

**RESIDUALIDAD DEL YESO AGRÍCOLA EN EL CULTIVO DE SOJA  
(*Glycine max* L.) EN UN SUELO ARENOSO**

**MARÍA BELÉN GIMÉNEZ LEGUIZAMÓN**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

Universidad Nacional de Asunción  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Carrera de Ingeniería Agronómica/ Área de Suelos y Ordenamiento Territorial  
San Lorenzo, Paraguay  
2017



**RESIDUALIDAD DEL YESO AGRÍCOLA EN EL CULTIVO DE SOJA  
(*Glycine max* L.) EN UN SUELO DE ARENOSO**

**MARÍA BELÉN GIMÉNEZ LEGUIZAMÓN**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ALVAREZ**

Co-Orientadora: **Prof. Ing. Agr. (M.Sc) MARÍA DEL PILAR GALEANO**

Co-Orientador: **Prof Ing. Agr. (M.Sc) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

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

2017

Universidad Nacional de Asunción  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Carrera de Ingeniería Agronómica/ Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

**RESIDUALIDAD DEL YESO AGRÍCOLA EN EL CULTIVO DE SOJA  
(*Glycine max* L.) EN UN SUELO DE ARENOSO**

Esta tesis fue aprobada por la mesa examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniera Agrónoma, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias/UNA

Autora: **María Belén Giménez Leguizamón** .....

Orientador: Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez .....

Co-Orientadora: Prof. Ing. Agr. (M.Sc) María del Pilar Galeano .....

Co-Orientador: Prof Ing. Agr. (M.Sc) Diego Augusto Fatecha Fois .....

**Miembros de la mesa examinadora de tesis:**

Prof. Ing. Agr. (Dr.) Jimmy Walter Rasche Alvarez .....

Prof. Ing. Agr. (M.Sc) María del Pilar Galeano .....

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

Prof Ing. Agr. (M.Sc) Diego Augusto Fatecha Fois .....

San Lorenzo, 27 marzo de 2017

**Dedicatoria**

Al Divino Niño Jesús.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Eugenio y Edelmira por el apoyo durante todo el proceso de formación académica.

A mis amigos y hermanos, por el cariño, acompañamiento y momentos compartidos.

A mis profesores y orientadores, por lo todos los conocimientos brindados durante el desarrollo de la carrera.

Al CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), por el soporte financiero para la realización del experimento, a través del proyecto "Manejo Sostenible de la Fertilidad de Suelo para la Producción de Alimentos".

## **RESIDUALIDAD DEL YESO AGRÍCOLA EN EL CULTIVO DE SOJA (*Glycine max* L.) EN UN SUELO DE ARENOSO**

Autor: **MARÍA BELÉN GIMÉNEZ LEGUIZAMÓN**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ALVAREZ**

Co-Orientadora: **Prof. Ing. Agr. (M.Sc) MARÍA DEL PILAR GALEANO**

Co-Orientador: **Prof Ing. Agr. (M.Sc) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS**

### **RESUMEN**

El yeso agrícola posibilita una corrección química subsuperficial del suelo disminuyendo las especies tóxicas de aluminio, mejorando los agregados e incorporando bases de intercambio a mayor profundidad, provocando así un aumento en la producción del cultivo de soja. El objetivo del experimento fue evaluar el efecto residual de la aplicación de yeso agrícola en el cultivo de soja, bajo un sistema de siembra directa en un suelo arenoso. El suelo del área experimental corresponde a un Rhodic Paleudult textura francosa gruesa, ubicado en el Distrito de Itakyry, Departamento de Alto Paraná, durante la zafra 2015/2016. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones, con dosis de yeso agrícola consistentes en 0, 100, 200, 400, 800, 1.600 kg ha<sup>-1</sup>, aplicados en octubre de 2014 antes de la primera zafra. Las variables evaluadas fueron, altura de la planta (cm), número de vainas por planta, número de granos por planta, número de granos por vainas, rendimiento de granos (kg ha<sup>-1</sup>), masa de mil granos (g), número de inserciones por planta, número de vainas por inserciones. La residualidad del yeso agrícola obtenida en la segunda zafra del cultivo de soja, no presentó respuestas estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros agronómicos evaluados, alcanzando un promedio en altura de la planta (87,45 cm), el rendimiento (4.290 kg ha<sup>-1</sup>) y en la masa de mil granos (127,21 g).

