

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

**GUILLERMO RAFAEL GARAY FLORENTÍN**

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

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

2019

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

**GUILLERMO RAFAEL GARAY FLORENTÍN**

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

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

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

2019

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

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

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

Autor

Guillermo Rafael Garay Florentín .....

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 .....

Ing. Agr. Alder Delosantos Duarte Monzón .....

San Lorenzo, 12 de diciembre del 2019

## **DEDICADO**

*A mis queridos padres, Nelson y María, quienes me dieron la vida, me inculcaron siempre el amor, el respeto, la honestidad y, sobre todo el valor.*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y ser quien me ha guiado por el camino correcto y quien está siempre a mi lado ayudándome a aprender de mis errores y dándome la fortaleza necesaria para alcanzar mis metas.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero por sobre todo me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanas Lucero, Aracely y Brenda no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

A Ada Cantero por su amor y acompañamiento incondicional al ser un soporte fundamental durante estos años.

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 Vicente Romero, Jorge Melgarejo y Evelyn Miranda, por su amistad durante los años de estudio y cooperación durante el trabajo.

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 de suelos para la producción de alimentos”.

A todos mis amigos del MURAFE por el apoyo constante que me brindaron y por los buenos momentos vividos durante mi estadía en la facultad.

A Charly, por la predisposición y atención de siempre y a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron apoyándome durante estos años.

# FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays* var. amilácea L.) (Año II)

Autor: Guillermo Rafael Garay Florentín

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

El cultivo de maíz es un rubro impulsado fuertemente por la agricultura, donde la fertilidad del suelo es uno de los factores para lograr altos rendimientos, el fósforo es uno de los limitantes en el suelo de la zona en estudio por su baja disponibilidad, por este motivo el objetivo principal de la investigación fue evaluar los efectos de dosis de fósforo, con la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica sobre la producción del maíz chipá, para lo cual se evaluaron las variables de diámetro del tallo, altura de la planta, longitud y diámetro de la espiga, número de hojas por planta, peso de mil granos y rendimiento del cultivo. El experimento corresponde al segundo año de evaluación, realizado en Ybyrarobana, Departamento de Canindeyú. El estudio se evaluó en parcelas subdivididas y distribidas en el campo en un diseño de bloques completos al azar. Las enmiendas aplicadas fueron estiércol bovino (30 tn ha<sup>-1</sup>) y ceniza de expeller de soja (870 kg ha<sup>-1</sup>) más el testigo (sin aplicación de enmienda). Las dosis de fósforo estudiadas fueron 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dispuestas en las subparcelas, de esa manera se aplicaron 15 tratamientos por 4 bloques y se evaluaron 60 unidades experimentales. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un ANAVA y comparación de medias por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. Se obtuvo diferencias estadísticas con la aplicación de enmiendas, excepto en el número de hojas y diámetro de la espiga, sin embargo, no se obtuvo diferencias con la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en ninguna de las variables evaluadas. Se obtuvo una media de 1,84m para la altura, 11 hojas por planta, diámetro del tallo de 20,72 mm, así también el promedio obtenido para la longitud de la espiga fue de 16,3cm, diámetro de la espiga 36,6mm, peso de mil granos 279,5g y el rendimiento medio fue de 5.257 kg ha<sup>-1</sup>. De esta manera se determinó que el maíz chipá respondió a la aplicación de enmiendas, sin embargo, no se obtuvo respuestas a la aplicación de tratamientos con P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Palabras clave:** Altura de la planta, ceniza, diámetro, estiércol bovino, rendimiento, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

PHOSPHATED FERTILIZATION WITH ORGANIC AND INORGANIC  
AMENDMENTS IN MAIZE (*Zea mays var. amilácea* L.) (Year II)

Author: Guillermo Rafael Garay Florentín  
Advisor: Prof. Agr. Eng. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez  
Co-Advisor: Prof. Agr. Eng. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas  
Co- Advisor: Prof. Agr. Eng. (MSc.) María del Pilar Galeano Samaniego

**ABSTRACT**

The maize cultivation is an item strongly driven by agriculture, where soil fertility is one of the factors to achieve high yields, phosphorus is one of the limitations in the soil of the study area due to its low availability, for this reason, the main objective of the research was to evaluate the effects of phosphorus doses, with the use of organic and inorganic amendments on the production of Chipá corn, for which the variables of stem diameter, plant height, spike length and diameter, number of leaves per plant, weight of one thousand grains and crop yield were evaluated. The experiment corresponds to the second year of evaluation, carried out in Ybyrarobana, Department of Canindeyú. The study was evaluated in subdivided plots which were distributed in the field in a randomized complete block design. The amendments applied were bovine manure (30 tn ha<sup>-1</sup>) and soybean expeller ash (870 kg ha<sup>-1</sup>) plus the control (without amendment application). The phosphorus doses studied were 0, 40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, arranged in the subplots, so that 15 treatments were applied for 4 blocks and 60 experimental units were evaluated. The results obtained were subjected to an ANOVA and comparison of means by the Tukey test at 5% probability of error. Statistical differences were obtained with the application of amendments, except in the number of leaves and spike diameter; however, no differences were obtained with the dose of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in any of the variables evaluated. An average of 1.84m was obtained for the height, 11 leaves per plant, stem diameter of 20.72 mm, as well as the average obtained for the length of the spike was 16.3cm, diameter of the spike 36.6mm, weight of one thousand grains 279.5g and the average yield was 5,257 kg ha<sup>-1</sup>. In this way, it was determined that Chipá corn responded to the application of amendments, however, no responses were obtained to the application of treatments with P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Keywords:** Plant height, ash, diameter, bovine manure, yield, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

# FERTILIZAÇÃO FOSFATADA COM EMENDAS ORGÂNICAS E INORGÂNICAS EM MILHO (*Zea mays* var. Amilácea L.) (Ano II)

Autor: Guillermo Rafael Garay Florentín  
Conselheiro: Prof. Eng. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez  
Co- conselheiro: Prof. Eng. Agr. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas  
Co-o conselheiro: Prof. Eng. Agr. María del Pilar Galeano Samaniego

## RESUMO

O cultivo de milho é um item fortemente impulsionado pela agricultura, onde a fertilidade do solo é um dos fatores para alcançar altos rendimentos, o fósforo é uma das limitações no solo da área em estudo devido à sua baixa disponibilidade, por esse motivo o principal objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos das doses de fósforo, com o uso de emendas orgânicas e inorgânicas na produção de milho, para as quais foram avaliadas as variáveis diâmetro do caule, altura da planta, comprimento e diâmetro da espiga, número de folhas por planta, peso de mil grãos e rendimento da colheita. O experimento corresponde ao segundo ano de avaliação, realizado em Ybyrarobana, Departamento de Canindeyú. O estudo foi avaliado em parcelas subdivididas, distribuídas em campo, em delineamento de blocos completos randomizados. As emendas aplicadas foram esterco bovino (30 tn ha<sup>-1</sup>) e cinza de bagaço de soja (870 kg ha<sup>-1</sup>) mais o controle (sem aplicação de emendas). As doses de fósforo estudadas foram 0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dispostas nas subparcelas, de modo que 15 tratamentos foram aplicados em 4 blocos e foram avaliadas 60 unidades experimentais. Os resultados obtidos foram submetidos a uma ANOVA e comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Diferenças estatísticas foram obtidas com a aplicação de emendas, exceto no número de folhas e diâmetro da espiga, no entanto, não foram obtidas diferenças com a dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em nenhuma das variáveis avaliadas. Obteve-se uma média de 1,84m para a altura, 11 folhas por planta, diâmetro do caule de 20,72 mm, também a média obtida para o comprimento da espiga foi de 16,3 cm, diâmetro da espiga de 36,6 mm, peso de mil grãos 279,5g e rendimento médio de 5.257 kg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, determinou-se que o milho respondeu à aplicação de emendas, no entanto, não foram obtidas respostas à aplicação de tratamentos com P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

**Palavras-chave:** Altura da planta, cinza, diâmetro, esterco bovino, rendimento, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1 El maíz .....	3
2.2 Fuentes, disponibilidad y pérdidas del fósforo en el suelo .....	4
2.3 Fósforo en la planta.....	5
2.4 Fertilización fosfatada.....	6
2.5 Enmiendas orgánicas e inorgánicas .....	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
3.1 Local del experimento .....	10
3.1.1 Características climáticas y edafológicas del experimento .....	11
3.2 Diseño experimental y tratamientos .....	12
3.3 Implantación y manejo del experimento.....	14
3.3.1 Preparación del terreno .....	14
3.3.2 Aplicación de enmiendas y fertilizantes .....	14
3.3.3 Siembra y cosecha del cultivo .....	14
3.3.4 Variables evaluadas .....	15
3.4 Método de control de calidad de datos .....	16
3.5 Método de análisis de datos .....	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	17
4.1 Efectos de dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y fuentes de enmiendas en parámetros de crecimiento del maíz .....	17
4.2 Efectos de dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y fuentes de enmiendas en caracteres de rendimiento del maíz .....	19
5. CONCLUSIONES .....	24
6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	25
ANEXO.....	30

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Descripción de los tratamientos con diferentes dosis de fósforo y dosis única de enmiendas orgánica e inorgánica.....	14
<b>Tabla 2.</b> Medias de las variables de altura de la planta (m), número de hojas por planta y diámetro del tallo (mm) en función a dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	17
<b>Tabla 3.</b> Medias de las variables longitud de la espiga (cm), diámetro de la espiga (mm) y peso de 1000 semillas de maíz (g) en función a dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.....	19
<b>Tabla 4.</b> Medias de la variable rendimiento de granos de maíz (kg ha <sup>-1</sup> ) en función a distintas dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> y fuentes de enmiendas.....	21

