

Fertilización fosfatada y su influencia en caracteres agronómicos del maíz cultivado sobre mucuna ceniza (*Mucuna pruriens*) incorporada y en cobertura del suelo

Phosphate fertilization and its influence on agronomic characteristics of corn grown on mucuna ash (*Mucuna pruriens*) incorporated and in soil cover

Modesto Osmar Da Silva Oviedo¹, Oscar Luis Caballero Casuriaga², Eulalio Morel López³, Amilcar Isidro Servín Niz⁴, Derlys Fernando López Avalos⁵, Florencio David Valdez Ocampo⁶, Wilfrido Daniel Lugo Pereira⁷



Siembra 9(2) (2022): e3793

Recibido: 22/04/2022 Revisado: 17/06/2022 Aceptado: 28/06/2022

¹ Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ dasilvaoviedomodesto@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2546-3936>

² Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ cabariaga1305@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5965-5691>

³ Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ lopezlulio@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5316-2108>

⁴ Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ servinamilcar@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1717-0893>

⁵ Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ derlysfernando@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4371-9723>

⁶ Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ david89agronomia@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7096-7602>

⁷ Universidad Nacional de Concepción. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Km 1 ½, Rut V. General Bernardino Caballero. Concepción, Paraguay.

✉ wdlugo.26@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7217-1587>

*Autor de correspondencia: dasilva_modesto@hotmail.com

Resumen

Los bajos rendimientos en maíz en Paraguay podrían ser paliados con una adecuada fertilización y su manejo, incluyendo la incorporación con abonos verdes, como de mucuna ceniza (*Mucuna pruriens*). El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la fertilización fosfatada en el comportamiento agronómico de la variedad de maíz Dkb 290, cultivado con mucuna ceniza, ya sea incorporada al suelo o como cobertura del suelo. Los tratamientos fueron implementados en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones, en el que se implementó un arreglo factorial en parcelas subdividas (2 x 5), siendo la parcela grande, la forma de uso de la mucuna ceniza (incorporada o como cobertura de suelo) y la subparcela, las dosis de fertilizante mineral fosfatado (0, 25, 50, 75 y 100 kg P ha⁻¹). La unidad experimental tuvo un tamaño de parcela de 14 m². En este estudio se evaluó la altura de planta, masa fresca de granos por planta, rendimiento y peso de 1.000 granos. Los datos fueron sometidos a un ADEVA y cuando se detectó efectos significativos, se realizó la comparación de medias (Tukey 5 %). Los resultados señalan que la altura de planta no es influenciada por los factores en estudio, ni fueron detectados efectos de interacción. Se observaron efectos de interacción entre la forma de utilización de la mucuna ceniza y las dosis de fósforo aplicadas, para las variables masa fresca de granos por planta, rendimiento del cultivo y peso de 1000 granos. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se utilizó la mucuna ceniza incorporada con la dosis de 75 kg P ha⁻¹, para masa fresca de granos y rendimiento del cultivo; y mucuna en cobertura de suelo con la dosis de 50 kg P ha⁻¹ para peso de 1.000 granos. En base a los resultados de este estudio se recomienda la utilización de mucuna ceniza incorporada con una dosis de 75 kg P ha⁻¹.

Palabras clave: *Zea mays* L., fertilizante mineral, abono verde, conservación de suelo.

Abstract

Low yield of corn in Paraguay can be mitigated with the proper fertilization and fertilization management, including the incorporation of green manure such as mucuna ash (*Mucuna pruriens*). The objective of this study was to evaluate the influence of the phosphate fertilization on the agronomic performance of maize variety Dkb 290, cultivated with mucuna ash incorporated