**Palabras Clave:** sulfato de calcio, parámetros de rendimiento, efecto residual.

## **RESIDUALITY OF AGRICULTURAL GYPSUM IN THE SOYBEAN CULTIVATION (*Glycine max* L.) IN A SANDY SOIL**

Author: **MARÍA BELÉN GIMÉNEZ LEGUIZAMÓN**

Advisor: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ALVAREZ**

Co-Advisor: **Prof. Ing. Agr. (M.Sc) MARIA DEL PILAR GALEANO**

Co-Advisor: **Prof Ing. Agr. (M.Sc) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS**

### **ABSTRACT**

The agricultural gypsum enables a subsurface chemical correction of the soil by reducing the toxic species of aluminum, improving the aggregates and incorporating bases of exchange to greater depths, thus causing an increase in the production of the soybean crop. The objective of the experiment was to evaluate the residual effect of the application of agricultural gypsum on soybean cultivation under a no-tillage system in a sandy soil. The soil of the experimental area corresponds to a Rhodic Paleudult coarse texture, located in the District of Itakyry, Department of Alto Paraná, during the 2015/2016 harvest. The experimental design used was a randomized completely block with six treatments and five repetitions, with different doses of agricultural gypsum consisting of 0, 100, 200, 400, 800, 1,600 kg ha<sup>-1</sup> applied in October 2014 before of the first harvest. The variables evaluated were, plant height (cm), number of pods per plant, number of grains per plant, number of grains per pods, yield of grains (kg ha<sup>-1</sup>), mass of one thousand grains (g), number of insertions per plant, number of pods per insertion. The residuality of the agricultural gypsum obtained in the second harvest in the soybean cultivation did not present statistically significant responses in any of the agronomic parameters evaluated, Reaching an average in height of the plant (87.45 cm), the yield (4,290 kg ha<sup>-1</sup>) and the mass of one thousand grains (127.21 g).

**Key Word:** calcium sulphate, *Glycine max* L., yield parameters, residual effect.



## **RESIDUALIDADE DE GESSO AGRÍCOLA NA CULTIVO DE SOJA (*Glycine max* L.) EM SOLO ARENOSO**

Autor: **MARÍA BELÉN GIMÉNEZ LEGUIZAMÓN**

Orientador: **Prof. Ing. Agr. (Dr.) JIMMY WALTER RASCHE ALVAREZ**

Co-Orientador: **Prof. Ing. Agr. (M.Sc) MARÍA DEL PILAR GALEANO**

Co-Orientador: **Prof Ing. Agr. (M.Sc) DIEGO AUGUSTO FATECHA FOIS**

### **RESUMO**

O gesso agrícola permite uma correção subsuperficial química do solo diminuindo espécies tóxicas de alumínio, melhorando os agregados e incorporando bases de intercâmbio a maiores profundidades, assim provocando, um aumento na produção de cultivo de soja. O objetivo do experimento foi avaliar o efeito residual da aplicação de gesso agrícola no cultivo de soja sob sistema de semeadura direto em solo arenoso. O solo da área experimental corresponde a um Rhodic Paleudult textura franca grossa, localizado no distrito de Itakyry, Departamento de Alto Paraná, na safra 2015/2016. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições, com diferentes doses de gesso agrícola consistentes em 0, 100, 200, 400, 800, 1.600 kg ha<sup>-1</sup> aplicadas em outubro de 2014 antes da primeira safra. As variáveis avaliadas foram, altura da planta (cm), número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, produção de grãos (kg ha<sup>-1</sup>), massa de mil grãos (g), número de inserções por planta, número de vagens por inserções. A residualidade gesso agrícola obtida na segunda safra do cultivo de soja, não apresentou respostas estatisticamente significativas em nenhum dos parâmetros agronômicos avaliados, chegando a uma média da altura da planta (87,45 cm), produção de grãos (4290 kg ha<sup>-1</sup>) e massa de mil grãos (127,21 g).