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Localización de la parcela experimental (S 24°20'10,7" O 55°07'06,9") obtenida de Google earth. Distrito de Ybyrarobana, Departamento Canindeyú .....	10
<b>Figura 2.</b> Precipitación mensual y temperatura media ocurrida durante el ciclo del experimento (setiembre de 2016 hasta febrero de 2017), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.....	12
<b>Figura 3.</b> Distribución de tratamientos en la parcela experimental.....	13

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>A1.</b> Preparación del terreno.....	30
<b>A2.</b> Siembra de maíz chipa con matraca manual en los surcos .....	30
<b>A3.</b> Dosificación de fertilizantes .....	30
<b>A4.</b> Aplicación de urea en cobertura .....	31
<b>A5.</b> Evaluación del desarrollo de plantas para la toma de datos .....	31
<b>A6.</b> Análisis estadístico de la variable Altura de la planta.....	32
<b>A7.</b> Análisis estadístico de la variable Número de hojas por planta.....	33
<b>A8.</b> Análisis estadístico e la variable Diámetro del tallo.....	34
<b>A9.</b> Análisis estadístico de la variable Longitud de la espiga.....	35
<b>A 10.</b> Análisis estadístico de la variable Diámetro de la espiga.....	36
<b>A 11.</b> Análisis estadístico de la variable Peso de mil granos.....	37
<b>A 12.</b> Análisis estadístico de la variable Rendimiento de granos.....	38
<b>A 13.</b> Datos en función a dosis de $P_2O_5$ y fuentes de enmiendas.....	39
<b>A 14.</b> Análisis de suelo (Año 1).....	41
<b>A 15.</b> Temperatura media registrada durante el experimento.....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conoce, pertenece a la familia de las Poáceas. Antiguamente era considerado un rubro de autoconsumo, sin embargo, en los últimos años, con la apertura del comercio externo y el mejoramiento del cultivo se convirtió en uno de los cultivos de renta impulsado fuertemente por la agricultura empresarial mecanizada.

La adición de fuentes orgánicas en el suelo beneficia de gran manera al suelo y a los cultivos, ya sea como fuente de materia orgánica como de nutrientes, lo que favorece a la fertilidad del suelo y por ende el desarrollo óptimo del cultivo, pero esta alternativa tampoco sustituye al 100% el uso de fertilizantes inorgánicos.

La fertilidad del suelo es uno de los factores decisivos para lograr altos rendimientos, entre los macronutrientes esenciales, el fósforo es uno de los limitantes en el suelo de la zona en estudio por su baja disponibilidad, por este motivo es necesaria la incorporación de fuentes fosfatadas.

Se demuestra que existen resultados favorables con la fertilización fosfatada en el rendimiento del maíz, como también en algunas ocasiones la fertilización puede no arrojar resultados favorables, debido a factores como el pH del suelo, o el manejo que se le da.

El objetivo general del trabajo de investigación fue evaluar los efectos de dosis de fósforo, con la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica sobre la producción del maíz chipá, y como objetivos específicos determinar diámetro del tallo,

altura de la planta, longitud de espiga, diámetro de espiga, número de hojas por planta, rendimiento del cultivo y peso de mil granos.

Se planteó la hipótesis de que la aplicación conjunta de fósforo y enmienda orgánica producirá el mayor desarrollo y producción del maíz, donde la dosis más adecuada de fósforo para obtener los máximos rendimientos oscila entre 80 a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, el requerimiento del fósforo será menor cuando su aplicación es combinada con la enmienda orgánica o inorgánica.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 El maíz**

El maíz es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conoce, pertenece a la familia de las Poaceas y es de suma importancia también para alimento de ganado, aves o como fuente de materia prima para las industrias (Paliwal et al. 2001).

Considerando el censo de estadísticas agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) que se realiza cada 10 años, en el Paraguay el maíz chipá se siembra predominantemente en fincas de 1 a 20 ha, teniendo en cuenta que es un rubro mayormente producido por pequeños agricultores, se siembra aproximadamente en 80.759 ha con un promedio de 134.835 fincas, con una producción promedio de 1.062 kg ha<sup>-1</sup> (MAG 2006).

El maíz chipá o conocido también como maíz amiláceo es una de las variedades más cultivadas debido a su consistencia harinosa, tierna, granos de gran tamaño y porque posee un alto rendimiento (Acosta 2009).

Según el MAG (2006), la siembra del maíz, variedad avati moroti (chipa) se realiza generalmente en la época de julio a octubre y su ciclo promedio es de 120 días, requiere de un clima relativamente cálido y con buena disponibilidad de agua, la cantidad optima de lluvia requerida por el cultivo es de 550 mm y máxima de 1000 mm (Bonilla 2009).

Según García (2004) este cultivo requiere de buena fertilización, para la obtención de 12.000 kg ha<sup>-1</sup> se requiere 264, 48, 48 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, fósforo y azufre, respectivamente.

## **2.2 Fuentes, disponibilidad y pérdidas del fósforo en el suelo**

El elemento fósforo no se encuentra en su estado puro en la naturaleza, sino que ella se encuentra en forma de fosfatos (Barrios et al. 2010).

El fósforo del suelo se divide en dos grandes grupos o fuentes de fósforo, la fracción orgánica constituido de humus y residuos vegetales y microbianos y la forma inorgánica como los compuestos insolubles de Ca, Fe, y Al. El fósforo en el suelo proviene de varias fuentes como residuos de cultivos anteriores, estiércol, fertilizantes químicos y también la descomposición de la roca madre (Brady 1989).

La disponibilidad de este macronutriente para la planta depende directamente del pH del suelo, en donde la mejor reposición del fósforo se encuentra entre un pH de 6 y 7, una alternativa correctiva en caso de que el suelo presente un pH bajo se recomienda mejorar con una fertilización orgánica y en caso de que el suelo presente un pH bajo se recomienda utilizar cal agrícola (Finck 2009) en donde al encalar el suelo ácido el Fe y el Al, son menos solubles y pueden precipitarse como hidróxidos de hierro y aluminio, lo que ocasiona que se incremente la disponibilidad de fósforo para las plantas en el suelo en las formas más asimilables que son el ortofosfato primario y secundario (Suñer et al. 2005).

Según mencionan Rheinheimer y Anghinoni (2001) este elemento se encuentra disponible en el suelo en tres fracciones distintas, una parte en la solución del suelo la cual se encuentra disponible para las absorción de las plantas, la fracción con mayor accesibilidad la que representa la cantidad de fósforo que muchas veces pasa a la solución del suelo en una temporada del cultivo, y la otra fracción menos accesible que representa todos los componentes fosforados en el suelo que no salen a la solución del suelo durante la época del cultivo.



El fósforo tiene la capacidad de moverse en el suelo por dos formas químicas: difusión y flujo de masa, en donde el movimiento del nutriente se produce de acuerdo a un gradiente de alta concentración a uno de baja concentración y la otra forma es en donde el nutriente se encuentra soluble en agua y sufren la acción del gradiente de transpiración (Ronen 2008).

Dominguez (1997), menciona que el fósforo es de baja o nula movilidad en el suelo, esto se debe a la elevada capacidad de fijarse al suelo, teniendo importancia el movimiento por difusión, el fósforo inorgánico se mueve muy poco en el suelo, mientras que el fósforo orgánico tiene la capacidad de moverse más. Para que la planta pueda desarrollarse y absorber mejor este macronutriente esencial la planta debe presentar un sistema radicular de gran volumen y por ende tener el mayor contacto posible con el suelo aumentando así la absorción de este nutriente (Yamada 2003).

Según Peroni y Rasche (2007), realizando experimentos en distintos tipos de suelo del Paraguay, observaron que el fósforo disponible varía de acuerdo a la textura del suelo, dificultando de esa manera tener un nivel crítico único para el fósforo.

Se debe tener en cuenta que el nivel crítico del fósforo, en suelos con 410 a 600 g kg<sup>-1</sup> de arcilla es 12 mg kg<sup>-1</sup>, y en suelos con 250 a 400 g kg<sup>-1</sup> es de 15 mg kg<sup>-1</sup> (Cubilla et al. 2007).

La pérdida de fósforo se podría dar por las altas precipitaciones en donde se pierde por erosión y posterior escurrimiento que van a parar a los cursos hídricos (Soares et al. 2007). Estas formas de pérdida del fósforo son causadas por el manejo del suelo, ya sea por las actividades agrícolas o por los desechos de las zonas urbanas (Rheinheimer y Anghinoni 2001).

### **2.3 Fósforo en la planta**

El fósforo en la planta es muy móvil, trasladándose rápidamente de tejidos viejos a tejidos más nuevos, si el fósforo se encuentra deficiente hay disminución en

el crecimiento, porque se ven afectados los procesos de síntesis de proteínas y ácidos nucleicos (Van Raij 2011).

El fósforo es de suma importancia porque ejerce un control en los procesos de fotosíntesis y metabolismo de carbohidratos, lo que interviene en la maduración de los frutos (Fernández 2007).

Aparte de la raíz, el fósforo se puede dar a través de las hojas mediante tres formas; el nutriente penetra por la cutícula lipídica y las paredes de las células epidérmicas por difusión; es absorbido en la superficie del plasmalema; y pasa a través de membranas plasmáticas y entra al citoplasma (Malavolta 2004).

Algunos otros síntomas visuales que se pueden observar en consecuencia de la deficiencia de fósforo son la coloración morada en los márgenes de las hojas, el crecimiento lento y retraso en la maduración, lo que afecta el rendimiento esperado y el enrollamiento de las hojas (Fernandez 2007).

