

# **FUENTES DE FÓSFORO Y SU RESPUESTA SOBRE EL CULTIVO DE LA SOJA (*Glycinemax* (L.) Merrill)**

## **AUTOR**

JAIME DOS SANTOS CASAGRANDA<sup>1</sup>

## **ORIENTADORES**

JIMMY WALTER RASCHE ALVAREZ<sup>2</sup>

JULIO CÉSAR KARAJALLO<sup>2</sup>

**Universidad Nacional del Este – (UNE)  
Escuela Superior de Educación Cruce Itakyry – (ESECI)  
Itakyry, Paraguay**

[jaimebrum13@hotmail.com](mailto:jaimebrum13@hotmail.com)<sup>1</sup>, [jwrasche@yahoo.com.ar](mailto:jwrasche@yahoo.com.ar)<sup>2</sup>

## **Resumen**

La soja es el principal rubro agrícola en Paraguay, ocupa más de 3.300.000 ha<sup>-1</sup> con rendimiento medio superior a 2500 kg ha<sup>-1</sup>. Debido a su rentabilidad, se busca maximizar su producción incorporando nuevas técnicas de producción. La investigación fue realizada en el distrito de Itakyry sobre un ultisol. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fósforo sobre la producción de la soja. El diseño experimental empleado fue de bloques al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones. Las fuentes de fósforo fueron: Súper fosfato simples(00-20-00), súper fosfato triple (00-46-00), fosfato mono amónico (11-52-00), fosfato parcialmente acidulado (00-20-00) y polvo de roca fosfatada paraguaya (00-10-00). Se determinó la altura de planta a los 60 días y a los 100 días después de la siembra, la cantidad de vainas, número de inserciones, número de vainas con uno, dos y tres granos, el peso de 1000 granos y posteriormente el rendimiento del cultivo de la soja. La aplicación de la fuente fosfato mono amónico (2.499 Kg/ha), súper fosfato simple (2.806 Kg/ha) y fosfato parcialmente acidulado(2.499 Kg/ha) permitió aumento de la producción comparado al polvo de roca paraguaya 2.297 Kg/ha y el testigo sin fosfato 2.011 Kg/ha. El número de vainas total por planta presentó una diferencia significativa, variando entre 44,9 a 28,9 vainas por planta; el peso de

1000 granos no tuvo diferencia significativa entre tratamientos. En el presente experimento, la aplicación de diferentes fuentes de fósforo afectó la producción del cultivo de la soja.

Palabras claves: fertilización fosfatada, fosfato soluble, fosfato natural.

## INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycinemax* (L.) Es originaria de China, sus granos poseen abundante proteína y aceite, constituyéndose en la principal fuente de alimentación a escala mundial, siendo la oleaginosa más importante del mundo.

En el Paraguay la soja es el principal rubro de exportación, el país es el sexto mayor productor mundial de este cultivo, abarcando una área cerca de 3.264.480 hectáreas en zafra normal, con una producción 8,2 millones de toneladas; mientras que se estima que la de sojazafría estaría en torno a las 0,72 millones de toneladas, zafra 2014/2015, ocupando el cuarto lugar como exportador mundial de soja (CAPECO, 2015).

La principal zona productora es la región oriental. La misma representa alrededor del 40 % de las exportaciones agrícolas totales, concentrando la producción de soja en dos departamentos, Alto Paraná e Itapúa, produciendo ambos casi el 70% del total del país (Morinigo, 2008); siendo que ocupa el tercer lugar en América Latina en niveles de productividad de soja, después de Brasil y Argentina. En el 2014 posee un promedio de 2.850 kg/ha, rendimiento similar al de la Argentina y Brasil, y muy cercana al de los Estados Unidos (FAO, 2016).

En relación al rendimiento de soja podría ser aumentada si se toman algunas medidas que permitan mejorar la fertilidad del suelo, entre ellas la fertilización fosfatada de manera adecuada de los suelos agrícola. MacDonald et al. (2011) apuntan varias partes del planeta donde la fertilización fosfatada es insuficiente, entre estas Paraguay. Fatecha (2004) y Jorgge (2012) realizaron estudios sobre análisis de la fertilidad de los suelos hechos entre 1980 hasta el 2010y en la Región Oriental del Paraguay, e indican que más del 80% de los suelos presentan niveles bajos de fósforo disponible, esto indica el problema con este nutriente y la importancia de mejorar el manejo de la fertilización fosfatada.

Según Fatecha (2004) y Cubilla (2005), el fósforo es el nutriente más deficiente y que mayormente limita la obtener elevados rendimientos en los cultivos, en la región oriental del Paraguay, ya sea por la baja concentración o por el complejo comportamiento en el suelo. Segundo Corrêa et al. (2004), Oliveira Júnior et al. (2008) y Valadão Júnior et al. (2008) de los macronutrientes esenciales para las plantas, el fósforo es el elemento que limita más frecuentemente la producción. Sin el fósforo, la productividad de la cultura da la soja es baja, causando disminución del tamaño de la planta (Alcântara Neto et al., 2010).

Fernández et al. (1995) resaltan que los suelos Oxisoles y Ultisoles presentan mayor deficiencia del fósforo porque tiene la característica de fijar fuertemente el fósforo y requieren altas dosis del mismo para corregir la deficiencia. Segundo Rezende (2005), Richart et al. (2006) la respuesta del cultivo de la soja a la utilización de fósforo (P) vía suelo es bien definida, responsable por la mayoría de las respuestas significativas en el rendimiento del cultivo, implicando comúnmente el aumento del rendimiento. Sin el fósforo el tamaño de la planta y la productividad del cultivo de la soja es baja (Tanaka y Mascarenhas, 1992; Ventimiglia et al., 1999).

Según Gros y Dominguez (1992) y Fatecha A. (2004) el súper fosfato simple es obtenido por el tratamiento de la roca fosfatada con ácido sulfúrico y contiene cerca de 20% de  $P_2O_5$ , 11% de S.

