

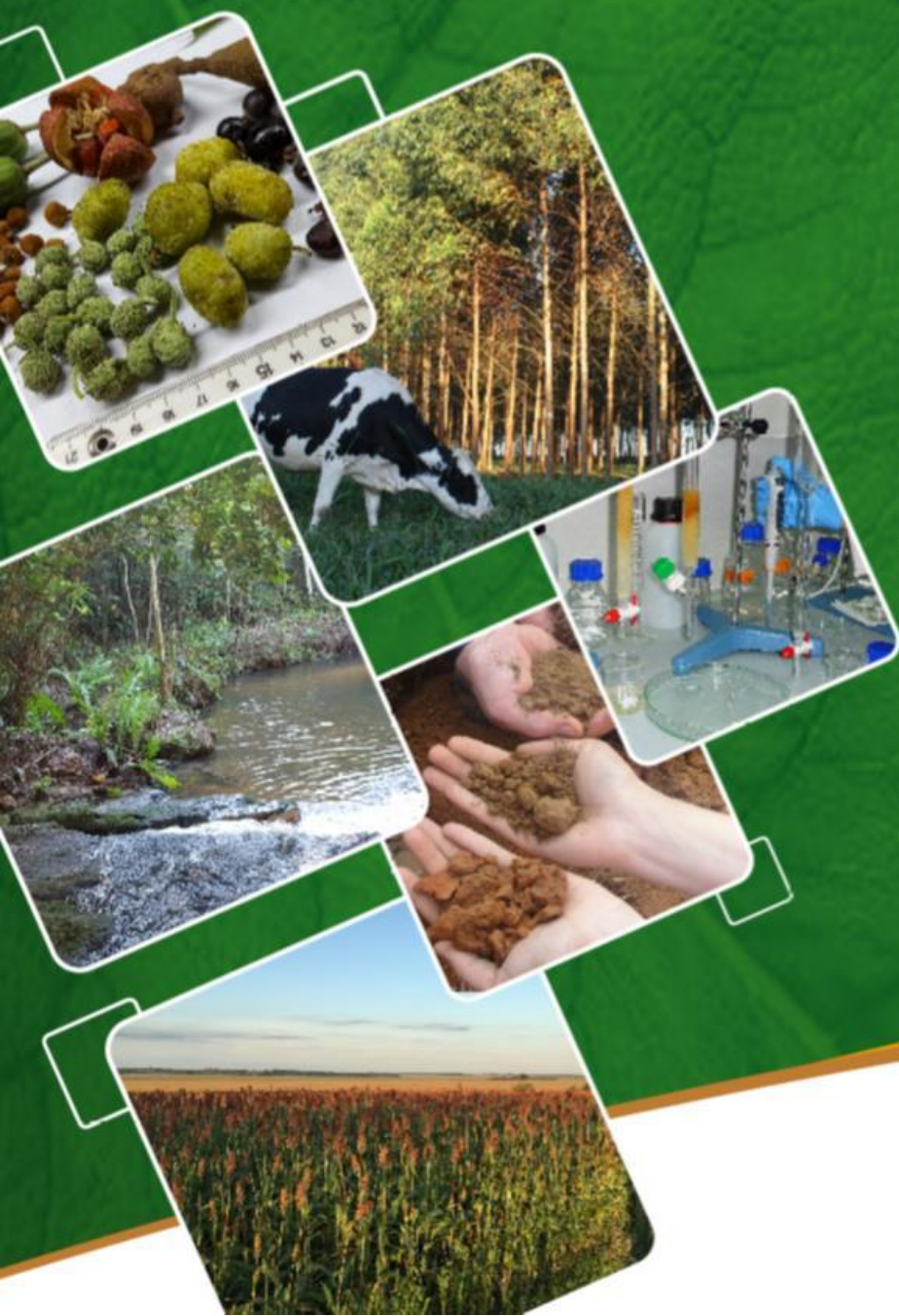


IV CONGRESO NACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS

"Conocimiento e innovación para el desarrollo sostenible"

LIBRO DE RESÚMENES

19, 20 y 21 / Abril / 2017
Campus UNA
San Lorenzo, Paraguay



Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias

Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* L. var. amilácea)

Alder Delosantos Duarte Monzón^{1*}, Eugenio González Cáceres¹, Derlis Enciso Santacruz¹, Luis Samuel Salvador Muller¹, Jimmy Walter Rasche Alvarez¹, Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia: alderdelosantos@hotmail.com

Introducción

El maíz amiláceo o avatí chipá se caracteriza por ser harinoso, los granos están constituidos principalmente por almidón blando y son escasamente o no dentados. Es uno de los tipos más antiguos de maíz. Es usado en la fabricación de harinas porque le confiere un color más blanco y causa admiración por el gran tamaño de su grano y su rendimiento.