#### **2.4 Fertilización fosfatada**

Duarte (2016) evaluando diferentes dosis de  $P_2O_5$  (0-40-80-120-160 kg ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de maíz chipá, constató que no hubo diferencias significativas en la altura de planta, sin embargo, en el rendimiento de granos de maíz observó una diferencia de 655 kg ha<sup>-1</sup> en relación al testigo cuando aplicó la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

Salvador (2016) en el distrito de Yvyrarobaná, con fuentes de fertilización fosfatada en el cultivo de maíz chipá, con tratamientos de súper fosfato simple y súper fosfato triple pudo observar que la altura de la planta aumentó en 0,26 m en relación con el testigo, en cuanto a la altura de inserción de mazorca observó que con el tratamiento con súper fosfato triple aumentó en 0,17 m en relación al testigo. Así también, en cuanto al rendimiento de granos, el tratamiento con súper fosfato triple arrojó una diferencia de 1.503 kg ha<sup>-1</sup> con relación al testigo.

Serna et al (2011) pudieron observar en la Granja Montelindo, Municipio de Palestina, Colombia una diferencia estadísticamente significativa en un 11,5% el rendimiento del maíz con dosis de 90 kg ha<sup>-1</sup> de DAP (fosfato diamónico).

En un experimento realizado en Argentina en dos lotes de producción de maíz, se pudo observar una diferencia significativa en el rendimiento del maíz (13.980 kg ha<sup>-1</sup>), con dosis de 24 kg ha<sup>-1</sup> de P. La fuente de fósforo utilizada fue fosfato monoamónico (9-52-0) (Barraco et al 2007).

## **2.5 Enmiendas orgánicas e inorgánicas**

Las enmiendas orgánicas son residuos de origen vegetal o animal, que contribuyen a la biota del suelo, mejorando sus características químicas, físicas y biológicas, se debe tener en cuenta que la planta no puede absorber directamente como residuos sino que ésta debe de pasar por diversos procesos hasta llegar a la mineralización, en ella se da la liberación de nutrientes que llegan a formar parte de la solución del suelo, y es ahí en donde se encuentran disponibles para las plantas (Arroyo 2009).

Según Martínez et al. (2003) las enmiendas orgánicas son utilizadas como complemento al aporte de fuentes inorgánicas para mejorar la calidad del suelo, también se debe de tener en cuenta que el mal uso de estas enmiendas ya sea por altas dosis, o inadecuada época de aplicación podría causar contaminaciones en las aguas superficiales y subterráneas.

Existen muchos tipos de fuentes de materia orgánica, entre ellas, el estiércol. Para que éste esté disponible en el suelo debe pasar por múltiples procesos de fermentación, ésta se caracteriza por tener un alto contenido de humedad 60- 85% y un bajo contenido en nutrientes (2-5 % de N, 0,5 - 2% de P y 1- 3% de K) en relación a los fertilizantes inorgánicos, esto quiere decir que 2 toneladas de un estiércol con un contenido medio de 0,5% N; 0,25% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 0,5% K<sub>2</sub>O, sería equivalente a 100 kg de un fertilizante mineral (Cabrera 2007).

En un experimento realizado por 3 años con estiércol vacuno, fertilizante químico y la combinación de ambos en maíz forrajero, se pudo observar que la media de forraje con el uso de estiércol fue de  $18,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ , comparado con el uso de fertilizante químico que fue de  $15,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ , con estos resultados se podría decir que es posible sustituir parcial o totalmente el fertilizante químico por estiércol o compost, en el cultivo de maíz forrajero, y obtener mayor rendimiento (Figuroa et al. 2010).

Otro experimento realizado por López et al. (2001) en donde evaluaron cuatro tratamientos de abonos orgánicos con dosis de 20, 30 y 40  $\text{Mg ha}^{-1}$  de bovino, caprino y composta, y 4, 8 y 12  $\text{Mg ha}^{-1}$  para gallinaza, y un testigo con fertilización inorgánica (120-40-00 de N-P-K). Se observó el rendimiento de grano más elevado con la fertilización inorgánica y la aplicación de 20  $\text{Mg ha}^{-1}$  de abonos orgánicos (estiércol bovino) en donde el promedio fue de  $6.050 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido en orden de importancia por la composta ( $5.660 \text{ kg ha}^{-1}$ ).

Experimentos realizados por Trejo et al (2013) en donde evaluaron el impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz por diez años, las dosis utilizadas de estiércol bovino fueron de 0, 40, 80, 120 y 160  $\text{Mg ha}^{-1}$  y fertilizantes químicos de 100 y 150  $\text{kg ha}^{-1}$  de N y P. Se pudo observar que las dosis de 120 y 160  $\text{Mg ha}^{-1}$  de estiércol mejoraron en un 180 y 189% la materia orgánica del suelo, y para la producción de follaje de maíz se consideró que la mejor dosis a aplicar fue la de 80  $\text{Mg ha}^{-1}$  de estiércol bovino superando de esta manera al testigo absoluto, y a los fertilizantes químicos.

Sanchez (2010), realizó un experimento de combinación de sistemas de siembras y fertilización orgánica en maíz, pudo observar que con la aplicación de 30 y 40  $\text{Mg ha}^{-1}$  de estiércol bovino, mejoró significativamente el rendimiento de maíz en comparación con la parcela no tratada, registrándose un incremento de 65 y 70% respectivamente.

Omil (2007), asegura que el uso de ceniza presenta un importante poder alcalino el potencial neutralizante expresado en términos equivalentes de  $\text{CaCO}_3$ , varía

entre el 25 y el 100%, por lo que podría ser una alternativa para neutralizar suelos altamente ácidos, aparte de tener ese potencial, la ceniza también aporta los elementos primarios como P y K.

Duarte (2016) pudo observar que con la aplicación de estiércol bovino y ceniza el diámetro de la espiga y peso de mil granos fue igual a 37,92 mm y 230 g para el estiércol bovino y 37,10 mm y 215 g para la ceniza. Por otro lado, para la longitud de la espiga se observó un aumento de 17,24 con la utilización de ceniza.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Local del experimento

El experimento se realizó en la propiedad del productor Alejandro Duarte Sanabria, ubicada a 330 kilómetros de Asunción, en el Distrito Ybyrarobana, localizado entre los Distritos de Santo Domingo e Yjhovy del Departamento de Canindeyú (Figura 1). Esta investigación corresponde al segundo año de experimentación, cuyo primer año fue evaluado por Duarte (2016), quién analizó el efecto de la fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz bajo las mismas condiciones.

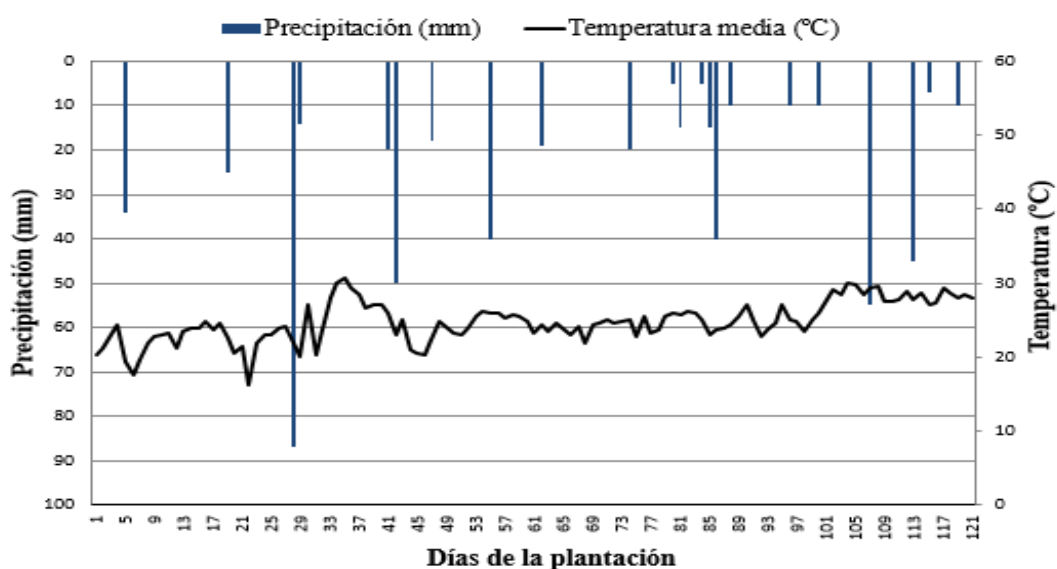


**Figura 1.** Localización de la parcela experimental (S 24°20'10,7" O 55°07'06,9") obtenida de Google earth. Distrito de Ybyrarobana, Departamento Canindeyú.

### 3.1.1 Características climáticas y edafológicas del experimento

La zona presenta características climáticas subtropicales, en donde en verano la temperatura máxima es de 39°C y en invierno la mínima es de 0°C, el promedio anual de temperatura es de 21°C. El promedio de precipitación es de 1700 milímetros (DINAC 2013).

La precipitación total registrada durante el ciclo del experimento fue de 864 mm, de acuerdo a estos datos y teniendo en cuenta las necesidades del cultivo la precipitación presentada durante el experimento fue relativamente alta, lo cual podría influir en los resultados finales del experimento (Figura 2).



Fuente: IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria). Datos climáticos del campo experimental Yjhovy.

**Figura 2.** Precipitación mensual y temperatura media ocurrida durante el ciclo del experimento (setiembre de 2016 hasta febrero de 2017), medido con un pluviómetro instalado en el área del experimento.

La temperatura que se presentó durante el ciclo del experimento ha sido muy variada (Figura 2), registrando temperaturas máximas de hasta 36 °C y mínimas de 17°C, sin embargo, estas temperaturas son favorables para el buen desarrollo del cultivo.

Según López et al. (1995), el suelo predominante en la zona donde se realizó el experimento es clasificado como Arenic Rhodic Paleudult (Soil Taxonomy USDA)

Se debe de tener en cuenta que el cultivo del maíz para completar su ciclo vegetativo y expresar su potencial productivo tiene una necesidad hídrica entre 600-800 mm y es fundamental que no le falte agua durante la germinación y la floración, la falta de agua y nutrientes, principalmente nitrógeno, durante la etapa de floración y llenado de grano perjudica la cosecha de forma irreversible y en cuando a la temperatura, requiere entre 14 y 29 °C (MAG 2010).