SIEMBRA

<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA>

e-ISSN: 2477-8850

ISSN: 1390-8928

Periodicidad: semestral

vol. 9, núm. 2, 2022

siembra.fag@uce.edu.ec

DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3793>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial

with the soil and as soil cover. The experiment consisted of a factorial 2 x 5, arranged in a Split-Plot Experimental Design with four replications. In the main plot was arranged the mucuna applications (incorporated with the soil or as soil cover) and the sub-plots were arranged the phosphate fertilizer (0, 25, 50, 75 and 100 P kg ha⁻¹). The experimental unit consisted of a plot of 14 m². Plant height, fresh matter content, grains per plant, yield and weight of 1000 grains were evaluated. Data were subjected to ANOVA and mean differences were established with the Tukey 5% test. The results indicate that plant height was not influenced by the factors under study, neither interactions among factors were detected. Interaction effects were clearly detected between the form of use of mucuna ash and the applied phosphorus doses for fresh matter content, grains per plant, yield and weight of 1000 grains. The best results were obtained with treatments of incorporated mucuna ash with 75 kg P ha⁻¹ for fresh matter content and yield, and mucuna ash as soil cover with 50 kg P ha⁻¹ for weight of 1000 grains. Based on results of this study, the application of mucuna ash incorporated with the soil with 75 kg P ha⁻¹ is recommended.

Keywords: *Zea mays* L., mineral fertilizer, green manure, soil conservation.

1. Introducción

En los últimos tiempos, síntomas de degradación de suelos, como la erosión y pérdida de fertilidad, han causado que agricultores abandonen sus fincas. La disminución de la productividad y la consecuente merma en los ingresos, ha conducido a agricultores más arriesgados, a ir abandonando la agricultura tradicional, con labranza de suelos, y reemplazarla por sistemas de cultivo más eficientes, en combinación con prácticas agrícolas menos desgastantes, como el uso de cultivos de cobertura, la rotación, o esquemas más eficaces de fertilización. La experiencia en Paraguay señala a la siembra directa, la utilización de cultivos de cobertura y la rotación de cultivos, como prácticas que permiten recuperar y conservar los suelos agrícolas y, a corto y mediano plazo, un retorno económico a raíz del aumento de la productividad de cultivos como el maíz (Sorrenson *et al.*, 1998).

El maíz (*Zea mays*) es considerado uno de los principales cultivos en todo el planeta, principalmente debido a que puede ser producido en un amplio rango de condiciones agroecológica y edáficas. Se lo cultiva prácticamente en todo el mundo y es un alimento básico para la población, especialmente en nuestras regiones; además de generar oportunidad de renta, y el arraigo de las familias. Uno de los principales problemas con este rubro son los bajos rendimientos, atribuibles a diversas causas: baja fertilidad del suelo, causada por prácticas agrícolas inadecuadas, labranza sucesiva, lixiviación rápida de nutrientes, erosión acelerada y otras (Ortigoza Guerrero *et al.*, 2019).

Parte de la problemática podría ser resuelta mediante la rotación con abonos verdes, como la mucuna ceniza (*Mucuna pruriens*), aunque convendría determinar si los mejores resultados se obtienen manejando la mucuna como cobertura de suelo, o bien, con la incorporación de los rastrojos. Matata *et al.* (2017), como se citó en Venialgo Chávez *et al.* (2022), justifican la utilización de los cultivos de cobertura, señalando que el aporte de materia orgánica al suelo influye en la productividad, dada su capacidad para suministrar nutrientes a las plantas y otros beneficios como: mejorar el agregado del suelo, la capacidad de retención de agua, el pH y dinamizar la actividad biológica. Además, Sanclemente-Reyes y Patiño-Torres (2015) sugieren que el uso de cobertura vegetal ayuda a la conservación y mantenimiento de la fertilidad natural del suelo.

Con respecto a la baja fertilidad de los suelos, la alternativa más plausible quizá sea un adecuado plan de fertilización, que debería ser cotejado para cada uno de los nutrientes principales. En ese sentido, García (2020) menciona que, para lograr elevados rendimientos, el maíz precisa un óptimo estado fisiológico en la fase de floración, lo que incluye: cobertura total del suelo y elevada eficiencia fotosintética, la cual será lograda con la provisión de correctos niveles de nutrientes, especialmente en las etapas donde estos son requeridos en mayores cantidades. La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende no solamente del nivel de fósforo (P) disponible en el suelo, sino también, por factores edáficos, vegetales y del correcto manejo de la fertilización.

Este trabajo plantea el objetivo de evaluar la influencia de la fertilización fosfatada en caracteres agronómicos del maíz, cultivado sobre mucuna ceniza, con dos formas de manejo: incorporada y en cobertura de suelo; planteando la hipótesis de que las dosis de fertilización fosfatada ejercen influencia en forma diferenciada sobre la productividad del maíz, en ambos métodos de manejo de la *Mucuna pruriens*.

