forma son las enmiendas orgánicas vía suelo con residuos de animales o industriales o subproductos de la actividad antrópica, el nitrato (NO_3) y amonio (NH_4^+) contenido en el agua de lluvia, la absorción de amoníaco (NH_3) y de óxidos de N de la atmósfera por parte del follaje de los vegetales; y por último, el nitrato con el movimiento ascendente del agua (Trivelin 2015).

García (1996) considera que las pérdidas de N se dan por la desnitrificación que es un proceso biológico en la cual el NO_3 y NO_2 son reducidos a NO y N_2O , el lavado del NO_3 , las pérdidas por erosión del suelo y la volatilización del NH_3 que son afectados por los factores del suelo pH, capacidad buffer, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y actividad ureásica; del ambiente: temperatura, contenido de agua e intercambio de aire; y de manejo: fuente y dosis de N.

Trivelin (2015) indica que las pérdidas o salidas de nitrógeno también suceden por 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 y la lixiviación en el suelo.

2.2 Fertilización inorgánica

2.2.1 Urea

La urea es el fertilizante más utilizado en el sector agrícola por su alta concentración y economía. Puede ser aplicada al voleo, en cobertura, aunque la mayor eficiencia se obtiene al aplicar en las líneas del cultivo. Sin embargo, el uso de este fertilizante implica cambios en la composición del pH del suelo y tiende a sufrir volatilización, por ello es conveniente realizar la aplicación en distintas etapas del cultivo (Mikkelsen y Prochnow 2013).

Barraco y Díaz (2005) realizaron un experimento para evaluar las dosis de fertilización con urea y el momento más conveniente, donde evaluaron 7 tratamientos en un estudio factorial con 2 factores. Los mayores rendimientos se observaron con la aplicación de 150 kg ha^{-1} y no encontraron diferencia significativa en cuanto al momento de aplicación.

Pedrol et al (2008) evaluaron la respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz. Las dosis de nitrógeno utilizadas fueron de 60, 120, 180 y 240 kg ha^{-1} . Los mayores rendimientos se obtuvieron con las dosis de 180 y 240 kg ha^{-1} demostrando que a medida que aumentan las dosis de nitrógeno aumenta el rendimiento de los granos.

2.3 Fertilización orgánica

Se entiende como fertilizantes orgánicos los derivados de productos vegetales o animales, que contienen unas cantidades mínimas de algunos de los elementos principales: nitrógeno, fósforo y potasio. Esto es a efectos de poder ser comercializado. Naturalmente, todos los productos orgánicos contienen cantidades variables de elementos nutritivos que, desde el momento en que se utilicen en la explotación suponen un aporte de dichos elementos que ha de tenerse en cuenta en la fertilización (FAO 2002)

El mismo autor menciona que la mayoría de los productos orgánicos tienen contenidos muy pequeños de elementos nutritivos que, no obstante, deben tenerse en cuenta, dado que la aplicación de estos productos al suelo se hace en cantidades bastante considerables, ya que su objetivo principal es mantener el contenido de materia orgánica del suelo.

Además, afirma que el aporte de elementos nutritivos en forma orgánica incrementa la reserva del suelo y el nivel de fertilidad. Además, los retiene y los libera lenta y progresivamente.

Los fertilizantes orgánicos han sido empleados por varias generaciones, sus efectos sobre la fertilidad de los suelos han sido demostrados por varios experimentos, aunque la estabilidad de este fertilizante es muy versátil de acuerdo a su composición química, su influencia sobre la fertilidad de los suelos, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo, todo esto varía según origen, tiempo, manejo y contenido de humedad (Romero et al. 2000).

Romero et al. (2000) mencionan que los abonos orgánicos se han usado desde tiempos remotos y han sido muy efectivos, sin embargo, hay que considerar la variación en cuanto a su composición química y el aporte de nutrimentos que proporciona al cultivo ya que esta depende de su procedencia, edad, manejo y humedad.

2.3.1 Estiércol Bovino

Según Finck (2009), el estiércol sólido en épocas pasadas era muy utilizado en granjas como sustituto del fertilizante, era empleado como el principal medio de fertilización y hasta hoy se utiliza en varios asentamientos. Posee una gran variedad de efectos en los cultivos y se le podría considerar como un abono universal, aunque de características muy variables.

El efecto del estiércol sobre la producción vegetal es la suma de su influencia como enmienda del suelo y sus efectos nutritivos. Este efecto varía considerablemente, según las condiciones locales. La mejor forma de estimar su influencia sobre la producción se basa en su riqueza de nitrógeno (Finck 2009).

Sosa y García (2017) realizaron estudios donde demuestran que el cultivo de maíz, durante la etapa de crecimiento, y aplicando fertilizantes sintéticos y enmiendas orgánicas observaron que ambas reaccionan de manera favorable para esta planta, sin embargo, al realizar una comparación más detallada se percataron que existe mayor efectividad utilizando la fertilización orgánica.

Salazar et al. (2009) llevaron a cabo un experimento para determinar cuál de las dosis de estiércol es mejor para la producción de forraje y maíz asociado con soja. Los tratamientos fueron de 0, 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹ de estiércol y un testigo químico de 100-150-00 (N-P₂O₅-K₂O). En los resultados el análisis de varianza mostró una diferencia estadística significativa en el tratamiento de 120 t ha⁻¹ de estiércol seguido por el de 160 t ha⁻¹.

Trejo et al. (2013) realizaron un experimento para evaluar el impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje en maíz. Donde los tratamientos fueron 40, 80, 120 y 160 t ha⁻¹ de estiércol bovino, testigo absoluto y tratamiento químico 100-150 (kg ha⁻¹; P₂O₅). Los tratamientos de 160 y 120 t ha⁻¹ de estiércol incrementaron 189 y 180% la MO del suelo, los tratamientos de estiércol fueron superiores en rendimiento al testigo e iguales o superiores al tratamiento químico por lo que podemos decir que el estiércol es una buena alternativa para satisfacer o suplir las necesidades nutricionales del cultivo.

López et al. (2015) en un experimento evaluaron la dosis equivalente de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero. Los tratamientos utilizados fueron 0, 67, 100 y 133% de los requerimientos de nitrógeno del cultivo utilizando sulfato de amonio y estiércol como fuente de N. En los resultados no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo diferentes con relación al testigo. El tratamiento con 133% (con fertilizante y estiércol) presentaron mayor rendimiento.

Figuroa et al. (2010) condujeron un experimento por tres años, donde estimaron el uso de estiércol como una alternativa para suplir el uso de fertilizantes a base de nitrógeno en el cultivo de maíz. Los tratamientos instalados fueron la fertilización química, dosis de estiércol complementado con fertilizante químico, dosis de estiércol individual y dosis de compost con fertilizante químico. Los resultados presentados, en cuanto a la altura de las plantas fue de que el estiércol tubo mayor altura en los tres años, con 2,43; 2,44 y 2,57m en el tercer año, superando al testigo por un promedio de 3cm y la materia seca obtenida fue mayor en el tratamiento de

compost con fertilizante en los tres años, donde el mayor porcentaje de materia seca fue observado en el año tres con un 43% superando al testigo por un 9%. Al final no se presentaron diferencias significativas en estas dos variables.

2.4 Cultivo de maíz

El maíz se convirtió en el siglo XX en uno de los cereales más cultivados en los cinco continentes del planeta y como fuente de alimento para los habitantes de la superficie terrestre. Así mismo, desde la segunda guerra mundial, el maíz ha presentado en términos generales, un crecimiento sostenido en volumen de producción, en extensión de superficies dedicadas al cultivo y en rendimiento (Sánchez 2010).

Según Acosta (2009) el maíz a través de los procesos de domesticación, quedó como uno de los alimentos esenciales para el hombre y para los animales que lo consumen, el proceso de transformación acreditó otros rasgos a este cereal con la que perdió todas las características ancestrales que utilizaba para la supervivencia en el ambiente.