### **3.2 Diseño experimental y tratamientos**

El estudio se evaluó en un diseño de parcelas subdivididas, uno de enmiendas (parcela) y otra dosis de fósforo (subparcelas) en el cultivo de maíz chipá. Las parcelas y subparcelas se distribuyeron en el campo en un diseño de bloques completamente al azar, en cuatro bloques.

La enmienda ocupó las parcelas y fue estiércol de bovino (30 tn ha<sup>-1</sup>), ceniza de expeller de soja (870 kg ha<sup>-1</sup>) y testigo (sin aplicación de enmienda). Las dosis de fósforo estudiadas fueron 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dispuestas en las subparcelas (Figura 3). Producto de las 3 dosis de enmiendas y las 5 dosis de fósforo se tuvo 15 tratamientos por bloque y considerando los 4 bloques fueron en total 60 unidades experimentales.

Las unidades experimentales tuvieron una dimensión de 5 m de largo por 3,5 m de ancho (17,5 m<sup>2</sup>), con 5 hileras de maíz de 5 m de largo con un distanciamiento de 0,70 m entre hileras y 0,25 m entre plantas. La fuente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> utilizada fue el Superfosfato triple (00-46-00). Además del P todos los tratamientos recibieron dosis fija de nitrógeno (80 kg ha<sup>-1</sup>) y potasio (70 kg ha<sup>-1</sup>), fue utilizado urea y cloruro de potasio como fuente de fertilizante, respectivamente.



## Frente del área experimental – Caminero

		BI	BII	BIII	BIV	
Parcela sembrada con otro cultivo	0	EN	EN	EN	EN	
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		120	160	40	80	
		0	80	160	120	
		80	0	80	40	
	Ceniza (870 kg ha <sup>-1</sup> )	40	120	120	160	
		160	40	0	0	
		160	40	0	40	
		0	120	160	120	
		40	0	80	80	
	Estiércol (30 Mg ha <sup>-1</sup> )	80	80	40	160	
		40	160	120	120	
		160	40	80	80	
		0	120	0	40	
		120	80	40	160	
			Camino a B° Fátima			

**Figura 3.** Distribución de tratamientos en la parcela experimental.

En la Tabla 1 se puede apreciar la descripción de los tratamientos con diferentes dosis de fósforo y dosis única de enmiendas orgánica e inorgánica.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos con diferentes dosis de fósforo y dosis única de enmiendas orgánica e inorgánica.

Tratamiento.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	Trat.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +C* (kg ha <sup>-1</sup> )	Trat.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> +EB** (kg ha <sup>-1</sup> - Mg ha <sup>-1</sup> )
T1	0	T6	0 + 870	T11	0 + 30
T2	40	T7	40 + 870	T12	40 + 30
T3	80	T8	80 + 870	T13	80 + 30
T4	120	T9	120 + 870	T14	120 + 30
T5	160	T10	160 + 870	T15	160 + 30

\*= Ceniza; \*\*= Estiércol de bovino

### **3.3 Implantación y manejo del experimento**

#### **3.3.1 Preparación del terreno**

El terreno fue preparado en forma de siembra directa (cultivo anterior mucuna), primeramente, se procedió a limpiar el terreno de forma manual eliminando las malezas, etc., y se despejó completamente el área, posteriormente se realizó el surcado (Anexo 1 y 2).

#### **3.3.2 Aplicación de enmiendas y fertilizantes**

El estiércol de bovino se consiguió de un potrero en una estancia de la zona y la ceniza de expeller de soja fue proporcionada por CAIASA (Complejo Agroindustrial Angostura S.A.), éstos fueron aplicados 15 días antes de realizar la siembra del cultivo en estudio en toda el área según los tratamientos correspondientes y al voleo de forma uniforme, posteriormente fueron incorporados al suelo con rastrillo. La aplicación de los fertilizantes se realizó en forma manual, en surcos paralelos a las semillas, en el momento de la siembra. En el caso del fósforo se realizó en su totalidad según los tratamientos correspondientes (Anexo 3), también se aplicó como base  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  y  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. A los 40 días de la siembra se aplicó en cobertura la cantidad restante de nitrógeno ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) (Anexo 4).

#### **3.3.3 Siembra y cosecha del cultivo**

La siembra se realizó utilizando semillas sin tratamientos químicos, con un espaciamiento de 0,70 m entre hileras y 0,25 m entre plantas, obteniendo así una densidad de  $57.143 \text{ plantas ha}^{-1}$ . La siembra se realizó en forma manual con la utilización de la matraca, depositando 2 semillas por hoyo. En la segunda semana después de la emergencia se realizó el raleo, dejando una planta por hoyo.

Una vez cumplido el ciclo agrícola del cultivo de maíz, se procedió a la cosecha del mismo, para lo cual se tuvo en cuenta el efecto borde y cada una de las

variables medidas. La superficie cosechada fue de 2,10 m<sup>2</sup> de cada unidad experimental, considerando las 3 hileras centrales, cosechando un metro de cada hilera.

### 3.3.4 Variables evaluadas

**Diámetro del tallo:** se seleccionaron 10 plantas en forma aleatoria dentro de la parcela útil que fueron medidas por encima del segundo nudo de cada planta, con un paquímetro. La medición se realizó en el momento de la madurez fisiológica del cultivo (grano duro), y los resultados fueron promediados y registrados en milímetros.

**Altura de la planta:** de las mismas 10 plantas seleccionadas dentro de la parcela útil se realizó la medición de altura con una cinta métrica, desde la base hasta la punta de la inflorescencia masculina (panoja), que fueron registradas en centímetro y promediadas por cada unidad experimental. La medición se realizó cuando la planta se encontraba en la madurez fisiológica.

**Número de hojas por planta:** para tal medición fueron seleccionadas 10 plantas de forma aleatoria, de las cuales fueron cuantificados el número de hojas, que posteriormente se promediaron.

**Longitud de la espiga:** de las plantas seleccionadas se cosecharon las espigas y se midieron con una regla, desde la base hasta el extremo superior, descartando las chalas y posteriormente se promediaron. Los datos fueron expresados en cm.

**Diámetro de la espiga:** para la medición de esta variable se tuvieron en cuenta las espigas escogidas para la medición, para lo cual se utilizó un paquímetro, posteriormente los datos fueron promediados y registrados en milímetros.

**Rendimiento del cultivo:** se cosecharon las espigas del área útil de cada unidad experimental (2,10 m<sup>2</sup>), teniendo en cuenta el efecto borde, luego de forma manual se realizó el desgranado que posteriormente fueron embolsarlos y pesados con una balanza de precisión, los resultados fueron expresados en kg ha<sup>-1</sup>.

**Peso de mil granos:** en forma aleatoria se seleccionaron de cada unidad experimental 100 granos con 5 repeticiones, que fueron pesados con una balanza de precisión y posteriormente promediados. Finalmente, del resultado de cada media, se calculó el peso de mil granos por regla de tres simples.

### **3.4 Método de control de calidad de datos**

Todas las actividades fueron realizadas dando un seguimiento lógico a lo establecido en cada ítem, para evitar errores que pudieran comprometer los resultados del experimento.

### **3.5 Método de análisis de datos**

Una vez obtenidos los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA) según modelo de parcelas subdivididas, para determinar si hubo o no diferencia significativa entre los tratamientos aplicados de acuerdo a la Tabla 1. Y los tratamientos que presentaron diferencias significativas fueron comparados con el test de Tukey al 5% de probabilidad de error y análisis de regresión. Los resultados obtenidos fueron presentados e interpretados a través de figuras y tablas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Efectos de dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y fuentes de enmiendas en parámetros de crecimiento del maíz

En la Tabla 2, se observan los resultados correspondientes a las variables; altura de la planta (Anexo 6), número de hojas por planta (Anexo 7) y diámetro del tallo (Anexo 8).

**Tabla 2.** Medias de las variables de altura de la planta (m), número de hojas por planta y diámetro del tallo (mm) en función a dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016/2017.

<b>Factor Enmienda Fuentes (Mg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Dosis</b>	<b>Altura de la planta (m)</b>	<b>Número de hojas por planta</b>	<b>Diámetro del tallo (mm)</b>
Sin Enmiendas	0	1,77 a	11,32 <sup>ns</sup>	19,87 a
Ceniza	0,87	1,85 b	11,09	21,29 b
Estiércol de Bovino	30	1,89 b	11,32	21,02 b
<b>Media</b>		1,83	11,24	20,72
<b>Factor Fósforo Dosis (kg ha<sup>-1</sup>)</b>				
	0	1,82 <sup>ns</sup>	11,34 <sup>ns</sup>	19,98 <sup>ns</sup>
	40	1,86	11,40	20,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80	1,86	11,04	21,27
	120	1,82	11,20	20,85
	160	1,84	11,23	20,58
<b>Media</b>		1,84	11,24	20,72
<b>CV</b>		5,11	7,08	7,10

Medias seguidas por letras iguales en la columna no difieren estadísticamente (p 0,05). ns: No significativo. CV: coeficiente de variación.

Para la altura de la planta y diámetro del tallo se observó diferencia significativa con la aplicación de ceniza y estiércol bovino en relación al testigo, en ambas variables se determinó que la aplicación de enmiendas obtuvo mayores

resultados independientemente del tratamiento. Para el diámetro del tallo se observa una diferencia de 1,42 mm con la ceniza en relación al testigo.

Sin embargo, para la variable número de hojas por planta no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados. Y en la misma investigación no se obtuvo respuesta a la aplicación de fósforo con diferentes dosis de  $P_2O_5$ , lo que puede atribuirse a las condiciones del experimento.