**Palavra Chave:** sulfato de cálcio, parâmetros de produção de grãos, efeito residual.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Página</b>
PORTADA.....	i
HOJA DE APROBACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
RESUMO.....	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Azufre.....	3
2.1.1 Azufre en la planta.....	5
2.1.2 Azufre en el suelo.....	5
2.2 Fertilización azufrada.....	7
2.3 Yeso agrícola.....	8
2.4 La acidez del suelo y su relación con el yeso.....	9
2.5 Fertilización de los cultivos con yeso agrícola.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización de la investigación.....	13
3.2 Población de unidades y variables de medición.....	14
3.3 Diseño para la recolección de datos primarios.....	14
3.4 Recursos materiales y equipos técnicos.....	15
3.5 Descripción del proceso de recolección de datos primarios.....	15
3.6 Métodos de control de calidad de datos.....	16
3.7 Modelo de Análisis e Interpretación.....	16
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17

## **TABLA DE CONTENIDO (continuación)**

	<b>Página</b>
4.1 Altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta y número de granos por vaina.....	17
4.2 Rendimiento, masa de mil granos, número de inserciones y número de vainas por inserciones.....	19
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	22
6. REFERENCIAS.....	23
ANEXOS.....	29

## LISTA DE TABLAS

	<b>Página</b>
1.      Altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta y número de granos por vaina de soja en función a diferentes dosis de yeso agrícola aplicados. Itakyry, 2016.....	17
2.      Rendimiento, masa de mil granos, número de inserciones y número de inserciones por vaina de soja en función a diferentes dosis de yeso agrícola aplicados. Itakyry. 2016.....	19

## LISTA DE ANEXOS

		<b>Página</b>
1.	Análisis de suelo del primer año del experimento del cultivo de soja.....	30
2.	Precipitación de los años 2014 al 2016 del cultivo de soja.....	31
3.	Croquis de la parcela experimental.....	32
4.	Imágenes de la conducción del experimento, residualidad del yeso agrícola en el cultivo de soja ( <i>Glycine max L.</i> ) en un suelo arenoso.....	33
5.	Registro de variables obtenidas durante las mediciones en la parcela experimental .....	34
6.	Resultado del análisis de varianza de altura de la planta (cm).....	35
7.	Resultado del análisis de varianza de número de vainas por planta.....	35
8.	Resultado del análisis de varianza de granos por planta.....	35
9.	Resultado del análisis de varianza de granos por vaina.....	36
10.	Resultado del análisis de varianza del rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).....	36
11.	Resultado del análisis de varianza del peso de mil granos (g).....	36
12.	Resultado del análisis de varianza de número de inserciones por planta.....	36
13.	Resultado del análisis de varianza de número de vainas por inserciones.....	37



## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja (*Glycine max* L.) constituye uno de los principales rubros de exportación del Paraguay, ya que genera una gran cantidad de divisas, impulsando de esta forma el crecimiento de la economía de nuestro país. La mayor superficie de cultivo se encuentra en el Departamento de Alto Paraná de la Región Oriental, la cual presenta cierta tendencia a problemas de acidez, siendo necesario una corrección química para elevar el rendimiento de los cultivos.

El yeso agrícola o sulfato de calcio, es utilizado para la corrección química de las capas subsuperficiales del suelo, disminuyendo la toxicidad causada por el aluminio, mejorando los agregados e incorporando bases de intercambio a mayor profundidad, también es utilizado como fuente de azufre en el suelo, presentada en su forma oxidada como sulfato y así ser aprovechada por las raíces de las plantas.

El uso frecuente de fertilizantes (N P K), la disminución de SO<sub>2</sub>, conlleva a una falta de azufre en el suelo. Esa deficiencia puede limitar la producción de soja, en especial en áreas de prolongado historial agrícola sin aplicación de S y con disminución de la materia orgánica del suelo. El aumento del rendimiento de los cultivos podría estar estancado caso exista deficiencia de este nutriente, pues el azufre es importante en la formación de aminoácidos y consecuentemente de proteínas en las plantas, viéndose considerablemente afectado el desarrollo de las mismas, caso exista deficiencia de azufre.