Según Cruz et al. (2001) el maíz uno de los cereales más investigados en el mundo y que con el correr de los años, el potencial productivo de este cultivo va aumentando. Sin embargo, en varios países el rendimiento medio está todavía muy por debajo de lo que se puede producir. Uno de los factores que contribuyen a la caída en los rendimientos de maíz, la falta de tratamiento fitosanitario o su utilización de modo incorrecto (época, producto, dosis, etc.), que pueden agravar todavía más los problemas con las plagas.

Según el IICA (2013) el cultivo de maíz abarca grandes extensiones en el territorio del Paraguay, la producción realizada por los pequeños productores posee superficies de una a dos hectáreas generalmente. Las variedades utilizadas tanto la del avatí morotí como el morotí (locro) son destinadas para el autoconsumo, y el karape pytã es empleada para la alimentación de los ganados de la granja.

En la actualidad, los bajos rendimientos del cultivo de maíz se deben principalmente a un mal manejo de los componentes del sistema de producción, destacándose la preparación del suelo y las variedades utilizadas son de baja calidad genética, ineficiente control de plagas y enfermedades, densidad de siembra inadecuada, un pobre control de maleza y un excesivo uso de fertilizantes inorgánicos incidiendo negativamente en los rendimientos del grano (Alvarado 2002).

2.4.1 Maíz amiláceo

Según Machado (2013) el maíz amiláceo es el más utilizado para consumo humano en el Paraguay, sembrándose en la mayoría de las fincas de los pequeños productores de la Región Oriental del país. Los materiales utilizados por los productores son los derivados de la raza del mismo nombre, los cuales se mantienen con semilla propia extraídas de mazorcas sin un proceso de selección en planta, eventualmente por intercambio de semilla entre los mismos productores o compra del grano disponible en los almacenes.

Según el MAG (2010) el maíz chipa es cultivado preferentemente por pequeños productores y abarcan fincas de 2 a 18 ha aproximadamente, algunos operadores realizan la siembra de este cultivo en asociación con algún abono verde u otros cultivos de autoconsumo como la mandioca o el poroto. El producto obtenido generalmente es utilizado para su propia alimentación o para generar ganancias para cubrir otros gastos.

Las horas de luz requeridas por el avatí chipa es de mayor demanda que otras variedades de maíces, también aumenta el ciclo y podría requerir hasta 1052 unidades térmicas para llegar al punto de floración y cabe resaltar que las flores femeninas necesitan mayor calor que las masculinas (Salhuana y Machado 1999)

La variedad de maíz chipa es sensible al estrés hídrico, requiere de 600 a 800 mm de agua durante su ciclo vegetativo. El máximo requerimiento hídrico de este cultivo se observa en etapa de floración hasta la formación de la mazorca. Si ocurre

una deficiencia en el aporte de agua y nutrientes, unas tres semanas, que preceden a la liberación del polen, esto repercutirá en el resultado de la cosecha de manera irrecuperable (MAG 2006).

Los requerimientos de pH del maíz se encuentran entre 5,5 y 7, requiere de suelos fértiles como la mayoría de los demás cultivos, un suelo franco de buena fertilidad y buena capacidad para eliminar el exceso de agua. En cuanto a profundidad no necesita un suelo muy profundo ya que tiene raíces fasciculadas que no crecen demasiado, pero 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).

2.4.2 Requerimientos de nitrógeno del maíz

El maíz requiere alrededor de 20 a 25 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) por cada tonelada de granos producido. 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 (Torres 2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Antecedentes

La presente investigación inició en el año 2016 en la propiedad de un productor del Distrito de Ybyrarobaná, Colonia Lomas Valentinas.

El primer año de este experimento se llevó a cabo en el 2016 con el cultivo de maíz. Se utilizaron las mismas dosis de N 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ las dosis de estiércol bovino 0 y 25 t ha⁻¹. La distribución de los tratamientos fue en las mismas unidades experimentales que se condujeron en el primer año. Más detalles sobre el experimento del primer año se puede observar en González Cáceres (2016).

3.2 Localización y caracterización del área experimental

El experimento se realizó en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Colonia Lomas Valentina, en la propiedad del productor Alejandro Duarte (Figura 1).



Figura 1. Imagen Satelital de la localización del experimento en el Dpto. de Canindeyú.

La zona donde se realizó el experimento presenta una temperatura media de 21°C donde la mayor temperatura obtuvo un promedio de 29°C, la mínima con 23°C y la precipitación pluvial registrada es de 1.500 a 1.800mm.

En la figura 2 se observa el régimen de temperatura y precipitación ocurridas durante el ciclo del experimento, donde se puede percibir las temperaturas medias a la derecha de la figura y por el lado izquierdo la precipitación total en función al ciclo del cultivo (Anexo 1 y 2).

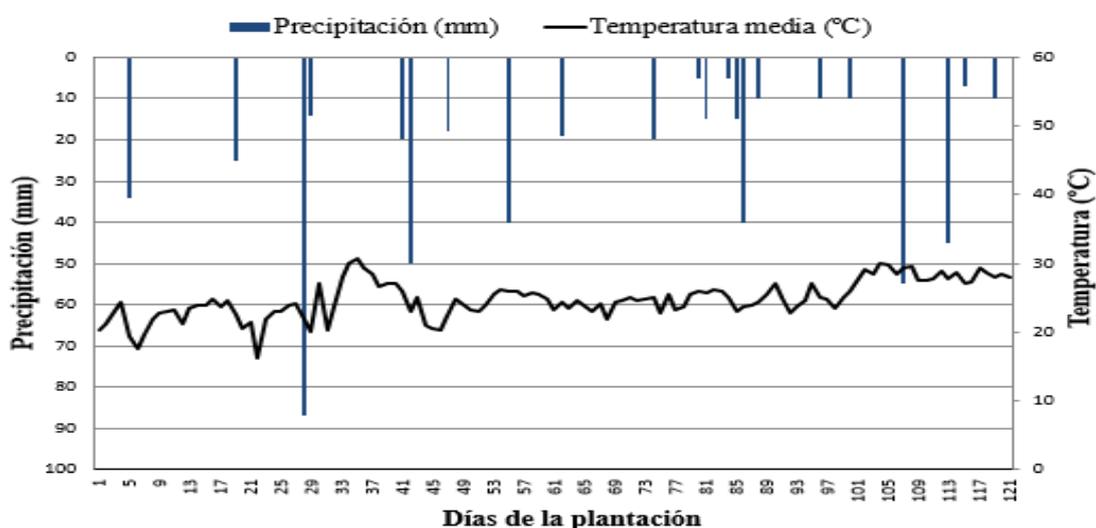


Figura 2. Representación diaria de las precipitaciones y temperaturas medias ocurridas durante el ciclo del maíz (16 de septiembre de 2016 al 15 enero de 2017). Fuente: Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA) – Campo Experimental Yjhovy, Canindeyú.

El suelo donde se implantó el experimento es un Arenic Rhodic Paleudult con pH de 5,00 a 5,65 y porcentaje de materia orgánica de 0,83 a 0,96. El análisis de suelo se realizó en el laboratorio del Área Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNA (Tabla 1).

Tabla 1. Características químicas del suelo en las parcelas donde fueron aplicadas las enmiendas orgánica e inorgánica al final del primer año del experimento. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017

Análisis de suelo	pH	M. O. %	P mg kg ⁻¹	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ +H ⁺
				cmol _c kg ⁻¹				
Estiércol	5,00 b	0,96	7,29	1,04	0,35	0,16	0,02	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

Fuente: (González Cáceres 2016) FCA, UNA (2016).

3.3 Diseño experimental y tratamientos

El delineamiento experimental utilizado fue en bloques completos al azar bifactorial, siendo el primer factor la aplicación de fuentes de enmiendas (Factor A) y el segundo factor diferentes dosis de nitrógeno (Factor B). Las enmiendas utilizadas fueron tres: estiércol bovino (25.000 kg ha⁻¹), ceniza de expeller de soja (870 kg ha⁻¹) y el testigo (sin enmiendas). Las dosis de nitrógeno evaluadas fueron cinco (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹)

Las parcelas y sub-parcelas fueron distribuidas en el campo en bloques completos al azar en parcelas subdivididas, con 15 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 60 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo representada por un área de 17,5m² (5m x 3,5m), siendo el total de área utilizada para el experimento de 1.050 m² (Figura 3).

