

**FERTILIZACIÓN POTÁSICA CON ESTIERCOL BOVINO EN MAÍZ  
CHIPA (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev) EN EXPERIMENTO DE  
MEDIA DURACIÓN**

**ARIEL SALVADOR TORRES BÁEZ**

Trabajo final de grado presentado a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para obtener el grado 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 POTÁSICA CON ESTIERCOL BOVINO EN MAÍZ  
CHIPA (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev) EN EXPERIMENTO DE  
MEDIA DURACIÓN**

**ARIEL SALVADOR TORRES BÁEZ**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) CARLOS ANDRÉS LEGUIZAMÓN ROJAS**  
Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (MSc.) CRISTIAN ANDRÉS BRITOS BENÍTEZ**

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

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

2019

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

**FERTILIZACIÓN POTÁSICA CON ESTIERCOL BOVINO EN MAÍZ  
CHIPA (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev) EN EXPERIMENTO DE  
MEDIA DURACIÓN**

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

Autor: Ariel Salvador Torres Báez .....

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

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. (MSc.) Cristian A. Britos .....

**Miembros de la mesa examinadora**

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

Prof. Ing. Agr. (MSc.) Cristian Andrés Britos Benítez .....

Prof. Lic. Geol. (MSc.). Higinio Moreno Resquin .....

San Lorenzo, 27 de diciembre del 2019

***DEDICATORIA***

A mi señora madre Estela

A mis abuelos Ángela y Amado

Toda mi familia

## AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen María por brindarme la salud y fuerzas necesarias para seguir adelante y por guiarme siempre por el sendero correcto para poder cumplir mis sueños y nunca perder de vista mis metas.

A mi querida madre Estela Báez por brindarme siempre su apoyo incondicional a pesar de las dificultades que ella pueda estar pasando, por el cariño recibido y nunca perder la fe en mi persona, por enseñarme siempre a nunca rendirme y que los sueños están para poder cumplirse.

Al Prof. Ing. Agr. (Dr.) Carlos Andrés Leguizamón Rojas por la orientación y paciencia, por la confianza, y por sobre todo por el profesionalismo demostrado siempre a lo largo de la ejecución de este trabajo.

Al Prof. Ing. Agr. (MSc) Cristian Andrés Britos Benítez, por la buena predisposición y apoyo para la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Marcos Sanabria por su buena predisposición durante la ejecución de los trabajos de campo, a su familia por acogernos en su hogar y hacernos sentir parte de ella y permitir la realización del experimento en su finca.

Al CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), por el financiamiento del trabajo final de grado dentro del proyecto 14-INV-130 “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”.

A mis compañeros de tesis Arturo Garcete y José López por siempre poder contar con ellos y brindarme su ayuda en la realización de los trabajos de campo.

A mis amigos incondicionales Tobías Bordoli, Federico Carmona, Cristhian Cuevas, Ramón Torres, Fabio Vázquez por su apoyo en la ejecución del presente experimento.

A mis amigas Yannim Gallar y Débora Soto por el apoyo, la comprensión y amistad brindada durante estos años de estudio.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción en especial al Área de Suelos y Ordenamiento Territorial por el apoyo durante la realización del trabajo de investigación.

# FERTILIZACIÓN POTÁSICA CON ESTIERCOL BOVINO EN MAÍZ CHIPA (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev) EN EXPERIMENTO DE MEDIA DURACIÓN

Autor: **ARIEL SALVADOR TORRES BÁEZ**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (MSc.) CRISTIAN A. BRITOS BENÍTEZ**

## RESUMEN

Una de las principales causas del bajo rendimiento en la producción en fincas de la agricultura familiar del Distrito de Caaguazú es la baja fertilidad del suelo, siendo detectadas deficiencias de potasio y de materia orgánica del suelo. El objetivo de la investigación fue evaluar la fertilización potásica y de enmienda orgánica en el cultivo de maíz chipa. El experimento se llevó a cabo en el Distrito de Caaguazú, desde noviembre del 2017 hasta abril del 2018; en un suelo de textura arenosa, con un pH de 5,5, materia orgánica 0,69%, potasio intercambiable 0,07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. En el estudio se utilizó un diseño de bloques completos al azar en parcelas subdivididas con 4 bloques y 15 tratamientos. Se aplicó dosis de estiércol bovino (0, 5 y 10 t ha<sup>-1</sup>) distribuidas en la parcela; y dosis de K<sub>2</sub>O (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha<sup>-1</sup>) distribuidas en las subparcelas. En todas las unidades experimentales fueron aplicadas dosis fijas de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (80 y 70 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente). El experimento corresponde al tercer año de evaluación de los mismos factores, en el primer año fue cultivado mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) y en el segundo año maíz chipa. Se constató efectos significativos por la adición de estiércol bovino en las variables: altura final de la planta, diámetro del tallo, cantidad de plantas con mazorcas, diámetro y longitud de la mazorca, peso de mil semillas, rendimiento en granos e índice de cosecha, verificándose con la mayor dosis (10 t ha<sup>-1</sup>) medias de 2,44 m, 2,2 cm, 36.631, 4,31 cm, 17,25 cm, 246,67 g, 3.184 kg ha<sup>-1</sup>, 47,32% respectivamente. La aplicación de potasio no produjo efectos significativos en ninguna de las variables evaluadas. Por otro lado, no se encontró interacción entre ambos factores. El maíz chipa demuestra respuestas favorables a la aplicación creciente de estiércol bovino en variables de crecimiento y producción. La aplicación de K<sub>2</sub>O no influye en las variables estudiadas, en las condiciones estudiadas.

**PALABRAS-CLAVE:** Cloruro de potasio, enmienda orgánica, agricultura familiar, Caaguazú

## **POTASSIC FERTILIZATION WITH BOVINE STARTER IN MAIZ CHIPA (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev) IN HALF-DURATION EXPERIMENT**

Author: **ARIEL SALVADOR TORRES BÁEZ**

Advisor: **Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS**

Co-Advisor: **Prof. Ing. Agr. (MSc.) CRISTIAN A. BRITOS BENÍTEZ**

### **SUMMARY**

One of the main causes of the low yield in the production in farms of the family agriculture of the District of Caaguazú is the low fertility of the soil, being detected deficiencies of potassium and of organic matter of the soil. The objective of the research was to evaluate potassium fertilization and organic amendment in the cultivation of chipa corn. The experiment was carried out in the District of Caaguazú, from November 2017 to April 2018; in a sandy soil with pH = 5.5, 0.69% organic matter, exchangeable potassium 0.07 cmolc kg<sup>-1</sup>. A randomized complete block design was used in subdivided plots with 4 blocks and 15 treatments. Doses of bovine manure (0, 5 and 10 t ha<sup>-1</sup>) distributed in the plot were applied; and doses of K<sub>2</sub>O (0, 40, 80, 120 and 160 kg ha<sup>-1</sup>) distributed in subplots. Fixed doses of N and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> were applied in all experimental units (80 and 70 kg ha<sup>-1</sup> respectively). The experiment corresponds to the third year of evaluation of the same factors, in the first year manioc (*Manihot esculenta* Crantz) was cultivated and in the second year chipa corn. Significant effects were observed by the addition of bovine manure in the variables: final height of the plant, stem diameter, number of plants with ears, diameter and length of the cob, weight of one thousand seeds, yield in grains and harvest index, being verified with the highest dose (10 t ha<sup>-1</sup>) averages of 2.44 m, 2.2 cm, 36.631, 4.31 cm, 17.25 cm, 246.67 g, 3,184 kg ha<sup>-1</sup>, 47.32 % respectively. The application of potassium did not produce significant effects on any of the variables evaluated. On the other hand, no interaction was found between both factors. Chipa corn demonstrates favorable responses to the increasing application of bovine manure in growth and production variables. The application of K<sub>2</sub>O does not influence the variables studied, the conditions studied.

**KEY-WORDS:** Potassium chloride, organic amendment, family farming, Caaguazú

# FERTILIZAÇÃO POTÁSSICA COM ARRANQUE BOVINO EM MILHO CHIPA (*Zea mays* L. subsp. *amylacea* Sturtev) EM EXPERIMENTO DE MEIA DURAÇÃO

Autor: **ARIEL SALVADOR TORRES BÁEZ**

Conselheiro: **Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS A. LEGUIZAMÓN ROJAS**

Co-Conselheiro: **Prof. Ing. Agr. (MSc.) CRISTIAN A. BRITOS BENÍTEZ**

## RESUMO

Uma das principais causas do baixo rendimento na produção nas fazendas da agricultura familiar do Distrito de Caaguazú é a baixa fertilidade do solo, detectando deficiências de potássio e de matéria orgânica do solo. O objetivo da pesquisa foi avaliar a adubação potássica e a alteração orgânica no cultivo do milho chipa. O experimento foi realizado no distrito de Caaguazú, de novembro de 2017 a abril de 2018; em solo arenoso com pH = 5,5, matéria orgânica 0,69%, potássio trocável 0,07 cmolc kg<sup>-1</sup>. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com 4 blocos e 15 tratamentos. Foram aplicadas doses de esterco bovino (0, 5 e 10 t ha<sup>-1</sup>) distribuídas na parcela; e doses de K<sub>2</sub>O (0, 40, 80, 120 e 160 kg ha<sup>-1</sup>) distribuídas em subparcelas. Doses fixas de N e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> foram aplicadas em todas as unidades experimentais (80 e 70 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). O experimento corresponde ao terceiro ano de avaliação dos mesmos fatores, no primeiro ano em que foi cultivada mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e no segundo ano em milho chipa. Efeitos significativos foram observados pela adição de esterco bovino nas variáveis: altura final da planta, diâmetro do caule, número de plantas com espigas, diâmetro e comprimento da espiga, peso de mil sementes, produtividade em grãos e índice de colheita, sendo verificada com as doses mais altas (10 t ha<sup>-1</sup>) médias de 2,44 m, 2,2 cm, 36,631, 4,31 cm, 17,25 cm, 246,67 g, 3.184 kg ha<sup>-1</sup>, 47,32 % respectivamente. A aplicação de potássio não produziu efeitos significativos em nenhuma das variáveis avaliadas. Por outro lado, não foi encontrada interação entre os dois fatores. O milho Chipa demonstra respostas favoráveis à crescente aplicação do esterco bovino nas variáveis de crescimento e produção. A aplicação de K<sub>2</sub>O não influencia as variáveis estudadas, as condições estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cloreto de potássio, alteração orgânica, agricultura familiar, Caaguazú.



## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
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. INTRODUCCION.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades del cultivo del maíz.....	3
2.2 El cultivo del maíz en el Paraguay.....	5
2.3 Potasio.....	6
2.3.1 Potasio en el suelo.....	6
2.3.2 Potasio en la planta.....	8
2.3.3 Fertilización potásica e importancia de análisis de suelo.....	9
2.4 Enmienda orgánica.....	10
2.5 Estiércol.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización y caracterización del área experimental.....	13
3.2 Diseño experimental y tratamientos.....	15

	<b>Página</b>
3.3 Historia de la parcela.....	16
3.4 Implantación y manejo del experimento.....	16
3.4.1 Preparación del terreno.....	16
3.4.2 Aplicación de los fertilizantes y siembra.....	17
3.4.3 Cuidados culturales y cosecha.....	17
3.4.4 Variables evaluadas.....	18
3.5 Método de control de calidad de datos.....	20
3.6 Modelo de análisis e interpretación.....	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
4.1 Altura de la planta y diámetro del tallo.....	21
4.2 Población de plantas y cantidad plantas con mazorcas.....	23
4.3 Diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca y peso de mil semillas.....	24
4.4 Masa seca aérea e índice de cosecha.....	27
4.5 Rendimiento en granos.....	29
5. CONCLUSIÓN.....	32
6. REFERENCIAS.....	33
ANEXOS.....	39

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Tratamiento del experimento, combinación de dosis de potasio ( $K_2O$ ) con estiércol bovino (EB).....	14
<b>Tabla 2.</b> Dosis de estiércol y potasio en años anteriores.....	16
<b>Tabla 3.</b> Altura de la planta del maíz, diámetro del tallo del maíz, con aplicación de dosis de estiércol bovino y dosis de $K_2O$ . Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.....	21
<b>Tabla 4.</b> Población de plantas y cantidad de plantas con mazorca, con aplicación de dosis de estiércol bovino y dosis de $K_2O$ . Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.....	23
<b>Tabla 5.</b> Longitud y diámetro de la mazorca, peso de mil semillas con aplicación de dosis de estiércol bovino y dosis de $K_2O$ . Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.....	25
<b>Tabla 6.</b> Masa seca aérea, rendimiento en granos e índice de cosecha con aplicación de dosis estiércol bovino y dosis de $K_2O$ . Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.....	28
<b>Tabla 7.</b> Rendimiento en granos con aplicación de dosis estiércol y dosis de $K_2O$ . Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.....	29