Fatecha (2004) menciona que el súper fosfato triple proviene de la reacción del ácido fosfórico, obtenido por proceso húmedo, con la roca fosfatada y contiene alrededor de 46% de  $P_2O_5$ . El mismo autor aclara que el súper fosfato simple es de reacción ácida y el superfosfato triple presenta reacción neutra.

Fertisquiza (2013) El MAP es muy recomendable para ser aplicado en la fertilización de arranque, a la siembra o al momento del trasplante, ya que por tener solo una molécula de amonio, este producto es menos agresivo con las semillas durante el proceso de germinación y sobre plántulas recién trasplantadas.

Según el Edmon, J.B.; T.L. Senn y F.S. Adreus, (1981). El P es muy importante para el crecimiento inicial de la planta. Menciona Deibert et al., (1979) Que el N influye favorablemente en la absorción de nutrientes, entre ellos el P. Schoninger, E.L, (2011) probaron dos fuentes de P (Súper fosfato Triple y MAP), constataron que no hubo diferencia entre ambos fertilizantes en el rendimientos.

Gaspar(2001) sostiene que el fósforo parcialmente acidulado, posee como mínimo de 9% de P soluble en citrato neutro de amonio más agua o 11% soluble en ácido cítrico a 2% en la relación de 1:100, y mínimo 5% de P soluble en agua.

Quiminet (2006) explica que la roca fosfórica natural, presenta una adecuada relación de precios por unidad de nutriente, pero de menor concentración y más lenta solubilidad que los fertilizantes industriales.

Coutinho et al., (1991) mencionan que la aplicación de diferentes fuentes de fósforo afecta la producción y que el fósforo proveniente del fosfato natural es insuficiente para la suplementación de P en el cultivo de la soja. De acuerdo a lo ocurrido en el experimento de Schoninger, Pela y Por, (2011) el súper fosfato triple proporciona respuesta significativa en cuanto a la altura en la soja que el fosfato natural. Ono et al., (2009) resaltan que la aplicación de diferentes fuentes de fósforo afecta significativamente el rendimiento de soja.

Según Richart et al. (2006) la aplicación de diferentes fuentes de fósforo afecta significativamente el número de vainas por planta, número de granos por vainas y no afecta el peso de mil granos. Para Ozuna, (2013) los parámetros de crecimiento considerados en los estadios V5 y R1 no son afectados por las fuentes de fósforo utilizadas y los caracteres de rendimientos como número de vainas, peso de mil granos y rendimiento de granos no son afectados por las fuentes de fósforo utilizadas en experimento de cultivo de soja.

Sambatti et al., (2008) sostienen que no hay diferencia significativa a la aplicación de diferentes fuentes de fósforo en cuanto a la altura cultivo de la soja. Escorcia (1979) menciona que utilizando fuentes alternativas de fósforo no encontró respuesta significativa en cuanto al rendimiento el cultivo de frijol.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de diferentes fuentes de fósforo sobre la altura, número de vainas, rendimiento de granos y peso de granos en el cultivo de soja, y aportará información que servirá a investigadores y productores de soja, que utilizan estos productos en forma masiva en los últimos años, sin tener trabajos de investigación que sostengan que la aplicación de los mismos incrementa el rendimiento de la soja.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento fue conducido en el campo experimental de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Escuela Superior de Educación Cruce Itakyry, ubicada en el distrito de

Itakyry del departamento de Alto Paraná. El suelo de la región es de textura arcillosa, clasificado como *RhodicPaleudult* (López et al., 1995). El clima de la localidad es sub tropical con temperatura media anual de 22 °C y precipitación media anual de 1.750 mm (Estación Meteorológica Itaipu, 2013). El experimento está localizado en S 24° 51' 18.7" y W 54° 52' 52.6" a una altura de 255 msnm.

El diseño empleado fue de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales.

Cada unidad experimental tenía 3 m de largo por 3 m de ancho que equivale a 9 m<sup>2</sup>. El área total del experimento fue de 216 m<sup>2</sup>.

Los tratamientos consistieron en T1: testigo; T2: Súper fosfato triple (0-46-0) en dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; T3: Súper fosfato simple (0-18-0) en dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; T4 Fosfato Mono amónico (18-46-0) en dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; T5 el fertilizante 7-24-00 en dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y el T5 polvo de roca en dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Tabla 1).

Antes de implantar el experimento se extrajeron muestras de suelo y se realizó un análisis de suelo, para ver las condiciones químicas del terreno.

pH(H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H+Al	P	M. org.
	emg/100 ml de solo					ppm	%
6,20	6,92	1,17	0,02	1,18	0,00	5,92	3,17

De acuerdo al resultado de análisis se fertilizó la soja con 91,6 kg ha<sup>-1</sup> del fertilizante 0-0-60 en el momento de la siembra de la soja, así como se realizó la inoculación de las semillas de soja con bacterias del género *Bradyrhizobium japonicum*.

La preparación del terreno se realizó 8 días antes de la siembra, una desecación con Glifosato 64% SL y Cletodim a 2,5 L ha<sup>-1</sup>, mezclado a aceite mineral parafínico a 0,5 L ha<sup>-1</sup>, con un caudal de agua de 150 L ha<sup>-1</sup>. La aplicación se realizó con una pulverizadora tipo mochila costal, con capacidad de 20 litros.

**Cuadro 1:** Fuente de fósforo que fueron utilizados en cada tratamiento y la dosis aplicada de cada fuente. Itakyry. 2016.