Según Salhuana y Machado (1999) el avatí chipá necesita más horas luz que los demás maíces, es de ciclo tardío y llega a requerir 1.052 unidades térmicas para llegar a la floración, siendo que las flores femeninas necesitan entre 62 a 107°C de calor a más que las masculinas.

La incorporación de materiales orgánicos es una práctica de manejo agrícola realizada por los productores campesinos para disminuir o hacer más eficiente el uso de fertilizantes inorgánicos. Las enmiendas orgánicas aportan al suelo materia orgánica y nutrientes, con lo que se favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas, sin embargo, aunque contiene todos los nutrientes que la planta necesite, tienen baja concentración de algunos macronutrientes, comparado con los fertilizantes inorgánicos.

La fertilización de manera general, es uno de los factores decisivos para lograr altos rendimientos, entre los macronutrientes, el fósforo, es uno de los limitantes en los suelos de esta zona, por su baja disponibilidad, por tal razón es necesario un suministro adecuado de este fertilizante fosfatado.

El fósforo se encuentra en el suelo en tres fracciones, una parte en la solución del suelo, fracción lábil y fracción no lábil (Rheinheimer y Anghinoni 2001). Las plantas absorben únicamente el fósforo que está en la solución del suelo en forma de $H_2PO_4^{-1}$ y HPO_4^{-2} (Van 2011).

El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de diferentes dosis de fósforo, con la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica sobre la producción del maíz chipá.

Metodología

El experimento se realizó en la propiedad del Sr. Alejandro Duarte, ubicado en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Paraguay, desde septiembre de 2015 hasta febrero de 2016. El estudio se evaluó en un diseño de parcelas subdivididas. Las enmiendas ocuparon las parcelas y las dosis de P_2O_5 las subparcelas, estas se distribuyeron en el campo en un diseño de bloques completamente al azar, en cuatro bloques.

Las enmiendas utilizadas fueron estiércol de bovino (30 Mg ha⁻¹), ceniza de expeller de soja (870 kg ha⁻¹) y testigo (sin aplicación de enmienda). La fuente de P_2O_5 utilizada fue el Superfosfato triple, con dosis 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 5 m de largo por 3,5 m de ancho (17,5 m²).

La preparación del suelo se realizó en forma convencional, la aplicación de enmiendas y fertilizantes, y la siembra se realizó de forma manual, el espaciamiento utilizado fue de 0,70 m

entre hileras y 0,25 m entre plantas. La cosecha se realizó de 2,10 m² de cada unidad experimental, de forma manual. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza según modelo de parcelas subdivididas, test de Tukey al 5% de probabilidad de error y análisis de regresión.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis laboratorial de pH, Materia Orgánica (M.O.), Fósforo (P), Calcio (Ca⁺²), Magnesio (Mg⁺²), Potasio (K⁺), Sodio (Na⁺) y Aluminio + Hidrógeno (Al⁺³+H⁺).

Tabla 1. Análisis de suelo de la camada 0-10 cm al culminar el experimento en función a fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes de enmiendas	pH	M.O. ---%---	P --mg kg ⁻¹ --	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
				-----cmol _c kg ⁻¹ -----				
Ceniza	5,38 a	0,78 ^{ns}	8,13 ^{ns}	0,63 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,11 ab	0,02 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Estiércol	5,23 ab	0,82	6,31	0,58	0,21	0,15 a	0,02	0,47
Sin enmienda	4,73 b	0,81	7,00	0,53	0,13	0,09 b	0,02	1,17
CV%	5,34	19,91	61,92	19,69	47,86	22,43	0,00	54,93

CV, coeficiente de variación; ns, no significativo. Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Los resultados de la lectura de pH muestran que los tratamientos con diferentes fuentes de enmiendas están dentro del nivel considerado ácido. La ceniza presentó un aumento en el pH difiriendo estadísticamente del testigo. El estiércol de bovino fue igual estadísticamente a la ceniza y al testigo. Por otro lado, la acidez intercambiable no presentó significancia estadística y con la aplicación tanto de la ceniza como del estiércol se obtuvo una disminución de la misma hasta niveles considerados medios (0,4 – 9 cmol_c kg⁻¹), sin embargo, en el tratamiento sin aplicación de enmienda (testigo) se encontraba en un nivel alto (Fatecha 2004). Resultado similar al presente experimento fue obtenido por González (2016) quien observó aumento de pH aplicando 870 kg ha⁻¹ de ceniza, donde el pH pasó de 5,08 en el testigo a 5,65 donde se aplicó ceniza. En relación a la aplicación de estiércol de bovino (25 Mg ha⁻¹) de forma similar a lo observado en el presente experimento, el mismo no presentó aumento de pH cuando comparado al testigo.