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Localización del experimento en el Departamento de Caaguazú, Distrito del mismo nombre, Compañía 3° Línea Agua.....	13
<b>Figura 2.</b> Datos de precipitación (mm) desde agosto de 2017 a febrero de 2018 en relación a un promedio histórico del año 1987-2017.....	14
<b>Figura 3.</b> Distribución espacial de las unidades experimentales.....	15

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Página</b>
<b>A1.</b> Precipitación ocurrida durante el experimento y el ciclo del cultivo de maíz (setiembre 2017, marzo 2018).....	40
<b>A2.</b> Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018.....	41
<b>A3.</b> Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018 (Continuación).....	42
<b>A4.</b> Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018.....	42
<b>A5.</b> Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018 (Continuación).....	43
<b>A6.</b> Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018 (Continuación).....	44
<b>A7.</b> Análisis de varianza altura total de la planta.....	44
<b>A8.</b> Análisis de varianza diámetro del tallo.....	45
<b>A9.</b> Análisis de varianza de población de plantas.....	45
<b>A10.</b> Análisis de varianza de cantidad de plantas con mazorcas.....	45
<b>A11.</b> Análisis de varianza diámetro de la mazorca.....	46
<b>A12.</b> Análisis de varianza de longitud de la mazorca.....	46
<b>A13.</b> Análisis de varianza de peso de mil semillas.....	46
<b>A14.</b> Análisis de varianza de materia seca aérea.....	47
<b>A15.</b> Análisis de varianza de índice de cosecha.....	47
<b>A16.</b> Análisis de varianza de rendimientos en granos. ....	47

## **1. INTRODUCCION**

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial además de ser un rubro de muy alto consumo, es utilizado tanto para consumo humano como animal. A nivel nacional constituye un rubro de subsistencia tradicional dentro de los hábitos alimenticios de las familias campesinas, se siembran principalmente las variedades avati morofí (chipa), avati porã (locro), avati pichinga (pororó) estas se usan para alimentación humana ya que sus granos aporta almidones, azúcares, proteínas y también pueden ser destinadas a la comercialización de granos para que pueda generar ingresos económicos importantes, por otra parte, la variedad karape pytã es más utilizado para la alimentación de animales.

Un problema muy común en el rubro del maíz es el bajo rendimiento obtenido en la producción de agricultura familiar que puede afectar al ingreso económico de las familias campesinas. Una de las razones de esta causa, puede deberse a la degradación y pérdida de nutrientes de los suelos por el constante laboreo de la tierra, la no implementación de la rotación de cultivos y la poca o nula aplicación de nutrientes al suelo que ayuden al crecimiento y mayor rendimiento de los cultivos. Una alternativa para la mitigación de la degradación del suelo es la aplicación de estiércol bovino que el mismo productor puede poseer en su propiedad y no implica un gasto económico.

La aplicación de enmienda orgánica con fertilización potásica busca suplir los requerimientos nutricionales, aumentar la fertilidad del suelo, aumentar la disponibilidad de potasio para que el maíz tenga un mayor rendimiento y no sufra de maduración prematura de mazorcas y no pierda vigor la planta por falta de realización de fotosíntesis ya que el potasio está muy ligado a la producción de azúcares y proteínas.

Por otro lado, la fertilización es una práctica muy importante, ya que repone los nutrientes extraídos por la cosecha de los cultivos. La falta de dicha práctica disminuye la fertilidad del suelo, que influirá gradativamente en la disponibilidad de elementos esenciales afectando en forma negativa el rendimiento de los cultivos. Uno de estos nutrientes es el potasio que es importante en el rendimiento del maíz, para que no ocurra maduración prematura de las mazorcas, no pierda vigor la planta por falta de realización de fotosíntesis, ya que el potasio está muy ligado a la producción de azúcares y proteínas.

En este trabajo se tuvo como objetivo general, evaluar la fertilización potásica y de enmienda orgánica en el cultivo de maíz chipa. Los objetivos específicos fueron determinar altura y grosor de las plantas de maíz; medir el diámetro, longitud de la mazorca, número de plantas con mazorca, peso de mil semillas, la materia seca aportada por la planta de maíz, el rendimiento en granos, estimar el índice de cosecha y la cantidad de plantas por hectárea.

La hipótesis de este trabajo plantea que la aplicación de dosis crecientes de potasio hasta una dosis determinada, con estiércol bovino, puede propiciar la obtención de mayor rendimiento en granos del maíz. Por otro lado, menor dosis de potasio es requerida para obtener un mismo rendimiento, cuando es asociada con estiércol bovino.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Generalidades del cultivo del maíz**

El maíz es una de las plantas más eficientes en la transformación de los elementos minerales del suelo en un corto periodo de tiempo. El maíz chipá en el Paraguay es producto de la Agricultura Familiar Campesina. Es destinado en mayor parte para autoconsumo, ya que el mismo es ingrediente principal de varias comidas tradicionales, el excedente es comercializado para la obtención de ingresos. El maíz morotí lleva ese nombre (que en español significa maíz blanco), debido al color blanco de su harina (MAG 2007).

El maíz es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado de 1 a 5 m de altura. Planta monocotiledónea y monoica (flores masculinas y femeninas en distintos órganos de la planta) con flores femeninas en mazorcas laterales, flores masculinas que surgen de uno a dos días antes de la floración femenina. De polinización libre y cruzada, con gran producción de polen (25 a 30 mil granos por óvulos); granos en hileras incrustados en la tusa; mazorcas cubiertas por hojas; granos de tipo cariopsis (no tiene membrana); metabolismo fotosintético (radiación solar) tipo C4 (INTA2010).

El tallo tiene aspecto de caña, con los entrenudos rellenos de una molécula esponjosa, erecto, sin ramificaciones y de elevada longitud pudiendo alcanzar los 4 metros de altura. El maíz tiene escasa capacidad de ahijamiento, de hecho, se considera indeseado que perjudica la capacidad productiva (Ortas 2008).



La raíz es el primer componente que brota del embrión cuando la semilla germina, en las plantas maduras las raíces pueden profundizar hasta 1,8 m y explorar una superficie en círculo de 2 m de diámetro. En condiciones de clima cálido, la planta de maíz germina a los cuatro días, en el clima medio a los ocho días, en el frío moderado se necesitan 12 días para salir a la superficie del suelo. El sistema radical presenta 3 tipos de raíces: raíces primarias o seminales que son emitidas por la semilla, suministran anclaje y los nutrientes a la plántula, las raíces adventicias se originan de los nudos que se encuentran debajo de la superficie del suelo y pueden alcanzar hasta 2 m de profundidad; constituyen casi la totalidad del sistema radicular. Por otra parte, las raíces de sostén o soporte surgen de los nudos cerca de la superficie del suelo, son las que proporcionan estabilidad a la planta y disminuyen problemas de acame; estas raíces tienen la capacidad de realizar fotosíntesis y de absorber fácilmente el fósforo (Ospina 2015).

Las hojas son alternas, paralelinervias y provistas de vaina que nace de cada nudo. El número de hojas depende de la variedad y del ciclo, de la época de siembra, aunque podría llegar tener hasta 30 pero lo común es encontrar alrededor de 15 hojas (Ortas 2008).

Los suelos más apropiados son los francos, con buen drenaje, pH de 6.5 y en zonas lluviosas los suelos francos arenosos por su alta capacidad de drenaje. En zonas de poca precipitación es preferible los suelos arcillosos por su alta capacidad de retener humedad (INTA 2010).

Para Alcántara (2016) el cultivo de maíz depende para su productividad de tres factores principales; el clima (temperatura, radiación y precipitación) la planta (variedad, densidad, periodo vegetativo, enfermedades, insectos, malezas) y el suelo (textura, estructura, propiedades físicas, densidad, propiedades químicas, materia orgánica, actividad microbiana, erosión).

El avati morotí o maíz chipa es uno de las especies más representativas dentro del maíz harinoso (Orlando et al. 2016). Noldin (2016) menciona lo siguiente, los

granos del maíz blanco son de tamaño mediano, de forma redonda aplanada en la punta, conteniendo sólo almidón en el endosperma, el pericarpio en la mayoría es incoloro, encontrándose en algunos granos pericarpio de color rojo y variegado y el endosperma es blanco. ILSI (2006) menciona que el endosperma del maíz blanco se destaca por ser casi enteramente harinoso, son muy utilizados para su consumo fresco (choclo) y en la elaboración de diversas comidas tradicionales basadas en harina de maíz.

## **2.2 El cultivo del maíz en el Paraguay**

El maíz en el Paraguay es de importancia social por su explotación de los pequeños productores como fuente de alimentación humana y animal, la superficie de siembra en estas propiedades normalmente no excede a una hectárea. USAID (2011) dice que el crecimiento de la producción del maíz es de alta importancia a nivel local ya que genera puestos de trabajos, se crean alimentos balanceados para la exportación al mercado internacional.

Según Rabery y Rodríguez (2003) en un estudio realizado obtuvieron un promedio de  $1.101 \text{ kg ha}^{-1}$  lo cual ellos afirman que no alcanzaron el potencial productivo de esta variedad que va de  $2.000$  a  $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . Rivas (2017) en su experimento encontró un promedio de  $4.061 \text{ kg ha}^{-1}$ . Por su parte el MAG (2017) habla sobre el rendimiento del maíz chipa en siembra directa sobre mucuna, puede llegar a un rendimiento de  $3.226$  kilos por hectárea, pero que puede alcanzar rendimientos superiores de  $3.500 \text{ kg ha}^{-1}$ . El MAG (2010) afirma que el maíz chipa puede alcanzar un rendimiento de  $2.500 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Para la producción del cultivo se tiene en cuenta factores como el suelo y la época de siembra. La época ideal para el avati morotĩ para su siembra abarca desde los meses de agosto hasta setiembre afirma Ortigoza (2019). Rabery y Rodríguez (2003) dicen que el factor rendimiento es influenciado por el ambiente (elevadas temperaturas, pocas precipitaciones) lo cual hace que se obtengan resultados mayores o menores al potencial de producción.

## 2.3 Potasio

### 2.3.1 Potasio en el suelo

Para Vidal (2003) el potasio es un metal alcalino de color blanco que puede cortarse con un cuchillo y tiene 3 formas isotópicas naturales, de números 39, 40 y 41 de los cuales el potasio 40 es radioactivo el isótopo 39 es el más abundante y estable igual que el isótopo 41. Las fuentes principales de potasio entre los minerales primarios son feldespatos y las micas (muscovita y biotita) y entre los secundarios la illita y vermiculita, la principal fuente de potasio para las plantas proviene de la meteorización de los minerales (Sanzano s.f).

La disponibilidad del potasio que pueda estar presente en el suelo depende de la humedad que pueda presentar el mismo suelo (la mayor parte del potasio se mueve en el suelo hacia las raíces por difusión en la solución del suelo) la profundidad del suelo y el abastecimiento de capas del subsuelo pueden jugar un rol importante en la determinación de potasio disponible; en general suelos derivados de rocas básicas y suelos muy intemperizados son los que tienen menor contenido de potasio también se resalta que puede perderse por lavado y por erosión y que pueden ser fijados por los minerales arcillosos, quedando disponible lentamente. (Roldan et al. 2004).

Las pérdidas del potasio en el suelo se deben a la lixiviación y erosión de las mismas, hay mayor concentración de K en suelos con un régimen de humedad seco, los suelos arcillosos retienen más K en comparación de aquellos con texturas gruesas lo cual permite una menor disminución por lavado y mayor acumulación del mismo en el perfil del suelo Sanzano (s.f).

El potasio en la solución del suelo está inmediatamente disponible para la absorción de las plantas en forma inmediata, pero en ínfimas cantidades, apenas una porción del potasio total del suelo se encuentra en esta forma, las plantas en crecimiento extraen de forma rápida el potasio, pero a medida que el potasio es absorbido y extraído también es renovado inmediatamente por el proceso conocido

como adsorción-desorción (Conti 2007). Larriva (2003) afirma que la forma más usual de encontrar potasio en el suelo es como feldespatos y micas.

Vidal (2003) dice que en el suelo se encuentran cuatro formas de potasio que dependen de su biodisponibilidad: en la solución del suelo, intercambiable, no intercambiable y estructural.