Las sub-parcelas fueron constituidas por cinco hileras a una distancia de 0,70 m. y 0,25 m. entre plantas. Cada unidad experimental estuvo constituida por 100 plantas, de las cuales se evaluaron 10 plantas seleccionadas al azar dentro del área útil de cada parcela, evitando así la utilización de los bordes para descartar así cualquier eventual error en cuanto al efecto de los bordes.

Las enmiendas utilizadas fueron provistas de la Universidad Nacional de Asunción. El estiércol bovino se consiguió del tambo lechero de la Facultad de Ciencias Veterinarias y la ceniza de expeller de soja de la Facultad de Ciencias

Agrarias. 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 del cultivo de maíz chipá (segundo año).

Tratamientos	Fuentes	Dosis	
		Abono Orgánico e Inorgánico (kg ha ⁻¹)	Nitrógeno (kg ha ⁻¹)
T1	N		0
T2	N		40
T3	N		80
T4	N		120
T5	N		160
T6	Estiércol bovino	25.000	0
T7	Estiércol bovino + N	25.000	40
T8	Estiércol bovino + N	25.000	80
T9	Estiércol bovino + N	25.000	120
T10	Estiércol bovino + N	25.000	160
T11	Ceniza de expeller de soja + N	870	0
T12	Ceniza de expeller de soja + N	870	40
T13	Ceniza de expeller de soja + N	870	80
T14	Ceniza de expeller de soja + N	870	120
T15	Ceniza de expeller de soja + N	870	160

3.4 Implantación y manejo del experimento

3.4.1 Preparación del terreno

El sistema que se utilizó en este experimento fue el de siembra directa, donde se aplicó desecante dos semanas antes de la siembra para realizar el control de malezas y luego se realizó la fertilización en cada tratamiento y posteriormente la siembra del cultivo.

3.4.2 Delimitación de parcelas

Se delimitaron 60 parcelas de 17,5m², cada una constituida por cinco hileras donde posteriormente se realizó la siembra y aplicación de fertilizantes.

Las parcelas fueron sometidas a la incorporación de las fuentes de enmiendas orgánicas e inorgánicas dos semanas antes de la siembra para asegurar la descomposición del estiércol bovino y la incorporación de los fertilizantes al suelo.

3.4.3 Aplicación de fertilizantes y siembra

La incorporación de las enmiendas se llevó a cabo dos semanas después de la siembra del cultivo. Tanto la aplicación del estiércol bovino como la de ceniza fueron de forma manual y al voleo en cada parcela correspondiente.

Los fertilizantes superfosfato triple (90 kg ha^{-1} de P_2O_5) y cloruro de potasio (70 kg ha^{-1} de K_2O) fueron aplicadas a chorrillo también de forma manual antes de la siembra. La urea fue aplicada en dos etapas, la primera aplicación se realizó en el momento de la siembra con 20 kg ha^{-1} y la segunda aplicación de 45 días después de la implantación del experimento.

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

3.4.4 Cuidados culturales

Los cuidados culturales a la parcela se realizaron a partir de una semana de la implantación del experimento, la primera actividad fue la resiembra en lugares donde no emergió ninguna planta. A los 15 días de la siembra fue realizado el raleo, que consistió en la eliminación de plantas dejando solamente una planta por hoyo. Las malezas fueron controladas de forma manual con la utilización de asada, eliminando así las plantas que podrían competir con el crecimiento del maíz. Se realizaron dos carpidas durante el ciclo del cultivo. Para combatir el ataque de plagas se utilizaron los insecticidas Profenofos + Lufenuron en una dosis de 30 cc para un tanque de 20 L de agua cada vez que se observaron ataques de insectos.

3.4.5 Cosecha

Fueron seleccionadas 10 plantas del área útil de cada unidad experimental donde se realizaron las mediciones de las variables evaluadas. La cosecha se realizó

de forma manual y las espigas cosechadas fueron extendidas sobre carpas al sol para disminuir el nivel de humedad en los granos y posteriormente en bolsas arpilleras para el traslado y así realizar la evaluación es en un lugar más adecuado. Para la determinación de la masa seca fue extraída la planta entera.

3.5 Variables evaluadas

Las variables fueron evaluadas cuando el cultivo de maíz llegó a la etapa reproductiva y a la madurez. A continuación, se menciona el proceso de evaluación de las variables.

- Número de hojas por plantas: fueron seleccionadas 10 plantas por cada unidad experimental dentro del área útil de las parcelas. El conteo de hojas se realizó a partir de las plantas seleccionadas.
- Diámetro del tallo: para la medición de esta variable se tomaron las mismas 10 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, y con la utilización del paquímetro, se midieron los diámetros por encima del segundo nudo de cada planta.
- Altura de inserción de las espigas: se tomaron las mismas 10 plantas por cada unidad experimental dentro de las parcelas útiles, la medición se realizó con cinta métrica, desde la base del tallo hasta la inserción de la espiga.
- Número de espigas por planta: 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: se realizó de las espigas provenientes de diez plantas de cada unidad experimental escogidas para el rendimiento, a las cuales previamente se les retiró las chalas y medidas con la ayuda de una cinta métrica, el resultado fue expresado en cm.
- Diámetro de espiga: para la medición de esta variable se utilizó el paquímetro, colocando el material en la parte media de cada espiga, se tuvo en cuenta las espigas

escogidas para la medición de la longitud de espiga. Los resultados fueron expresados en mm.

- Rendimiento de granos: las mazorcas fueron cosechadas del área útil de las parcelas, considerando el efecto borde de cada unidad experimental. La trilla se realizó de manera manual y los granos fueron colocados en bolsas de hilo identificados con cada tratamiento y repetición. Los resultados fueron expresados en kg ha^{-1}
- Masa seca: Fueron seleccionadas 12 plantas enteras sin espigas por cada unidad experimental dentro del área útil de las parcelas. Las plantas extraídas pesadas a campo en una romana digital, posteriormente se tomaron muestras de cada unidad experimental para llevarlas a estufa a 60°C por 72 horas. Luego del secado en estufa se volvieron a pesar las muestras y se dedujo la biomasa seca por fórmula.

3.6 Métodos de control de calidad de los datos

Las actividades realizadas en el proceso de recolección de datos fueron de manera precisa y segura. Verificando detenidamente cada variable a ser evaluada y registrada en una planilla de campo bien ordenada para evitar confusiones en el momento de cargar los datos al programa informático.

3.7 Modelo de análisis e interpretación

Los datos obtenidos de las variables evaluadas, fueron sometidos a análisis de varianza para verificar si hubo o no diferencias significativas entre los tratamientos aplicados (Tabla 2). En los resultados que arrojaron diferencias significativas se realizó la comparación de medias por 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.

El análisis se llevó a cabo con el programa Excel, donde fue registrada toda la información obtenida de las variables evaluadas y luego se ordenar en bloques y separadas en tratamientos se realizó el análisis estadístico con el software Assistat.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de hojas por planta, altura de inserción de espigas de maíz y diámetro del tallo

En la tabla 3 se presentan los valores medios obtenidos de las variables número de hojas por plantas (Anexo 3), diámetro del tallo (Anexo 4) y número de espiga por planta de maíz (Anexo 5).

Tabla 3. 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, 2017.

Fuentes de Enmiendas (Factor A)	Niveles (t ha ⁻¹)	Nº de hojas por planta	Diámetro del tallo (cm)	Altura de Inserción de Espigas (cm)
Estiércol bovino	25	11,26a	2,32a	101,76a
Ceniza	0,87	11,44a	2,33a	99,31a
Sin enmienda	0	11,33a	2,21a	98,08a
DMS		0,37	0,21	5,98
Dosis de N (Factor B)	(kg ha ⁻¹)			
T1	0	11,29a	2,24a	98,37a
T2	40	11,38a	2,24a	100,12a
T3	80	11,26a	2,38a	98,26a
T4	120	11,45a	2,30a	100,20a
T5	160	11,35a	2,29a	101,62a
DMS		0,57	0,32	9,07
CV (%)		4,30	11,93	7,82

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

Entre las enmiendas aplicadas, como se observa en la Tabla 3 no se observan diferencias entre las enmiendas, el promedio es de 11,4 hojas por planta, mientras que el testigo tuvo un promedio de 11,3 hojas. No se encuentra diferencia significativa con la

aplicación de enmienda orgánica, la ceniza ni el testigo siendo el valor promedio de 11,3 hojas por planta, tampoco se observó interacción entre los factores estudiados.