2. Materiales y Métodos

El trabajo realizado fue de tipo experimental, de carácter cualitativo y cuantitativo, en función de los factores empleados en la investigación.

La fase experimental se realizó en el distrito de Belén, departamento de Concepción, Paraguay; ubicado en las siguientes coordenadas geográficas, latitud: 23°26'15,4" sur y longitud: 57°19'36,4" oeste. El experimento propiamente dicho (cultivo de maíz variedad Dkb 290), abarcó el periodo de tiempo comprendido entre noviembre de 2017 y marzo de 2018.

Las características edáficas del sitio experimental son consignadas de acuerdo con el resultado de análisis de suelo realizado, y en cuanto a los indicadores principales, en la profundidad de 0 cm a 20 cm, presentan los siguientes valores referenciales: P (Mehlich⁻¹): 5,32 mg dm⁻³; M.O.: 8,37 g dm⁻³; pH (CaCl₂): 5,30; K: 0,09 cmol dm⁻³; Ca: 1,94 cmol dm⁻³; Mg: 0,55 cmol dm⁻³; H⁺Al: 2,19 cmol dm⁻³; SB: 2,58 cmol dm⁻³; CIC: 4,77 cmol dm⁻³ y V: 54,04%. La textura de suelo esta categorizada como franco-arenoso.

Las características climáticas de la región señalan una temperatura anual promedio de 24 °C con máximas que pueden llegar a los 45 °C, en los días más cálidos del verano, y mínimas que ocasionalmente bajan de los 6 °C en invierno, y leve incidencia de heladas. La precipitación media está alrededor de los 1.300 mm año⁻¹ (Dirección de Meteorología e Hidrología [DMH], 2018).

Las condiciones de temperatura y pluviometría durante el desarrollo del experimento pueden visualizarse en la Figura 1. Los valores climáticos durante la fase experimental fueron recabados de la estación meteorológica digital con que cuenta la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Concepción, distante a 15 km del local experimental.

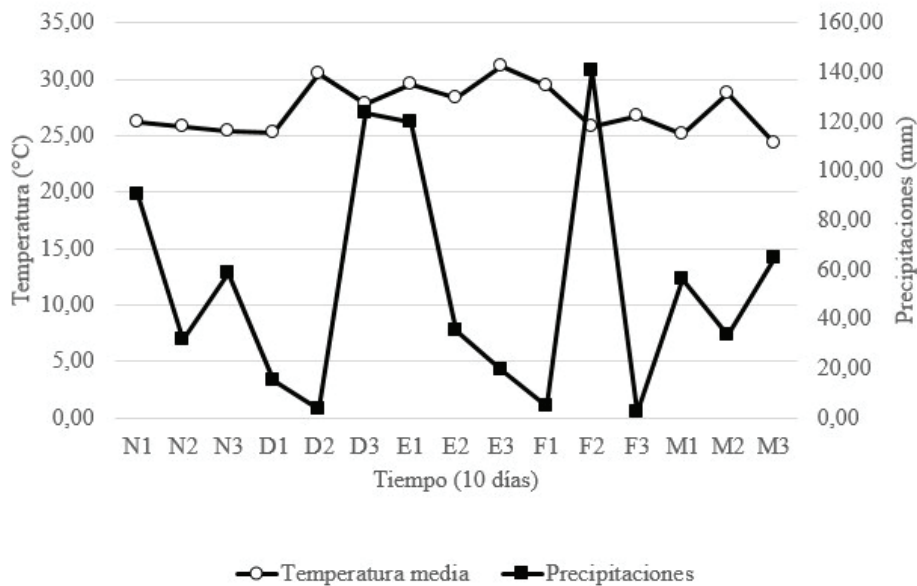


Figura 1. Temperatura media y precipitación durante la fase experimental, en referencia propiamente al cultivo del maíz. Noviembre de 2017 a marzo de 2018.
Figure 1. Average temperature and precipitation during the experimental phase, in reference to the cultivation of corn. November 2017 to March 2018.