A pesar de la gran importancia del azufre en el metabolismo vegetal y de la alta cantidad que de este nutriente necesitan los cultivos, sobre todo las variedades genéticamente mejoradas, no se le ha dado la relevancia necesaria. Por este motivo,

resulta crucial la realización de investigaciones, que demuestren la vitalidad y las ventajas del azufre como nutriente para los cultivos.

El objetivo general fue evaluar el efecto residual de la aplicación del yeso agrícola en el cultivo de soja, bajo sistema de siembra directa en un suelo arenoso en el distrito de Itakyry. Los objetivos específicos fueron evaluar el efecto en algunos parámetros agronómicos como: altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta, número de granos por vainas, rendimiento de granos, peso de mil granos, número de inserciones por planta, número de vainas por inserciones.

Como hipótesis se planteó que la aplicación de yeso agrícola en los suelos generaría un efecto residual elevando la producción del cultivo de soja.



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Azufre**

#### **2.1.1 Azufre en la planta**

Según Gros y Domínguez (1992), Kass (1998) y CPHA (California Plant Health Association) (2009), las plantas absorben el azufre del suelo en forma oxidada, como ion sulfato ( $\text{SO}_4$ )<sup>-2</sup>, como azufre gaseoso vía foliar y directamente de la atmósfera como dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). En un experimento conducido por Gubiani et al. (2009), se observó que la cantidad de azufre atmosférico que se precipitó con el agua de lluvia durante el periodo 2007/2009 fue de 4,48 kg ha<sup>-1</sup> de S, que puede ser suficiente para restablecer la cantidad de este nutriente exportado por los granos en los cultivos anuales. El  $\text{SO}_2$  es reducido para la síntesis de la materia orgánica/proteínas y es esencial para la formación de nódulos de la raíz en las leguminosas. El azufre es un elemento constitutivo de muchas proteínas (aminoácidos azufrados: cistina, metionina y cisteína).

La cantidad de S orgánico en la materia orgánica del suelo varía entre el 1 y el 3%, cantidad a la que hay que añadir la cantidad aportada por las lluvias y la que se puede liberar de la fracción inorgánica del suelo, para obtener la cantidad total disponible de S. De esta cantidad, una parte será utilizada por las plantas y la otra se perderá mayormente por lavado (Domínguez 1997).

Existen dos formas de asimilación del sulfato, en mayor cantidad la asimilación de sulfato en los tejidos fotosintéticos, donde se encuentran las células fotosintéticas de los cloroplastos que reducen el sulfato en cisteína, importante para

la síntesis de otros metabolitos que contienen azufre y en menor proporción el azufre presente en los exudados del tallo, sintetizando el sulfato en el tejido radical (Benavides 1998).

Las funciones del azufre dentro de las plantas son principalmente en la actividad fotosintética y respiratoria, para un adecuado contenido de ácidos grasos, especialmente en las oleaginosas, además, de estar directamente ligado al metabolismo del nitrógeno en la formación de proteínas de calidad. Este nutriente es también co-responsable de maximizar la fijación biológica del N<sub>2</sub> atmosférico a través de su participación en la ferredoxina, enzima generadora de H<sub>2</sub> que, a través de la combinación con N<sub>2</sub> atmosférico, genera amoníaco NH<sub>3</sub> (Kass 1998 y Yamada et al. 2007).

La deficiencia de este elemento se manifiesta en un amarillamiento de las hojas, semejante a la deficiencia de nitrógeno. La diferencia radica en que, la clorosis causada por el azufre, aparece preferentemente en las hojas nuevas que luego se extienden a las hojas viejas, al contrario del nitrógeno, la deficiencia se traduce en un escaso desarrollo de la planta, ya que el azufre interviene en la formación de la clorofila, participa en la formación de componentes de aceite, etc. En el cultivo de maíz se observa una mayor absorción y conservación del azufre en las raíces que en el cultivo de soja, pero esta presenta una mayor eficiencia de translocación (Silva et al. 2003 y Olivera et al. 2006).