Resultados semejantes fueron obtenidos en un experimento realizado por Basante Morales (2012), que al trabajar con el cultivo de maíz, tampoco observó diferencia estadística significativa en el número de hojas. Constatando un promedio de 13 hojas por plantas. Hernández y Stiven (2016) quienes sostienen que el número de hojas promedio de las plantas de maíz se encuentran entre 12 hojas.

Barbieri et al. 2010 mencionan que el número de hojas de la planta de maíz esta genéticamente determinado, sin embargo, existe un aumento de hojas cuando aumenta la fertilidad del suelo y la temperatura. Por otro lado, decrece cuando hay un aumento en la densidad de la población. Además, la duración del área foliar también están condicionados por la temperatura y las condiciones del cultivo (Noriega et al (2011).

González Cáceres (2016) realizó un experimento en maíz chipa en donde aplicó estiércol bovino y ceniza con diferentes dosis de nitrógeno y encontró diferencias significativas en esta variable con un promedio de 14 hojas por plantas, donde el mayor número de hojas se obtuvo con la aplicación de ceniza con 14,2 hojas por planta, seguido por el estiércol bovino con 14,1 hojas y el testigo con 13,8 hojas.

De la misma manera Duarte (2016) trabajando con abonos orgánicos observó diferencias significativas con la aplicación de estiércol bovino donde obtuvo la mayor cantidad de hojas con 14,67, seguida por la ceniza con 14,32 y el testigo con 14,09 hojas por plantas. En el presente experimento no hubo diferencias significativas. Se cree que la falta de respuesta estadística y disminución de las hojas del cultivo en relación al año 1 fue condicionado la temperatura durante el ciclo del cultivo.

López y Salazar (1998) realizaron un experimento donde evaluaron dos variedades de maíz con la aplicación de 60 kg ha^{-1} de urea, los resultados obtenidos

fueron que la variedad B-15 arrojó un número promedio de 12 hojas y H-419 de con 11 promedio similar al presente estudio.

Los datos del diámetro del tallo se presentan en la tabla 3, en la misma no se observó diferencias significativas tanto en las de enmiendas como en las dosis de nitrógeno. Las medias obtenidas oscilan entre 2,38 y 2,24 cm se estima que esta variación dependió más bien de las características genotípicas del cultivo. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Blessing y Hernández (2009) quienes no encontraron diferencia significativa al evaluar esta variable, sin embargo, pudo constatar que el diámetro del tallo obtuvo promedios de 2,18 y 2,36 cm los cuales son similares al presente estudio. Por su parte Barrios y Perez (2018), en un estudio realizado donde con la aplicación de estiércol bovino encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

En un experimento sobre enmiendas orgánicas e inorgánicas en el cultivo de maíz, González Cáceres (2016) evaluando la variable de diámetro del tallo obtuvo diferencias significativas entre las enmiendas aplicadas siendo el estiércol bovino el mayor con 2,21 cm de diámetro superando al testigo por 1,7 cm. Sin embargo, al evaluar las dosis de nitrógeno aplicadas, no se presentó diferencias significativas entre las variables evaluadas siendo el valor más alto el tratamiento 4 con 2,13 cm y el menor el testigo con 2 cm de diámetro.

De la misma manera Rivas (2018), en un experimento realizado en maíz variedad amilácea con la aplicación estiércol bovino obtuvo diferencias significativas en las medias de diámetro del tallo en comparación al testigo absoluto, siendo el estiércol bovino el mayor con un valor promedio de 2,18 cm en el diámetro de la planta.

Golik et al. (2015) sostienen que el diámetro y la longitud del tallo, durante el crecimiento vegetativo desempeñan una función muy importante al hablar de la disponibilidad de agua que requiere el maíz durante esta etapa.

Referente a la altura de inserción de espigas un DMS de 5,98 para el factor enmiendas, no se verificaron diferencias significativas entre las medias obtenidas con una variación de medias de 101,76 a 98,08 cm de estimándose que esta variable dependió más bien de las características genotípicas del cultivo. Resultado similar registró González Cáceres (2016) donde tampoco encontró diferencias significativas, donde obtuvo una variación de medias de 108,9 y 105,3 cm.

Torres y Paul (2018) en un experimento realizado con híbrido de maíz, aplicando fertilizante foliar obtuvo alturas de inserción de la espiga con promedio de 71cm. Sin embargo, Syngenta (2008) sostiene que la altura promedio de la inserción de las espigas es de 110 cm.

Por su parte Ferraris y Couretot (2007) en un experimento realizado en el cultivo de maíz con fuentes de fertilizantes nitrogenados evaluaron la altura de inserción de espigas con tres dosis 0, 60 y 120 kg ha⁻¹ donde la mayor altura se obtuvo con la aplicación de 60 kg ha⁻¹ y el testigo con 110 cm, los cuales superaron al tratamiento con 120 kg ha⁻¹ por 5 cm.

López y Biasutti (1996) en un experimento donde se realizó la selección en una población exótica de maíz, mencionan que cuando menor sea la altura de inserción desde la base hasta la primera espiga se reduce el porcentaje de plantas quebradas o acame el cual tiende a aumentar el rendimiento del cultivo.

4.2 Diámetro de espigas, longitud de espigas y número de espigas por plantas

El resultado del diámetro de espiga del maíz se presenta en la tabla 4. Con la aplicación de las fuentes de enmiendas, no hubo diferencias significativas en esta variable siendo destacada la aplicación de estiércol bovino en comparación a la ceniza y el testigo, alcanzando un promedio de 3,90 cm. El testigo y la ceniza arrojaron resultados estadísticamente iguales con promedios de 3,84 y 3,83 cm, respectivamente.

Tabla 4. Diámetro de espiga, longitud de espiga y masa seca aérea con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.

Fuentes de Enmiendas (Factor A)	Niveles (t ha ⁻¹)	Diámetro de la espiga (cm)	Longitud de espiga (cm)	Número de espigas por plantas (N°)
Estiércol bovino	25	3,90a	18,04a	1,22a
Ceniza	0,87	3,84a	17,18b	1,13a
Sin enmienda	0	3,83a	17,63ab	1,16a
DMS		0,111	0,7	0,11
Dosis de N (Factor B) (kg ha ⁻¹)				
T1	0	3,85a	17,88a	1,22a
T2	40	3,87a	17,47a	1,19a
T3	80	3,84a	17,52a	1,11a
T4	120	3,91a	17,61a	1,14a
T5	160	3,79a	17,60a	1,18a
DMS		0,169	1,069	0,17
CV (%)		3,78	5,21	12,57

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

Para el diámetro de espiga de maíz no se percibió diferencias significativas entre los promedios, con una variación de medias de 3,85 a 3,79 cm. Estos datos coinciden con los datos obtenidos por Longoria Garza (2000) tampoco encontró diferencias significativas obteniendo medias generales de 4,63 cm respectivamente.

Los mismos resultados son demostrados en el experimento realizado por Cassol et al. (2014) quienes tampoco encontraron diferencias estadísticas significativas en los estudios realizados con fuentes nitrogenadas.

Por otro lado, Reichert (2017) evaluando las mismas variables agronómicas del cultivo, no encontró respuestas significativas en la aplicación de dosis de nitrógeno sin embargo con la aplicación de las fuentes de enmiendas orgánicas obtuvo diferencias significativas siendo el valor más elevado 3,65 cm el cual supera al testigo absoluto por 0,95 cm. De la misma manera Quintana (2012) realizando un experimento con variedades de maíz y fertilización nitrogenada, tampoco encontró diferencias significativas entre los tratamientos.