Resultados similares obtuvo Tananta (2014), en un experimento realizado con *Zea mays* var. *amylacea* donde no obtuvieron diferencias significativas en cuanto a la altura de la planta con la aplicación de dosis creciente de fertilizante fosfatado, aún con la incorporación de humus a los tratamientos aplicados. En cambio, obtuvo diferencias significativas en el número de hojas, observó un promedio de 16,2 hojas por planta, con la aplicación de 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup> lo que resulta superior a la cantidad obtenida en la presente investigación, esto se atribuye a la incorporación de materia orgánica al tratamiento.

Con respecto a la aplicación de enmiendas, Basantes (2012) menciona que la materia orgánica permite la absorción y retención de agua y nutrientes, a más de su efecto en la formación de agregados por lo que su incorporación favorece la nutrición de las plantas. Hirzel y Salazar (2011) mencionan en sus estudios que, en general, puede observarse que existe una gran variabilidad, tanto en parámetros físicos como químicos, dependiendo del tipo de enmienda y también dentro de la misma, lo que hace recomendable la caracterización para estimar el real aporte de nutrientes al suelo y el potencial impacto ambiental que puede generar.

De acuerdo con los resultados obtenidos por Basantes (2012), quien evaluó el efecto de dosis de fertilizante fosfatado y nitrogenado en el cultivo de maíz, obtuvo los mayores resultados, en cuanto a la altura de la planta, con la aplicación de 100 y 120 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, de la misma manera, no encontraron diferencias en

cuanto al número de hojas por planta, donde también obtuvieron numéricamente los mayores resultados con las dosis más elevadas de  $P_2O_5$ .

En cuanto al diámetro del tallo y altura de la planta, Alvarado (2002) tras comparar la aplicación de niveles de 0 y 70 kg ha<sup>-1</sup> de  $P_2O_5$ , no observó diferencias significativas en relación a la aplicación de fósforo, estos resultados fueron similares a los obtenidos en la presente investigación.

#### 4.2 Efectos de dosis de $P_2O_5$ y fuentes de enmiendas en caracteres de rendimiento del maíz

Los valores medios obtenidos en la medición de los caracteres de rendimiento: longitud de espiga (Anexo 9), diámetro de la espiga (Anexo 10) y peso de 1000 (Anexo 11), se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Medias de las variables longitud de la espiga (cm), diámetro de la espiga (mm) y peso de 1000 semillas de maíz (g) en función a dosis de  $P_2O_5$  y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.

Factor Enmienda Fuentes (Mg ha <sup>-1</sup> )	Dosis	Longitud de la espiga (cm)	Diámetro de la espiga (mm)	Peso de 1000 semillas (g)
Sin Emiendas	0	15,58 a	34,98 <sup>ns</sup>	270,6 a
Ceniza	0,87	16,57 ab	37,16	286,8 b
Estiércol Bovino	30	17,01 b	36,94	281,2 ab
<b>Media</b>		16,38	36,36	279,5
Factor Dosis	Fósforo			
	0	15,68 <sup>ns</sup>	35,14 <sup>ns</sup>	273,6 <sup>ns</sup>
	40	16,19	36,07	281,3
$P_2O_5$	80	16,23	36,06	279,3
	120	16,93	37,55	279,5
	160	16,88	36,96	283,8
<b>Media</b>		16,38	36,36	279,5
<b>CV</b>		8,51	8,93	7,38

Medias seguidas por letras iguales en la columna no difieren estadísticamente (p 0,05). ns: No significativo. CV: coeficiente de variación

Para la variable longitud de espiga y peso de 1000 semillas se encontraron resultados significativamente diferentes entre los tratamientos del factor enmienda, donde el estiércol bovino arrojó un resultado de 17,01 cm, superior al testigo, mientras que el tratamiento con ceniza obtuvo 16,57 cm, que fue estadísticamente igual al tratamiento sin y con enmienda orgánica.

Para el peso de 1000 semillas, la fuente de enmienda con ceniza arrojó un resultado de 286,8 g, superior al testigo, con el tratamiento de estiércol bovino fue estadísticamente igual al tratamiento sin y con enmienda orgánica. Para la variable diámetro de la espiga no hubo diferencias significativas entre las enmiendas.

La aplicación de dosis de  $P_2O_5$  no presentó diferencias significativas para las variables mencionadas en la Tabla 4, para la longitud de la espiga se obtuvo un promedio de 16,38 cm, para el diámetro del tallo 36,33 mm y para el peso de 1000 semillas 279,5 g.

Hirzel y Salazar (2011) mencionan que las enmiendas orgánicas son aplicadas como complemento al aporte de fuentes inorgánicas, como mejorador de las propiedades del suelo. Así mismo, han demostrado que la aplicación de compuestos orgánicos al suelo incrementa la biomasa microbiana y la actividad enzimática extracelular, al compararlas con aplicaciones de fertilizantes inorgánicos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con los obtenidos Alvarado (2002) quien no obtuvo diferencias significativas en su investigación para las variables referentes a longitud y diámetro de la espiga, las cuales oscilaron en 13,3 y 4,2 cm respectivamente.

Torres (2015), en una investigación realizada con maíz variedad marginal 28 al cual aplicó diferentes dosis de  $P_2O_5$ , demostró que con la aplicación de 70 y 100 kg  $ha^{-1}$  obtuvo los mayores resultados en cuanto a la longitud de la espiga, resultado que fue significativamente superior al testigo de dicha investigación.



Por su parte, López et al. (2011), en un estudio realizado con fertilización fosfatada en el cultivo de trigo, evidenciaron aumento de peso de los granos en aquellas parcelas fertilizadas con P, lo que demuestra que con una adecuada fertilización fosfatada se logra mayor translocación de fotoasimilados producidos por la planta hacia el grano, los autores mencionan que la baja disponibilidad de fósforo afecta el número de granos por la disminución de la radiación interceptada debido a una menor expansión foliar.

En la Tabla 4, se presentan los resultados correspondientes al rendimiento de granos en kilogramos por hectárea.

**Tabla 4.** Medias de la variable rendimiento de granos de maíz ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) en función a distintas dosis de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2017.

<b>Factor Enmienda Fuentes (<math>\text{Mg ha}^{-1}</math>)</b>	<b>Dosis</b>	<b>Rendimiento de granos de maíz (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</b>
Sin Enmiendas	0	4.734 a
Ceniza	0,87	5.717 b
Estiércol de Bovino	30	5.322 ab
<b>Media</b>		<b>5.257</b>
<b>Factor Fósforo Dosis (<math>\text{kg ha}^{-1}</math>)</b>		
	0	4.748 <sup>ns</sup>
	40	5.348
$\text{P}_2\text{O}_5$	80	5.181
	120	5.585
	160	5.427
<b>Media</b>		<b>5.257</b>
<b>CV</b>		<b>22,4</b>

Medias seguidas por letras iguales en la columna no difieren estadísticamente ( $p < 0,05$ ). ns: No significativo. CV: coeficiente de variación

Para el factor fuentes de enmiendas se observa una diferencia significativa con la aplicación de ceniza con un rendimiento promedio de  $5.717 \text{ kg ha}^{-1}$  siendo el mayor rendimiento entre los tratamientos aplicados, y superando al testigo con una diferencia de 983 kg, mientras que para el estiércol bovino se obtuvo un resultado intermedio a la aplicación de enmiendas orgánicas y sin la aplicación.

La aplicación de distintas dosis de  $P_2O_5$  no presentó diferencias estadísticamente significativas, el rendimiento osciló entre 5.427 y 5.585  $kg\ ha^{-1}$  con dosis de 160 y 120  $kg\ ha^{-1}$  respectivamente.

Solís et al. (2010) afirman, que el uso de enmiendas orgánicas es una estrategia adecuada para complementar los requerimientos nutricionales del cultivo y disminuir el uso de fertilizantes inorgánicos, con efectos positivos en la biomasa microbiana, el C orgánico lábil del suelo y el rendimiento de grano del maíz.

En un estudio realizado con maíz de la variedad marginal 28 a la cual se aplicó diferentes dosis de  $P_2O_5$ , Torres (2015), determinó que con la aplicación de 100  $kg\ ha^{-1}$  se obtiene el mayor rendimiento, que fue de 4.983  $kg\ ha^{-1}$ , valor significativamente superior a la aplicación de dosis inferiores y el testigo de dicha investigación.

Resultados similares se obtuvieron en el cultivo de maíz con la aplicación de dosis creciente de  $P_2O_5$ , el resultado promedio obtenido fue de 6307  $kg\ ha^{-1}$ , lo cual fue superior al promedio obtenido en la presente investigación, esto se puede deber genotipo utilizado en el estudio y las características del suelo (Díaz et al 2011; Díaz et al. 2013). Por lo que Arevalo (2009) afirma que, en un mismo tipo de cultivo, las diferentes variedades tendrán diferentes requerimientos de nutrientes y su respuesta a los fertilizantes.

Tananta (2014), por su parte, obtuvo los mayores rendimientos con la aplicación de 160  $kg$  de  $P_2O_5$  por hectárea el cual fue de 3399  $kg\ ha^{-1}$ , sin embargo, en su experimento utilizó menor densidad de plantas por lo que los resultados obtenidos fueron inferiores a los resultados de la presente investigación.

La ausencia del efecto de la fertilización fosfatada según Silva (2007) podría deberse a que en los primeros años de aplicación el cultivo aprovecha solamente el 20% aproximadamente de fósforo en  $P_2O_5$ , debido a que el fósforo liberado puede ser absorbido por coloides del suelo o formar compuestos insolubles de hierro y aluminio.

Otro de los posibles factores que pudo influir, para que no exista diferencia significativa entre las dosis de  $P_2O_5$  podría haber sido la temperatura presentada durante el experimento, la temperatura promedio que presentó el cultivo fue de  $23.9^{\circ}C$  (Anexo A15), según Munera y Meza (2012) las temperaturas menores a  $30^{\circ}C$  reducen la disponibilidad de fósforo para el cultivo.