### **2.1.2 Azufre en el suelo**

El azufre se encuentra preferentemente en forma orgánica en suelos de zonas húmedas, como consecuencia de una mayor presencia de restos vegetales, sin embargo bajo esta forma no puede ser utilizado por la planta, pero por la acción microbiana puede ser transformado a sulfato y en esta condición puede ser asimilado (Navarro y Navarro 2003).

El azufre orgánico en el suelo está constituido por los ésteres de sulfato; que incluyen los compuestos como el sulfato de colina, sulfatos fenólicos y polisacáridos sulfatados de origen microbiano, siendo este último considerado la fracción más lábil y fácilmente mineralizada. En cuanto el azufre ligado directamente al carbono es representado por aminoácidos y sulfolípidos originarios de restos vegetales y la biomasa microbiana. Esta ligadura C-S muestra alta energía de unión y debido a su mayor estabilidad pueden asociarse a la fracción de ácidos húmicos del suelo y al azufre inerte, que probablemente es poco significativo como fuente de azufre para las plantas (Yamada et al. 2007).

De acuerdo con Olivera et al. (2006), la mineralización del azufre de la materia orgánica depende de la relación C: S de la misma, el crecimiento activo de las plantas puede incrementar la mineralización del azufre en el suelo ya que ellas aportan fuentes de energía a la rizósfera en forma de exudados que incrementan el crecimiento y la actividad microbiana en la raíz, y por lo tanto, incrementan la mineralización del azufre. Cuando el suelo está bien aireado, el azufre orgánico es mineralizado y luego oxidado a  $\text{SO}_4^{2-}$ , pero al mismo tiempo el  $\text{SO}_4^{2-}$  es asimilado por los microorganismos del suelo, e incorporado a la biomasa microbiana, de manera que ésta actúa como fuente y como reservorio para el sulfato inorgánico.

Según Domínguez (1997), en suelos pobremente drenados o inundados, se tiene condiciones anaeróbicas ocurriendo la desulfuración, produciéndose la reducción de sulfatos por microorganismos y obteniéndose azufres inorgánicos, tales como, FeS (sulfuro de hierro),  $\text{FeS}_2$  (piritas) y  $\text{H}_2\text{S}$  (ácido sulfhídrico).

El azufre inorgánico se presenta normalmente como sulfato. Los sulfatos pueden encontrarse en distintas formas; los solubles ( $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}^+ \text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ); relativamente solubles ( $\text{CaSO}_4$ ); los insolubles ( $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ) y los adsorbidos al complejo de cambio, como fuentes de reserva (Fernandez 2012).

De acuerdo a lo expresado por el IPNI (International Plant Nutrition Institute) (1998) y Fernandez (2012), la carga negativa del  $\text{SO}_4^{2-}$  evita su atracción

por las arcillas coloidales, y como consecuencia de esto, el sulfato se pierde rápidamente de los suelos por lixiviación. En las regiones áridas, el sulfato de calcio, de magnesio, potasio y sodio, son las formas predominantes de azufre inorgánico. La lixiviación de  $S-SO^{-2}$  en suelos arenosos es más probable que en suelos francos o arcillosos, por lo tanto, la respuesta de los cultivos al azufre es más común en suelos arenosos.

## 2.2 Fertilización azufrada

Las formas solubles incluyen los disulfuros, tiosulfatos, polisulfatos. Los sulfatos solubles en agua son inmediatamente disponibles para las plantas y deben utilizarse cuando el azufre es necesario con rapidez. El tiosulfato de amonio, es un líquido claro adecuado para usos de fertilizantes fluidos o en agua de riego. Este no debe ser colocado junto a la semilla, sino aplicados en bandas y deben estar por lo menos 2,5 cm de la semilla. Polisulfuro de amonio es una fuente fluida roja de azufre, comúnmente aplicado en agua de riego. El sulfato de calcio a pesar de ser menos soluble en agua en comparación a los otros sulfatos, es una fuente eficiente y barata de azufre (IPNI 1998).