El diseño experimental utilizado consistió en bloques completos al azar, con arreglo factorial en parcelas subdivididas de 2 x 5, considerándose la parcela, la forma de uso de *Mucuna pruriens* (en cobertura de suelo o incorporada) y la subparcela, las dosis de fertilizante fosfatado (0, 25, 50, 75 y 100 kg P ha⁻¹); con cuatro repeticiones. La unidad experimental (UE) fue 14 m² (2,8 x 5,0 m) y el área experimental total abarcó 560 m².

Antes de la siembra de la mucuna se realizó la aplicación de glifosato, en dosis de 3 l ha⁻¹, y luego de 10 días se realizó una pasada con rastra liviana, procediéndose luego a la siembra de la mucuna ceniza, a finales de febrero de 2017, con un distanciamiento de 0,50 m entre plantas y 1,0 m entre hileras.

A inicios de septiembre de 2017 se realizó el acamado de la mucuna ceniza, con posterior aplicación de glifosato en dosis de 3 l ha⁻¹, ante rebrote de la mucuna, para los tratamientos correspondientes a la mucuna en cobertura. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de suelo para su análisis. Posterior a esto, fue realizada la incorporación de rastrojos mediante una pasada de rastra liviana, en los sectores correspondientes a la mucuna incorporada.

La siembra del maíz se realizó a inicios de noviembre de 2017, postergándose hasta esa fecha debido a la ausencia de precipitaciones importantes en fechas previas. Para la siembra fue utilizada una sembradora manual de tipo

matraca, regulada al mínimo, y posterior a la emergencia se realizó un raleo, respetando el distanciamiento de 0,20 m entre plantas y 0,70 m entre hileras, para una densidad final de 71.428 plantas ha⁻¹. Cada UE estuvo constituida por cuatro hileras de maíz, de las cuales fueron evaluadas las dos hileras centrales; de éstas, a la vez, fueron descontadas las primeras y últimas plantas de cada hilera. El antecedente inmediato de utilización del área experimental, previo a la implantación de la *Mucuna pruriens*, fue de maíz en siembra convencional, en la zafra 2016-2017, el cual fue cosechado entre enero y febrero de 2017, aproximadamente 20 días antes de la siembra de la *Mucuna pruriens*.

La fertilización mineral de la parcela experimental fue realizada considerando los resultados del análisis de suelo, para nitrógeno y potasio, los cuales fueron aplicados de acuerdo con el siguiente esquema: el nitrógeno fue aplicado en dosis 125 kg ha⁻¹, utilizando como fuente urea (45-00-00), de la siguiente manera, de base, el 30% de la dosis establecida, junto con la siembra del maíz y el restante 70%, en cobertura, a los 35 días después de la emergencia; mientras tanto el potasio, fue aplicado en dosis de 60 kg ha⁻¹, utilizando como fuente cloruro de K (00-00-60), el 100 %, de base, al momento de la siembra del maíz. La fertilización fosfatada fue realizada considerando las dosis determinadas como tratamientos, y descritas anteriormente, utilizando como fuente súper fosfato triple (00-46-00), el 100 %, de base, al momento de la siembra del maíz.

El control de malezas se efectuó manualmente con azada, en tres ocasiones durante el ciclo del cultivo, a los 25, 50 y 70 días después de la emergencia (DDE). Para el control de plagas, especialmente el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se aplicó cipermetrina, en dosis de 1 l ha⁻¹, en dos ocasiones, a los 30 y 55 DDE.

La cosecha del maíz fue realizada al completar el cultivo su ciclo productivo, a mediados de marzo de 2018.

Las determinaciones fueron efectuadas en el propio local experimental, mediante equipos e instrumentos, propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Concepción. Fueron muestreadas 10 plantas de las dos hileras centrales de cada UE, las variables fueron:

- (i) altura de planta: se determinó midiendo, con cinta métrica, desde el cuello de la planta hasta el último punto de inserción foliar. Los datos fueron expresados en cm;
- (ii) masa fresca de granos por planta: se cosecharon las mazorcas de las plantas seleccionadas de cada UE y se procedió al desgrane manual y pesaje de los granos, mediante balanza electrónica de precisión de 0,01 g de resolución. Los datos fueron expresados en g planta⁻¹;
- (iii) rendimiento del cultivo: fueron pesados los granos obtenidos del área útil y ajustados al 14 % de humedad, utilizando una balanza electrónica de precisión, con resolución de 0,001 g. Los datos fueron expresados en kg ha⁻¹;
- (iv) peso de 1.000 granos: del total de granos cosechados por UE, se obtuvo una muestra de 1.000 granos y se procedió a su pesaje en balanza electrónica de precisión, de 0,01 g de resolución. Los valores logrados se expresaron en g 1.000 granos⁻¹.