Tratamiento	Fuente de fósforo kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Dosis del producto aplicado kg ha <sup>-1</sup>
T1	Testigo 0 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0
T2	Súper Fosfato Triple (00-46-00) 80 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	174
T3	Súper Fosfato Simples (00-20-00) 80 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	400
T4	Fosfato Monoamonico (11-52-00) 80 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	154
T5	Fosfato Parcialmente Acidulado (7-24-00) 80 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	333
T6	Polvo de Roca Paraguaya 80 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	800

El material genético sembrado fue de crecimiento indeterminado, de porte medio (80 cm), color de flor púrpura, con ciclo de maduración de Na5909 RG (genéticamente modificado) 120 días. La siembra se realizó el 30 agosto en el sistema de siembra directa sobre rastrojos de avena. La densidad de siembra de la soja fue de 352.000 plantas ha<sup>-1</sup> con espaciamiento de 0,45 m entre hilera y 16 semillas por metros lineal.

El control de maleza se realizó a través de una aplicación de Glifosato 62% SL en pos-emergencia a los 25 días después de la siembra. Para el control de plagas se utilizó insecticidas sistémicos, donde se realizaron tres aplicaciones, con intervalo de 20 días entre aplicaciones.

Para el control de enfermedades se aplicó fungicida Azoxystrobin 200 g/l + ciproconazole 80 g.L<sup>-1</sup> SC cuando se detectó los primeros focos de las enfermedades realizando 3 aplicaciones, donde la primera pulverización fue aplicada a los 30 días después de la emergencia, la segunda después de 10 días y la tercera 15 días después de la segunda aplicación. Para controlar la infestación de la roya de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*).

Las aplicaciones fueron efectuadas a través de pulverizador costal, con capacidad de 20 litros de agua, boquillas tipo cónico donde se utilizó un caudal de 100 L.ha<sup>-1</sup> para control de plagas y 120 L.ha<sup>-1</sup> para control de enfermedades.

También se realizó la aplicación de micronutriente Co 1%, Mo 6% (Co-Mo<sup>®</sup>) vía foliar 200 ml.ha<sup>-1</sup> dividido en dos aplicaciones la primera en etapa V2 y la segunda aplicación en V5, donde se utilizó un caudal de 100 L.ha<sup>-1</sup> en cada aplicación.

Para la determinación de altura de planta se midió diez plantas al azar a los 60 y 100 días de la siembra, en el área útil de cada unidad experimental con una cinta métrica midiendo desde la base hasta el ápice de la planta, para determinar la altura media de cada tratamiento.

Antes de la cosecha se colectó 10 plantas y de las mismas se determinó el número de vainas por planta, contabilizando todas las vainas de cada planta colectada; el número de inserciones de vainas por planta, contabilizando el número de inserciones de cada una de las 10 plantas por unidad experimental; el número de vainas con uno, dos y tres vainas, contabilizando cada una de las vainas que poseen dicha cantidad de granos y el número de granos por planta, contando todas los granos de cada planta de cada unidad experimental.

La cosecha se realizó cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica (R8), con humedad entre el 12 -14 %, para lo mismo se cosechó 3 m<sup>2</sup> por unidad experimental, luego se trilló en forma mecánica. El rendimiento de granos se obtuvo por medio del peso de los granos trillados del área útil de cada unidad experimental y libre de cuerpos extraños, que fue pesado por medio de una balanza electrónica de dos decimales, y se expresa en Kg/ha.

El peso de 1000 granos se obtuvo pesando mil granos de cada unidad experimental con una balanza de precisión de dos decimales.

Para el análisis estadístico se realizó análisis de varianza (ANAVA) y como hubo diferencia significativa se aplicó el Test de Tukey al 1% y 5% de probabilidad para la comparación entre las medias de los tratamientos, con ayuda del programa Assistat, 2014.

Fue determinado el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables evaluadas, considerando la media de cada UE, aplicando la siguiente fórmula:

$$r_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

Cov = covarianza

X e Y = promedio de las muestras de cada matriz, en este caso la unidad experimental

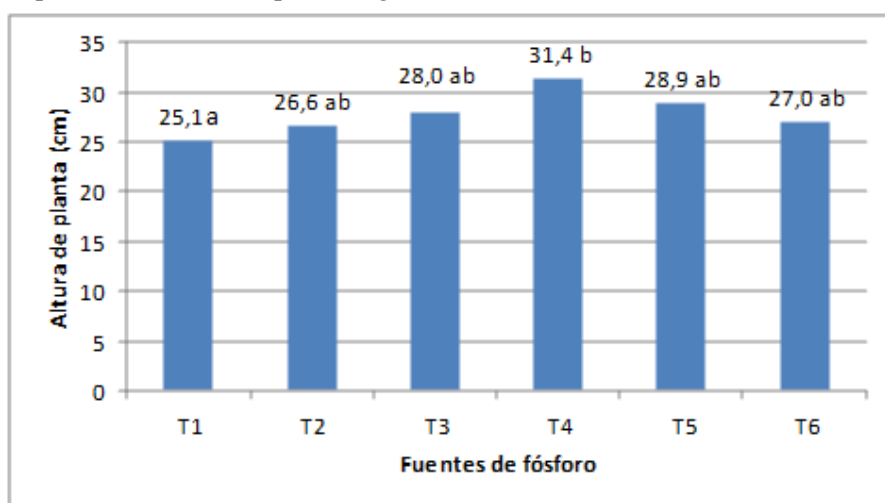
$\sigma$  = desvío estándar de cada matriz

Cuando  $r$  es mayor a 0,7 hay fuerte correlación,  $r$  entre 0,7 a 0,3 indica correlación moderada y  $r$  menor a 0,3 indica baja correlación.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### Altura de planta