La aplicación de estiércol de bovino incrementó la concentración de potasio hasta un nivel medio (mayor a 0,13 cmol_c kg⁻¹), siendo

estadísticamente igual al tratamiento con aplicación de ceniza, pero superior al testigo. La concentración de potasio intercambiable es interpretada como de nivel bajo (menor a 0,12 cmol_c kg⁻¹), según la tabla de interpretación de análisis de suelos propuesto por Moreno et al (2012). Según el análisis de la ceniza, la misma posee 1,69% de K. Al aplicar 870 kg ha⁻¹ de ceniza se aplicó solamente 17,8 kg ha⁻¹ de K₂O, por lo que era de esperar que no haya aumento expresivo de la cantidad de K en el suelo.

Los valores de materia orgánica, fósforo, calcio, magnesio y sodio se encuentran en un rango bajo y no presentaron diferencias significativas.

En la Tabla 2, se presentan los valores medios obtenidos en la medición de los parámetros de crecimiento: altura de planta, número de hojas por planta, diámetro del tallo y masa seca aérea.

En las variables mencionadas se encontraron diferencias significativas entre las fuentes de enmiendas (Factor Enmienda), siendo para las variables altura de planta, N° de hojas por planta y masa seca aérea, la enmienda orgánica (estiércol de bovino) el tratamiento con el mayor

Tabla 2. Altura de planta, número de hojas por planta, masa seca aérea y diámetro del tallo del maíz en función a dosis de P_2O_5 y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Factor Enmienda Fuentes ($Mg\ ha^{-1}$)	Dosis	Altura de planta ----m----	Hojas planta ⁻¹ ---número---	Masa seca aérea ---kg ha ⁻¹ ---	Diámetro del tallo ----mm----
Estiércol de bovino	30	2,47 a	14,67 a	12.757 a	23,06 a
Ceniza	0,87	2,42 ab	14,32 ab	12.122 ab	22,75 a
Sin enmienda	0	2,35 b	14,09 b	10.842 b	21,37 b
Media general		2,41	14,36	11.907	22,39
Factor Fósforo Dosis ($kg\ ha^{-1}$)					
	0	2,38 ^{ns}	14,18 ^{ns}	11.302 ^{ns}	21,79 ^{ns}
	40	2,39	14,35	12.184	22,00
P_2O_5	80	2,48	14,59	12.322	22,94
	120	2,41	14,29	11.577	22,81
	160	2,40	14,38	12.151	22,42
CV%		4,20	4,18	14,21	6,46
Media general		2,41	14,36	11.907	22,39

CV, coeficiente de variación; ns, no significativo. Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

promedio, y superior al tratamiento sin enmienda (testigo). El tratamiento con ceniza arrojó resultados estadísticamente iguales al estiércol de bovino y al tratamiento sin enmienda. Con respecto al diámetro del tallo los resultados de las enmiendas orgánica e inorgánica arrojaron resultados estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al testigo. Estos resultados son similares a los obtenidos por López et al. (2015), quienes al aplicar estiércol de bovino obtuvieron incrementos de 0,35 m en la altura de plantas y 5.850 $kg\ ha^{-1}$ en masa seca aérea, sin embargo, Longoria (2000), no encontró significancia estadística al incorporar diferentes dosis de estiércol de bovino en la altura de plantas de maíz, diámetro del tallo y masa seca aérea, siendo los valores medios de 2 m; 2,28 cm y 108 $g\ pl^{-1}$ respectivamente.

En cuanto a las dosis de P_2O_5 , no se encontraron diferencia significativa, aunque se vió una tendencia de aumento en relación directa con el incremento de la dosis hasta los 80 $kg\ ha^{-1}$ y posteriormente se vió una tendencia

de disminución en los cuatro parámetros mencionados con mayores dosis de fósforo. Estos resultados coinciden con los de Valdez y Gray (2014), quienes emplearon diferentes dosis de fósforo y no tuvieron influencia significativa en la altura de plantas de maíz, registrándose un promedio de $218 \pm 2,31$ cm. Sin embargo, Colman y Ortiz (2012) encontraron diferencias significativas utilizando los mismos tratamientos en el cultivo de maíz, habiendo un incremento del 38 cm en la altura.

Una de las causas pudo haber sido el nivel inicial de P (fósforo) en el suelo, según Britos et al. (2012) el nivel crítico de P para suelos franco arenosos es de 12 $mg\ kg^{-1}$ y este suelo inicialmente poseía 9 $mg\ kg^{-1}$, siendo similar al promedio de P del departamento que es de 8,9 $mg\ kg^{-1}$ (Jorgge 2012), por lo que de cierta forma se puede atribuir a eso la falta de respuesta a la fertilización fosfatada. Otro aspecto que se puede resaltar es que esos suelos ya están extremadamente deteriorados y la simple aplicación de fertilizantes en un año no es suficiente para su recuperación y principalmente



la actividad biológica, la materia orgánica y la relación entre nutrientes no se encuentra beneficiada, por lo tanto, por más que se le dé los nutrientes a la planta, la parte física, orgánica y biológica del suelo limitan la respuesta de los nutrientes aplicados, destacándose además que esos suelos están muy compactados.