Se supone que otro factor que influyó para que no exista diferencia significativa entre dosis de  $P_2O_5$  fue la acidez del suelo, en donde el año anterior la acidez del suelo fue de 5,1 (Anexo A14) la cual podría haber bajado o mantenido durante 1 año, sin ningún tipo de aplicación de cal agrícola, se supone que por dicho motivo el fósforo no se encontró disponible para para el cultivo de maíz.

Otro aspecto que se puede resaltar es que estos suelos se encuentran extremadamente deteriorados y la aplicación de fertilizantes y enmiendas orgánicas no es suficiente para restaurar años de mal uso. Esto quiere decir que la materia orgánica y la relación entre nutrientes no se encuentra beneficiada, por lo tanto, por más que se ofrezca nutrientes al suelo, por problemas físicos no podrá recibirlos al 100%.

Es importante seguir evaluando el presente experimento por un periodo más largo de tiempo, y seguir incorporando materia orgánica al suelo para mejorar las propiedades físicas.

## 5. CONCLUSIONES

En las condiciones en que fue realizado el experimento y considerando los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos se puede concluir que:

El cultivo de maíz chipa responde a los tratamientos con las fuentes de enmiendas orgánicas (estiércol bovino); siendo la altura de planta, diámetro del tallo y longitud de la espiga las variables con mejor desarrollo en relación al testigo (sin aplicación de enmiendas).

Las variables número de hojas por planta y diámetro de la espiga no presentaron efectos por aplicación de enmiendas.

El peso de 1000 semillas y el rendimiento presentaron un incremento con la aplicación de enmiendas, siendo la ceniza la que demostró mayores efectos en estas variables.

Los tratamientos con dosis de  $P_2O_5$  no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

De esta manera se concluye que la aplicación de enmiendas provoca efectos positivos en la producción de maíz chipá, sin influencia de las dosis de fertilización fosfatada.

## 6. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación (en línea). La Habana, CU. Consultado 10 abr. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215047017>
- Alvarado, L. 2002. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y zinc en suelos del norte de Tamaulipas. Tesis. Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Nueva León. México. 78p
- Arroyo, N. 2009. Enmiendas orgánicas (en línea). Consultado el 23 de ene 2018. Disponible en <http://enmiendasorganicas.blogspot.com/>
- Barrios, M; Sandoval, E; Camacaro, O; Borges, J. 2010. Importancia del fósforo en el complejo suelo-animal. Mundo Pecuario 6 (2): 151-156.
- Barraco, Mirian; Scianca, Carlos; Álvarez, Cristian EEA INTA Gral. Villegas. 2007. Fertilización fosfatada en maíz. Memoria técnica (en línea). Consultado 13 ene. 2017. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mt2007.pdf#page=31>
- Basantes, E. 2012. Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz var. Chillos, en un suelo Franco-arcilloso limoso, sector Sangolquí. Tesis. Escuela politécnica del ejército. Sangolquí – Ecuador. 77p.
- Bonilla, N. 2009. Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de maíz. San José, CR, INTA. 72p
- Brady, N.1989. Natureza e Propiedades dos solos. 7 ed. Rio de Janeiro. 898p
- Britos, E; Emategui, V. Diferentes formulaciones fosfatadas en la fertilización del maíz. San Lorenzo, PY. I Congreso Paraguayo de Ciencias del Suelo- IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. FCA/UNA. 134-137 p
- Cabrera, F. 2007. Materia orgánica del suelo: Papel de las enmiendas orgánicas (en línea). Consultado 23 ene. 2018. disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/28751/3/Materia%20org%C3%A1nica.pdf>

- Cubilla, M; Carneiro, T; Wendling, A; Foletto, F; Mielniczuk, J. 2007. Calibração visando à fertilização com fósforo para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai (en línea). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (31): 1463-1474. Consultado 13 dic. 17. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010006832007000600023&script=sci\\_artext&tlng=e!n](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010006832007000600023&script=sci_artext&tlng=e!n)
- Díaz, E; Morales, E; Mora, O; Domínguez, A. 2011. Atenuación de luz, radiación interceptada y rendimiento de Maíz en función del fósforo. *Universidad autónoma de México. Toluca, México. Terra Latinoamericana* 29 (1): 65 – 72
- Díaz, E; Loeza, J. Campos, J; Morales, E; Domínguez, A; Franco, O. 2013. Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays* L.) Toluca, México. *Agrociencia* 47: 135 – 146
- Domínguez, V. 1997. *Tratado de fertilización*. Madrid, España. 607p.
- Duarte, A. 2016. Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* var. Amiláceo L.). Tesis. San Lorenzo, PY, UNA, Facultad de ciencias agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica. 78p
- Finck, A. 2009. *Fertilizantes y Fertilización: fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos*. Barcelona (ES). Editorial Reverté S.A. 63-301p
- Fernández, M. 2007. Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (en línea). Consultado 16 ene. 2018. Disponible en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223114970009>> ISSN 0138-6204
- Figueroa, U; Cueto, J.; Delgado, J.; Núñez, G.; Reta, D.; Quiroga, H.; Faz Contreras, R.; Márquez, J. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero (en línea) Consultado 11 abr. 2016. Disponible en [www.redalyc.org/pdf/573/57318502008.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/573/57318502008.pdf)
- García, F. 2004. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz (en línea). Consultado 28 octubre 2017. Disponible en <http://agrolluvia.com/wpcontent/plugins/download-monitor/download.php?id=2254>
- Hirzel, J; Salazar, F. 2011. Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización en cultivos. *INIA* (22): 30 p.
- López M, Dimas, 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). Consultado 12 dic 2017. Disponible en <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319401>> ISSN
- López, F; Duval, M; Martínez J; Galantini, J. 2011. Fertilización fosfatada en trigo en la zona semiárida: su influencia sobre el rendimiento y la eficiencia en el uso del

n y del agua. Buenos Aires, Ar. Comisión de Investigaciones científicas. p 11 – 18.

López, O; González, E; De Llamas, P; 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 (en línea). vol. 1. Asunción, PY. 244 p. Consultado 263 ene. 2018. Disponible en <http://www.geologiadelparaguay.com/Estudio-de-Reconocimiento-de-Suelos-Regi%C3%B3n-Oriental-Paraguay.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2006. Dirección de Educación agraria. Cultivo del maíz (en línea). PY. Consultado 15 mar 2017. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Ma%C3%ADz.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). 2010. Análisis del comportamiento de rubros agrícolas: Censo Agropecuario 2008 (en línea). PY. Consultado 15 abr. 2017. Disponible en <http://www.mag.gov.py/dgp/Analisis%20comportamiento%20de%20Rubros%20Agricolas.pdf>

Malavolta, E. 2004. Fósforo na Agricultura Brasileira: o fósforo na planta e interações com outros elementos. 3ed. Piracicaba, BR. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. 35-98p

Martinez, F; Cuevas, G; Calvo, R; Walter, I. (2003) Biowaste Effects on Soil and Native Plants in Semiarid Ecosystem. *Journal of Environmental Quality*.(en línea). Disponible en <https://doi.org/10.2134/jeq2003.4720>

Meléndez, G. 2003. Abonos orgánicos: Principios, características e impacto en la agricultura. Meléndez, G (ed). San José, Costa Rica. 50-63 p

Munera, G; Meza, D. 2012. El Fósforo Elemento Indispensable para la Vida Vegetal. 52p. Consultado 10 nov. 2019. Disponible en <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/5248>

Omil, B. 2007. Gestión de cenizas como fertilizante y enmendante de plantaciones jóvenes de *Pinus radiata*. Tesis. Escuela Politécnica Superior de Lugo Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 326p

Paliwal, L. 2001. El Maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 392p.

Peroni, R; Rasche, J. 2007. Efecto de la fertilización fosfatada sobre el tenor de fósforo de cinco suelos del Paraguay y el crecimiento del maíz – (*Zea mays* L). *Investigación Agraria*, PY 9 (2): 46-50.

Rheinheimer dos Santos, D; Anghinoni I. 2001. Distribuição do fósforo inorgânico em

- sistemas de manejo de solo. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36 (1):151-160
- Ronen, E. 2008. Microelementos en la agricultura. *Red Hidroponía. Boletín No 38*: 1-10.
- Salvador, L. 2016. Fuentes de fósforo con promotores de crecimiento (PGPR) en cultivo de maíz chipa (*Zea mays* l. var. *amylacea sturtev.*). Tesis de grado. San Lorenzo, PY. UNA, FCA, Carrera de Ingeniería Agronómica. 70p
- 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. Caazapá, PY, Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Departamento de Producción Agrícola. 34 p.
- Serna, C; Trujillo, L; Urrea, R. 2011. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación edáfica de N-P-K en un Andisol de la Región Centro-Occidente de Caldas. *Revista Agronomía*. 17 (1): 68-76
- Silva, J. 2007. Aplicação inicial de P<sup>2</sup>O<sup>5</sup> no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão-caupi. Dissertação de mestrado. Areia, BR. Universidade Federal da Paraíba. 55p
- Soares da Silva, A; Polivanov, H; Antunes, F; Guerra, A. 2007. Influência da Rosão na Remoção de Fósforo em uma Topossequência no Município de Petrópolis (RJ). *Revista Brasileira Agrociência* 13 (1): 47-54.
- Solís, J; Díaz, E; León, N; Guillén, J. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. Chiapas, México, *Terra Lationamericana* 28 (3): 239 – 245.
- Suñer, L; Galantini, J; Rosell, R. 2005. Informaciones agronómicas. Comisión de investigaciones Científicas (en línea). Consultado 13 ene. 2017. Disponible en [http://www.IPNI.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/BB473F7833FFC2BB03256FCB00731978/\\$file/Su%C3%B1er-Cambios+del+Psuelo.pdf](http://www.IPNI.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/BB473F7833FFC2BB03256FCB00731978/$file/Su%C3%B1er-Cambios+del+Psuelo.pdf).
- Tananta, A. 2014. Respuesta del cultivo de maíz amarillo suave (*Zea mays* var. *Amilácea*) a la aplicación de 4 dosis de roca fosfórica complementada con humus en el fundo Aucaloma-Lamas. Tarapoto, Perú Tesis. 90p.
- Torres, J. 2015. Efecto de la aplicación de cinco niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) var. Marginal 28 – T. en Yurimaguas. Tesis. Facultad de Agronomía-Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 55p
- Trejo, H; Salazar, E; López, J; Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. MX. Consultado 23 ene. 2016. Disponible en [www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n5/v4n5a6.pdf](http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n5/v4n5a6.pdf)
- Van Raij, B. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes: fósforo. Piracicaba, Br,



International Plant Nutrition Institute 217-248 p

Yamada, T. 2003. Como mejorar la eficiencia de la fertilización aprovechando las interacciones entre nutrientes. *Informaciones Agrarias* 50: 1-6.