El potasio en la solución del suelo ( $K_s$ ) es la fracción cuantitativa que está disponible para las plantas para su rápida absorción y se encuentra en concentraciones que oscilan entre 0,1 a 1000 ppm (pocos kg/ha) la cual se va renovando constantemente (Sanzano s.f)

El potasio intercambiable ( $K_i$ ) es la fracción que se encuentra retenida en la arcilla temporalmente en forma electrostática, los suelos con bajo contenido de arcilla normalmente presentan valores muy bajos de  $K_i$ , la forma intercambiable es la principal fuente de potasio para la absorción de los cultivos (Vidal 2003).

El potasio no intercambiable ( $K_{ni}$ ) está atrapada en el espacio interior de las arcillas y no está disponible para las plantas, las condiciones del suelo pueden provocar que los minerales arcillosos modifiquen la distancia entre las láminas por medio de procesos de dilatación y contracción, al dilatarse las arcillas el potasio fijado puede quedar disponible temporalmente para las plantas, pero al contraerse quedaría totalmente fijado a las láminas de arcilla (Sela 2017).

El potasio estructural ( $K_e$ ) constituye la forma principal en la que se encuentra el potasio en el suelo INTAGRI (2015). Torres (2016) constituye entre el 90 al 95% del K total disponible en el suelo y se encuentran formando partes de los minerales. Sela (2017) por su parte dice que el potasio se encuentra en el suelo y forma parte en la estructura cristalina de los feldespatos, arcillas y micas, estos minerales liberan cantidades pequeñas de potasio gracias a procesos lentos de meteorización.

### 2.3.2 Potasio en la planta

El potasio es conocido como el elemento de calidad para la producción agrícola, una nutrición potásica adecuada mejora muchos aspectos de la calidad de los cultivos: mayor porcentaje comercializable del rendimiento total, aumento en el porcentaje de proteínas en los granos, mayor contenido de aceite y vitamina C, mejora en el color y sabor de las frutas, aumento del tamaño de tubérculos, menores pérdidas durante el almacenamiento y transporte y vida más larga de las frutas y hortalizas (Imas 2010). El potasio después del nitrógeno y el calcio es el elemento absorbido en mayor cantidad por las plantas y se espera que después de cosechar un cultivo el potasio intercambiable en el suelo debe disminuir en la misma medida en la que fue extraída por las plantas, sin embargo en muchos suelos ocurren casos contrarios donde el potasio intercambiable después del cultivo es mayor que la diferencia entre el inicial y el extraído por la cosecha, esto indica que los suelos tienen capacidad para suministrar potasio a las plantas de las formas no intercambiables y para reponer en parte el potasio intercambiable tomado por éstas (Roldan et al. 2004). La aplicación de fertilizantes está directamente relacionado a la densidad de la población, del tipo de suelo y la fertilidad de la misma (García 2013)

La función del potasio contrario del nitrógeno y del fósforo, el potasio no se usa en la síntesis estructural de moléculas bioquímicamente importantes. El potasio se encuentra dentro de la solución de las células de la planta y se usa para mantener la presión de turgencia de la célula (lo que significa que evita que la planta se marchite prematuramente). Además, el potasio cumple un rol en la formación correcta de estomas (células usualmente ubicadas en el envés de la hoja, que se abren y se cierran para permitir la salida de vapor de agua y de gases residuales) y actúa como un activador de enzimas (PROMIX 2017).

En muchos valores de los procesos metabólicos de la planta, el potasio juega un rol clave: es esencial en la fotosíntesis, activa más de 60 sistemas enzimáticos promueve la síntesis, translocación y el almacenamiento de carbohidratos y optimiza la regulación hídrica en los tejidos vegetales. Estas múltiples funciones vitales del

potasio hacen que sean numerosos los efectos positivos de la fertilización potásica: promoción del crecimiento radicular, aumento de la resistencia a la sequía y a las heladas, disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, reducción de la tendencia al vuelco de cereales e incremento de la modulación en leguminosas (Imas 2010).

Camas et al. (2016) dice que el potasio en maíz ayuda a soportar el estrés ocasionado por sequía, altas temperaturas y enfermedades, así mismo cuando el potasio se encuentra en cantidades optimas y en balance con los demás nutrientes es mayor la proliferación y crecimiento de raíces por ende la planta tiene una mayor exploración del suelo y acceso al agua y nutrientes, otro beneficio es el incremento en la eficiencia en la fotosíntesis y evapotranspiración, debido a que regula la apertura y cierre de los estomas. Por otro lado Vidal (2003) menciona que el potasio está presente en todo el tejido vegetal y que la planta requiere altas dosis y cumplen funciones fisiológicas como: controla el balance iónico, translocación de metales, activa más de 60 sistemas enzimáticos que regulan las reacciones metabólicas de las plantas y regula el potencial osmótico.

Según Alcántara (2016) la planta del maíz realiza una extracción media que se calcula de elementos nutritivo de N, P, K en maíz por tonelada de granos producidos es de 25 kg de N, 11 kg de  $P_2O_5$  y 23 kg de  $K_2O$ . Es decir, por cada 1000 kg de cosecha de grano se puede dar un abonamiento de 30 kg de N, 15 kg de  $P_2O_5$  y 25 kg de  $K_2O$ . Por otra parte, García (2007) menciona que el cultivo de maíz necesita absorber 19 kg de N, 3,5 kg de P y 3,5 kg de S por cada tonelada de grano que produce.

### **2.3.3 Fertilización potásica e importancia de análisis de suelo**

Camas et al. (2016) afirma que en suelos no ácidos y cuando el potasio intercambiable se encuentra en niveles limitantes, deben aplicarse 90 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$  que equivalen a 150 kg de cloruro de potasio por hectárea (Otsubo y Lorenzi 2002) recomiendan las dosis de 40, 60 y 80 kg  $ha^{-1}$  de potasio en los suelos con disponibilidad

media, baja y muy baja de Potasio. Por su parte CODIPSA (2010) recomienda la aplicación de 60 – 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O en forma de cloruro o sulfato de potasio.

El análisis de suelo permite conocer el estatus del potasio disponible en el suelo (INTAGRI 2017). Camas et al. (2016) menciona que si el suelo tiene niveles limitantes de potasio es necesario tomar muestras de 0 a 30 cm de profundidad y el valor obtenido es menor a 0,2 cmol kg<sup>-1</sup> es necesario llevar a cabo la aplicación de correctivos para aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

## **2.4 Enmienda orgánica**

Las enmiendas orgánicas son residuos de origen animal y cosechas vegetales que adicionadas al suelo mejora sus características físicas, químicas y biológicas (Ulloa et al. 2014). Los abonos orgánicos incluyen todo material de origen orgánico utilizado para la fertilización de cultivos o como mejoradores de suelos (Jeavons, 2002; Soto, 2003). Los beneficios del uso de abonos orgánicos son muy amplios, ya que además de aportar MO y nutrimentos al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Pedroza y Samaniego 2003).

Por su parte Salazar et al. (2002) dice que el abono orgánico posee la capacidad de mejorar las propiedades del suelo como el pH, la aireación, la retención de agua y estabilidad de agregados. El uso de enmiendas orgánicas es una práctica alternativa a la horticultura tradicional, que mejora la condición física y química del suelo, actuando como fuente de carbono y otros nutrientes a su vez estimula y diversifica la biota edáfica creando así un medio adecuado para el crecimiento de las plantas (Rotondo et al. 2009).

Según Leblanc et al. (2007), la calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo, la calidad de un abono orgánico se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo. Este contenido está directamente

relacionado con las concentraciones de esos nutrientes en los materiales utilizados para su elaboración (Benzing, 2001).

El uso de altas dosis de aplicación de residuos orgánicos aumenta el riesgo de pérdidas de nutrientes al ambiente a través de lixiviación, volatilización, desnitrificación, y escorrentía superficial. Al respecto, experimentos realizados en condiciones controladas de laboratorio, comparando distintas dosis de aplicación de residuos orgánicos, han mostrado que las tasas de desnitrificación aumentan significativamente al aumentar las dosis de aplicación (Paul et al. 1993).

Por su lado Julca et al. (2006) habla sobre efecto del humus sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso.

La incorporación de materiales orgánicos como rastrojos o residuos de cultivos anteriores en plantaciones de maíz sirve para favorecer la nutrición de las plantas y aumentar el rendimiento de granos de maíz, esto es debido a la mayor eficiencia en la utilización del carbono por el cultivo y la construcción de materia orgánica lábil del suelo (Álvarez et al. 2010). Ulloa et al. (2014) afirma que la enmienda orgánica mejora la estructura del suelo y favorece la microbiología, medios necesarios para el cultivo de maíz.

## **2.5 Estiércol**

Se trata de un abono compuesto de naturaleza órgano-mineral, con un bajo contenido en elementos minerales. Su nitrógeno se encuentra casi exclusivamente en forma orgánica y el fósforo y el potasio al 50 por 100 en forma orgánica y mineral pero su composición varía entre límites muy amplios, dependiendo de la especie animal, la naturaleza de la cama, la alimentación recibida, la elaboración y manejo del montón, etc. como término medio, un estiércol con un 20 - 25 % de materia seca



contiene  $4 \text{ kg.t}^{-1}$  de nitrógeno,  $2,5 \text{ kg.t}^{-1}$  de anhídrido fosfórico y  $5,5 \text{ kg.t}^{-1}$  de óxido de potasio. En lo que se refiere a otros elementos, contiene por tonelada métrica  $0,5 \text{ kg}$  de azufre,  $2 \text{ kg}$  de magnesio,  $5 \text{ kg}$  de calcio,  $30 - 50 \text{ g}$  de manganeso,  $4 \text{ g}$  de boro y  $2 \text{ g}$  de cobre el estiércol de caballo es más rico que el de oveja, el de cerdo y el de vaca. El de aves de corral o gallinaza es, con mucho, el más concentrado y rico en elementos nutritivos, principalmente nitrógeno y fósforo (Pilar 2001).

Samudio (2016) explica que la cantidad de potasio y fosforo presente en el estiércol son asimilados eficazmente por las plantas, pero ese no es el caso del nitrógeno ya que solo una fracción de ella es soluble y que el contenido de nutrientes que se puede hallar en estiércol vacuno medido en kg por cada tonelada de estiércol son los siguientes; Nitrógeno: 3,4; Fosforo: 1,3; Potasio: 3,5.

El estiércol bovino contiene cerca del  $1.5 \%$  de nitrógeno y ha sido utilizado desde tiempos remotos como fertilizante y su influencia sobre la fertilidad del suelo ha sido demostrada. La composición química del estiércol, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, presentan variaciones según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Pedroza y Samaniego 2003). Sosa et al. (2010) concluye que la aplicación de enmienda orgánica es una alternativa factible para reponer nutrientes al suelo, aumenta la producción del maíz y que la materia orgánica bovina se debería aplicar 40 días antes mientras que la materia orgánica proveniente de la producción porcina debería aplicarse con mayor antelación.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización y caracterización del área experimental

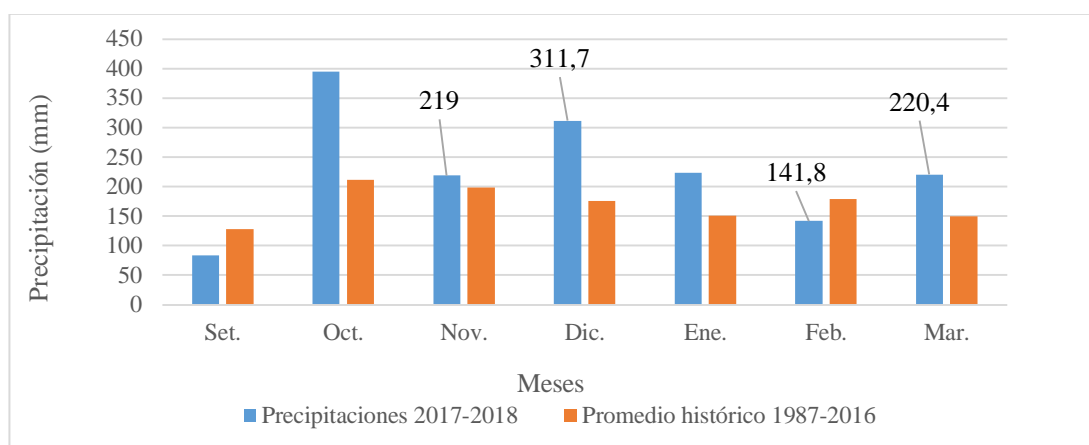
La investigación forma parte del proyecto “Manejo sostenible de la fertilidad del suelo para la producción de alimentos”, financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Se llevó a cabo en el predio de la finca del señor Pedro Sanabria, ubicado en la Compañía 3° Línea Agua, Distrito de Caaguazú, Departamento del mismo nombre, distante 190 km al este de Asunción, la latitud del mismo es  $25^{\circ} 23' 18'' S$  y la longitud  $56^{\circ} 02' 36'' O$ , altitud de 315 msnm.