Los datos fueron sometidos a ADEVA (Fisher 5 %) y al observarse diferencias significativas, las medias fueron comparadas entre sí mediante el test de Tukey al 5 %.

3. Resultados

3.1. Altura de planta

En la Tabla 1 se observan las medias de altura de planta, en función de los factores y niveles considerados en el estudio, según el ADEVA realizado. Se constata que ni la forma de manejo del cultivo de cobertura, ni las dosis de fósforo aplicadas, ejercieron efectos significativos sobre la altura de la planta. De igual forma, no fueron detectados efectos de interacción en la forma de uso de la *Mucuna pruriens* y dosis de fósforo, para esta determinación; pudiendo atribuirse la falta de respuesta a las condiciones climatológicas, más precisamente a la escasa precipitación (Figura 1), en la época de floración del cultivo.

3.2. Masa fresca de granos por planta

El análisis de varianza desarrollado en masa fresca de granos por planta de maíz expuso que el mismo no fue afectado por la forma de uso de la *Mucuna pruriens*, pero en la dosis de fertilizante fosfatado se observan diferencias significativas, como también por la interacción de dichos factores.

En la Tabla 2 se aprecia las interacciones de los factores en masa fresca de granos por planta, en las formas de uso de mucuna ceniza se observa valores diferentes en los niveles de dosis de fósforo, el comportamiento del maíz sembrado sobre *Mucuna pruriens* incorporada, demuestra mejor respuesta con la aplicación de 75 kg P ha⁻¹, llegando a medias de 64,75 g planta⁻¹, superando al testigo (0 kg P ha⁻¹), que alcanzó una producción media de 45 g planta⁻¹.

Tabla 1. Altura de la planta de maíz (cm) en función a la forma de uso de la *Mucuna pruriens* y las dosis de fósforo aplicadas.
Table 1. Height of the corn plant (cm) according to the form of use of the *Mucuna pruriens* and the doses of phosphate applied.

Parcela	Descripción		Altura (cm)
Forma de uso de la mucuna ceniza	Incorporada		195,24 ^{ns}
	En cobertura de suelo		187,70
Dosis de P (kg ha ⁻¹)	75		194,12 ^{ns}
	0		192,75
	50		190,75
	100		190,50
	25		189,25
C. V. Forma de uso de la mucuna ceniza (%)	4,31	DMS Tukey:	8,29 %
C. V. Dosis de P (%)	6,35	DMS Tukey:	17,92 %

ns: no significativo.

Tabla 2. Masa fresca de granos por planta de maíz (g pl⁻¹) en función a la forma de uso de la *Mucuna pruriens* y las dosis de fósforo aplicadas.

Table 2. Fresh mass content of grains per corn plant (g pl⁻¹) according to the form of use *Mucuna pruriens* and the doses of phosphate applied.

Dosis de P (kg ha ⁻¹)	Forma de uso de la <i>Mucuna pruriens</i>		
	Incorporada*		En cobertura de suelo*
0	45,00	BC a	49,00 B a
25	49,00	B a	51,00 B a
50	48,25	B b	56,75 AB a
75	64,75	A a	59,75 A a
100	39,00	C b	59,50 A a
C. V. Forma de uso de la mucuna ceniza (%):			13,06
C. V. Dosis de P (%):			7,52

* Medias seguidas por la misma letra mayúscula para columnas y minúsculas para filas no difieren entre sí por el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

En cuanto a las dosis de fósforo (Tabla 2) se comportan en forma similar en uno y otro método de manejo del cultivo de cobertura de *Mucuna pruriens*, excepto las dosis de 50 y 100 kg P ha⁻¹; la dosis de 75 kg ha⁻¹ de fósforo propicia mejor respuesta en el cultivo de maíz realizado sobre ambas formas con medias 59, 75 y 64,75 de masa, respectivamente.