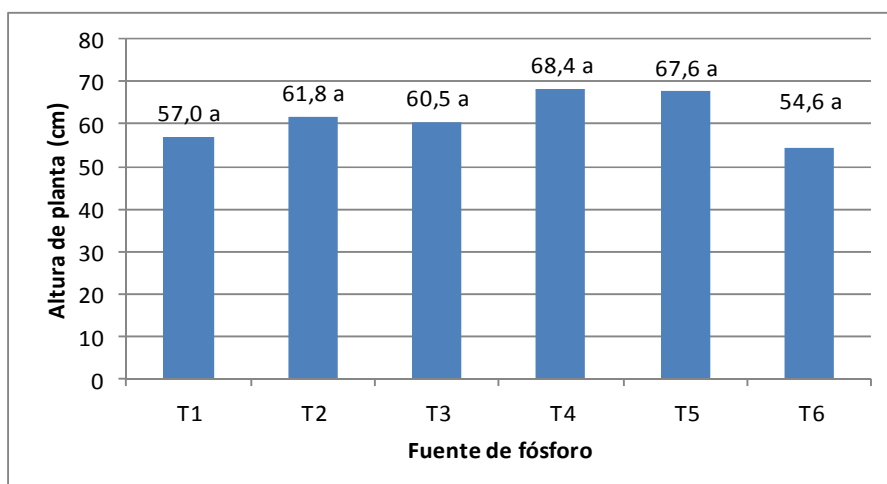
La aplicación de diferentes fuentes de fósforo influenció en la altura de planta de soja a los 30 días, variando su altura entre 31,4 cm a 25,1 cm (Figura 1), no coincidiendo con el experimento realizado por Ozuna et al., (2008) que no presentó diferencia significativa en cuanto a la altura, en cuanto a la aplicación de diferente fuentes de fósforo con lo mencionado por Tanaka y Mascarenhas, (1992); Ventimiglia et al., (1999) que la falta de fósforo afecta la altura de la planta. No coincide con Schoninger, E.L, (2011) quienes sostienen que el súper fosfato triple T2, tiene una respuesta significativa en cuanto al fosfato natural T6.



**Figura 1.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el crecimiento de la planta de soja a los 30 días después de la siembra. Itakyry. 2016.

Se puede mencionar que el tratamiento superior fue el T4 que presentó diferencia significativa con el T1, pero fue estadísticamente igual a los tratamientos T2, T3, T5, T6. Entre las diferentes fuentes de fósforo no se observa diferencia en la altura de planta. El coeficiente de variación de la altura de planta fue de 11,3%.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo no influenció en la altura de planta de soja a los 100 días (Figura 2), variando su altura de 68,4 cm a 54,6 cm (Figura 2), coincidiendo con el experimento realizado por Ozuna, (2013) y Sambatti et al., (2008) no presentando diferencia significativa en cuanto a la altura a los 100 días, en cuanto a la aplicación de diferentes fuentes de fósforo. Y no coincide con lo mencionado por Tanaka y Mascarenhas (1992) y Ventimiglia et al., (1999) que la falta de fósforo afecta la altura de la planta.



**Figura 2.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el crecimiento de la planta de soja a los 100 días después de la siembra. Itakyry. 2016.

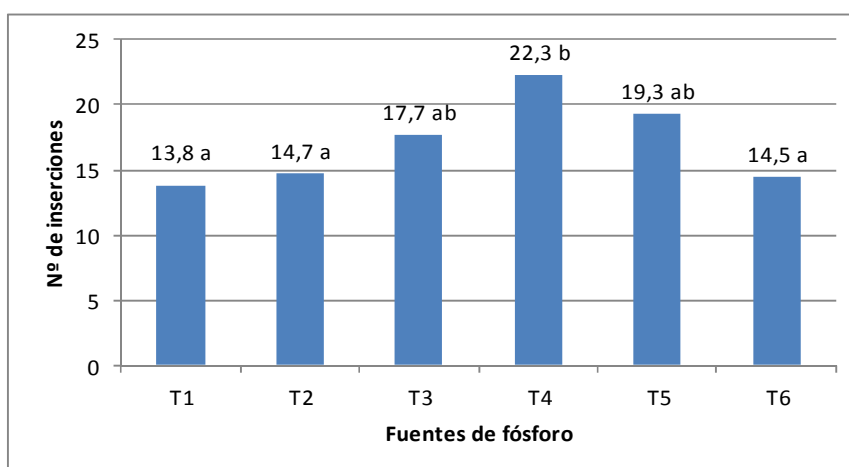
Se puede observar en la figura 2, que el tratamiento T4 posee una tendencia de mayor altura, pero no suficiente para ser significativa cuando comparado con los demás tratamientos y cuyos coeficientes de variación fue de 8%.

En la figura 2, se observa que los tratamientos 4 y 5 ambos con nitrógeno no fueron estadísticamente superiores a los demás tratamientos coincidiendo con lo mencionado por Edmon, J.B.; T.L. Senn y F.S. Adrews, (1981) que la aplicación de N da un vigor de crecimiento en el comienzo del crecimiento, a medida que crece el cultivo pierde su efecto.

Se puede observar también que el ocurrido en el tratamiento T6 coincide con lo mencionado por Quiminet (2006) que la roca fosfórica natural, presenta una lenta solubilidad por ese motivo afecta la altura de la planta.

#### Número de inserciones de vainas y vainas por planta

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo influyó en el número de inserciones totales (Figura 3), Variando de 22,3 a 13,8 inserciones (Figura 2). No coincidiendo con el experimento realizado por Ozuna, (2013) que menciona que el número de inserciones totales no es afectada por la aplicación de diferentes fuentes de fósforo.