Conclusión

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente experimento se concluye que:

Hubo respuesta del maíz a los tratamientos con las fuentes de enmiendas, donde el estiércol de bovino arrojó resultados significativos en comparación al testigo, sin embargo, en los tratamientos con dosis de P_2O_5 no se obtuvo respuesta. La utilización del estiércol de bovino como enmienda orgánica al suelo es una alternativa factible para aumentar la producción del cultivo y reponer nutrientes.

Con la aplicación de la ceniza disminuyó el aluminio intercambiable y el horizonte superficial experimentó ligeros incrementos del pH, así como la concentración de calcio, magnesio y fósforo. Por consiguiente, una importante vía de reutilización es la aplicación de las mismas en el suelo como fertilizantes y correctores de la acidez.

Referencias bibliográficas

- Britos Benítez, CA; Causarano Medina, HJ; Rasche Álvarez, JW; Barreto Riquelme, UF; Mendoza Duarte, F. 2012. Fertilización fosfatada de los principales cultivos bajo siembra directa mecanizada en la región oriental del Paraguay. *Investigación Agraria* 14(2):87-92.
- Colman Ribellato, PJ; Ortiz Acosta, O. 2012. Inoculación con *Pseudomonas fluorescens* aplicación de diferentes dosis de fertilizante fosfatado en maíz (*Zea mays*). III Congreso Paraguayo de Ciencias del Suelo. San Lorenzo, PY, FCA-UNA. p. 530-531.
- Fatecha Fois, D. 2004. Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la región oriental del Paraguay. Tesis de Grado. San Lorenzo, PY, Carrera de Ingeniería Agronómica FCA-UNA. 82 p.
- González Cáceres, E. 2016. Aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis de Grado. San Lorenzo, PY, Carrera de Ingeniería Agronómica FCA-UNA. 62 p.
- Jorgge Prieto, MV. 2012. Clasificación del nivel de fósforo disponible del suelo de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. San Lorenzo, PY, Carrera de Ingeniería Agronómica FCA-UNA. 52 p.
- Longoria Garza, CS. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco hualahuises. Tesis de Maestría. México, Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Nuevo León. 90 p.
- López Calderon, MJ; Figueroa Viramontes, U; Fortis Hernandez, M; Nunez Hernández, G; Ochoa Martínez, E; Sanchez Duarte, JI. 2015. Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Revista Internacional de Botánica Experimental* 84:8-13.
- Moreno Resquin, H; Causarano Medina, HJ; Rasche Álvarez, JW; Barreto Riquelme, UF; Mendoza Duarte, F. 2012. Fertilización potásica de los principales cultivos bajo siembra directa mecanizada en la Región Oriental del Paraguay. *Investigación Agraria* 14(1):41-49.
- Rheinheimer dos Santos, D; Anghinoni, I. 2001. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 36(1):151-160.
- Salhuana, W; Machado, V. 1999. Razas de maíz en Paraguay, consideraciones en la organización y utilización de los recursos genéticos de maíz. Publicación 025. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación en Agricultura. Programa de Investigación del maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. 148 p.
- Valdez Ibañez, AS; Gray Acuña, MG. 2014. Fuentes y dosis de fertilizantes fosfatados en maíz. San Lorenzo, PY. III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias, FCA-UNA. p. 295-297.
- Van Raij, B. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes: fósforo. Piracicaba, BR, International Plant Nutrition Institute. p. 217-248.

Efectos de enmiendas orgánica e inorgánica en la producción de maíz chipa (*Zea mays* L. var. amilácea)

Alder Delosantos Duarte Monzón^{1*}, Eugenio González Cáceres¹, Jimmy Walter Rasche Alvarez¹, Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia: alderdelosantos@hotmail.com

Introducción

Con la intensificación de la agricultura para satisfacer la creciente demanda de alimentos, la producción y uso de los fertilizantes químicos se han incrementado, substituyendo la fertilización con abonos orgánicos. Sin embargo las enmiendas orgánicas, como el estiércol, siguen teniendo significado como fuente de nutrientes en algunos sistemas agrícolas, aunque el problema actual está en los enormes volúmenes que serían necesarios transportar para cubrir la demanda de nutrientes de los cultivos (Urquiagua y Zapata 2000). Sin embargo, el uso de estiércol en la agricultura es una forma de reducir contaminaciones puntuales por acumulación de estiércol en la producción intensiva de aves, suinos, bovinos entre otros que también va en aumento.