3.3. Rendimiento del cultivo

Los promedios de masa fresca de granos por planta de maíz, posterior al análisis de varianza y la prueba de Fisher, evidencian haber sufrido efecto significativo a consecuencia de los factores: forma de uso de la *Mucuna pruriens*, dosis de fertilizante fosfatado y la interacción de ambos. La interacción entre forma de uso de la *Mucuna pruriens* y dosis de fósforo en rendimiento total de maíz fue significativa (Tabla 3). Las formas de uso de *Mucuna pruriens* se comportan estadísticamente diferentes con las dosis de fósforo aplicadas, el mejor rendimiento se presenta en la utilización de *Mucuna pruriens* incorporada con media de 3.682,25 kg ha⁻¹ de maíz.

En cuanto a las dosis de fósforo aplicadas, se observa un efecto significativo en las dosis de 50 y 100 kg ha⁻¹ de fósforo en las formas de uso de *Mucuna pruriens*. Las dosis de 75 kg ha⁻¹ de fósforo indujo mejores respuestas con medias 3.404,75 y 3.682,25 kg ha⁻¹ de maíz sembrado sobre cobertura e incorporado de *Mucuna pruriens*, respectivamente, mientras el testigo (0 kg ha⁻¹ de fósforo) fue el que registró menor rendimiento.

Tabla 3. Rendimiento total del cultivo (kg ha⁻¹) en función a la forma de uso de la *Mucuna pruriens* y las dosis de fósforo (P) aplicadas.
Table 3. Total yield of the crop (kg ha⁻¹) depending on the form of use of the *Mucuna pruriens* and the doses of phosphate (P) applied.

Dosis de P (kg ha ⁻¹)	Forma de uso de la <i>Mucuna pruriens</i>			
	Incorporada*		En cobertura de suelo*	
0	2.571,25	B a	2.638,00	C a
25	2.752,25	B a	2.904,00	BC a
50	2.795,25	B b	3.247,50	AB a
75	3.682,25	A a	3.404,75	A a
100	2.044,25	C b	3.395,00	A a
C. V. Forma de uso de la mucuna ceniza (%):			10,56	
C. V. Dosis de P (%):			7,82	

* Medias seguidas por la misma letra mayúscula para columnas y minúsculas para filas no difieren entre sí por el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

Tabla 4. Peso de 1.000 granos de maíz (g) en función de la forma de uso de la *Mucuna pruriens* y las dosis de fósforo (P) aplicadas.
Table 4. Weight of 1000 grains of corn (g) depending on the form of use of *Mucuna pruriens* and the doses of phosphate (P) applied.

Dosis de P (kg ha ⁻¹)	Forma de uso de la <i>Mucuna pruriens</i>			
	Incorporada*		En cobertura de suelo*	
0	108	C a	108	C a
25	102	C b	145	A a
50	123	B b	157	A a
75	142	A a	117	BC b
100	94	C b	129	B a
C. V. Forma de uso de la mucuna ceniza (%):			9,69	
C. V. Dosis de P (%):			5,53	

* Medias seguidas por la misma letra mayúscula para columnas y minúsculas para filas no difieren entre sí por el test de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

3.4. Peso de 1.000 granos

Al analizar el peso de 1.000 granos fue significativa la influencia de la forma de uso de *Mucuna pruriens* y las dosis de fósforo (Tabla 4). También se puede apreciar el efecto de las interacciones forma de uso de *Mucuna pruriens* y dosis de fósforo.

En la Tabla 4 puede observarse la interacción de la forma de uso de mucuna ceniza y dosis de fósforo utilizados en la variable peso de 1.000 granos. En la forma de uso de mucuna ceniza se observa efectos significativos en las dosis de fósforo, para el maíz sembrado sobre mucuna en cobertura de suelo demuestra mejor efecto llegando a una media de 157 gramos. El menor resultado para peso de 1.000 granos, fue obtenido en la incorporación de mucuna, con media de 102 gramos.