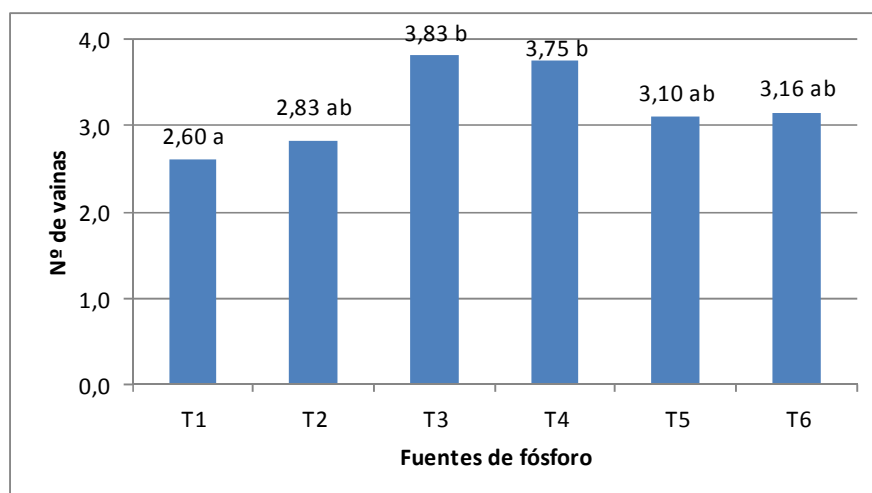


**Figura 3.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el número total de inserciones de vainas por planta. Itakyry. 2016.

Cabe mencionar, que el tratamiento superior fue el T4 con 2,3 número de inserciones, que presentó diferencia significativa con e T1, T2 y T6, pero fue estadísticamente igual a los tratamiento T5 y T3.

Los tratamientos T1, T2 y T6 fueron inferiores estadísticamente con el tratamiento 4, e iguales entre sí y estadísticamente similares al T3 y T5. Y cuyos coeficientes de variación de fue de 25%.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo influenció sobre el número de vainas con un grano en la (Figura 4). Variando entre 3,83 a 2,60 granos por planta (Figura4). No coincidiendo con el mencionado por Richart et al. (2006) quienes sostienen que la aplicación de diferente fuentes de fósforo afecta el número de granos por vainas.

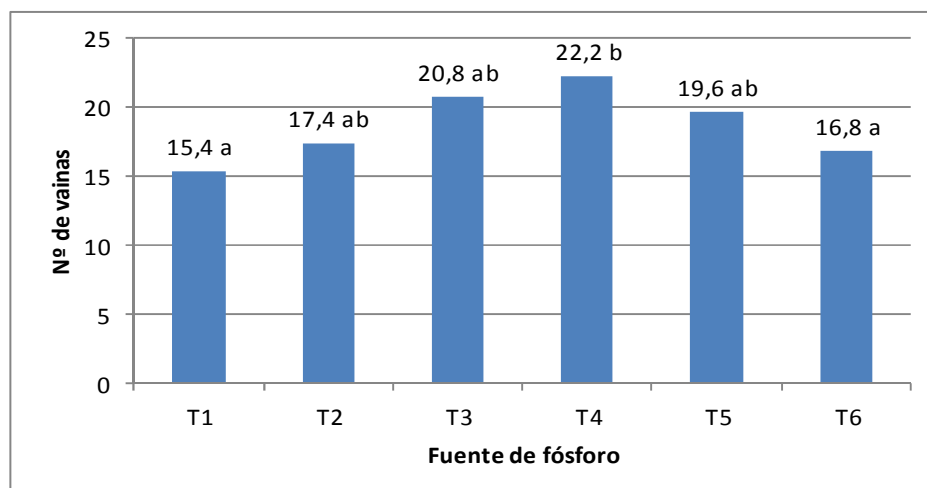


**Figura 4.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el número de vainas con un grano. Itakyry. 2016.

Se puede mencionar que los tratamientos T3 y T4 que presentaron respuesta significativa con respecto al tratamiento T1, que son semejantes entre sí, pero fue estadísticamente igual a los tratamientos T6, T5 y T2.

El tratamiento T1 fue inferior estadísticamente con los tratamientos T3 y T4 y estadísticamente similar al T2, T5 y T6. Y cuyos coeficientes de variación de fue de 33%.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo influenció en el número de vainas con dos granos (Figura 5), variando entre 22,2 a 15,4 vainas por planta (Figura 5).



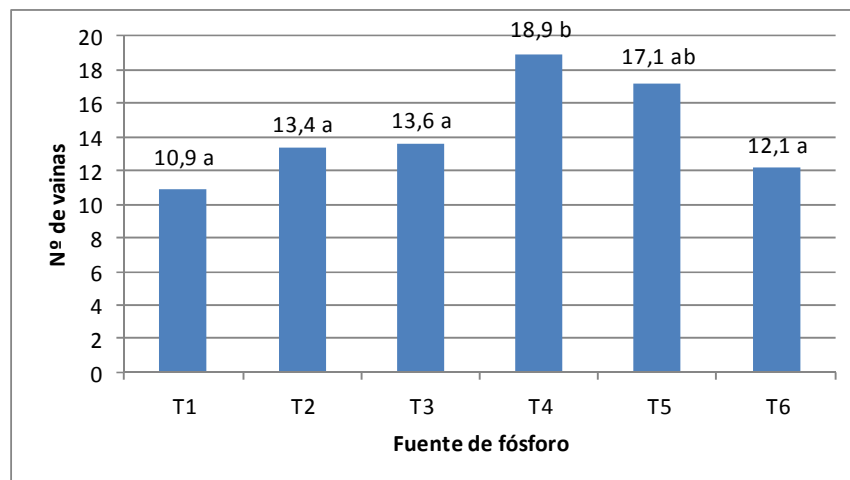


**Figura 5.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el número de vainas con dos granos.Itakyry. 2016.

Se puede mencionar que el tratamiento superior fue el T4 que presentó diferencia significativa con el T1 y T6, pero fue estadísticamente igual a los tratamientos T3, T5 y T2.

Los tratamientos T1 y T6 fueron inferiores estadísticamente con el tratamiento T4, y estadísticamente similares al T2, T5 y T3. Y cuyos coeficientes de variación de fue de 22%.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo influenció en el número de vainas con tres granos (Figura 6), variando entre 18,9 a 10,9 vainas por planta (Figura 6).