El azufre insoluble en agua es el azufre elemental, que necesita ser oxidado a  $S-SO^{-2}$  para ser utilizado por las plantas. La oxidación bacteriana del azufre en el suelo es favorecida por, temperaturas del suelo más elevada, tenor de humedad adecuado, aireación del suelo y partículas menores. La fertilización con azufre elemental resulta en una repuesta más lenta en el cultivo que las otras fuentes en forma de sulfato, a causa de su insolubilidad en agua. Para que sea eficiente, esta fuente debe ser incorporada al suelo con suficiente antelación a las necesidades del cultivo por su liberación progresiva. Si se utiliza de manera adecuada, el S elemental es un fertilizante apto para la producción orgánica debido a su origen natural, y por su efecto acidificante también puede ser aplicado en suelos sódicos para reducir el pH de los mismos. Con respecto al tamaño de partícula, las granulometrías más apropiadas son las inferiores a 150-200  $\mu m$  (IPNI 1998 y Cariochi et al. 2015).

En un estudio realizado por Gambaudo (2005), en el cultivo de soja con bajo porcentaje de materia orgánica, no se encontró diferencia significativa entre el rendimiento y peso de mil semillas, con las aplicaciones de sulfato de calcio sólido granulado y el sulfato de amonio. Si bien la diferencia entre productos no alcanzó a ser estadísticamente significativa los tratamientos con el sólido granulado siempre fueron mayores para cada nivel de S considerado, lo que confirma que a esos niveles de materia orgánica sería recomendable la aplicación de este elemento como fertilizante en los principales cultivos.

En la zona de Santa Fe, Argentina, en trece de diecinueve sitios hubo aumento del rendimiento del cultivo de soja con la fertilización azufrada, no habiendo relación entre la respuesta a la fertilización y las fuentes utilizadas que fueron sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato de amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ), tiosulfato de amonio ( $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) o los momentos de aplicación del fertilizante que fueron, antes (9 sitios), durante (3 sitios) o después de la siembra (8 sitios) (Gentiletti y Gutierrez 2004).

### **2.3 Yeso agrícola**

Según Días (1992), el yeso agrícola o sulfato de calcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) tiene una composición química promedio de 17,7% de S; 30,9% de CaO; 0,2% de F y 0,7% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y en cuanto a las materias primas utilizadas están la roca fosfática (apatita) que al reaccionar con el ácido sulfúrico más agua produce un subproducto de sulfato de calcio y ácido fluorhídrico.

Según Chen y Dick (2011) y Van Raij (2008) el yeso puede proporcionar diversos beneficios al suelo, tales como reducir la formación de costraes superficiales, prevenir que las partículas del suelo se dispersen, promover la emergencia de las plántulas, aumentar de la infiltración de agua, promover el buen movimiento en todo el perfil del suelo, reducir las pérdidas por erosión de suelos y mitigar la acidez del subsuelo y la toxicidad por el aluminio.

En la agricultura el yeso agrícola se utiliza en la corrección de capas subsuperficiales con alto contenido de  $\text{Al}^{3+}$  y/ o de bajo contenido de  $\text{Ca}^{+2}$ , para mejorar el ambiente radicular de las plantas; como fuente de  $\text{Ca}^{+2}$  y S; corrección de suelos sódicos y la reducción de las pérdidas de nitrógeno durante el compostaje. La deficiencia de  $\text{Ca}^{2+}$  y la toxicidad de  $\text{Al}^{3+}$  son las principales barreras químicas para el crecimiento de la raíz, las consecuencias se manifiestan por la nutrición y el estrés hídrico de las plantas, teniendo como consecuencia bajo rendimiento en los cultivos (Ernani et al. 2001 y Días 1992).

#### **2.4 La acidez del suelo y su relación con el yeso**

El crecimiento deficiente de un cultivo en un suelo ácido puede correlacionarse directamente con la saturación de aluminio, donde la concentración de iones de hidrógeno puede detener y hasta intervenir en la absorción de cationes como el calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), y el potasio ( $\text{K}^{+2}$ ), que se encargan de promover la expansión celular, generando inductores hormonales y facilitar el transporte de sustancias, por ende se ve afectada su absorción en presencia de  $\text{Al}^{+3}$  inhibiendo la elongación de la raíz por afectar el ápice radicular. Otro factor de infertilidad de los suelos ácidos se debe también a la deficiencia de calcio o magnesio y toxicidad de manganeso, afectando considerablemente el rendimiento de los cultivos (Sánchez 1981, Garzón 2003, Mattos Jr. Et al. 2012).