Con relación a las dosis de fósforo, se constata diferencias significativas en las formas de utilización de mucuna ceniza, excepto en el tratamiento sin aplicación de fósforo (testigo), el mejor resultado se dio con el empleo de 50 kg P ha⁻¹, llegando a medias de peso de 1.000 granos, de 157 gramos, superando a los demás tratamientos con el uso de mucuna ceniza en cobertura y 75 kg ha⁻¹ de fósforo para la mucuna incorporada con media de 142 gramos.

4. Discusión

Los resultados obtenidos difieren de los registrados por Jaramillo Sabando (2018), quienes señalan que, en suelos con cobertura vegetal, obtuvieron mayores alturas de plantas en el cultivo de maíz, asociándolo a un mayor contenido de humedad, que permite transpirar a las plantas y consecuentemente un mayor crecimiento. Venialgo Chávez *et al.* (2022) hallaron que la altura de planta, fue superior en las parcelas con abonos verdes que aquellas sin cobertura, lo cual puede ser equiparable a los resultados del presente trabajo, para esa determinación.

Jaramillo Sabando (2018) señalan que el rendimiento del maíz cultivado sobre cobertura de suelo fue significativamente superior, lo cual es coincidente con el presente trabajo. Al respecto, Novara *et al.* (2021) apuntan que la utilización de cobertura del suelo es una estrategia de manejo promisorio en la optimización del recurso hídrico, factor limitante en la productividad y rendimiento de los cultivos. Además, Jarecki *et al.* (2018) señalan que, con la utilización de cobertura vegetal se evidencia un aumento en la reserva de carbono del suelo y en sus niveles de fertilidad. Así también, Santacruz Cáceres *et al.* (2013) concluyen que los mayores rendimientos de granos de maíz fueron logrados con los sistemas de labranza mínima con abono verde y siembra directa con abono verde, lo cual resulta coincidente con los resultados de este trabajo.

Las dosis de fósforo aplicadas indujeron un efecto positivo sobre las determinaciones: masa fresca de granos por planta, rendimiento del cultivo y peso de 1.000 granos. La altura de planta no se vio influenciada por este factor, lo cual no coincide con Neira Torres (2020), quien encontró diferencias altamente significativas para diferentes fórmulas de fertilización NPK.

Medina Méndez *et al.* (2018) concluyen que la fertilización recomendada tiene efecto positivo en la producción de granos de maíz, lo cual coincide con los resultados logrados en el presente experimento. En relación con estos resultados, la respuesta eficaz en la producción del maíz, de la fertilización fosfatada, según Gordon-Mendoza *et al.* (2016) es atribuible a que el fósforo, después del nitrógeno, es el segundo elemento más importante para la producción y calidad de los cultivos; además de ser uno de los nutrientes que más limita la producción agrícola.

Rubiños Canales (2017) señala que los niveles de fósforo aplicados al cultivo del maíz demuestran efectos significativos en el rendimiento. Así también, Medina Méndez *et al.* (2018) señalan que híbridos de maíz mostraron una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada y fosfatada, incrementando su rendimiento; además mencionan que los tratamientos sin fertilización obtuvieron los menores rendimientos, lo cual se compatibiliza con los resultados del presente trabajo.

Por su parte, resultados obtenidos por Neira Torres (2020) señalan que los principales elementos nutritivos (N, P y K) influyen significativamente en componentes de la productividad del maíz, como: peso de mazorca y peso de 100 granos; atribuyéndolo a la influencia de estos nutrientes en procesos metabólicos y elaboración de fotoasimilados, que se acumulan en los granos durante la fotosíntesis.

5. Conclusiones

Ni la forma de uso de la mucuna ceniza, ni las diferentes dosis de fertilizante fosfatado aplicadas, influyeron sobre la determinación de altura de la planta. La forma de uso de la mucuna ceniza y dosis de fósforo, actúan en forma combinada sobre masa fresca de granos por planta, rendimiento del cultivo y peso de 1.000 granos; con mejores resultados de utilización de mucuna ceniza incorporada + dosis de P de 75 kg P ha⁻¹, para los dos primeros casos; y mucuna en cobertura de suelo + dosis de P de 50 kg P ha⁻¹, para peso de 1.000 granos.