Rivas (2018) observó diferencias significativas en el diámetro de la espiga de maíz aplicando tres dosis de estiércol bovino (15, 7 y 0 t ha⁻¹) indicando que el tamaño se incrementa 0,056 cm por cada tonelada de estiércol aplicado.

De acuerdo al análisis de varianza de los resultados obtenidos se observa diferencias significativas con la aplicación de las enmiendas orgánicas donde el estiércol bovino obtuvo un promedio de 18,04 cm de longitud, seguido por el testigo con 17,63 y 17,18 cm de altura para la enmienda ceniza (Tabla 4).

Estos resultados coinciden con el experimento realizado por González Cáceres (2016) quien al evaluar fuentes de enmiendas orgánicas e inorgánicas y dosis creciente de nitrógeno en maíz amiláceo encontró diferencias significativas con la utilización de estiércol bovino, las dosis aplicadas fueron de 25 t ha⁻¹ y la mayor longitud de espiga fue de 17,1 cm.

Por otro lado, Duarte (2016) en una investigación realizada con maíz amiláceo, con enmiendas orgánicas e inorgánicas y fuentes fosfatadas no encontró diferencias significativas con la aplicación de ceniza ni con la aplicación de estiércol siendo el promedio general 17,04 cm de longitud.

En la tabla 4 se observan los resultados correspondientes a la variable número de espigas por planta de maíz, las cuales fueron sometidas a diferentes dosis de nitrógeno con la aplicación de estiércol bovino, ceniza y el testigo absoluto.

Esta variable no presentó diferencias estadísticas significativas con la aplicación de las enmiendas según el análisis de varianza al 5% de probabilidad de error. El mayor número de espigas se presentó en la aplicación de estiércol bovino con un promedio de 1,2 espigas, y para la fuente tanto ceniza como el testigo con 1,1 espigas por planta.

Se puede observar que con la aplicación de estiércol bovino aumenta ligeramente la cantidad de espigas el cual concuerda efectivamente con el experimento

realizado por González Cáceres (2016) donde utilizó fuentes de enmiendas orgánicas y obtuvo mayores rendimientos con la aplicación de estiércol bovino.

En la tabla 4 se observan resultados de número de espigas por plantas utilizando distintas dosis de nitrógeno como fuente de enmienda inorgánica. Donde no se registran diferencias significativas con la aplicación de las enmiendas mencionadas, aunque se puede decir que a medida que aumentan las dosis de nitrógeno aumenta también la cantidad de espigas.

Los resultados presentados concuerdan con el experimento realizado por Miranda (2017) donde utilizó diferentes dosis de nitrógeno, y tampoco registró diferencias estadísticamente significativas. Resultados similares obtuvo Quintana (2012) quien probó dosis de nitrógeno en plantas de maíz y donde tampoco registró resultados significativos la esta aplicación.

Vásquez (2007) tampoco encontró diferencias estadísticas significativas con la aplicación de distintas dosis de nitrógeno sin embargo demostró que a mayor cantidad de fertilizante aplicado existe un aumento en la cantidad de espigas producidas.

4.3 Masa seca aérea de maíz

La masa seca aérea del maíz presento diferencias significativas con el uso de estiércol bovino tabla 5, la mayor producción de follaje se observa esta enmienda con una producción promedio de $15,15 \text{ t ha}^{-1}$, el cual sobrepasa al testigo con un aumento en promedio de $2,68 \text{ t ha}^{-1}$, luego se encuentra la ceniza con un promedio de $12,71 \text{ t ha}^{-1}$ y el testigo $12,47 \text{ t ha}^{-1}$.

Entre las dosis de nitrógeno aplicadas no presentaron diferencias significativas en el trabajo realizado. Sin embargo, se puede apreciar que a medida que aumentan las dosis aplicadas existe un aumento de la masa seca aérea del cultivo.

Tabla 5. Masa seca aérea de maíz, con aplicación con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.

Fuentes de enmiendas (Factor A)	Niveles (t ha⁻¹)	Masa seca aérea (t ha⁻¹)
Estiércol Bovino	25	15,15a
Ceniza	0,87	12,71b
Sin Enmiendas	0	12,47b
DMS		1
CV (%)		9,70

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

Los resultados concuerdan con lo reportado por González Cáceres (2016) quien encontró respuesta significativa con la aplicación de diferentes fuentes de enmiendas con un rendimiento promedio de 14,62 a 12,70 t ha⁻¹. Valores similares fueron estimados por Duarte (2016) quien menciona que, los rendimientos obtenidos con la aplicación de estiércol bovino y ceniza en promedio fueron de 12,76 kg ha⁻¹ en relación al testigo, que fue de 10,84 t ha⁻¹. Esta misma tendencia se observa en el experimento de Salazar et al. (2010) quien con un experimento comparativo de 5 dosis de estiércol bovino encontró diferencia estadística significativa en relación al testigo con una media de 29,18 t ha⁻¹.

Salazar et al. (2010) también encontraron diferencias estadísticas significativas con la aplicación de 5 dosis de estiércol, sin embargo, demostró que con la aplicación de 40 y 80 t ha⁻¹ se obtiene la mayor producción con un promedio de 34,83 t ha⁻¹ que con la aplicación de 120 y 160 quien obtuvo 28,5 t ha⁻¹ siendo el menor rendimiento con el testigo absoluto con 6,40 t ha⁻¹.

Trejo et al. (2013) sostienen que con la utilización de enmiendas orgánicas se obtiene mayor producción y el cual es una excelente alternativa para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo. Esto coincide con las palabras de Figueroa et al. (2010) quienes demostraron que con la aplicación de enmiendas orgánicas se obtiene rendimientos mayores o iguales que con la aplicación de fertilizantes inorgánicos.

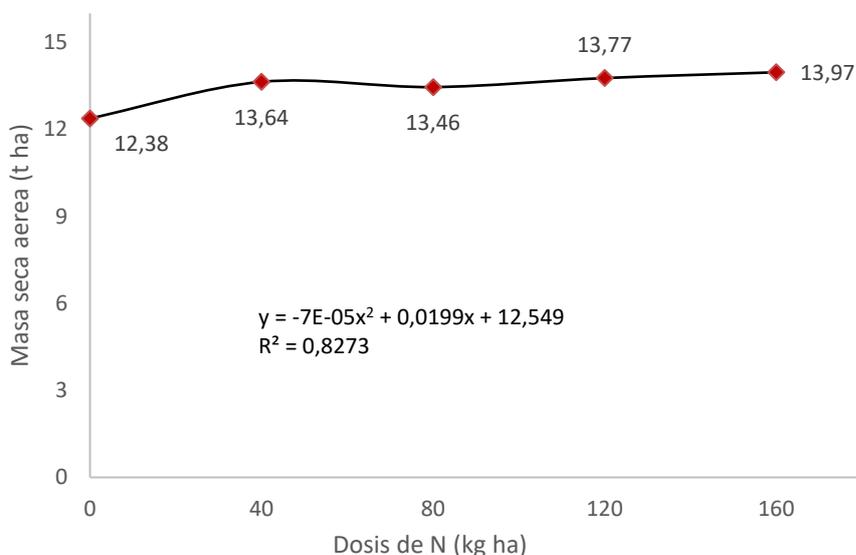


Figura 4. Masa seca aérea con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017

Los valores de masa seca obtenidos con las dosis de nitrógeno, como se presenta en la figura 1, variaron entre 12,38 t ha⁻¹ y 13,97 t ha⁻¹, se observa diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a medida que aumentan las dosis de nitrógeno. El mayor rendimiento se presentó en el tratamiento 5 con 160 kg ha⁻¹ de N y el menor en el tratamiento 1 que es el testigo.

Esta evaluación concuerda con el experimento realizado por Cueto et al (2006), quienes determinaron dosis de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca en maíz forrajero y quienes observaron diferencias significativas, a medida que aumentan las dosis de nitrógeno va aumentando el rendimiento de materia seca.