**Figura 1.** Localización del experimento en el Departamento de Caaguazú, Distrito del mismo nombre, Compañía 3° Línea Agua.

Según López et al. (1995), el suelo predominante del lugar corresponde a Rhodic Paleudult, que se caracterizan por ser suelos minerales con horizonte iluvial de arcilla y baja saturación de base, textura arenosa y franco arcillosa presente en el horizonte B. El análisis químico del suelo de la camada superficial 0-0,20 cm realizado antes de empezar con el experimento presento los siguientes resultados: pH= 5,5;

Materia Orgánica= 0,69%; P=2,76 mg kg<sup>-1</sup>; Ca<sup>2+</sup>= 0,80 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg<sup>2+</sup>= 0,28 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; K<sup>+</sup>= 0,07 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Na<sup>+</sup>= 0,02 cmol<sub>c</sub>; Al<sup>+</sup>= 0,0 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (Samudio 2016). El clima del Departamento de Caaguazú se caracteriza por ser húmedo y meso térmico con una precipitación media anual de 1.429 mm y 22,5 °C de temperatura media anual (Aquino 2014).



**Figura 2.** Datos de precipitación (mm) desde agosto de 2017 a febrero de 2018 en relación a un promedio histórico del año 1987-2017.

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

**Tabla 1.** Tratamiento del experimento, combinación de dosis de potasio (K<sub>2</sub>O) con estiércol bovino (EB).

TRATAMIENTOS	Cantidad de EB (t ha <sup>-1</sup> )	Cantidad de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	0	0
T2	0	40
T3	0	80
T4	0	120
T5	0	160
T6	5	0
T7	5	40
T8	5	80
T9	5	120
T10	5	160
T11	10	0
T12	10	40
T13	10	80
T14	10	120
T15	10	160

### 3.2 Diseño experimental y tratamientos

El estudio se realizó según un diseño de bloques al azar dispuestos a campo en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, y se evaluaron dos factores, el primero dosis de estiércol bovino que fue distribuido en las parcelas y el segundo factor que corresponde a dosis de Potasio, se distribuyó en las subparcelas. La dosis de estiércol bovino fueron 10 t ha<sup>-1</sup> y 5 t ha<sup>-1</sup> a parte un testigo con 0 t ha<sup>-1</sup>. Las dosis de Potasio evaluadas fueron (0, 40, 80, 120, 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O).

A partir de los factores estiércol bovino y potasio se tuvieron 15 tratamientos que fueron evaluados con 4 repeticiones, estando el experimento constituido por 60 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo 15 m<sup>2</sup> (5 m x 3 m), siendo el total del área utilizada por el experimento de 900 m<sup>2</sup>.

B-I		B-II		B-III		B-IV		45 m
EB. t ha <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>	EB. t ha <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>	EB. t ha <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>	EB. t ha <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>	
5	80	5	160	10	40	0	80	
	0		80		160		40	
	40		40		0		0	
	160		120		80		120	
	120		0		120		160	
10	120	0	0	5	40	10	80	
	160		160		80		0	
	40		80		120		160	
	0		120		160		120	
	80		40		0		40	
0	40	10	0	0	160	5	40	
	80		160		40		120	
	160		40		0		0	
	120		120		80		80	
	0		80		120		160	

20 m

---

Camino de la finca

---

**Figura 3.** Distribución espacial de las unidades experimentales.

Cada unidad experimental está constituida por seis hileras de maíz distanciadas a 0,80 m cada una y 0,20 m entre plantas, y fueron dejadas una planta por

hoyo. El área útil de cada unidad experimental fue de (4,48 m<sup>2</sup>), de manera a evitar el efecto borde.

El estiércol bovino utilizado provino de la finca donde se llevó a cabo experimento, el fertilizante potásico utilizado fue el cloruro de potasio (0-0-60) y fueron las mismas que se adicionaron en el cultivo de la mandioca y maíz en experimentos anteriores. Por otro lado, se aplicaron dosis fijas de fosforo y nitrógeno (70 y 80 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, siendo utilizadas como fuentes la urea (45-0-0) y el superfosfato simple (0-21-0).

### 3.3 Historial de la parcela

Los trabajos experimentales en la parcela iniciaron en el año 2015, de esta manera esta investigación corresponde al tercer año. En la tabla 2 se presenta el historial de la parcela.

**Tabla 2.** Dosis de estiércol y potasio en años anteriores.

<b>Cultivo</b>	<b>Zafra</b>	<b>Estiércol bovino (t ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Dosis de K<sub>2</sub>O</b>
Mandioca	2015/16	20	0, 40, 80, 120, 160
Maíz	2016/17	0, 7,5, 15	0, 40, 80, 120, 160
Maíz	2017/18	0, 5, 10	0, 40, 80, 120, 160

### 3.4 Implantación y manejo del experimento

#### 3.4.1 Preparación del terreno

El sistema que se implementó en este experimento fue el de Siembra Directa con cobertura de restos del cultivo anterior, en este caso maíz.

Se llevó a cabo primeramente la delimitación del terreno para su posterior encuadre, se definió cuatro bloques divididos en tres parcelas cada uno, al momento

de realizar la fertilización se marcaron las subparcelas definiéndose un total de 15 subparcelas por bloque.

### **3.4.2 Aplicación de los fertilizantes y siembra**

La enmienda utilizada fue aplicada aproximadamente 60 días antes de la siembra, primeramente se aplicó para el cultivo de mandioca que no prospero en la parcela entonces se procedió a la siembra de maíz. Las dosis de cada tratamiento fueron aplicadas en forma manual y al voleo en cada parcela correspondiente.

La siembra del maíz se realizó también de manera manual, con la utilización de una sembradora tipo matraca, el distanciamiento utilizado será de 0,80 m entre hileras y 0,20 m entre plantas, y se dejó tres semillas por hoyo. La semilla del maíz utilizado fue de la variedad amiláceo GUARANI VS 254.

La dosis fija de fósforo utilizada fue de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , que se aplicó al momento de la siembra en surco paralelo a hileras, siendo el fertilizante el súper fosfato simple. La dosis fija de nitrógeno utilizada fue de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ , se aplicó la primera mitad de la dosis de nitrógeno en el mismo día de la siembra y también del lado izquierdo de las hileras, lo restante 45 días después de la primera aplicación. Las dosis de  $\text{K}_2\text{O}$  (0-40-80-120-160) las dosis menores fueron aplicados e incorporados el mismo día de la siembra del lado derecho de las hileras, las dosis mayores se aplicaron 45 días después de la primera fertilización.

### **3.4.3 Cuidados culturales y cosecha**

El raleo del cultivo se realizó 22 días después de la siembra, al igual que la primera carpida, y se dejó solo una planta por hoyo. La carpida se realizó con azada eliminando así las malezas que podrían interferir en el correcto desarrollo de las plántulas, siendo realizados dos carpidas durante la duración del experimento. Antes de la cosecha se aplicó glifosato a la parcela experimental para acelerar la marchitez de la planta de maíz y eliminación de malezas. La cosecha del cultivo se realizó de

forma manual, una vez que los granos alcanzaron la madurez fisiológica. La superficie cosechada fue de 4,48 m<sup>2</sup>, correspondiente al área útil de cada unidad experimental.

#### **3.4.4 Variables evaluadas**

**Altura final de la planta:** antes de realizar la cosecha se seleccionaron al azar del área útil ocho plantas por unidad experimental. La medición se realizó desde el cuello hasta el ápice de la flor, utilizando la cinta métrica. Los resultados se expresan en metros.

**Diámetro del tallo del maíz:** al momento de la medición de la altura de la planta, se midió el diámetro del tallo, de las mismas plantas, con la utilización de un paquímetro, se midió en un punto entre el cuello y el primer nudo. Los resultados se expresan en centímetros.

**Cantidad de planta con mazorca:** al momento de la cosecha, se procedió al conteo de plantas con mazorcas en el área útil de la subparcela, el resultado fue expresado por hectárea.

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

**Longitud de espiga del maíz:** se seleccionaron seis espigas pertenecientes a las plantas ubicadas en el área útil, se realizó la medición con la utilización de una regla de 30 cm, después de la remoción de la chala.

**Diámetro de la espiga de maíz:** de las mismas mazorcas seleccionadas para la longitud de espigas, se midió el diámetro en la parte media de la mazorca con la ayuda del paquímetro.

**Masa seca aérea del maíz (MSA):** se seleccionaron todas las plantas del área útil obteniendo así un peso total por cada unidad experimental, posteriormente se procedió a realizar un peso reducido de las mismas, y se introdujeron a estufa todas las muestras por tratamiento a 60°C, por un lapso de 48 horas. Luego se registró el peso del material y se aplicó la ecuación abajo presentada para obtener la MSA.

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

Las muestras para determinar la masa seca aérea incluyen a los tallos, hojas, flores masculinas, chala y marlo.

**Peso de mil semillas:** para el efecto, se seleccionaron al azar 3 submuestras de 100 semillas por unidad experimental, las cuales fueron pesadas en balanzas digital registrando así un promedio, y luego se procedió a multiplicar por 10 para obtener el peso de mil gramos.

**Rendimiento en kg ha<sup>-1</sup>:** se determinó una vez desgranadas las mazorcas del área útil. Posteriormente se determinó el contenido de humedad de los granos para ajustar el rendimiento hasta un 13% del contenido de humedad del grano, según la ecuación abajo corresponde.

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

**Índice de cosecha:** se obtuvo dividiendo el peso del grano ajustado a 13% de humedad y la materia seca total (incluyendo peso de granos).

$$IC = \frac{\text{masa de grano seco}}{\text{nasa seca total (planta triturada + marlo + grano)}} \times 100$$



### **3.5 Método de control de calidad de datos**

Cada actividad fue realizada de manera minuciosa, al igual que la manipulación de los datos. El trabajo tanto de campo como de gabinete estuvo supervisado tanto por el orientador y coorientador.

### **3.6 Modelo de análisis e interpretación**

Los datos obtenidos de las variables estudiadas fueron sometidos a análisis de varianza (ANAVA), para observar la existencia de diferencias significativas en los parámetros estudiados por el efecto de las dosis de potasio, del estiércol bovino y la combinación de las mismas. En las variables en que se obtuvieron diferencias significativas por efecto de los tratamientos, se realizó prueba de comparación de medias de Scott Knott al 5% de probabilidad de error y/o análisis de regresión.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de la planta y diámetro del tallo

En la tabla 3 se presentan los valores obtenidos de las variables altura de la planta, diámetro del tallo. En las variables se verifico efectos significativos por la aplicación de estiércol bovino. Por otro lado no hubo efectos significativos por las dosis de fertilización potásica, en ninguna de estas variables, así como, no se encontró interacción entre ambos factores en las variables estudiadas (Anexo 7 y 8).

**Tabla 3.** Altura de la planta del maíz, diámetro del tallo del maíz, con aplicación de dosis de estiércol bovino y dosis de K<sub>2</sub>O. Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.

<b>Factores</b>	<b>Altura de la planta (m)</b>	<b>Diámetro del tallo (cm)</b>
Dosis de estiércol bovino (t ha <sup>-1</sup> )		
0	2,03 b	2,01 b
5	2,41 a	2,18 a
10	2,44 a	2,2 a
<b>Media general</b>	<b>2,29</b>	<b>2,13</b>
Dosis K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )		
0	2,18 ns	2,12 ns
40	2,27	2,08
80	2,3	2,17
120	2,36	2,13
160	2,36	2,14
<b>CV (%)</b>	<b>11,08</b>	<b>9,6</b>
<b>Media general</b>	<b>2,29</b>	<b>2,13</b>

CV: Coeficiente de variación. ns: medias en la columna sin diferencia significativa. Medias seguidas por diferentes letras en la columna, difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error.

El estiércol bovino incremento de forma lineal la altura de la planta de maíz ajustándose a la ecuación  $y = 0,041x + 2,088$  con  $R^2 = 0,80$ . La ecuación indica que

por cada tonelada adicional de estiércol la altura aumento 0,041 metros. El diámetro del tallo también aumentó de forma lineal por el factor estiércol bovino, según la ecuación  $y = 0,019x + 2,035$  con coeficiente de relación  $R^2 = 0,83$ ; el cual indica aumento del diámetro del tallo del maíz 0,019 cm por cada tonelada adicional de estiércol bovino.