## **ANEXO**

### A1. Preparación del terreno



### A2. Siembra de maíz chipa con matraca manual en los surcos



### A3. Dosificación de fertilizantes



**A4. Aplicación de urea en cobertura****A5. Evaluación del desarrollo de plantas para la toma de datos**

## A6. Análisis estadístico de la variable Altura de la planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura de la Planta	60	0,62	0,47	5,11

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6075,58	17	357,39	4,03	0,0001
Factor A	1645,34	2	822,67	9,29	0,0005
Factor B	172,03	4	43,01	0,49	0,7463
BLOQUE	3495,18	3	1165,06	13,15	<0,0001
Factor A*Factor B	763,04	8	95,38	1,08	0,3978
Error	3721,12	42	88,60		
Total	9796,70	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=907,98306

Error: 1396766,8468 gl: 42

Factor A	Medias	n	E.E.
1,00	4734,10	20	264,27 A
3,00	5322,50	20	264,27 A B
2,00	5717,65	20	264,27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1374,99587

Error: 1396766,8468 gl: 42

Factor B	Medias	n	E.E.
1,00	4748,08	12	341,17 A
3,00	5181,00	12	341,17 A
2,00	5348,58	12	341,17 A
5,00	5427,58	12	341,17 A
4,00	5585,17	12	341,17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1154,37834

Error: 1396766,8468 gl: 42

BLOQUE	Medias	n	E.E.
1,00	4753,93	15	305,15 A
2,00	5153,93	15	305,15 A
4,00	5281,07	15	305,15 A
3,00	5843,40	15	305,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### A7. Análisis estadístico de la variable Número de hojas por planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
N° H/P	60	0,29	6,1E-04	7,08

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,79	17	0,63	1,00	0,4749
Factor A	0,69	2	0,35	0,54	0,5840
Factor B	0,92	4	0,23	0,36	0,8322
BLOQUE	5,49	3	1,83	2,89	0,0468
Factor A*Factor B	3,69	8	0,46	0,73	0,6656
Error	26,61	42	0,63		
Total	37,41	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,61154

Error: 0,6336 gl: 42

Factor A Medias n E.E.

2,00 11,09 20 0,18 A

1,00 11,32 20 0,18 A

3,00 11,32 20 0,18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,92608

Error: 0,6336 gl: 42

Factor B Medias n E.E.

3,00 11,04 12 0,23 A

4,00 11,20 12 0,23 A

5,00 11,23 12 0,23 A

1,00 11,34 12 0,23 A

2,00 11,40 12 0,23 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,77749

Error: 0,6336 gl: 42

BLOQUE Medias n E.E.

1,00 10,96 15 0,21 A

2,00 10,99 15 0,21 A

3,00 11,31 15 0,21 A

4,00 11,71 15 0,21 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### A8. Análisis estadístico de la variable Diámetro del tallo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diametro del Tallo	60	0,51	0,32	7,10

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	96,15	17	5,66	2,61	0,0058
Factor A	22,69	2	11,34	5,24	0,0093
Factor B	11,11	4	2,78	1,28	0,2914
BLOQUE	9,95	3	3,32	1,53	0,2200
Factor A*Factor B	52,40	8	6,55	3,03	0,0089
Error	90,84	42	2,16		
Total	186,99	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,12988

Error: 2,1629 gl: 42

Factor A	Medias	n	E.E.	
1,00	19,87	20	0,33	A
3,00	21,02	20	0,33	B
2,00	21,29	20	0,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,71103

Error: 2,1629 gl: 42

Factor B	Medias	n	E.E.	
1,00	19,98	12	0,42	A
5,00	20,58	12	0,42	A
4,00	20,85	12	0,42	A
2,00	20,94	12	0,42	A
3,00	21,27	12	0,42	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,43649

Error: 2,1629 gl: 42

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	20,20	15	0,38	A
4,00	20,50	15	0,38	A
2,00	20,93	15	0,38	A
3,00	21,27	15	0,38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### A9. Análisis estadístico de la variable Longitud de la espiga

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Longitud esp.	60	0,44	0,21	8,51

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	63,28	17	3,72	1,91	0,0443
Factor A	21,46	2	10,73	5,52	0,0074
Factor B	13,25	4	3,31	1,70	0,1671
BLOQUE	15,33	3	5,11	2,63	0,0626
Factor A*Factor B	13,24	8	1,65	0,85	0,5641
Error	81,65	42	1,94		
Total	144,93	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,07121

Error: 1,9441 gl: 42

Factor A Medias n E.E.

1,00	15,58	20	0,31	A
3,00	16,57	20	0,31	A B
2,00	17,01	20	0,31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,62218

Error: 1,9441 gl: 42

Factor B Medias n E.E.

1,00	15,68	12	0,40	A
2,00	16,19	12	0,40	A
3,00	16,23	12	0,40	A
5,00	16,88	12	0,40	A
4,00	16,93	12	0,40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,36190

Error: 1,9441 gl: 42

BLOQUE Medias n E.E.

1,00	15,65	15	0,36	A
4,00	16,30	15	0,36	A B
2,00	16,51	15	0,36	A B
3,00	17,07	15	0,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )



## A 10. Análisis estadístico de la variable Diámetro de la espiga

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Diam esp	60	0,38	0,13	8,93

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	270,18	17	15,89	1,51	0,1394
Factor A	57,62	2	28,81	2,73	0,0767
Factor B	41,22	4	10,31	0,98	0,4304
BLOQUE	93,54	3	31,18	2,96	0,0432
Factor A*Factor B	77,81	8	9,73	0,92	0,5084
Error	443,07	42	10,55		
Total	713,25	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,49531

Error: 10,5492 gl: 42

Factor A Medias n E.E.

1,00 34,98 20 0,73 A

3,00 36,94 20 0,73 A

2,00 37,16 20 0,73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,77876

Error: 10,5492 gl: 42

Factor B Medias n E.E.

1,00 35,14 12 0,94 A

3,00 36,06 12 0,94 A

2,00 36,07 12 0,94 A

5,00 36,96 12 0,94 A

4,00 37,55 12 0,94 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,17246

Error: 10,5492 gl: 42

BLOQUE Medias n E.E.

1,00 34,36 15 0,84 A

4,00 36,37 15 0,84 A B

2,00 36,97 15 0,84 A B

3,00 37,73 15 0,84 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

### A 11. Análisis estadístico de la variable Peso de mil granos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso mil granos	60	0,32	0,05	7,38

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8477,87	17	498,70	1,17	0,3263
Factor A	2707,73	2	1353,87	3,18	0,0516
Factor B	674,27	4	168,57	0,40	0,8101
BLOQUE	2658,93	3	886,31	2,08	0,1168
Factor A*Factor B	2436,93	8	304,62	0,72	0,6759
Error	17861,07	42	425,26		
Total	26338,93	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,84327

Error: 425,2635 gl: 42

Factor A Medias n E.E.

1,00	270,60	20	4,61	A
3,00	281,20	20	4,61	A B
2,00	286,80	20	4,61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=23,99211

Error: 425,2635 gl: 42

Factor B Medias n E.E.

1,00	273,67	12	5,95	A
3,00	279,33	12	5,95	A
4,00	279,50	12	5,95	A
2,00	281,33	12	5,95	A
5,00	283,83	12	5,95	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=20,14259

Error: 425,2635 gl: 42

BLOQUE Medias n E.E.

2,00	272,13	15	5,32	A
1,00	273,73	15	5,32	A
3,00	285,20	15	5,32	A
4,00	287,07	15	5,32	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

## A 12. Análisis estadístico de la variable Rendimiento de granos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	60	0,32	0,05	22,48

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27952471,02	17	1644263,00	1,18	0,3229
Factor A	9798191,23	2	4899095,62	3,51	0,0390
Factor B	4919350,17	4	1229837,54	0,88	0,4838
BLOQUE	9122074,18	3	3040691,39	2,18	0,1050
Factor A*Factor B	4112855,43	8	514106,93	0,37	0,9315
Error	58664207,57	42	1396766,85		
Total	86616678,58	59			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=907,98306

Error: 1396766,8468 gl: 42

Factor A	Medias	n	E.E.	
1,00	4734,10	20	264,27	A
3,00	5322,50	20	264,27	A B
2,00	5717,65	20	264,27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1374,99587

Error: 1396766,8468 gl: 42

Factor B	Medias	n	E.E.	
1,00	4748,08	12	341,17	A
3,00	5181,00	12	341,17	A
2,00	5348,58	12	341,17	A
5,00	5427,58	12	341,17	A
4,00	5585,17	12	341,17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1154,37834

Error: 1396766,8468 gl: 42

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1,00	4753,93	15	305,15	A
2,00	5153,93	15	305,15	A
4,00	5281,07	15	305,15	A
3,00	5843,40	15	305,15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

**A13.** Cuadro general de datos en función a dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y fuentes de enmiendas.