Barrios y Pérez (2018) realizaron un experimento sobre aplicación de enmiendas orgánicas (estiércol bovino) con una sucesión de cuatro años en el cultivo de maíz donde encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, la mayor producción se presentó en el tratamiento 3 con la aplicación de 180 t ha⁻¹ de estiércol

bovino con 11550 kg ha⁻¹, seguida por el T2 con 11352 kg ha⁻¹, el nivel más bajo registrado fue en el testigo absoluto con 4958 kg ha⁻¹.

4.4 Rendimiento en granos de maíz

De acuerdo al análisis de varianza de los resultados obtenidos en el rendimiento del cultivo de maíz tabla 6, se observó diferencias estadísticamente significativas para el empleo de la enmienda estiércol bovino con un rendimiento promedio de 5770 kg ha⁻¹ seguido por el testigo con 4800 kg ha⁻¹ y finalmente 4700 kg ha⁻¹ con la aplicación de ceniza.

Tabla 6. Rendimiento en granos de maíz aplicación con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.

Fuentes de enmiendas (Factor A)	Niveles (T ha ⁻¹)	Rendimiento de granos (kg ha ⁻¹)
Estiércol Bovino	25	5771a
Ceniza	0,87	4711b
Sin enmiendas	0	4801b
DMS		508
CV (%)		12,99

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

López et al (2001) trabajando con abonos orgánicos encontraron que con la aplicación de 30 t ha⁻¹ de estiércol se obtiene mayor rendimiento en el cultivo de maíz, sin embargo, aplicando fertilizantes inorgánicos hallaron mayor rendimiento con una media de 6,01 t ha⁻¹, lo que supera al valor obtenido con la aplicación de estiércol de manera significativa en 4,34 t ha⁻¹. Así también, mencionan que con las dosis de 20 y 30 t ha⁻¹ el rendimiento del grano aumenta.

Así mismo Barrios y Pérez (2018) en un estudio realizado con estiércol bovino encontraron diferencias significativas entre los tratamientos llegando a un nivel 8143 kg ha⁻¹ de rendimiento en granos con la mayor dosis aplicada.

Por su parte Salazar et al (2010) realizaron un experimento con estiércol bovino como abono orgánico en tres dosis 20 30 y 40 t ha⁻¹ no encontraron diferencias

significativas entre las medias de los rendimientos obtenidos. Sin embargo, las dosis de 20 y 30 t ha⁻¹ fueron las que mejoraron el rendimiento de grano.

En la Figura 5 se observan que no existe diferencia significativa en los valores promedios para el rendimiento de granos del maíz sobre las distintas dosis crecientes de nitrógeno aplicadas. Sin embargo, se puede apreciar que a medida que aumentan las dosis se va produciendo un aumento en el rendimiento de los granos, la mayor producción se observa en el tratamiento 5 con 5.348 kg ha⁻¹ y el menor en el testigo con 4.940 kg ha⁻¹

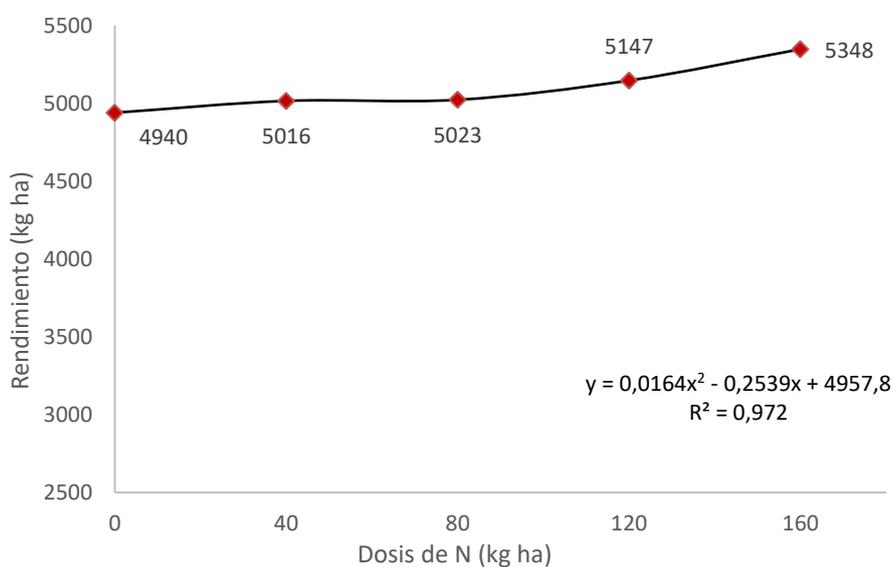


Figura 5. Rendimiento en granos de maíz con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.

Estos resultados concuerdan con la investigación de Pedrol et al (2008) donde demostraron que a medida que aumentan las dosis de nitrógeno aplicadas en cada tratamiento va aumentando el rendimiento de grano de maíz de manera significativa.

Sosa y García (2017) sostienen que a medida que se aumenta la aplicación del fertilizante mineral aumenta la producción en granos de 12,5 kg de maíz por kg de nitrógeno aplicado.

Cadillo (2018) realizó un experimento donde utilizó tres dosis de nitrógeno en maíz amarillo duro en el cual el mayor rendimiento obtuvo con una dosis de 90 kg ha⁻¹ de urea con rendimiento de 9249 kg ha⁻¹ de maíz el cual supera al testigo que tuvo un rendimiento de 7345 kg ha⁻¹. Esto coincide el trabajo realizado por Arano y Aguilar (2017) quien demostró que el maíz aumenta su rendimiento a medida que se aumentan las cantidades de fertilizantes nitrogenados aplicados donde con la aplicación de 160 kg ha⁻¹ de nitrógeno obtuvo 5330 kg ha⁻¹ de maíz, seguido por la dosis de 80 kg ha⁻¹ y el testigo absoluto con 3860 kg ha⁻¹ de maíz.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

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

El uso de abonos orgánicos generó aumentos significativos en la producción de granos del cultivo del maíz

La longitud de espigas, masa seca aérea y rendimiento de granos tuvieron diferencias significativas con la aplicación de abonos orgánicos. Sin embargo, en las variables número de hojas por planta, diámetro de la espiga, diámetro del tallo, altura de inserción de espigas y número de espigas por plantas no se observaron aumentos significativos.

Con la aplicación de nitrógeno solo se registró aumento en las medias de masa seca aérea.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar más estudios a base de enmiendas orgánicas e inorgánicas en el mismo sitio, ya que en comparación al año uno del experimento, se demostró que existe mayor producción y rendimiento del maíz.

Otra opción sería realizar un experimento con enmiendas orgánicas e inorgánicas combinando el uso de estiércol bovino, ceniza y fertilizantes nitrogenados ya que cada factor contribuye de manera específica al cultivo.

6. REFERENCIAS

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación (en línea). Cultivos Tropicales. 30 (2): 113-120 Consultado 02 abr. 2016. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215047017>
- Aguilar, E. 2017. Efecto de la fertilización de extractos comerciales de *Ascophyllum nodosum* (ecan) a diferencia de la química sobre peso de la raíz y de las plántulas de maíz forrajero de verano en condiciones de excesiva humedad en la comarca lagunera (en línea). Consultado 08 abr. 2017. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42367>
- Alvarado, L. 2002. Respuesta del maíz a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y zinc en suelos del norte de Tamaulipas. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nueva León. 78 p.
- Baca, B; Soto, L; Pardo, M. 2000. Fijación biológica del nitrógeno. Elementos; 38-43.
- Barraco, M; Díaz, M. 2005. Momento de fertilización nitrogenada de cultivos de maíz en hapludoles típicos (en línea). Consultado 08 abr. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000200010&script=sci_arttext
- Barbieri, P; Echeverría, H; Saíenz, H; 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. 2017. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v28n1/v28n1a07.pdf>
- Barrios, M; Pérez, D. 2018. Efecto de la aplicación continua de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. Bioagro v 30 (2): 117, 124
- Basantos Morales, ER. 2012. Efecto de la aplicación de dos niveles nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz var. Chillos, en un suelo franco-arcillo limoso, sector de Sangolquí. Tesis de Maestría. Sangolquí, EC, Escuela Politécnica del Ejército. 68 p.
- Bear, R; Rintoul, D; Snyder, B; Smith, M; Herren, C; Horne, E. 2016. Ciclos biogeoquímicos: el ciclo del nitrógeno (en línea). Consultado 08 abr. 2018. Disponible en <https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/html>