En el mismo establecimiento Rivas (2018) en la zafra 2016/17 y Garcete (2018) en la zafra 2017/18, usando la misma variedad de maíz también encontraron efectos significativos de la aplicación de estiércol bovino en la altura de la planta. Rivas (2018) con dosis de estiércol bovino 7,5 y 15 t ha<sup>-1</sup> obtuvo promedios de 2,09 y 2,26 m respectivamente, significativamente superior al testigo con promedio de 1,6 m. Garcete (2018) encontró promedios de altura de la planta del maíz de 2,13 m para la dosis de 5 t ha<sup>-1</sup> y 2,18 m en la dosis de 10 t ha<sup>-1</sup> y 1,69 m para el testigo (0 t ha<sup>-1</sup>) confirmando de esta manera diferencia significativa entre las dos aplicaciones y el testigo.

Rivas (2018) constato diferencias significativas en el diámetro del tallo del maíz con promedios de 2,07 y 2,18 cm para las dosis de 7,5 y 15 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, superiores al testigo con un promedio de 1,63 cm. Sin embargo, Garcete (2018) afirma que el diámetro del tallo aumento con la aplicación de estiércol bovino, pero no verifico efectos significativos entre las dosis de 5 y 10 t ha<sup>-1</sup> en donde los promedios fueron de 1,93 y 1,91 cm, pero si observo diferencia en relación al testigo con un promedio de 1,76 cm.

Herrera y Torres (2002) encontraron diferencias significativas en la altura de la planta y diámetro del tallo del maíz variedad NB-6 aplicando estiércol en fechas diferentes después de la siembra en dosis de 2.304 kg ha<sup>-1</sup> y 1152 kg ha<sup>-1</sup> realizado en San Marcos, Nicaragua. Sin embargo, Longoria (2000) aplicando estiércol bovino en diferentes fechas y dosis, en maíz blanco, no encontró diferencias significativas en la altura de la planta y diámetro del tallo, citando promedios de 2 m y 1,93 cm respectivamente, esto es debido a que no hubo suficiente nitrógeno liberado por el estiércol aplicado, aunque considera el autor esta idea como una simple especulación.

Con lo que respecta a la fertilización potásica Meneses et al. (2017) no observaron resultados estadísticos para la altura y diámetro de la planta, atribuyendo de esta manera a la alta cantidad de potasio disponible en el suelo. Alvarado (2002) tampoco encontró diferencias estadísticas en ninguna de las variables mencionadas.

#### 4.2 Población de plantas y cantidad plantas con mazorcas

En la tabla 4 se presentan los resultados de las medias obtenidos en la medición de los parámetros de producción: población de plantas y cantidad de plantas con mazorca. Los análisis de varianza de las dos variables se presentan en los Anexos 9 y 10 respectivamente.

**Tabla 4.** Población de plantas y cantidad de plantas con mazorca, con aplicación de dosis de estiércol bovino y dosis de K<sub>2</sub>O. Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.

<b>Factores</b>	<b>Población de plantas ha<sup>-1</sup></b>	<b>Cantidad de plantas con mazorca ha<sup>-1</sup></b>
Dosis de estiércol bovino (t ha <sup>-1</sup> )		
0	50.173 ns	30.468 b
5	50.694	37.413 a
10	49.305	36.631 a
<b>Media general</b>	<b>50,06</b>	<b>34,84</b>
Dosis K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )		
0	48.755 ns	31.539 ns
40	49.913	35.590
80	50.925	34.288
120	50.202	35.734
160	50.491	37.037
<b>CV (%)</b>	<b>11,08</b>	<b>18,76</b>
<b>Media general</b>	<b>50,06</b>	<b>34,84</b>

CV: Coeficiente de variación. ns: medias en la columna sin diferencia significativa. Medias seguidas por diferentes letras en la columna, difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error.

Se constató efecto significativo de la dosis de estiércol en la variable plantas con mazorca sin embargo, no presentaron diferencias significativas entre las dosis K<sub>2</sub>O. No se observó interacción entre ambos factores en las variables estudiadas.

La variable número de plantas con mazorcas fue influenciado positivamente a la adición de estiércol bovino, ajustándose a la ecuación de  $y = 616,3x + 31.756$  con coeficiente de determinación  $R^2 = 0,66$ . Como se constata en la Tabla 3, con las dosis de estiércol de 5 y 10 t ha<sup>-1</sup> se obtuvieron promedios de 37.413 y 36.631 respectivamente y superiores al testigo.

También Rivas (2018) encontró efectos significativos con las dosis de estiércol bovino observando un promedio de 36.834 plantas con mazorca para el testigo (0 t ha<sup>-1</sup>) y para las dosis de 7,5 y 10 t ha<sup>-1</sup> promedios de 53.683 y 58.929 plantas con mazorca superiores al testigo respectivamente. Por su parte, Garcete (2018) constato efectos significativos con las dosis de 5 y 10 t ha<sup>-1</sup> con promedios también superiores a los observados en este trabajo.

Como se observa en la Tabla 3 en la variable población de plantas no se obtuvo respuesta para los factores estiércol y potasio, aunque se ve una tendencia de aumento en relación directa con el incremento de las dosis de K<sub>2</sub>O hasta los 80 kg ha<sup>-1</sup> y posteriormente se vio una tendencia de disminución con mayores dosis de potasio. Reichert (2018) no observo repuesta al factor estiércol en la población de plantas. Figueroa y Benítez (2010) tampoco encontraron respuestas en el cultivo de maíz a la adición de potasio en la variable plantas por hectárea.

### **4.3 Diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca y peso de mil semillas**

En la Tabla 5 se observan los valores medios obtenidos en la medición de los caracteres de rendimiento: diámetro de espiga (Anexo 11), longitud de espiga (Anexo 12) y peso de mil semillas (Anexo 13).

El diámetro de la mazorca, longitud de la mazorca y peso de mil semillas fueron afectados significativamente por el factor estiércol bovino, en tanto que no presentaron efectos significativos a la aplicación de la fertilización potásica. Por otro lado, no se presenta interacción entre los factores para ninguna de las variables.

**Tabla 5.** Longitud y diámetro de la mazorca, peso de mil semillas con aplicación de dosis de estiércol bovino y dosis de K<sub>2</sub>O. Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.

<b>Factores</b>	<b>Diámetro de la mazorca (cm)</b>	<b>Longitud de la mazorca (cm)</b>	<b>Peso de mil semillas (g)</b>
Dosis de estiércol bovino (t ha <sup>-1</sup> )			
0	4,16 b	15,95 b	234,17 b
5	4,31 a	16,95 a	249,50 a
10	4,31 a	17,25 a	246,67 a
<b>Media general</b>	<b>4,26</b>	<b>16,7</b>	<b>243,4</b>
Dosis K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )			
0	4,20 ns	16,78 ns	243,06 ns
40	4,19	17,14	237,49
80	4,36	16,79	248,88
120	4,26	16,48	245,29
160	4,29	16,38	242,49
<b>CV (%)</b>	<b>3,91</b>	<b>5,87</b>	<b>6,68</b>
<b>Media general</b>	<b>4,26</b>	<b>16,7</b>	<b>243,4</b>

CV: Coeficiente de variación. ns: medias en la columna sin diferencia significativa. Medias seguidas por diferentes letras en la columna, difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error.

La aplicación creciente de estiércol bovino en el cultivo de maíz chipa incremento el diámetro y la longitud de las mazorcas de la misma, se verifico el incremento significativo que se ajustan a los resultados de las ecuaciones lineales.

El efecto de la aplicación del estiércol bovino en el diámetro de la mazorca se ajustó a la ecuación  $y = 0,015x + 4,185$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,75$ . A partir de la misma se interpreta que por cada tonelada adicional de estiércol hubo un incremento de 0,015 cm en el diámetro de la mazorca. Por otra parte, la longitud de mazorca se ajustó a la ecuación  $y = 0,13x + 16,067$  con  $R^2 = 0,91$ , indicando un aumento 0,13 cm en la longitud por cada tonelada adicional de estiércol.

Longoria (2000) aplicando dosis de 0; 2,5 y 5 t ha<sup>-1</sup> de estiércol, no observó diferencia significativa en la longitud de mazorcas. Esto concuerda con los estudios realizados por Herrera y Torres (2002) que tampoco encontraron diferencias

significativas y con los de Duarte (2016) en suelos arenosos de Canindeyu tampoco observó efectos significativos en la misma variable con adición de estiércol bovino de 30 t ha<sup>-1</sup>. Puscan y Oliva (2017) estudiando las mismas variables no observaron efectos significativos de la adición de estiércol al cultivo de maíz.

Rivas (2018) y Reichert (2018) (en Zafras 2016/17), Garcete (2018) (Zafra 2017/18) en la misma área experimental y con la misma variedad también encontraron efecto significativo de la aplicación del estiércol bovino en la longitud y diámetro de la mazorca. Gonzales (2016) aplicando 25 t ha<sup>-1</sup> obtuvo un promedio de 16,3 cm de longitud y 3,72 cm de diámetro de mazorca, en la misma variedad de maíz, valores menores a los que se obtuvo en estas variables en la presente investigación.

La variable de peso de mil semillas responde a la ecuación de  $y = 1,25x + 237,2$  con un coeficiente de determinación  $R^2 = 0,59$ . Se puede determinar de esta manera que por cada tonelada adicional de estiércol hubo un incremento de 1,25 g en el peso de mil semillas.

Reichert (2018) pudo encontrar efectos significativos en la aplicación de dosis de estiércol en la variable de peso de mil semillas. Rivas (2018) también constato diferencias estadísticas con estiércol bovino obteniendo promedios de 227,27 g para las dosis de 7,5 t ha<sup>-1</sup> y 241,26 g para la dosis de 15 t ha<sup>-1</sup> significativamente superiores al testigo con promedio 190,47 g respectivamente.

Garcete (2018) también pudo observar efecto estadístico significativo para la variable peso de mil semillas con las mismas dosis (5 y 10 t ha<sup>-1</sup>) utilizadas en este experimento, obtuvo promedios de 229 y 235 g respectivamente, resultados superiores en relación al testigo con un promedio de 214 g.

Sosa et al. (2010) en su experimento observo diferencias significativas para la variable de peso de mil semillas aplicando estiércol bovino en maíz híbrido.

Alvarado (2002) no encontró diferencia estadística para las variables de longitud y diámetro de la mazorca en maíz dulce para el factor potasio.

Por otro lado, Valenzuela (2013) aplicando dosis de potasio 60 y 80 kg ha<sup>-1</sup> pudo observar resultados estadísticos en su experimento en las mismas variables mencionadas anteriormente.

Arana et al. (2018) en su experimento también pudieron encontrar resultados estadísticos para la longitud y diámetro de la mazorca en maíz híbrido (DEKALB-7088) aplicando fertilizantes a base de potasio obteniendo de esta manera promedios de 158,09 mm y 51,83 mm respectivamente.

Pese a no encontrarse diferencia significativa en el peso de mil semillas por aplicación de dosis de K<sub>2</sub>O, se puede destacar que los promedios observados están por debajo de la media para la variedad de maíz utilizada en este experimento, el IPTA (2015) afirma que los promedios se encuentran entre 250 a 255 g respectivamente.

#### **4.4 Masa seca aérea e índice de cosecha**

En la tabla 6, se presenta los resultados de masa seca aérea, e índice de cosecha. Se puede observar que el factor enmienda presentó efecto significativo para la variable índice de cosecha pero no así para la variable de masa seca aérea que no dio resultados significativos en respuesta a la enmienda orgánica. Para el factor potasio no afectó significativamente a las variables estudiadas y no se constata interacción entre los factores en ninguna de las tres variables (Anexo 14 y 15).

La variable de índice de cosecha responde a la ecuación de  $y = 0,726x + 39,06$   $R^2 = 0,81$  en donde en por cada tonelada adicional de estiércol hubo un incremento de 0,726% de índice de cosecha. El mayor valor se obtuvo con las dosis de 10 t ha<sup>-1</sup> (47,32%) el testigo 0 t ha<sup>-1</sup> y la dosis de 5 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino arrojaron promedios de 40,06 y 40,69 % estadísticamente iguales entre sí.



**Tabla 6.** Masa seca aérea, rendimiento en granos e índice de cosecha con aplicación de dosis estiércol bovino y dosis de K<sub>2</sub>O. Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.