Las cenizas además de aportar elementos primarios como fósforo y potasio, también incluyen la adición de otros elementos secundarios, como calcio y magnesio. Omil (2007) considera que, por las características físicas de las cenizas, éstas no permiten el fácil lixiviado de los macronutrientes, pudiendo ser consideradas por tales características como un fertilizante ecológico.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción del maíz con la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica, como así también evaluar el efecto que genera la aplicación de las enmiendas en el suelo una vez cosechado el cultivo de maíz.

Metodología

El experimento se realizó en la propiedad del Sr. Alejandro Duarte, ubicada en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Paraguay,

desde septiembre de 2015 hasta febrero de 2016. El estudio se evaluó en un diseño de bloques completamente al azar, en ocho bloques.

Las enmiendas utilizadas fueron estiércol de bovino (25 Mg ha⁻¹), ceniza de expeller de soja (870 kg ha⁻¹) y testigo (sin aplicación de enmienda). Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 25 m de largo por 3,5 m de ancho (87,5 m²), siendo el total del área utilizada para el experimento 2.100 m².

La preparación del suelo se realizó en forma convencional, la aplicación de enmiendas y la siembra del maíz se realizaron de forma manual, el espaciamiento utilizado fue de 0,70 m entre hileras y 0,25 m entre plantas.

Las variables evaluadas fueron número de hojas por planta, diámetro del tallo, masa seca aérea, rendimiento de granos y análisis de suelo posterior a la cosecha del maíz. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza y comparación de medias por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se presentan los valores medios obtenidos en la medición de los parámetros de diámetro del tallo, número de hojas por planta, masa seca aérea y rendimiento de granos maíz.

Con la aplicación de las enmiendas se obtuvieron diferencias significativas en todos los parámetros mencionados en la Tabla 1. En las variables diámetro del tallo, número de hojas por planta, masa seca aérea del maíz, el estiércol de bovino arrojó resultados estadísticamente superiores

Tabla 1. Diámetro del tallo, número de hojas por planta, masa seca aérea y rendimiento de granos maíz en función a las fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes Enmiendas	Dosis	Diámetro del tallo	Hojas planta ⁻¹	Masa seca aérea	Rendimiento de granos
	--Mg ha ⁻¹ --	---mm---	---número---	---kg ha ⁻¹ ---	---kg ha ⁻¹ ---
Estiércol de bovino	25	22,6 a	14,4 a	13.690 a	4.607 a
Ceniza	0,87	21,5 ab	14,2 ab	12.376 ab	4.006 b
Sin enmienda	0	20,9 b	13,9 b	11.771 b	3.895 b
Media general		21,7	14,2	12.612	4.169
CV%		5,1	2,3	8,7	9,6

CV, coeficiente de variación; ns, no significativo. Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

al testigo. Sin embargo, con la aplicación de la ceniza no se constató influencia en las mismas en relación al estiércol de bovino y al tratamiento sin enmienda (testigo). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Duarte (2016), quien obtuvo incrementos significativos en diámetro del tallo, número de hojas por planta y masa seca aérea del maíz con la incorporación del estiércol de bovino en comparación al testigo.

Al aplicar diferentes fuentes de enmiendas se encontró diferencia estadística en el rendimiento de granos de maíz, donde el estiércol de bovino alcanzó 4.607 kg ha⁻¹, llegando a superar en 601 y 712 kg ha⁻¹ a la ceniza y al testigo, respectivamente. Resultados similares fueron observados en el experimento de González (2016), quien aplicando enmiendas orgánica e inorgánica en maíz obtuvo aumentos significativos en el rendimiento de granos con la

aplicación del estiércol bovino en relación a las otras fuentes.

Paredes citado por Ruffinelli (2011) afirma que la incorporación de fertilizantes orgánicos o enmiendas en el suelo interviene favorablemente en la disponibilidad de los macro y micronutrientes y en la fertilidad del suelo, incrementando la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico), produciendo un aumento en la aireación y crecimiento radicular, así como en la capacidad de retención de agua y la actividad de los microorganismos.

Análisis del suelo posterior a la cosecha del maíz

En la Tabla 2 se presentan las medias de pH, materia orgánica, fósforo disponible, calcio, magnesio, potasio, sodio intercambiable y aluminio intercambiable.

Tabla 2. Características químicas del suelo en las parcelas donde fueron aplicadas las enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, 2016.

Fuentes enmiendas	pH	M.O.	P	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ +H ⁺
		---%---	--mg kg ⁻¹ --	-----cmol _c kg ⁻¹ -----				
Ceniza	5,51a	0,81 ^{ns}	14,35 ^{ns}	0,83 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,12ab	0,02 ^{ns}	0,27b
Estiércol de bovino	5,11b	0,89	6,80	0,81	0,28	0,15a	0,02	0,63ab
Sin enmienda	4,90b	0,85	7,99	0,76	0,21	0,10b	0,02	0,90a
CV%	5,04	22,6	66,9	12,7	26,9	20,2	0,0	63,3

CV, coeficiente de variación; ns, no significativo. Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

En la misma se verifican los efectos de la aplicación de las enmiendas, donde se observan diferencias estadísticas significativas en los parámetros de pH, potasio K^{+2} y aluminio intercambiable del suelo $Al^{+3} + H^{+}$.