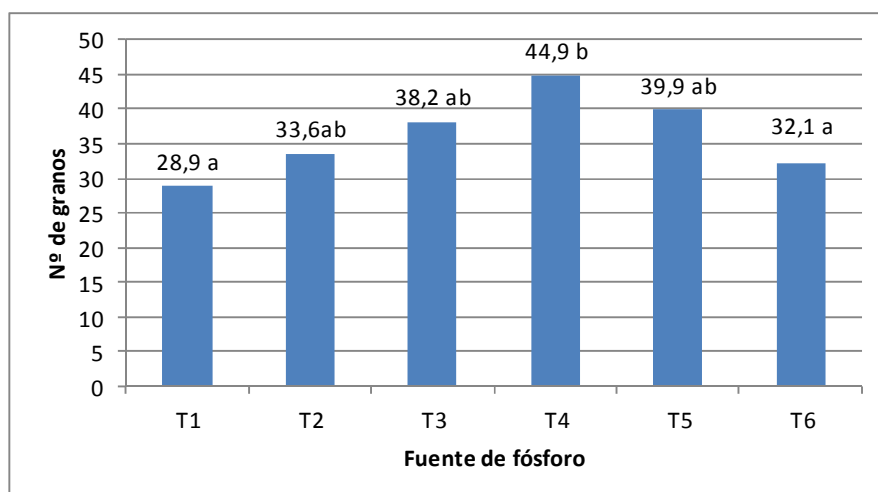
**Figura 6.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el número de vainas con tres granos.Itakyry. 2016.

Cabe mencionar, que el tratamiento superior fue el T4 que presentó diferencia significativa con e T1, T2, T3 y T6, pero fue estadísticamente igual a los tratamiento t5.

Los tratamientos T1, T2, T3 y T6 fueron inferiores estadísticamente con el tratamiento T4, e iguales entre sí y estadísticamente similares al T5.Y cuyos coeficientes de variación de fue de 33%.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo influenció en el número total de vainas (Figura 7), variando entre 44,9 T4 a 28,9 T1 vainas por planta (Figura 7). No coincidiendo con el experimento realizado por Ozuna, A. J. R. (2013).El mismo menciona que la aplicación no presenta resultasignificativo. Perocoincidiendo con el trabajo realizado por Richartet al. (2006) quienes sostienen que la aplicación de diferentes fuentes de fósforo presenta un resultado

significativo en el número de vainas por planta.



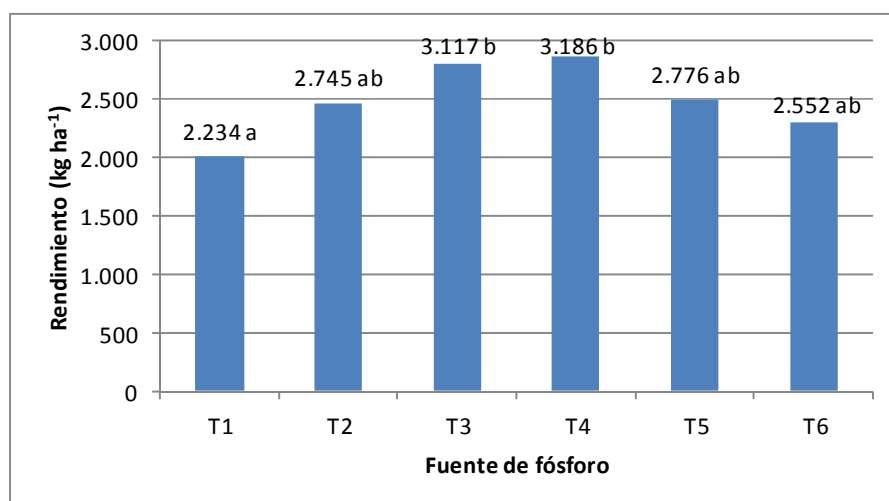
**Figura 7.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el número total de granos por planta. Itakyry. 2016.

Se puede mencionar, que el tratamiento superior fue el T4 que presentó diferencia significativa con e T1 y T6, pero fue estadísticamente igual a los tratamiento T5, T3 y T2.

Los tratamientos T1 y T6 fueron inferiores estadísticamente con el tratamiento T4, e iguales entre sí y estadísticamente similares al T2, T3 y T5. Y cuyos coeficientes de variación de fue de 26%.

### Rendimiento y peso de 1000 granos

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo afectó el rendimiento (Figura 8), variando entre 3.186 Kg/ha T4 a 2.234 Kg/ha T1 (Figura 8). No coincidiendo con el experimento realizado por Ozuna (2013) encontró que con la aplicación de diferentes fuentes de fósforo no influyen en el rendimiento. Y también no coincide con el experimento realizado por Schoninger, E.L, (2011) quienes demostraron que las fuentes de P (SPT y DAP) no presentaron afecto sobre los rendimientos. Pero por contraparte lo mencionado por Ono et al., (2009) y Coutinho, et al., (1991) que la aplicación de diferente fuentes de fósforo afecta significativamente el rendimiento del cultivo de la soja.