<b>Factores</b>	<b>Materia seca aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Índice de cosecha (%)</b>
Dosis de estiércol bovino (t ha <sup>-1</sup> )		
0	3.781 ns	40,06 b
5	3.809	40,69 b
10	3.601	47,32 a
<b>Media general</b>	<b>3730</b>	<b>42,69</b>
Dosis K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )		
0	3.510 ns	40,36 ns
40	3.354	45,54
80	3.723	44,41
120	4.044	40,77
160	4.021	42,38
<b>CV (%)</b>	<b>27,62</b>	<b>21,90</b>
<b>Media general</b>	<b>3730</b>	<b>42,69</b>

CV: Coeficiente de variación. ns: medias en la columna sin diferencia significativa. Medias seguidas por diferentes letras en la columna, difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error.

Rivas (2018) en el mismo local, antecediendo a este experimento aplicando 7,5 y 15 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino en la misma variedad de maíz utilizada para este experimento, también obtuvo diferencia significativa para la variable de índice de cosecha. Esto concuerda con Garcete (2018) que también encontró efectos significativos, pero aplicando 5 y 10 t ha<sup>-1</sup>. Reichert (2018) por otra parte no encontró respuesta significativa entre las dosis de 7,5 y 15 t ha<sup>-1</sup>.

Las variables mencionadas no presentan resultados estadísticos para el factor potasio y no hubo interacciones entre las variables. Estos resultados concuerdan con Arias (2006) que no observo resultados estadísticos en el cultivo de maíz.

Hirzel et al. (2004) en su experimento llevado a cabo en la localidad Chillan, Chile no encontraron respuesta para la variable materia seca aplicando distintas dosis de potasio.

#### 4.5 Rendimiento en granos

En la tabla 7 se presenta los valores obtenidos para la variable rendimiento en granos. Se puede observar efectos significativos para el factor estiércol bovino, de las dosis de K<sub>2</sub>O (Anexo 16).

**Tabla 7.** Rendimiento en granos con aplicación de dosis estiércol bovino y dosis de K<sub>2</sub>O. Distrito de Caaguazú, Zafra 2017/18.

Dosis de K <sub>2</sub> O (Kg ha <sup>-1</sup> )	Dosis de Estiércol (t ha <sup>-1</sup> )			Promedio
	0	5	10	
0	1.626	2.639	2.824	<b>2.362 ns</b>
40	2.203	3.208	3.100	<b>2.836</b>
80	2.290	3.418	3.097	<b>2.934</b>
120	2.121	3.098	3.300	<b>2.839</b>
160	1.678	3.062	3.612	<b>2.907</b>
<b>Promedio</b>	<b>2.057 B</b>	<b>3.084 A</b>	<b>3.184 A</b>	<b>2.775</b>

ns; no significativo; medias seguidas por diferentes letras en mayúscula, difieren entre sí por la prueba de Scott Knott al 5% de probabilidad de error.

El estiércol bovino incremento de forma lineal el rendimiento en kg ha<sup>-1</sup> ajustándose de esta manera a la ecuación  $y = 112,9x + 2211,2$  con  $R^2 = 0,82$ . La ecuación indica que por cada tonelada adicional de estiércol el rendimiento aumento 112,9 kg. Se puede observar que no hay diferencia estadística entre la dosis de 0 y 5 t ha<sup>-1</sup> cuyos promedios son menores encontrados en la dosis de 10 t ha<sup>-1</sup>.

Reichert (2018) pudo encontrar resultados estadísticos iguales entre sí para las dosis de 7,5 y 15 t ha<sup>-1</sup> con promedios de 2.899 kg y 3.612 kg respectivamente y superiores al testigo. Duarte (2016) también pudo encontrar efectos significativos en la misma variable. Sosa et al. (2010) observo resultados estadísticos aplicando estiércol, 13 t ha<sup>-1</sup> en maíz (hibrido) obteniendo de esta manera un promedio de 12.572 kg.

Rivas (2018) aplicando 15 t ha<sup>-1</sup> de estiércol bovino obtuvo un promedio de 4.061 kg ha<sup>-1</sup> en rendimiento en granos de maíz chipa, por otra parte en este experimento se obtuvo un promedio de 3.184 kg ha<sup>-1</sup> utilizando la misma variedad de

maíz. El IPTA (2015) afirma que el potencial de producción del maíz chipa en granos es de 5.200 kg ha<sup>-1</sup>.

Los resultados coinciden con Garcete (2018) que también constato efectos estadísticos para la variable rendimiento en granos obteniendo un promedio de 3.688 kg h<sup>-1</sup> para la dosis de 10 t ha<sup>-1</sup> tampoco pudo alcanzar el potencial de producción del maíz chipa mencionado por el IPTA (2015) indicando de esta manera en su investigación la importancia de la reutilización de los residuos orgánicos generados por cultivos anteriores.

Meneses et al. (2017) tampoco observo diferencias estadísticas en su experimento realizado en Uruguay con maíz dulce para la variable de rendimiento en granos por la aplicación de potasio. Prystupa et al. (2004) no encontraron respuestas agregando K<sub>2</sub>O al cultivo de maíz.

Alvarado (2002) también utilizo maíz dulce para su experimento y no encontró respuesta para el factor potasio en ninguna de las variables índice de cosecha y rendimiento en granos.

Valenzuela (2013) por su parte obtuvo resultados estadísticos con un promedio de 5.384 kg ha<sup>-1</sup> aplicando 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O superior al testigo con promedio de 3.131 kg ha<sup>-1</sup>.

La población de plantas es el primer factor que influencia en el rendimiento del maíz. Como no hubo diferencia en la población de plantas en este trabajo las diferencias que se detectan pueden si ser por efecto de los tratamientos aplicados, en este caso estiércol. La otra variable que afecta al rendimiento de granos es el peso de mil semillas que por déficit de lluvia afecto el llenado de granos y por ende el peso final de los mismos de esta manera encontrando promedios por debajo del potencial de producción del cultivo.

Se puede observar que en la Tabla 5 hay un aumento conforme aumenta las dosis de estiércol, esto indica que a mayor tonelada de estiércol bovino se puede conseguir un aumento en el rendimiento del cultivo de maíz chipa.

La falta de respuesta del maíz a la fertilización de potasio puede deberse a que el potasio no forma parte estructural de los tejidos de maíz sumado a esto la característica iluvial del suelo en donde se llevó a cabo este experimento.

Vidal (2003) menciona que la forma intercambiable es la principal fuente de potasio para las plantas y normalmente los suelos con bajo contenido de arcilla presentan valores bajos de potasio esto explicaría la no respuesta de las variables al factor mineral del cultivo teniendo en cuenta que la textura del suelo es arenosa. Cubilla (2012) afirma que puede haber mayor retención de minerales en los suelos arcillosos por su alta capacidad de retención del potasio en su interior. Moreno et al. (2012) atribuyen que la no respuesta de los cultivos se debe a los altos niveles de potasio en los suelos.

Otros factores que pudieron haber incidido en los resultados de este trabajo fueron la presencia de malezas, plagas y precipitaciones (Figura 2) bajas en momentos en donde los granos estaban en desarrollo. Otro punto a destacar es que la siembra se realizó de forma tardía (noviembre), en donde, según el MAG afirma que la época ideal para la siembra del maíz chipa es de julio a setiembre.

## **5. CONCLUSIÓN**

Dada las condiciones en que fue realizado el experimento y teniendo en cuenta los resultados se puede concluir que:

La variable de crecimiento del cultivo de maíz chipa, altura y diámetro de plantas, responden de forma favorable a la aplicación de estiércol bovino.

Las variables de rendimiento longitud y diámetro de espigas, peso de mil semillas, cantidad de plantas con mazorca, rendimiento de granos e índice de cosecha se incrementan significativamente por la aplicación de estiércol bovino.

La aplicación de dosis crecientes de potasio no influye en las variables de crecimiento y rendimiento del maíz chipa, en las condiciones de suelo y clima estudiados.

## 6. REFERENCIAS

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación: El maíz en Cuba (en línea). La Habana, CU. Instituto Nacional de Ciencias Agrarias. Consultado 15 feb. 2018. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047017.pdf>.
- Alcántara, WD. 2016. Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle Santa Catalina (en línea). Trujillo, PE. Consultado 13 jun. 2018. Disponible en [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2423/1/RE\\_ING.AGRN\\_WILSON.LEON\\_MANEJO.DE.LA.FERTILIZACION.DE.MAIZ\\_DATOS.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2423/1/RE_ING.AGRN_WILSON.LEON_MANEJO.DE.LA.FERTILIZACION.DE.MAIZ_DATOS.PDF).
- Alvarado, LC. 2002. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y zinc en suelos del norte de Tamualipas. Tesis de Maestría, MSc. Nuevo León, MX. Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Nuevo León. 78p.
- Álvarez Solís, JD; Díaz Pérez, E; León Martínez, NS; Guillen Velásquez, J. 2010. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz (en línea). Consultado 08 oct. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n3/v28n3a6.pdf>.
- Aquino, M. 2014. Unidad de estudio agroeconómico: serie histórica por departamento y por rubros agrícolas y pecuarios (en línea). Asunción, PY. Consultado 24 mar. 2018. Disponible en <http://www.mag.gov.py/dgp/ZONIFICACION%20AGROECOLOGICA%20ZAFRA%202012%202013.pdf>.
- Arana, AL; Navarrete, E; Arteaga, C; Santana, D; García, G; Castro, O; Velez, M; Paredes, J; Cabezas, M. 2018. Fertilización con potasio y fosfitos, sobre el rendimiento de maíz duro (*Zea mays*) en la zona subcentral Litoral (en línea). Consultado 21 nov. 2019. Disponible en [file:///C:/Users/asus/Downloads/10858-1-31213-1-10-20180530%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/asus/Downloads/10858-1-31213-1-10-20180530%20(1).pdf).
- Arévalo, G. Castellano, M. 2009. Manual de fertilizantes y enmiendas: Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, HN. 57p.
- Arias, LM. 2006. Deficiencia de fósforo y potasio en maíz: Efectos sobre el área foliar, crecimiento y absorción de nutrientes (en línea). Consultado 20 nov. 2019. Disponible en <http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579>

- Benzing, A. 2001. Agricultura orgánica fundamentos para la región andina. Neckar-Verlag, Villingen-Schwenningen, DE. 682 p.
- Camas Gómez, R; Tasistro, A; López Báez, W. 2016. Mayor rendimiento del maíz fertilizándolo con potasio, en la Frailesca, Chiapas (en línea). Consultado 08 oct. 2019. Disponible en [http://www.inifap.gob.mx/Documents/transparencia/Estudios\\_Opiniones/2017/Productos\\_2016/8.pdf](http://www.inifap.gob.mx/Documents/transparencia/Estudios_Opiniones/2017/Productos_2016/8.pdf).
- Conti, ME. 2007. Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo (en línea). Consultado 04 jul. 2018. Disponible en <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/ciclo-potasio-en-suelo-t27101.htm>.
- Cruz, O. 2013. Manual para el cultivo del maíz en Honduras (en línea). Tegucigalpa, HN. Consultado 13 jun. 2018. Disponible en <http://www.dicta.hn/files/2013,-Manual-cultivo-de-maiz--G.pdf>.
- Cubilla, MM.; Wendling, A.; Eltz, FLF.; Amado, TJC.; Mielniczuk, J. 2012. Recomendaciones de fertilización para soja, trigo, maíz y girasol bajo el sistema de siembra directa en el Paraguay. Asunción, PY. Artemac. Consultado 12 jun. 2019. Disponible en: [http://capeco.org.py/wpcontent/uploads/2015/06/libro-final\\_recomendaciones-de-fertilizacionparaguay\\_2012.pdf](http://capeco.org.py/wpcontent/uploads/2015/06/libro-final_recomendaciones-de-fertilizacionparaguay_2012.pdf).
- Duarte Monzón, AD. Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis, Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. 78p.
- Garcete, A. 2018. Fertilización fosfatada y orgánica en el maíz chipa (*Zea mays* L.subsp. amylacea Sturtev.). Tercer año de evaluación. San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. 70p.
- García, AG. 2013. Fertilización en el cultivo de maíz blanco amiláceo (en línea). Consultado 03 jul. 2018. Disponible en <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/022-g-mab.pdf>.
- García, J. 2010. Guía técnica de rubros agropecuarios (en línea). Ministerio de Agricultura y Ganadería Viceministerio de Agricultura Dirección de Extensión Agraria. Consultado 03 oct. 2017. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/guia+tecnica.pdf>.
- González Cáceres, E. 2016. Dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis, Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. 74 p.
- Herrera, JR; Torres, AO. 2002. Evaluacion de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol vacuno, y un fertilizante mineral) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Variedad NB-6. Trabajo de diploma. Managua, NI. Facultad de Agronomía – Universidad Nacional Agraria. 62p.
- Hirzel, J; Rodríguez, N; Zagal, E. 2004. Efecto de diferentes dosis de fertilización inorgánica con N, P, K y fuente orgánica (estiércol de broiler) sobre la producción

de maíz y la fertilidad del suelo (en línea). Consultado 21 nov. 2019. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072004000400005&lang=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000400005&lang=es).