En el pH del suelo, la ceniza arrojó un resultado superior a las otras fuentes de enmiendas con un pH medio de 5,51. Los resultados del estiércol bovino y el tratamiento testigo fueron iguales estadísticamente con promedios de 5,11 y 4,90 respectivamente. Estos resultados concuerdan con los resultados de los experimentos de González (2016), y Saucedo (2016), quienes observaron aumentos del nivel del pH con la aplicación de la ceniza. En cuanto al aluminio intercambiable del suelo ($Al^{+3} + H^{+}$), la aplicación de la ceniza disminuyó el contenido del Al, considerándose este valor bajo de acuerdo a la tabla de interpretación propuesta por Moreno et al. (2012). La aplicación del estiércol de bovino si bien disminuyó el nivel del aluminio del suelo, este no fue estadísticamente diferente a la ceniza ni al testigo, con una media de $0,63 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, en el testigo se observa el nivel más alto del $Al^{+3} + H^{+}$ $0,90 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ considerándose este valor como un nivel alto de aluminio en el suelo.

El contenido de potasio del suelo, en el tratamiento con estiércol de bovino fue mayor al testigo con promedios de $0,15$ y $0,10 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Al observar el valor promedio obtenido por el tratamiento con ceniza, este no fue significativamente diferente a la enmienda orgánica ni al testigo quedando entre ambos valores, con un promedio de $0,12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Sin embargo, González (2016), no observó diferencias en el nivel de potasio con la aplicación de enmienda orgánica e inorgánica en maíz, mientras que, Duarte (2016), en su experimento con el cultivo de maíz obtuvo resultados similares a este experimento, observando que el estiércol de bovino en comparación al tratamiento sin enmienda aumentó el nivel de potasio en el suelo.

En los niveles de materia orgánica, fósforo disponible, calcio, magnesio y sodio intercambiable del suelo no se obtuvieron diferencias significativas con la aplicación de las

enmiendas, sin embargo, se puede observar que los niveles del fósforo en la parcela donde se aplicó la ceniza son muy superiores numéricamente en comparación a las otras fuentes de enmiendas, por lo que se deduce que esta fuente es una buena alternativa para aumentar los niveles del P en el suelo.

Conclusiones

La utilización del estiércol bovino aumenta la producción del maíz, pudiendo usarse como una fuente de fertilización para los cultivos.

La ceniza puede ser usada como una alternativa para aumentar la acidez del suelo e incrementar los niveles de P disponible.

Referencias bibliográficas

- Duarte, AD. 2016. Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánicas en maíz chipa (*Zea mays* L. var. Amilácea). Tesis Ing. Agr. San Lorenzo- PY, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial. 64 p.
- Estigarribia, J; Galeano, MP; Leguizamón, CA. 2015. Ceniza como corrector de propiedades químicas del suelo y su efecto en el poroto *Vigna unguiculata*. I Congreso Paraguayo de Ciencias del Suelo. San Lorenzo, PY. FCA-UNA157-159 p.
- González, E. 2016. Aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* L. var. amilácea). Tesis de Grado. San Lorenzo, PY, Carrera de Ingeniería Agronómica. FCA-UNA. 62 p.
- Moreno Resquin, H; Causarano Medina, HJ; Rasche Álvarez, JW; Barreto Riquelme, UF; Mendoza Duarte, F. 2012. Fertilización potásica de los principales cultivos bajo siembra directa mecanizada en la región oriental del Paraguay. Investigación Agraria 14(1):41-49.



- Omil Ignacio, B. 2007. Gestión de cenizas como fertilizante y enmendante de plantaciones jóvenes de *Pinus radiata*. Tesis de Doctorado. Escuela Politécnica Superior de Lugo Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 326 p.
- Ruffinelli Almada, S. 2011. Efecto de la aplicación de estiércol vacuno, gallinaza y fósforo natural en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y sobre el ataque de *Diatrea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae), en un suelo de Guairá. Tesis de Grado. San Lorenzo (PY), Carrera de Ingeniería Agronómica FCA-UNA. 40 p.
- Saucedo, CMJ. 2016. Uso de ceniza como corrector de las propiedades químicas del suelo. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción Área de Suelos y Ordenamiento Territorial. 37 p.
- Urquiaga, S; Zapata, F. 2000. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada en cultivos anuales en América Latina y el Caribe. Porto Alegre, BR, Génesis. 103 p.

Dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa (*Zea mays* L. var. amilácea)

Eugenio González Cáceres^{1*}, Alder Delosantos Duarte Monzon¹, Luis Samuel Salvador Muller¹,
Derlis Enciso Santacruz¹, Jimmy Walter Rasche Alvarez¹, Carlos Andrés Leguizamón Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

*Autor para correspondencia: gonzalezzeugenio21@gmail.com

Introducción

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

El nitrógeno junto al potasio y el fósforo, constituyen los elementos primarios de las plantas, siendo el nitrógeno uno de los componentes indispensables para un buen desarrollo de los cultivos. Entre los cultivos que exigen gran demanda de nitrógeno se encuentra el maíz y cuando se busca altas productividades de este cultivo la fertilización orgánica no siempre sufre de manera adecuada la cantidad de nitrógeno necesaria por la planta, por tanto es recomendado realizar la fertilización química de la misma.

El objetivo de este experimento fue evaluar la producción del maíz chipa y algunas características agronómicas del maíz con la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en combinación con enmiendas orgánica e inorgánica.

Metodología

El experimento se realizó en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, Colonia

Lomas Valentinas, Paraguay, en la propiedad del productor Alejandro Duarte Sanabria, desde setiembre del 2015 hasta febrero del 2016. El estudio se realizó en un diseño de parcelas subdivididas, evaluando dos factores. El factor tipo de enmiendas (Factor A) se ubicó en las parcelas, y el factor dosis de nitrógeno (Factor B) se ubicó en las subparcelas.

Las enmiendas utilizadas fueron estiércol bovino (25.000 kg ha⁻¹) y ceniza de expeler de soja (870 kg ha⁻¹), además del testigo (sin enmienda). Las dosis de nitrógeno evaluadas fueron (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹). Las parcelas y subparcelas se distribuyeron en el área experimental con un diseño de bloques completo al azar con 15 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 60 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo representada por un área de 17,5 m² (5 m x 3,5 m), siendo el total del área utilizada para el experimento de 1.050 m². Las variables evaluadas fueron diámetro de espiga, longitud de espiga, masa seca aérea y rendimiento de granos del maíz. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias utilizando el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo et al. 2011).

Resultados y discusión

Diámetro de espiga, longitud de espiga y masa seca aérea del maíz

No se obtuvo diferencias significativas en el diámetro de espigas en ninguno de los factores estudiados (Tabla 1). Con la aplicación de las fuentes de enmiendas el diámetro de espiga varió entre 36,1 mm en el tratamiento con ceniza y

Tabla 1. Diámetro de espiga, longitud de espiga y masa seca aérea con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, Paraguay, 2016.

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

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

37,2 mm en el tratamiento con estiércol bovino. Machado (2013) evaluando siete variedades de avatimoroñ cinco localidades (Capitán Miranda y Tomás Romero Pereira, en el Departamento de Itapúa; Yjhovy, Departamento de Canindeyú; Natalicio Talavera, Departamento de Guairá; y, Choré, Departamento de San Pedro) observó que el diámetro de la mazorca varía con la variedad y con el ambiente. Entre las dosis de N aplicadas se obtuvo una media general de 36,6 mm de diámetro de espigas del maíz.

En la longitud de espiga y la masa seca aérea del maíz se encontraron diferencias significativas con la aplicación de las fuentes de enmiendas, donde estadísticamente el estiércol bovino fue superior en comparación a las otras fuentes utilizadas. En la longitud de espiga del maíz el estiércol bovino alcanzó un promedio de 17,1 cm; el testigo y la ceniza arrojaron resultados estadísticamente iguales con promedios de 16,0 cm y 15,7 cm, respectivamente.

En la masa seca aérea del maíz el estiércol bovino superó a las otras fuentes, siendo 1.994 kg ha⁻¹ superior que la ceniza y 1.924 kg ha⁻¹ superior al testigo (sin enmienda). La ceniza y el testigo arrojaron resultados estadísticamente

iguales con rendimientos promedios de 12.629 y 12.699 kg ha⁻¹ respectivamente. Resultados similares fueron observados en el experimento de Duarte (2016), quien trabajando con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipa, obtuvo diferencias significativas con la aplicación de estiércol bovino, con un rendimiento promedio de 12.757 kg ha⁻¹ en comparación al tratamiento testigo, que fue de 10.842 kg ha⁻¹.

Entre las dosis de N aplicadas no hubo diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas, donde las medias obtenidas fueron 15,3 cm para la longitud de espiga del maíz y 13.317 kg ha⁻¹ para la masa seca aérea del maíz.

Rendimiento de granos del maíz

La aplicación de las enmiendas presentó diferencias significativa en el rendimiento de granos del maíz, siendo el estiércol bovino la mejor fuente con un rendimiento promedio de 4.521 kg ha⁻¹. La aplicación de la ceniza y el testigo (sin enmienda) arrojaron resultados estadísticamente similares con promedios de 3.616 y 3.858 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabla 2). Según los análisis realizados la combinación de las enmiendas con las dosis de nitrógeno no presentó interacción.