**Figura 8.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el rendimiento de granos de soja. Itakyry. 2016.

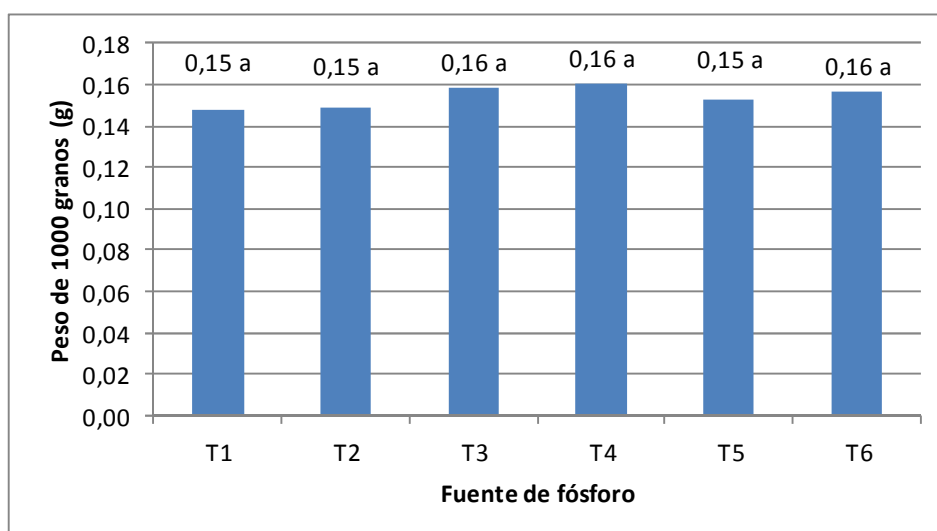
Se puede destacar, que los tratamientos superiores fueron los T4 y T3 que son semejantes entre sí y presentaron diferencia significativa con el tratamiento T1 pero fue estadísticamente iguales a los tratamientos T5, T2 y T6.

El tratamiento T1 es inferior estadísticamente con los tratamientos T4 y T3, y estadísticamente similar al T6, T2 y T5. Y cuyos coeficientes de variación de fue de 20%.

Como se puede observar los tratamientos que poseen elementos tales como el nitrógeno T4 T5 y azufre T3 en combinación con el fertilizante fosfatado presentaron mayor rendimiento de granos.

Se puede destacar el mencionado por el Deibert et al. (1979) que el nitrógeno ayuda en la absorción de nutriente como el fósforo, el cual proporcionó el alto rendimiento.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo no influenció en el peso de 1000 granos. Coincidiendo con el experimento realizado por Rojas (2013) y Richart et al. (2006) que la aplicación de diferente fuentes de fósforo no afecta el peso de mil granos.



**Figura 9.** Fuentes de fósforo y su efecto sobre el peso de 1000 granos de soja. Itakyry. 2016.

Cabe Mencionar, que los tratamientos fueron estadísticamente semejantes entre sí, con una variación de 0,16 g de los tratamientos T3, T4 y T6 a 0,15g de los tratamientos T1, T2 y T5. Y cuyos coeficientes de variación de fue de 4,4%.

### Correlación entre las variables

Al realizar la correlación de Pearson entre las diferentes variable analizadas, se observa que varias variables guardan correlación entre estas.

**Tabla 2.** Coeficiente de correlación de Pearson entre las diferentes variables medidas. Itakyry. 2016.

	Altura a los 30 días	Altura a los 120 días	Nº de vainas de 1 grano	Nº de vainas de 2 granos	Nº de vainas de 3 granos	Nº Total de granos	Nº de Inserciones de vainas	Rendimiento de granos	Peso de 1000 granos
Altura a los 30 días	1,00	0,29ns	0,29ns	0,38*	0,37*	0,40*	0,48*	0,27ns	0,28ns

Altura a los 100 días		1,00	0,49*	0,64**	0,79**	0,76**	0,67**	0,68**	-0,19ns
Nº de vainas de 1 grano			1,00	0,65**	0,56**	0,69**	0,51**	0,60**	0,17ns
Nº de vainas de 2 granos				1,00	0,78**	0,93**	0,81**	0,61**	0,11ns
Nº de vainas de 3 granos					1,00	0,95**	0,85**	0,55*	-0,05ns
Nº de granos totales						1,00	0,87**	0,63**	0,04ns
Nº de Inserciones de vainas							1,00	0,60**	0,14ns
Rendimiento de granos								1,00	0,18ns
Peso de 1000 granos									1,00

ns: no significativo según Tukey al 5%; significativo a  $T>0,05$ ; significativo a  $T>0,01$

La altura de planta a los 30 días no es un buen parámetro para predecir lo que ocurrirá con la planta, presentando baja correlación con el número de vainas, sin embargo no predice el rendimiento de soja, ni el peso de granos; ya la altura de plantas a los 100 días posee fuerte correlación con los parámetros relacionados a vainas así como moderada correlación con el rendimiento de granos de la soja.

El número de vainas con 2 granos presentó fuerte correlación con vainas de 3 granos y granos totales, así como el número de inserciones, es decir a medida que hay más inserciones y número de vainas habrá mayor número de vainas con 2 granos; lo mismo ocurre con las vainas con 3 granos. Esto se puede explicar debido a que para que las plantas tengan muchas inserciones de vainas debe estar bien nutrida y esto permite producir plantas con mayor número de granos.

El peso de 1000 granos presentó baja correlación con todas las variables analizadas.

## CONCLUSIONES.

En las condiciones del experimento se concluye que:

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo a los 60 días fue mayor en el tratamiento con aplicación de fosfato di amónico (T4), cuando comparado al testigo, ya a los 100 días la altura de la planta no presentó diferencia entre tratamientos.

El tratamiento con aplicación de fosfato di amónico (T4), presentó mayor número de inserciones de vainas que los tratamientos testigo (T1), superfosfato triple (T2) y con fosfato natural (T6).

El tratamiento con aplicación de fosfato di amónico (T4) y con súper fosfato simple (T3), presentaron mayor número de vainas con un grano que los tratamientos testigo (T1). El T4 presentó mayor número de vainas con dos granos que el testigo (T1) y el tratamiento con

fosfato natural (T6). El tratamiento con aplicación de fosfato di amónico (T4), presentó mayor número de vainas con tres granos que los tratamientos testigo (T1), súper fosfato triple (T2), súper fosfato simples (T3) y fosfato natural (T6).

El rendimiento de granos fue mayor en el tratamiento con aplicación de fosfato di amónico (T4) y con súper fosfato simple (T3) que en el testigo.

La aplicación de diferentes fuentes de fósforo no presentó diferencia significativa sobre el peso de 1000 granos.