ILSI (International Life Sciences Institute, US). 2006. Maíz y nutrición Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal (en línea). Consultado 03 jul. 2018. Disponible en <http://www.maizar.org.ar/bk/pdf/Revista%20maizar%202.pdf>.

Imas, P. 2010. El potasio: nutriente esencial para aumentar el rendimiento y calidad de las cosechas (en línea). Consultado 01 oct. 2017. Disponible en [http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El\\_potasio,\\_un\\_nutriente\\_esencial.pdf](http://www.iclfertilizers.com/Fertilizers/Knowledge%20Center/El_potasio,_un_nutriente_esencial.pdf).

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). 2010. Guía tecnológica del cultivo de maíz (en línea). Managua, NI. Consultado 13 jun. 2018. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/GUIA%20MAIZ%202010%20DA%20EDICION.pdf>.

INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, MX). 2015. La dinámica del potasio (K) en el suelo (en línea). Consultado 08 oct. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-dinamica-del-potasio-en-el-suelo>.

-----, 2017. Criterios para la fertilización potásica en cultivos (en línea). Consultado 03 jul. 2018. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/cereales/criterios-para-la-fertilizacion-potasica-en-cultivos>.

-----, 2018. Densidad de siembra en el cultivo de maíz. México. 4 p. (Serie Cereales Núm. 38).

IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agrícola, PY). 2015. Programa de investigación de maíz, sorgo y girasol. Capitán Miranda, PY, IPTA-IMBIO. 2 p.

Jeavons, J. 2002. Cultivo biointensivo de alimentos: Ecology actions of the Midpeninsula. Estados Unidos. 261 p.

Julca, A; Meneses, L; Blas, S; Bello, S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura (en línea). Consultado 03 jul. 2018. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-3429200600100009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-3429200600100009&script=sci_arttext&tlng=pt).

Larriva Coronel, N. 2003. Síntesis de la importancia del potasio en el suelo y plantas (en línea). Consultado 07 oct. 2019. Disponible en <file:///C:/Users/asus/Downloads/Dialnet-SintesisDeLaImportanciaDelPotasioEnElSueloYPlantas-5969765.pdf>.



- Leblanc, HA; Cerrato, ME; Miranda, A.; Valle, G. 2007. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. *Tierra Tropical* 3: 97-107.
- Longoria Garza, CS. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco hualahuises. Tesis de Maestría, MSc. Nuevo León. MX. Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Nuevo León. 90p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). DGP (Dirección General de Planificación). 2016. Hacia la diversificación agropecuaria y forestal V. Asunción, PY: La Rural Ediciones. 183p.
- . 2017. Caazapá: productores que adoptan sistema conservacionista generan mayores ingresos (en línea). Consultado 03 jul. 2018. Disponible en [http://www.mag.gov.py/index.php/noticias/caazapa-productores-que-adoptan-sistema-conservacionista-generan-mayores-ingresos?ccm\\_paging\\_p=6](http://www.mag.gov.py/index.php/noticias/caazapa-productores-que-adoptan-sistema-conservacionista-generan-mayores-ingresos?ccm_paging_p=6).
- . 2008. Cultivo de maíz (en línea) Consultado 17 may. 2019. Disponible en <https://bibliotecadeamag.wikispaces.com/file/view/Cultivo+de+Ma%C3%ADz.pdf>.
- Meneses, N; Mendoza, JW. Cecilio, AB. 2017. Fertilización potásica del maíz dulce en suelo con alta disponibilidad de potasio (en línea). Consultado 20 nov. 2019. Disponible en <http://www.scielo.edu.uy/pdf/agro/v21n2/2301-1548-agro-21-02-00054.pdf>.
- Moreno, H; Causarano, HJ; Rasche, JW; Barreto, UF; Mendoza, F. 2012. Fertilización potásica de los principales cultivos bajo siembra directa mecanizada en la Región Oriental del Paraguay. p41-49.
- Ortas, L. 2008. El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales (en línea). Consultado 13 jun. 2018. Disponible en <https://rdu-demo.unc.edu.ar/bitstream/handle/123456789/703/Agrigan%20bolet%C3%ADn%207.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ospina, JG. 2015. Manual técnico del cultivo de maíz (en línea). Fotomontajes. Medellín, CO. Consultado 14 jun. 2018. Disponible en <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20%20MAIZ.pdf>.
- Otsubo, A; Lorenzi, JO. 2002. Cultivo da mandioca na região Centro-Sul do Brasil. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 51p.
- Pedroza-Sandoval, A.; Samaniego-Gaxiola, JA. 2003. Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). *Revista Mexicana de Fitopatología* 21: 272-277.
- Protomix. 2017. Rol del potasio en el cultivo de plantas (en línea). Consultado 01 nov. 2017. Disponible en <http://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>.

- Prystupa, P; Salvagiotti, F; Ferraris, G; Gutiérrez, F; Elisei, J; Couretot, L. 2004. Efecto de la fertilización con fósforo, azufre y potasio en cultivos de maíz en la pampa ondulada (en línea). Consultado 15 jun. 2018. Disponible en [https://ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/2AEC2142247FEAF503256F0200477ABE/\\$file/PrystupaPSKMa%C3%ADz.pdf](https://ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/2AEC2142247FEAF503256F0200477ABE/$file/PrystupaPSKMa%C3%ADz.pdf).
- Puscan, AK; Oliva, M. 2017. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) en Quipachacha, distrito Levanto, Chachapoyas – Amazonas. Revista de investigación Agro producción Sustentable. 44-52.
- Quiroz, D, Merchán M. 2016. Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (*Zea mays* L.). Estación Experimental Tropical Pichilingue. Quevedo, EC. 126p.
- Rabery, SH; Rodríguez, JM. 2003. Rendimiento del maíz amiláceo variedad avati moroti sembrado en dos épocas y tres distancias entre hileras (en línea). San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. Consultado 17 sep. 2017. Disponible en [file:///C:/Users/asus/Downloads/167-1-657-1-10-20130904%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/asus/Downloads/167-1-657-1-10-20130904%20(1).pdf).
- Reichert, A. 2018. Fertilización nitrogenada con estiércol bovino en la producción de maíz. Tesis, Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. 65p
- Rivas Mendieta, AM. 2018. Fertilización fosfatada con estiércol bovino en la producción de maíz chipa. Tesis, Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. 53 p.
- Roldan, MF; Vnialgo, CA; Gutierrez, NC. 2004. Potasio disponible, de reserva y energía de reemplazamiento en suelos y el nivel foliar en rye-grass (en línea). Consultado 04 jul. 2018. Disponible en <http://200.45.54.140/unnevieja/Web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-072.pdf>.
- Romera, Pérez MP. 2001. Agricultura ecológica como solución a los problemas planteados por la agricultura convencional (en línea). Consultado 04 jul. 2018. Disponible en [http://www.nortecastilla.es/canalagro/datos/agricultura\\_ecol18.htm](http://www.nortecastilla.es/canalagro/datos/agricultura_ecol18.htm).
- Rotondo, R; Firpo, IT; Ferreras, L; Toresani, S; Fernández, S; Gómez, E. 2009. Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilizante nitrogenado sobre propiedades edáficas y productividad en cultivos hortícolas (en línea). Consultado 04 jul. 2018. Disponible en <file:///C:/Users/asus/Downloads/200909181757040.0805%20Rotondo.pdf>.
- Salazar, E; López, JD; Zúñiga, R.; Vázquez, C; Fórtiz, M; Silva, J. 2002. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. México. p 44-48.

- Samudio, G. 2016. Fertilización potásica, con enmienda orgánica e inorgánica en mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Tesis, Ing. Agr. San Lorenzo, PY. Universidad Nacional de Asunción. 58p.
- Sanzano, A. s.f. El potasio del suelo (en línea). Consultado 07 oct. 2019. Disponible en file:///C:/Users/asus/Downloads/El%20Potasio%20del%20suelo.pdf.
- Sela, G. 2017. Potasio en el suelo (en línea). Consultado 08 oct. 2019. Disponible en <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/potassium-in-soil>.
- Sosa, N; Gambudo, S; Fontanetto, H; Keller, O. 2010. Aplicación de enmienda orgánica en un cultivo de maíz (en línea). Consultado 03 jul. 2018. Disponible en [http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/documentos/miscelaneas/118/misc118\\_p125.pdf](http://rafaela.inta.gov.ar/publicaciones/documentos/miscelaneas/118/misc118_p125.pdf).
- Soto, MG. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En: abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, CR. p 20-49.
- Tejada, T. 2013. Rendimiento y Calidad: Uso de enmiendas orgánicas (en línea). Consultado 04 jul. 2018. Disponible en [http://www.expocafeperu.com/archivos/2013/conferencias/05\\_PRESENTACION%20CPISAC%20JOSE%20ANTONIO%20TEJADA.pdf](http://www.expocafeperu.com/archivos/2013/conferencias/05_PRESENTACION%20CPISAC%20JOSE%20ANTONIO%20TEJADA.pdf).
- Torres Duggan, M. 2016. Funcionamiento del K en el sistema suelo-planta (en línea). Consultado 08 oct. 2019. Disponible en <http://www.fertilizando.com/articulos/Funcionamiento%20del%20K%20en%20el%20sistema%20suelo-planta.asp>.
- Ulloa Forero, FE; Serrano Cely, PA; Almanza Merchán, PJ. 2014. Efecto de enmiendas orgánicas y fertilización química en la producción de (*Zea mays* L.) (en línea). Consultado 08 oct. 2019. Disponible en <https://www.academia.edu/>
- USAID (United State Agency International Development, USA). 2011. Maíz: análisis de la cadena de valor (en línea). Consultado 07 oct. 2019. Disponible en <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/maiz.pdf>.
- Valenzuela, H. 2013. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a un programa de fertilización en base a los resultados de análisis químico del suelo (en línea). Consultado 21 nov. 2019. Disponible en <https://es.slideshare.net/giancarlo89/tesis-de-helen-valenzuela>.
- Vidal Martínez, JL. 2003. Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por cultivos. Consultado 07 oct. 2019. Disponible [http://research.ipni.net/research/mca.nsf/0/6a9653bb0916a89d85257be800813/\\$FILE/Din%20mica\\_del\\_potasio.\\_Marzo\\_5.\\_Jose\\_Luis\\_Vidal.doc](http://research.ipni.net/research/mca.nsf/0/6a9653bb0916a89d85257be800813/$FILE/Din%20mica_del_potasio._Marzo_5._Jose_Luis_Vidal.doc).