- Below, F. 2002. Fisiología, nutrición y fertilización nitrogenada del maíz en línea. *Informaciones Agronómicas* 54. Consultado 3 jun. 2017. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/EED445602FD388C005256F34006A2495/\\$file/Fisiologia,+nutrici%C3%B3n+y+fertilizaci%C3%B3n+nigrogenada+del+ma%C3%ADz.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/EED445602FD388C005256F34006A2495/$file/Fisiologia,+nutrici%C3%B3n+y+fertilizaci%C3%B3n+nigrogenada+del+ma%C3%ADz.pdf).
- Below, F. 1995. Nitrogen metabolism and crop productivity. In: Pressarakli, M. ed. *Handbook of Plant and Crop Physiology*. New York, Marcel Dekkar; p.275-301.
- Blessing, D; Hernández, G. 2009. Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca El plantel 2007-2008. Tesis. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 83 p.
- Cassol, C; Heberle, C; Dahlem Ziech, A; Piske, D; Conceição, P. 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. p. 141-142. Consultado 13 oct. 2016. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IIICNCA2014.pdf>.
- Cadillo, H. 2018. Niveles de nitrógeno y momentos de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) híbrido PM-213, bajo goteo (en línea) Universidad Nacional Agraria La Molina. Consultado 26 sep. 2018. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3302>.
- Cruz, F; Tirado T; Alcántar, G; Santizo, R. 2001. Eficiencia de uso de fósforo en triticale y trigo en dos suelos con diferente capacidad de fijación de fósforo. *Terra* 19: p 47-54.
- Cueto, W; Reta, S; Barrientos, R; González, C; Salazar, S. 2006. Rendimiento de maíz forrajero en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. *Rev Fitotec Mex* 29 (2): 97-101.
- Duarte, A. 2016. Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánicas en maíz chipa (*Zea mays* var. Amiláceo L.). Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial. 64 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2002. Los fertilizantes y su uso (en línea). 83 p. Antioquia-Colombia. Consultado 08 abr. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Ferraris, G; Couretot, L. 2007. Inoculación con promotores de crecimiento y uso de diferentes dosis de fertilizante fosforado en maíz en ambientes con baja disponibilidad de fósforo en el suelo (en línea). Área de Desarrollo Rural. Consultado 24 abr. 2017. Disponible en <http://www.profertilnutrientes.com.ar/archivos/inoculacion-con-promotores-de-crecimiento-y-uso-de-diferentes-dosis-de-fertilizantes-fosforados-en-maiz>.

- Figuroa, U; Cueto, J; Delgado, J; Núñez, G; Reta, D; Quiroga, H; Faz, R; Márquez, J. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Revista Terra Latinoamericana* 28 (4): 361-369.
- Finck, A. 2009. Fertilizantes y fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Barcelona, España. Editorial Reverté. p 63-301.
- García, F. 1996. El ciclo del nitrógeno en ecosistemas agrícolas. Buenos Aires, Argentina. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Buenos Aires Sur, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. 11 p.
- García, A. 2017 El ciclo global del nitrógeno: una visión para el ecólogo terrestre en línea. Consultado 13 abr. 2017. Disponible en https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UWxOis-_4BIJ:https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/
- Golik, S; Larran, S; Gerard, G; Fleitas, M. 2015. Maíz: importancia, origen, sistemática, morfología y composición química (en línea). *Cereales de verano*. Consultado 08 abr. 2018. Disponible en <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Maiz20Geneticamente20Modificado.pdf>
- González Cáceres, E. 2016. Aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis de Grado. San Lorenzo, Py, Carrera de Ingeniería Agronómica, FCA-UNA. 62 p.
- Hernández, G; Stiven, B. 2016. Análisis de la fenología e índices de crecimiento de maíz (*Zea Mays* L.) variedad pioneer, curdn-armero Tolima (en línea). Consultado 26 sep. 2018. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Brahiam_Stiven_Gaviria_Hernandez/publication/322477901_analisis_de_la_fenologia_e_indices_de_crecimiento_de_maiz_zea_mays_1_variedad_pioneer_
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) Paraguay 2013. Evolución y situación del maíz (*Zea mays*) (en línea). Consultado 22 abr. 2017. Disponible en http://www.iica.org.py/observatorio/maiz_comp.html
- Longoria Garza, CS. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco hualahuises. Tesis de Maestría. Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Nuevo León. 90p
- López, M; Figuroa, U; Fortis, M; Nunez, G; Ochoa, E; Sanchez, J. 2015. Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Revista Internacional de Botánica Experimental* 84: 8-13.
- López, J; Díaz, A; Martínez, E; Valdez, R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz (en línea). *Terra* 19

- (4): 293-299. Consultado 11 abr. 2016. Disponible en <http://ceuta.org.uy/files/estudiodecasomz.pdf>
- López, J; Salazar, E. 1998. Comparación de genotipos de maíz bajo condiciones deficientes de humedad en el suelo (en línea). Terra Latinoamericana. Consultado 6 oct 2018. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316406>
- López, L, Biasutti, A. (1996). Selección masal adaptativa en una población exótica de maíz (en línea). Resultados preliminares. Agriscientia, 13. Consultado 6 oct 2018. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/agris/article/view/2519>
- Machado, V. 2013. Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati Morotí (en línea). Investigación Agraria 15 (2): 75-81. Consultado 06 jun. 2017. Disponible en http://scielo.iics.una.py/scielo.php?pid=S2305-06832013000200001&script=sci_arttext
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2010. Análisis del comportamiento de rubros agrícolas: censo agropecuario 2008 (en línea). Consultado 26 ago. 2015. Disponible en www.mag.gov.py/dgp/Analisis%20comportamiento%20de%20Rubros%20Agricolas.pdf
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2006. Datos Preliminares del Programa Nacional del Maíz. 108 p
- 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.
- Miranda, E. 2017 Azospirillum brasilense y nitrógeno en maíz chipá (*zea mays*. var. amylacea) Fertilización nitrogenada con estiércol bovino en la producción de maíz chipa (*Zea mays* var. amilaceo L.). Tesis Ing. Agr San Lorenzo – PY; Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, 52 p.
- Noriega, L; Preciado, L; Enriquez, E; Terron, A; Prieto, J. 2011. Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz QPM H-374C. Revista mexicana de ciencias agrícolas (4): 489-500.
- Pedrol, H; Castellarín, J; Ferraguti, F; Rosso, O. 2008. Respuesta a la fertilización nitrogenada y eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz según nivel hídrico 40: 17-20.
- Quintana, O. 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. Santa Rosa-Misiones, PY Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. 52 p.