Ybyarobana, Canindeyu. 2018

	Diámetro del tallo (mm)	Diámetro de espiga (mm)	Longitud de espigas (cm)	Altura de la planta (cm)	Nº de hojas por planta	Rendimiento de granos (kg/ha)	Peso de 1000 granos (g)	Masa seca parte aerea a campo (kg)
<b>1</b>	16,8	24,1	11.4	160.5	10	2446	244	4325
<b>2</b>	17,4	30,3	13.6	148.5	11.9	3069	224	3750
<b>3</b>	18,4	28,3	12.2	161.1	10.7	3069	270	3100
<b>4</b>	20,5	35,5	15.7	166	9.3	4320	264	3200
<b>5</b>	18,2	34,7	15.1	156	9.6	4217	290	3650
<b>6</b>	20,2	33,7	16.6	168.5	10.6	4674	272	4350
<b>7</b>	20,5	31,4	14.8	168.5	11	4246	278	3500
<b>8</b>	19,9	35,6	15.6	175	11.5	4274	286	3230
<b>9</b>	20,7	37,2	17.5	184	11.4	6194	262	3100
<b>10</b>	20,3	35,9	16.6	179	10.1	5183	302	3300
<b>11</b>	23,4	37,7	17.3	188	11.6	5703	274	3850
<b>12</b>	23,8	38,7	18.1	183.5	12.4	6411	278	4270
<b>13</b>	22,8	36,6	16.4	188.5	11	5566	292	4310
<b>14</b>	19,6	37,9	16.7	180	12.1	6006	288	4650
<b>15</b>	20,5	37,8	17.2	175	11.2	5931	282	4450
<b>16</b>	15,1	29,8	12.7	167	12.1	2851	218	4650
<b>17</b>	20,7	38,7	17.8	184	12.2	6029	270	3400
<b>18</b>	21,8	39,7	17.2	191	11	6126	256	3650
<b>19</b>	22,6	36,7	17.5	177	11.4	5549	262	3250
<b>20</b>	21,9	37,9	17.3	191.5	11.6	6080	270	3500
<b>21</b>	20,5	40,9	16	180.5	10.7	5303	252	2900
<b>22</b>	23,5	39,9	17	189.5	11	5834	332	3900
<b>23</b>	22,1	39,2	18.4	197	11.2	6469	274	4000
<b>24</b>	21,9	36,3	16.6	192	10.8	5200	290	3450
<b>25</b>	20,8	36,3	16.9	191	11.2	5554	284	3200
<b>26</b>	20,9	38,8	15.8	191	10.3	4560	258	2700
<b>27</b>	20,2	33,1	15.2	185.5	10.7	5720	274	2600
<b>28</b>	21,5	35,2	16.9	184	9.8	3200	282	3600
<b>29</b>	19,9	36	16	178.4	9.5	4074	274	2430
<b>30</b>	20,6	36	16.3	176.5	11.3	4760	286	2600
<b>31</b>	22,1	40,3	18	196	11.3	7029	320	4200

	Diámetro del tallo (mm)	Diámetro de espiga (mm)	Longitud de espigas (cm)	Altura de la planta (cm)	Nº de hojas por planta	Rendimiento de granos (kg/ha)	Peso de 1000 granos (g)	Masa seca parte aerea a campo (kg)
32	19,1	37,3	16,2	186	10,4	4714	298	2600
33	20,5	39,2	17,7	172	11,3	6406	292	3150
34	21	37,2	15,9	181	11,1	5337	288	3300
35	23,3	39,4	18,4	210	11,2	6309	282	3350
36	20,1	37,8	17,6	194,3	11,6	6400	296	3750
37	22,2	37,8	17,4	204,5	10,3	6589	290	4200
38	22,1	38	17,2	206,5	10,5	6011	286	3620
39	22,3	39,5	18,2	211	11	7343	284	3650
40	22,7	39,8	18,6	200	12,6	7114	304	3300
41	21,2	35,8	15,9	180,5	11,2	4491	268	3200
42	19,8	30,1	14,7	192	12,1	3143	252	3150
43	21,4	39,1	16,7	189,5	10,9	6411	272	3300
44	21,7	38,4	18	190	12	5737	292	3650
45	19,5	36,2	15,5	184,5	12,2	4617	254	2800
46	16	31,7	13,9	174	12,6	2857	310	4800
47	19,7	35,6	14,7	193,5	12	4354	290	4200
48	19,9	26,8	12,6	179	12,6	3029	252	4350
49	21,6	38,8	16,5	173	12,7	5611	254	2800
50	20,8	37,5	17,1	178,5	11,3	5280	258	3000
51	21,2	33,4	15,7	197,5	11,6	4766	266	2500
52	22,5	40,1	18	193,5	10,8	7251	300	3200
53	23,2	35,8	17,1	196,5	11	5331	286	4000
54	19,4	37,9	16,8	178	11,5	5651	294	2250
55	19,7	36,6	17,5	191	11,4	4966	298	4150
56	22,3	37,7	17,2	192	12,5	5897	306	3250
57	21,9	39,8	16,8	203,5	12	6823	290	2500
58	21,6	39,2	16,8	196,5	11	6280	304	3250
59	19	39,2	17,7	178,5	11,6	6000	302	3850
60	18,7	35,4	16,1	175	11	5120	296	3780

## A14. Análisis de suelo (Año 1)

**Universidad Nacional de Asunción**  
**Facultad de Ciencias Agrarias**

Área de Suelos y Ordenamiento Territorial  
Laboratorio de Servicio al Público  
*Planilla de resultados de análisis de suelos*

Propietario: Alder Duarte Morazan  
Departamento: Carindeyú  
Distrito: Ybyrarobana  
Fecha: 31/03/16

Nº	Lab.	Código	Prof. cm.	pH	Carbon.Org. %	P mg/kg	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup> +H <sup>+</sup>	Clase Textural	Munsell	Color Descripción
16	40I	Testigo R1	0-10	4,90	0,79	10,35	0,58	0,12	0,09	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	41I	Ceniza R1	0-10	5,90	0,60	17,34	0,77	0,35	0,09	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	42I	Estiercol R1	0-10	5,10	0,66	2,36	0,58	0,16	0,19	0,02	0,63	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	43I	Testigo R2	0-10	4,50	0,56	6,31	0,39	0,12	0,09	0,02	1,56	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	44I	Ceniza R2	0-10	5,20	0,88	4,73	0,58	0,12	0,15	0,02	0,63	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	45I	Estiercol R2	0-10	5,50	0,60	10,44	0,58	0,21	0,17	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	46I	Testigo R3	0-10	4,90	0,85	4,04	0,58	0,12	0,09	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	47I	Ceniza R3	0-10	5,40	0,92	3,15	0,77	0,35	0,11	0,02	0,31	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	48I	Estiercol R3	0-10	5,50	1,01	5,52	0,58	0,21	0,15	0,02	0,00	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	49I	Testigo R4	0-10	4,60	1,05	7,29	0,58	0,16	0,08	0,02	1,25	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	50I	Ceniza R4	0-10	5,00	0,72	11,53	0,39	0,07	0,09	0,02	0,94	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco
16	51I	Estiercol R4	0-10	4,80	1,01	6,90	0,58	0,26	0,09	0,02	1,25	Arenosa	5 YR 4/4	Marrón Rojizo Opaco


La siguiente tabla le ayudará a interpretar los resultados

Nivel	Mat. Org.	P	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al+H <sup>+</sup>	pH
Bajo	< 1,2	< 12	< 2,51	< 0,4	< 0,12	< 1,5	< 0,4	< 5,5 Ácido
Medio	1,2 - 2,8	12 - 30	2,51 - 6,0	0,4 - 0,8	0,12 - 0,37	1,5 - 3,0	0,4 - 0,9	5,5 - 6,4 Lij. Ácido
Alto	> 2,8	> 30	> 6,0	> 0,8	> 0,37	> 3,0	> 0,9	6,5 - 7,4 Neutro
								> 7,4 Alcalino

Observación: Los resultados analíticos corresponden a las muestras recibidas en nuestro laboratorio

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

Lic. Geol. Mg. Virgilio Moreno Resquín  
Operador Laboratorio



## A15. Temperatura media registrada durante el experimento

Días	T. media °C	Días	T. media °C	Días	T. media °C	Días	T. media °C	Días	T. media °C
1	27.0	27	17.0	53	23.0	79	22.0	105	29.0
2	26.0	28	22.0	54	22.0	80	25.0	106	30.0
3	27.0	29	22.0	55	24.0	81	25.0	107	29.0
4	28.0	30	24.0	56	25.0	82	26	108	27.0
5	27.0	31	22.0	57	24.0	83	27	109	25.0
6	20.0	32	24.0	58	25.0	84	28.0	110	25.0
7	15.0	33	24.0	59	25.0	85	28.0	111	27.0
8	13.0	34	25.0	60	31.0	86	23.0	112	26.0
9	13.0	35	22.0	61	27.0	87	26.0	113	26
10	17.0	36	21.0	62	23.0	88	27.0	114	24
11	26.0	37	23.0	63	25.0	89	26.0	<b>Promedio</b>	<b>23.9</b>
12	23.0	38	25.0	64	21.0	90	24.0		
13	18.0	39	25.0	65	28.0	91	22.0		
14	14.0	40	27.0	66	22.0	92	26.0		
15	13.0	41	26.0	67	24.0	93	25.0		
16	15.0	42	24.0	68	25.0	94	22.0		
17	19.0	43	29.0	69	27.0	95	27.0		
18	21.0	44	24.0	70	24.0	96	28.0		
19	19.0	45	24.0	71	24.0	97	27.0		
20	18.0	46	24.0	72	25.0	98	27.0		
21	19.0	47	24.0	73	22.0	99	27.0		
22	18.0	48	24.0	74	25.0	100	23.0		
23	22.0	49	24.0	75	26.0	101	27.0		
24	21.0	50	24.0	76	26.0	102	27.0		
25	21.0	51	27	77	25.0	103	24.0		
26	19.0	52	27	78	27.0	104	29.0		