## BIBLIOGRAFÍA

- CAPECO (Cámara Paraguaya de Exportadores de Cereales y Oleaginosas). 2015. (en línea).. Disponible en: <http://www.tera.com.py/capeco/index.php?id=estadisticas>. Consultado el 3 de abril de 2015.
- Coutinho, E. L., Natale, W., Nova, A. S. V., & Sitta, D. S. (1991). Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados para a cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26(9), 1393-1399.
- Cubilla, M.M.2005. Calibração visando recomendação de fertilização fosfatada para as principais culturas de grãos sob sistema plantio direto no Paraguai. Dissertação (Mestrado) -Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (BR). 160p.
- Edmon, J.E; T.L. Senn, and F.S. Andrews, 1981. Principios de horticultura. 7ma. edición. Editorial Continental, S.A, México, D.F
- ESCORCIA. (1979) Consultado 08 de abril de 2016. Disponible en: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/11554/4921/1/Efecto\\_de\\_fuentes\\_y\\_dosis\\_de\\_fosforo.pdf](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/11554/4921/1/Efecto_de_fuentes_y_dosis_de_fosforo.pdf).
- Deibert, E.J., M. Bijeriego, y R.A. Olson. 1979. Utilization of 15N fertilizer by nodulating and non-nodulating soybean isolines. *Agron. J.* 71: 717-723
- F. H. Gutierrez Boem y J. D. Scheiner (2001). Fertilización Fosforada del Cultivo de Soja. (en línea). Consultado 08 de abril de 2016. Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Fosforada%20del%20Cultivo%20de%20Soja.asp>.
- FAO. 2016. Perspectiva de cosechas y situación alimentaria mundial. Disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/> Acceso en: 20 de marzo de 2016.
- Fatecha, A. 2004. Fertilidad de Suelos (Material didactico elaborado para la cátedra de Fertilidad de Suelos). /San Lorenzo, PY/ : CIA, FCA, UNA. 198p.
- Fernández, EM; Crusciol, CA; Thimoteo, CM. de S; Rosolem, CA. 1995. Materia seca y nutrición de soja en razón de compactación de suelo y la fertilización fosfatada. *Cientifica (BR)* 23 (1): 117-121p.
- FERTISQUISA (2013). Map 11-52-00. (En línea). Consultado el 15 de octubre de 2015. Disponible en: [http://isquisa.com/newsite/wp-content/uploads/fertisquisa\\_productos/FERTISQUISA\\_HT\\_Map\\_11-52.pdf](http://isquisa.com/newsite/wp-content/uploads/fertisquisa_productos/FERTISQUISA_HT_Map_11-52.pdf).
- Francisco Nildo da Silva; Antônio Eduardo Furtini Neto; Leandro Flávio Carneiro; Ciro Augusto de Souza Magalhães; Daniella Nogueira Moraes Carneiro' Crescimento e produção de grãos da soja sob diferentes doses e fontes de fósforo em solos distintos. (en línea). Consultado 08 de abril de 2016. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-7054200900050004&lng=en&nrm=iso.htm&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-7054200900050004&lng=en&nrm=iso.htm&tlng=pt).
- Gaspar H. (2001) Apostila adubo e adubação. (en línea). Consultado 27 de abril de 2016. Disponible en: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.%20Legisl%20Cont.Qualidade%205.pdf>.

- ITAIPU BINACIONAL. Estación Meteorológica Itaipu. Departamento de Alto Paraná, San Alberto. 2013. Disponible en: <http://www.itaipu.gov.py/es/sala-de-prensa/noticia/archivo-de-bases-meteorologicas>.
- JORGGE P, M.V. 2012. Clasificación del nivel de fósforo disponible del suelo de la Región Oriental del Paraguay. San Lorenzo, PY/: CIA, FCA, UNA. 98 p.
- López, O., Llamas P, Molinas A., Franco S., Sinforiano García S., Ríos E. y otros. (1995). República del Paraguay: Mapa de reconocimiento de suelos de la Región Oriental. Asunción: William & Heintz Map Corporation. Esc. 1:500.000.
- LÓPEZ, O.; GONZALEZ, E; LLAMAS, P.A; MOLINAS, A.S; FRANCO, E.S.; GARCÍA, S. y RÍOS, E.O. 1995. Mapa de Reconocimiento de Suelos de la Región Oriental. Paraguay, Banco Mundial. DMA. Esc. 1500.000.
- MacDonald G.K.; Bennett, E.M.; Potter, P.A.; Ramankutty, N. 2011 Disponible In: [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1010808108](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1010808108). Consultado en 28 de marzo de 2016.
- Morinigo, J. 2008. Producción Rural y crisis campesina. Editorial Jose Nicolas Morinigo Alcaraz. 1ª edición. PY. 126 p.
- Ono, F. B., Montagna, J., Novelino, J. O., Serafim, M. E., Dallasta, D. C., & Garbiate, M. V. (2009). Eficiência agrônômica de superfosfato triplo e fosfato natural de Arad em cultivos sucessivos de soja e milho. *Ciência e Agrotecnologia*, 33(3), 727-734.
- OZUNA, A. J. R. (2013). APLICACIÓN DE DIFERENTES FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZANTES FOSFATADOS EN EL CULTIVO DE SOJA EN UN OXISOL.
- QUIMINET (2006) Roca fosfatada. (En línea). Consultado el 05 de Octubre de 2015. Disponible en: <http://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-la-roca-fosforica-para-fertilizantes-10357.htm>.
- Richart A. et al. (2006) Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar R. Bras. Ci. Solo, 30:695-705.
- Sambatti, J. A., Sengik, E., da Costa, A. C. S., Muniz, A. S., Betini, E. M., & Cecato, U. (2008). Resposta da soja e do capim brizantão cultivados em uma amostra de solo degradado à aplicação de quatro fontes de adubos fosfatados. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 21, 559-563.
- SCHONINGER, E. L (2011). UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA–UDESC CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS–CAV PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS MESTRADO EM MANEJO DO SOLO.