## **ANEXOS**

**A1.** Precipitación ocurrida durante el experimento y el ciclo del cultivo de maíz (setiembre 2017, marzo 2018).

Días	2017				2018		
	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
1					17,6		57,4
2			17,8				
3			50	10,4			60,6
4			10,8				26,3
5							
6		32,2		6,5	31,8		
7		2,6					
8		4,6					
9		39,8					
10	7,7				14,2	45,4	5
11					1,2	2,3	
12					42,7		3,7
13		0,5					
14	32,5	1			18		
15							12,5
16			11,8			5,8	1,1
17			28,8				
18		0,2				40,4	
19		1		116,8		17,3	
20		1		15,4	3,6		
21		35,6		0,5	20,2		
22				93,9			
23				4,2			35,8
24		31,2	0,8		2,2		1,2
25		134,8	89,6				15,4
26		36,8		51,2	0,5		1,4
27		28,8		6,2		29,3	
28	6,8			4	71,6	1,3	
29		44,4	9,4	2,6			
30							
31							
<b>Total</b>	83,9	394,5	219	311,7	223,6	141,8	220,4
<b>Media Histórica</b>	127,9	211,9	198,4	176	151,3	178,8	149,3

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

**A2.** Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018.

<b>Trat y Rep.</b>	<b>Altura total de la planta (m)</b>	<b>Diámetro del Tallo (cm)</b>	<b>Cantidad de plantas con mazorcas (ha)</b>	<b>Población de plantas (ha)</b>	<b>Diámetro de mazorcas (cm)</b>	<b>Longitud de mazorcas (cm)</b>
T1R1	1,3	1,8	31.250	52.083	3,7	15,4
T1R2	2,7	2,5	32.986	48.611	4,4	16
T1R3	1,7	1,7	27.778	46.875	4	14,5
T1R4	1,7	1,8	22.569	48.611	4,1	14,6
T2R1	2,1	2	27.778	45.139	4	15
T2R2	2,4	2,4	34.722	43.401	4,3	18
T2R3	1,7	1,8	24.306	60.763	4	16
T2R4	1,7	1,6	34.722	48.611	4,2	17,4
T3R1	2,2	2,4	36.458	50.347	4,3	15,3
T3R2	2,5	2,4	38.194	65.972	4,2	18,1
T3R3	1,5	1,7	15.625	41.666	4,2	13,5
T3R4	1,9	1,8	32.986	50.347	4,2	18,1
T4R1	1,9	1,8	32.986	48.611	3,7	16,4
T4R2	2,5	2,6	38.194	50.347	4,2	15,3
T4R3	1,7	1,8	39.931	55.555	4,3	15,7
T4R4	1,8	1,7	20.833	53.819	4,2	15,2
T5R1	1,9	2	36.458	50.347	4,1	16,1
T5R2	2,6	2,6	24.306	45.138	4,2	16,1
T5R3	2,1	2	31.250	46.875	4,6	16
T5R4	2,1	1,7	26.042	50.347	4,3	16,3
T6R1	2,4	2,4	46.875	53.819	4	17,8
T6R2	2,4	2,5	36.458	48.611	4,2	16,2
T6R3	2,1	1,9	19.097	46.875	4,2	16,4
T6R4	2,3	2,1	34.722	50.347	4,4	18,5
T7R1	2,3	2,2	46.875	60.763	4,1	16
T7R2	2,3	2,2	39.931	39.930	4,3	17,7
T7R3	2,1	1,9	29.514	50.347	4,2	16
T7R4	2,5	2,1	41.667	52.083	4,4	18,2
T8R1	2,2	2,2	31.250	59.027	4,2	16,4
T8R2	2,4	2,4	32.986	39.930	4,4	17
T8R3	2,5	2	39.931	48.611	4,7	17
T8R4	2,4	2,4	38.194	50.347	4,6	18
T9R1	2,4	2,5	38.194	53.819	4,2	17
T9R2	2,5	2,2	36.458	43.402	4,3	16,2
T9R3	2,5	2,2	34.722	52.083	4,5	17,7
T9R4	2,5	1,8	45.139	55.555	4,5	18,6
T10R1	2,5	2,2	48.611	52.083	4	15,2

**A3.** Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018 (Continuación).

<b>Trat y Rep.</b>	<b>Altura total de la planta (m)</b>	<b>Diámetro del Tallo (cm)</b>	<b>Cantidad de plantas con mazorcas (ha)</b>	<b>Población de plantas (ha)</b>	<b>Diámetro de mazorcas (cm)</b>	<b>Longitud de mazorcas (cm)</b>
T10R2	2,2	2,2	36.458	53.819	4,3	16,1
T10R3	2,4	2	29.514	48.611	4,5	16,5
T10R4	2,3	2,1	41.667	53.819	4,2	16,5
T11R1	2,5	2,6	29.514	50.347	4,3	18,1
T11R2	2,1	2	38.194	52.083	4,3	17,4
T11R3	2,1	2,1	26.042	48.611	4,4	17
T11R4	2,5	2	32.986	38.194	4,4	19,4
T12R1	2,5	2,4	46.875	52.083	4,1	16,4
T12R2	2,5	2,3	36.458	52.083	4,2	19,2
T12R3	2,2	2,2	31.250	41.666	4,4	17,5
T12R4	2,4	1,9	32.986	52.083	4,1	18,3
T13R1	2,4	2,4	39.931	52.083	4,3	17,2
T13R2	2,2	2,3	41.666	50.347	4,2	16
T13R3	2,5	1,9	24.306	53.819	4,6	17,3
T13R4	2,4	2,1	39.931	48.611	4,4	17,6
T14R1	2,7	2,5	38.194	52.083	4,2	17,3
T14R2	2,5	2,3	38.194	46.875	4,4	17,5
T14R3	2,4	2	19.097	46.875	4,1	14,3
T14R4	2,5	2,1	46.875	43.402	4,5	16,6
T15R1	2,6	2,6	45.139	48.611	4,6	17,1
T15R2	2,2	2,4	41.667	55.555	4,4	18
T15R3	2,3	2	31.250	52.083	4,1	16,1
T15R4	2,5	1,9	52.083	48.611	4,2	16,6

**A4.** Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018.

<b>Trat y Rep.</b>	<b>Peso de mil Semillas (g)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Materia seca aérea (kg/ha)</b>	<b>Índice de cosecha (%)</b>
T1R1	213,3	1.337	2.757	32
T1R2	243,3	2.166	4.129	34
T1R3	196,7	1.759	1.992	46
T1R4	236,7	1.237	4.602	42
T2R1	186,7	1.239	3.246	27
T2R2	243,3	2.743	3.680	42
T2R3	250	1.862	2.883	39
T2R4	233,3	2.967	4.945	45
T3R1	263,3	2.980	3.414	46

**A5.** Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018 (Continuación).

<b>Trat y Rep.</b>	<b>Peso de mil Semillas (g)</b>	<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Materia seca aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Índice de cosecha (%)</b>
T3R2	246,7	2.662	2.650	50
T3R3	253,3	982	1.309	42
T3R4	253,3	2.533	5.111	42
T4R1	216,7	2.106	3.265	39
T4R2	236,7	2.965	4.810	38
T4R3	233,3	2.134	2.999	41
T4R4	226,7	1.279	6.378	39
T5R1	243,3	2.036	2.424	45
T5R2	243,3	1.260	6.135	17
T5R3	236,7	2.550	3.592	41
T5R4	226,7	2.338	5.283	44
T6R1	230	3.461	3.894	47
T6R2	266,7	2.215	2.416	47
T6R3	253,3	1.511	2.419	38
T6R4	263,3	3.366	4.275	22
T7R1	236,7	3.445	3.557	49
T7R2	256,7	3.152	2.469	56
T7R3	243,3	2.106	3.173	39
T7R4	213,3	4.125	3.163	48
T8R1	253,3	2.721	4.230	39
T8R2	263,3	3.334	3.145	51
T8R3	240	3.835	3.973	49
T8R4	260	3.779	4.627	35
T9R1	246,7	2.590	5.020	34
T9R2	276,7	2.601	3.444	43
T9R3	246,7	2.955	3.631	44
T9R4	273,3	4.242	4.346	22
T10R1	246,7	2.378	5.555	29
T10R2	243,3	3.014	4.156	42
T10R3	243,3	2.579	3.934	39
T10R4	233,3	4.274	4.746	33
T11R1	256,7	2.592	5.079	33
T11R2	243,3	2.730	4.953	35
T11R3	256,7	2.594	2.568	50
T11R4	256,7	3.377	3.034	52



**A6.** Variables evaluadas en función a las dosis de fertilización potásica y estiércol bovino. Caaguazú 2017/2018 (Continuación).

<b>Trat y Rep.</b>	<b>Peso de mil Semillas (g)</b>	<b>Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Materia seca aérea (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Índice de cosecha (%)</b>
T12R1	253,3	2.749	4.649	37
T12R2	263,3	3.570	3.396	51
T12R3	213,3	2.728	3.008	47
T12R4	256,7	3.349	2.068	61
T13R1	206,7	3.538	2.980	54
T13R2	233,3	2.329	5.655	29
T13R3	280	2.683	4.230	38
T13R4	233,3	3.835	3.341	53
T14R1	243,3	3.041	4.749	39
T14R2	256,7	3.718	2.456	60
T14R3	236,7	1.582	3.519	31
T14R4	250	4.857	3.903	55
T15R1	250	3.792	2.910	56
T15R2	233,3	3.215	2.252	58
T15R3	246,7	2.766	3.358	45
T15R4	263,3	4.674	3.908	54

**A7.** Análisis de varianza altura total de la planta.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	60	0,53	0,34	11,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31121,64	17	1830,68	2,82	0,0032
Bloques	6189,9	3	2063,3	3,18	0,0335
Factor A	20701,56	2	10350,78	15,97	<0,0001
Factor B	2651,35	4	662,84	1,02	0,4069
Factor A*Factor B	1578,83	8	197,35	0,3	0,9602
Error	27229,7	42	648,33		
Total	58351,34	59			

**A8. Análisis de varianza diámetro del tallo.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura	60	0,60	0,44	9,60	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,67	17	0,16	3,76	0,0002
Bloques	2,07	3	0,69	16,57	<0,0001
Factor A	0,45	2	0,23	5,40	0,0082
Factor B	0,05	4	0,01	0,27	0,8933
Factor A*Factor B	0,10	8	0,01	0,29	0,9660
Error	1,75	42	0,04		
Total	4,42	59			

**A9. Análisis de varianza de población de plantas.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura	60	0,15	0,00	11,08	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	234796971,34	17	13811586,55	0,45	0,9618
Bloques	84595228,82	3	28198409,61	0,92	0,4409
Factor A	19692001,05	2	9846000,52	0,32	0,7277
Factor B	32150205,79	4	8037551,45	0,26	0,9010
Factor A*Factor B	98359535,68	8	12294941,96	0,40	0,9143
Error	1291333107,93	42	30746026,38		
Total	1526130079,27	59			

**A10. Análisis de varianza de cantidad de plantas con mazorcas.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura	60	0,51	0,31	18,76	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1864410525,71	17	109671207,39	2,57	0,0066
Bloques	914271475,94	3	304757158,65	7,14	0,0006
Factor A	578804173,14	2	289402086,57	6,78	0,0028
Factor B	208674929,33	4	52168732,33	1,22	0,3162
Factor A*Factor B	162659947,29	8	20332493,41	0,48	0,8661
Error	1793881012,27	42	42711452,67		
Total	3658291537,97	59			

**A11. Análisis de varianza diámetro de la mazorca**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura	60	0,49	0,29	3,91	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,14	17	0,07	2,42	0,0102
Bloques	0,40	3	0,13	4,83	0,0056
Factor A	0,30	2	0,15	5,41	0,0081
Factor B	0,23	4	0,06	2,05	0,1045
Factor					
A*Factor B	0,21	8	0,03	0,95	0,4833
Error	1,16	42	0,03		
Total	2,30	59			

**A12. Análisis de varianza de longitud de la mazorca.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura	60	0,54	0,36	5,87	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	48,16	17	2,83	2,94	0,0023
Bloques	13,47	3	4,49	4,66	0,0067
Factor A	18,43	2	9,21	9,56	0,0004
Factor B	4,26	4	1,07	1,11	0,3668
Factor					
A*Factor B	12,00	8	1,50	1,56	0,1676
Error	40,50	42	0,96		
Total	88,66	59			

**A13. Análisis de varianza de peso de mil semillas.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV	
Altura	60	0,43	0,21	6,68	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8532,93	17	501,94	1,90	0,0463
Bloques	1462,29	3	487,43	1,84	0,1539
Factor A	2661,79	2	1330,89	5,03	0,0110
Factor B	832,75	4	208,19	0,79	0,5398
Factor					
A*Factor B	3576,11	8	447,01	1,69	0,1291
Error	11103,54	42	264,37		
Total	19636,47	59			

**A14.** Análisis de varianza de materia seca aérea.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	60	0,36	0,10	27,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24629518,85	17	1448795,23	1,36	0,2030
Bloques	10091589,75	3	3363863,25	3,17	0,0341
Factor A	508171,57	2	254085,79	0,24	0,7882
Factor B	4481586,46	4	1120396,61	1,06	0,3905
Factor					
A*Factor B	9548171,06	8	1193521,38	1,12	0,3673
Error	44593932,88	42	1061760,31		
Total	69223451,73	59			

**A15.** Análisis de varianza de índice de cosecha.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	60	0,31	0,03	21,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1655,80	17	97,40	1,11	0,3728
Bloques	88,49	3	29,50	0,34	0,7982
Factor A	648,13	2	324,06	3,71	0,0329
Factor B	243,14	4	60,78	0,70	0,5992
Factor					
A*Factor B	676,05	8	84,51	0,97	0,4743
Error	3669,74	42	87,37		
Total	5325,55	59			

**A16.** Análisis de varianza de rendimientos en granos.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	60	0,60	0,44	23,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27716230,78	17	1630366,52	3,69	0,0003
Bloques	8380076,84	3	2793358,95	6,33	0,0012
Factor A	15606958,58	2	7803479,29	17,67	<0,0001
Factor B	2649828,70	4	662457,17	1,50	0,2194
Factor					
A*Factor B	1079366,66	8	134920,83	0,31	0,9598
Error	18545104,76	42	441550,11		
Total	46261335,54	59			