Contribuciones de los autores:

- Modesto Osmar Da Silva Oviedo: Conceptualización, Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Supervisión, Validación, visualización, Redacción, revisión y edición.
- Oscar Luís Caballero Casuriaga: Conceptualización, Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Administración del proyecto, Supervisión, Visualización, Validación, visualización, Redacción, revisión y edición.
- Eulalio Morel López: Conceptualización Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Supervisión, Validación, visualización, Redacción, revisión y edición.
- Amílcar Isidro Servín Niz: Conceptualización Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Administración del proyecto, Recursos, Supervisión. Validación, visualización, Redacción, revisión y edición.

- Derlys Fernando López Avalos: Conceptualización, Adquisición de fondos, Metodología, Recursos, Redacción, revisión y edición.
- Florencio David Valdez Ocampo: Conceptualización, Adquisición de fondos, Redacción – borrador original.
- Wilfrido Daniel Lugo Pereira: Conceptualización, Adquisición de fondos, Redacción – borrador original.

Referencias

- Dirección de Meteorología e Hidrología [DMH]. (2018). *Datos de parámetros meteorológicos, Paraguay*. <https://www.meteorologia.gov.py/emas/>
- García, F. O. (2020). *Fertilización de Maíz en la Región Pampeana* (inédito). <https://www.profertil.com.ar/wp-content/uploads/2020/08/fertilizacion-de-maiz-en-la-region-pampeana.pdf>
- Gordon-Mendoza, R., Franco-Barrera, J. E., Villarreal-Núñez, J. E., y Smith, T. J. (2016). Manejo de la fertilización fosforada en el cultivo de maíz, El Ejido, Panamá 2004 – 2013. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 95-108. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v27i1.21889>
- Jaramillo Sabando, M. A. (2018). *Evaluación de cobertura vegetal en el suelo y el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays) en la finca agroecológica, Zamorano*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <http://hdl.handle.net/11036/6377>
- Jarecki, M., Grant, B., Smith, W., Deen, B., Drury, C., VanderZaag, A., Qian, B., Yang, J., y Wagner-Riddle, C. (2018). Long-term trends in corn yields and soil carbon under diversified crop rotations. *Journal of Environmental Quality*, 47(4), 635-643. <https://doi.org/10.2134/jeq2017.08.0317>
- Medina Méndez, A. J., Alejo Santiago, G., Soto Rocha, J. M., y Hernández Pérez, M. (2018). Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (21), 4306-4316. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i21.1532>
- Neira Torres, J. M. (2020). *Efecto de la densidad de plantas y de la fertilización NPK, en el rendimiento del maíz amarillo duro (Zea mays L.) en el distrito de Sondor – Huancabamba. Piura – Perú*. Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2438>
- Novara, A., Cerda, A., Barone, E., y Gristina, L. (2021). Cover crop management and water conservation in vineyard and olive orchards. *Soil and Tillage Research*, 208, 104896. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104896>
- Ortigoza Guerrero, J., López Talavera, C. A., y González Villalba, J. D. (2019). *Guía técnica cultivo de maíz*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_04.pdf
- Rubiños Canales, G. A. (2017). *Niveles de fósforo y momentos de aplicación en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo riego por goteo*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3068>
- Sanclémente-Reyes, O. E., y Patiño-Torres, C. O. (2015). Efecto de *Mucuna pruriens* como abono verde y cobertura, sobre algunas propiedades físicas del suelo. *Entramado*, 11(1), 206-211. <https://doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21137>
- Santacruz Cáceres, W. E., Florentin Rolón, M. Á., y Ovelar, M. G. (2013). Sistemas de manejo de suelo para pequeñas fincas: efecto sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) Departamento de San Pedro. *Investigación Agraria*, 8(1), 25-31. <https://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/109>
- Sorrenson, W. J., Duarte, C., y López Portillo, J. (1998). *Economics of No-till compared to conventional cultivation systems on small farms in Paraguay, policy and investment implications*. Report Soil Conservation Project MAG – GTZ. <http://www.rolf-derpsch.com/es/siembra-directa/economia-pequenos-agricultores/>
- Venialgo Chávez, R. N., Bareiro Monzón, M. Á., Pereira Paiva, M. A., y Cabrera Romero, M. G. (2022). Efectos de plantas de cobertura sobre la producción de la mandioca en plantío directo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), 2374-2388. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1655