- Reichet , A. 2017 Fertilización nitrogenada con estiércol bovino en la producción de maíz chipa (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis Ing. Agr San Lorenzo – PY; Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, 64 p.
- Rivas, A. 2018. Fertilización fosfatada con estiércol bovino en maíz chipá (*Zea mays* var. amiláceo L.) en el distrito de Caaguazú. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo – PY. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, 43 p.
- Romero, L; María, A; Trinidad, S; García, E; Ferrara, C. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencia* 34: 261-269.
- Salazar, E; Trejo, H; López, J; Vázquez, C; Serrato, J; Orona, I; Flores, J. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*. 28 (4): 381-390. Consultado 30 ago. 2017. 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 (en línea). *Terra Latinoamericana* 27 (4): 373-382. Consultado 11 abr. 2017. Disponible en www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a12.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. Caazapá, PY, Departamento de Producción Agrícola, FCA-UNA.
- Sosa, B; García, Y. 2017. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana* (en línea). Consultado 26 sep. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43754020017>
- SYNGENTA. 2008. Maíz híbrido Trueno NB-7443 (en línea). Ecuador. Consultado 08 abr. 2018. Disponible en <https://www.syngenta.com.ar/eleccion-de-hibridos-0>
- Torres, G; Paúl, R. 2018. Efecto de la aplicación de siete dosis de stimplex sobre el rendimiento del híbrido de maíz *Zea mays* L. trueno NB-7443 en línea. Consultado 08 abr 2018. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29085/1/Goya%20Torres%20Romel%20Pa%20c3%20bal.pdf>
- Torres, M. 2016. Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz (en línea). Consultado 08 abr. 2018. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>
- Trejo, H; Salazar, E; López, J; 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, P. 2015. Avances en manejo de la fertilización nitrogenada en cultivos Extensivos: In Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. San Lorenzo (PY) p. 36-41.
- Van Raij, B. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes: fósforo. Piracicaba, BR, International Plant Nutrition Institute. p. 217-248.
- Vásquez, J. 2007. Efecto de la fertilización nitrogenada y de la aplicación de zinc, bajo dos modalidades: foliar y al suelo en el rendimiento de maíz híbrido PM-702, (*Zea mays* L.) bajo R.L.A.F.: goteo. Tesis Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú, UNALM.
- Verhulst, N; Feancois, I; Grahmann, K; Cox, R; Govaerts, B; 2015. Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación (en línea). Consultado 02 jun. 2017. Disponible en http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5Pfm4NHfNyEJ:conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=py

ANEXOS

A1. Precipitaciones diarias ocurridas durante el periodo del experimento (16 de setiembre del 2016 hasta el 15 de enero del 2017), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.

Días	2016				2017
	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
1					
2					
3	20	25		5	
4				15	
5	55				45
6					
7				5	7
8			40	15	
9				40	
10					
11				10	10
12		87			
13		14			
14					
15			19		5
16					
17					
18					
19	34			10	
20					
21					
22					
23				10	
24					
25					
26		20			
27		50	20		
28					
29					
30				55	
31		18			
TOTAL	109	214	79	165	67
MEDIA	36,3	35,6	26,3	18,3	16,7

A2. Temperatura media diaria ocurrida durante el periodo del experimento (16 de setiembre del 2016 hasta el 15 de enero del 2017), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.

	Meses 2016-2017					
Días	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
1		23,7	28,8	23,6	27,5	
2		24,5	24	25,4	27,4	
3		22,5	23,2	25,8	27,7	
4		20,5	23	25,7	28,8	
5		21,4	24	26,2	27,8	
6		16,3	25,5	25,8	28,7	
7		21,8	26,2	25,1	27,1	
8		23	25,9	23	27,3	
9		23	26	23,6	29,3	
10		23,9	25,2	24	28,6	
11		24,2	25,7	24,4	28	
12		22	25,5	25,4	28,4	
13		20,1	24,7	27	28	
14		27	23,2	25,1	28,7	
15	20,2	20,3	24,3	22,8	29,6	
16	21,2	23,6	23,4	23,8	27,3	
17	23	28	24,6	24,5	25,6	
18	24,3	30	23,7	27,2	25,8	
19	19,4	30,8	23	25,1	28,3	
20	17,5	29,2	24,2	24,8	28	
21	19,6	28,5	21,8	23,4	28	
22	21,8	26,7	24,4	25	28,2	
23	22,8	27	24,6	26		
24	23	27,2	25	27,7		
25	23,2	26	24,5	29		
26	21,2	23	24,7	28,5		
27	23,5	25	25,1	30		
28	24	20,9	22,7	29,7		
29	24	20,5	25,6	28,5		
30	24,7	20,2	23,3	29,2		
31		22,3		29,55		
MED	22,09	23,97	24,53	25,96	27,91	

A3. Análisis de varianza variable número de hojas por plantas.

Variable	N	R	CV		
Nº de hojas planta ⁻¹			4,30		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	3,32933	2	0,16467	0,6912	0,5066
Factor 2	0,25733	4	0,06433	0,2700	0,8956
Intr. F1*F2	3,96067	8	0,49508	2,0781	0,0599
Tratamientos	4,54733	14	0,32481	1,3634	0,2137
Bloques	2,73650	3	0,91217	3,8288	0,0164
Residuo	10,00600	42	0,23824		
Total	17,28983	59			

A4. Análisis de varianza variable diámetro del tallo del maíz.

Variable	N	R	CV		
D. Tallo/Pla(mm)			11,93		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	0,17887	2	0,08943	1,1957	0,3126
Factor 2	0,13942	4	0,03485	0,4660	0,7603
Intr. F1*F2	0,42566	8	0,05321	0,7113	0,68
Tratamientos	0,74395	14	0,05314	0,7104	0,7516
Bloques	0,28280	3	0,09427	1,2603	0,3003
Residuo	3,14157	42	0,07480		
Total	4,16832	59			

A5. Análisis de varianza variable número de espigas por plantas.

Variable	N	R	CV		
					12,57
Nº Espigas/Pla (Nº)					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	0,08233	2	0,04117	1,8986	0,1624
Factor 2	0,08233	4	0,02192	1,0108	0,4128
Intr. F1*F2	0,03933	8	0,00492	0,2268	0,9839
Tratamientos	0,20933	14	0,01495	0,6896	0,7712
Bloques	0,18183	3	0,06061	2,7954	0,0518
Residuo	0,91067	42	0,02168		
Total	1,30183	59			

A6. Análisis de varianza variable altura de inserción de espigas.

Variable	N	R	CV		
					7,82
Altura inserción de espigas					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	139,97700	2	69,98850	1,1508	0,3262
Factor 2	95,43267	4	23,85817	0,3923	0,813
Intr. F1*F2	452,62133	8	56,57767	0,9303	0,5019
Tratamientos	688,03100	14	49,14507	0,8081	0,6559
Bloques	3861,89333	3	1287,29778	2,1674	<0,0001
Residuo	2554,23167	42	60,81504		
Total		59			

A7. Análisis de varianza variable longitud de espigas de maíz.

Variable	N	R	CV		
			5,21		
Longitud de espigas					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	7,37653	2	3,68827	4,3711	0,0188
Factor 2	1,19526	4	0,29882	0,3541	0,8397
Intr. F1*F2	5,20792	8	0,65099	0,7715	0,6296
Tratamientos	13,77971	14	0,98427	1,1665	0,3347
Bloques	2,54327	3	0,84776	1,0047	0,4002
Residuo	35,43910	42	0,84379		
Total	51,76209	59			

A8. Análisis de varianza variable diámetro de espigas.

Variable	N	R	CV		
			3,78		
Dm de espigas (mm)					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	0,05689	2	0,02844	1,3421	0,2723
Factor 2	0,08162	4	0,02041	0,9628	0,4379
Intr. F1*F2	0,15878	8	0,01985	0,9364	0,4973
Tratamientos	0,29729	14	0,02123	1,0019	0,4691
Bloques	0,10936	3	0,03645	1,7199	0,1775
Residuo	0,89019	42	0,02120		
Total	1.29684	59			

A9. Análisis de varianza variable masa seca aérea

Variable	N	R	CV		
			9,70		
Masa seca aérea					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	87,59022	2	43,79511	25,7533	<,0001
Factor 2	18,65605	4	4,66401	2,7426	0,0409
Intr. F1*F2	25,53898	8	3,19237	1,8772	0,0895
Tratamientos	131,78524	14	9,41323	5,5354	<,0001
Bloques	1,34878	3	0,44959	0,2644	0,8507
Residuo	71,42363	42	1,70056		
Total	204,55765	59			

A10. Análisis de varianza variable rendimiento en granos de maíz

Variable	N	R	CV		
			12,99		
Rendimiento					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	GL	Cm	F	p-valor
Factor 1	13824638,85752	2	6912319,42876	15,7896	<,0001
Factor 2	1231667,28095	4	307916,82024	0,7034	0,5941
Intr. F1*F2	4817773,10975	8	602221,63872	1,3756	0,2351
Tratamientos	19874079,24822	14	1419577,08916	3,2427	0,0014
Bloques	1569869,58676	3	523289,86225	1,1953	0,3232
Residuo	18386674,73706	42	437777,96993		
Total	39830623,57204	59			