Tabla 2. Rendimiento de granos con aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, Paraguay, 2016.

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

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

En la Figura 1 se presentan las medias de los rendimientos de granos de maíz obtenidos con la aplicación de dosis de nitrógeno.

Las dosis de nitrógeno no presentaron diferencias significativas entre las medias de los rendimientos, donde los promedios oscilaron entre 4.155 kg ha⁻¹, que se obtuvo con el T4 y 3.823 kg ha⁻¹ que se obtuvo con el testigo. Los rendimientos obtenidos se encuentran por debajo del potencial productivo de esta variedad, que según IPTA (2015) es de 5.200 kg ha⁻¹.

Los resultados obtenidos en respuesta a la aplicación de las dosis de nitrógeno pudieron deberse a las altas precipitaciones registradas durante el periodo del experimento, donde las mayores precipitaciones se registraron en los

meses de noviembre y diciembre con promedios de 376 mm y 383 mm respectivamente, siendo que, la segunda aplicación de las dosis de nitrógeno en cobertura, fue realizada el 8 de noviembre, que fueron dosis muy altas y dos días después de esta aplicación se registró una precipitación de 52 mm, lo que pudo haber influido en gran manera en el aprovechamiento del nitrógeno por el cultivo de maíz, pudiendo haberse registrado pérdidas por lixiviación, ya que el suelo donde se implantó el experimento es de textura arenosa.

Otra razón podría ser, en parte por la acidez del suelo (pH=5,08) y la presencia de aluminio intercambiable (0,63 cmol_c kg⁻¹), que pudieron no haber permitido el aprovechamiento adecuado del fertilizante nitrogenado por el maíz.

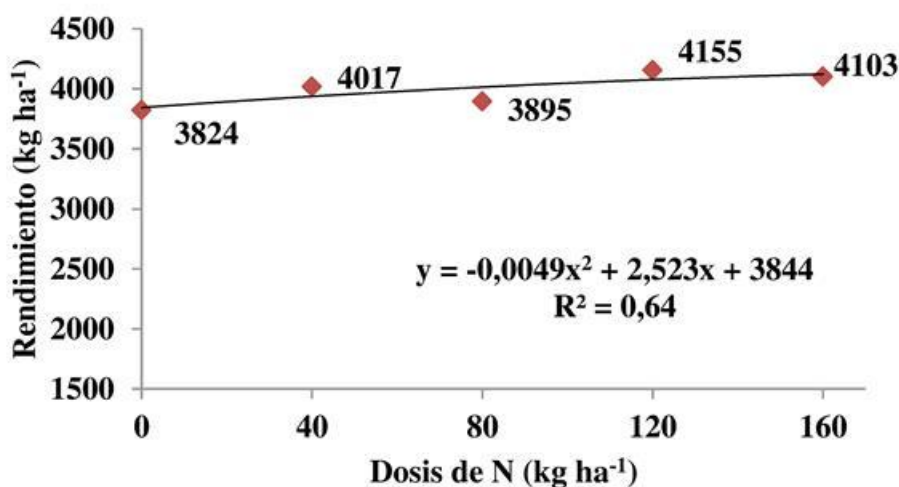


Figura 1. Rendimiento de granos de maíz con la aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica. Ybyrarobana, Canindeyú, Paraguay, 2016.



Conclusión

El estiércol bovino permite aumentar la producción del maíz y su utilización puede suplir las necesidades de nitrógeno requeridas por las plantas. La combinación de la ceniza de expeller de soja y las dosis de nitrógeno estadísticamente no arrojó resultados significativos en ninguna de las variables en comparación al testigo.

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

Agradecimiento

Al CONACYT por el financiamiento de este trabajo dentro del marco del Proyecto 14-INV-130 “Manejo sostenible de la fertilidad de suelos para la producción de alimentos”.

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

Al Señor Alejandro Duarte Sanabria por facilitar la infraestructura y el terreno para la realización del experimento.

Referencias bibliográficas

- Duarte, AD. 2016. Fertilización fosfatada con enmiendas orgánica e inorgánicas en maíz chipa (*Zea mays* L. var. Amilácea). Tesis Ing. Agr. San Lorenzo- PY, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial 64 p.
- Di Rienzo JA; Casanoves F; Balzarini MG; González L; Tablada M; Robledo CW. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- IPTA (Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, PY). 2015. Programa de investigación de maíz, sorgo y girasol. Avatimorotĩ – avati chipá Guaraní vs 254. Capitán Miranda, PY, IPTA.
- Machado, V. 2013. Productividad y adaptabilidad de cultivares de maíz harinoso Avati Morotĩ. *Investigación Agraria* 15(2):75-81.