La gran movilidad de los cationes causada por el yeso, se debe a la mayor solubilidad de este producto en relación con el calcáreo, la inalteración de las cargas eléctricas, es la permanencia casi total del anión sulfato en la solución del suelo (Ernani et al. 2001).

De acuerdo con Chao (1963) y Domínguez (1997) los iones sulfato podrían ser adsorbidos por intercambio con los grupos  $\text{OH}^-$  ligados al hierro o al aluminio a pH inferior a 6, principalmente cuando abundan minerales como la caolinita y los óxidos de hierro y aluminio y por lo general a pH superior no se produce la adsorción. A medida que el pH aumenta, aumenta la disociación  $\text{H}^+$  de los grupos

funcionales y por lo tanto aumenta la energía de enlace del oxígeno con el metal, lo que dificulta la adsorción del  $\text{SO}_4^{-2}$  en el suelo.

Según Caires et al. (1998) la mayor dosis de yeso ( $12 \text{ t ha}^{-1}$ ) sobre el cultivo de soja, no influyó en la modificación del pH, pero si en la reducción de  $\text{Al}^{+3}$  intercambiable a los 8 meses después de la aplicación y pasados los 24 meses se lixivió el 60% de  $\text{S-SO}_4^{-2}$  y 40% del calcio a capas superiores a 80 cm. Quaggio et al. (1993), constataron que el yeso elevó el pH y el  $\text{Ca}^{+2}$  intercambiable, donde al cabo de 18 meses el  $\text{S-SO}_4^{-2}$  y  $\text{Ca}^{+2}$  se lixiviaron a capas de 40-60 cm de profundidad, cambiando los valores del pH, sustituyendo parcialmente el  $\text{Mg}^{+2}$  por el  $\text{Ca}^{+2}$  debido a las cargas negativas que presentó el suelo y con la incorporación del sulfato en el medio generando  $\text{MgSO}_4$  facilitando la lixiviación de  $\text{Mg}^{+2}$  a capas profundas, lo que llevó a deficiencias de magnesio en el cultivo.

El yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) se ha utilizado en suelos ácidos como complementa al encalado con el objetivo de reducir la toxicidad de  $\text{Al}^{+3}$  y aumentar la concentración de  $\text{Ca}^{+2}$  en profundidad (Silva et al. 2003). Una alta saturación con calcio en el sistema, indica un pH favorable para el crecimiento de las plantas, buena actividad microbiana y bajas concentraciones de  $\text{Al}^{+3}$  en suelos ácidos y  $\text{Na}^+$  en suelos sódicos (Kass 1998).

En trabajos realizados, Souza y Ritchey (1986) y Caires et al. (2003), observaron que con la aplicación del yeso agrícola, se produjo aumento del pH y  $\text{Ca}^{+2}$  intercambiable a los 8 meses después de la aplicación, en las capas de 20-40 cm y luego en las capas de 60-80 a los 32 meses posteriores, comprobando que el yeso se distribuye uniformemente en el perfil del suelo, en vez de estar acumulado en la capa superficial, generando así mayores concentraciones de nutrientes en las capas subsuperficiales, mejorando el sistema radicular, y en conjunto con la cal dolomítica minimizando las pérdidas del Magnesio a capas más profundas.

En relación a la residualidad del yeso agrícola en la segunda zafra en el cultivo de soja en un sistema de siembra directa, Caires et al. (2001); Souza et al.

(2012); Freitas (2015), obtuvieron valores mayores de materia orgánica,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ , saturación de bases y una disminución de la acidez potencial ( $\text{Al}^{+3} + \text{H}^+$ ) en las capas subsuperficiales. Concordando también con Caires et al. (1999); Caires et al. (2004), constataron que el yeso no influyó sobre la acidez en la capa superficial, pero causó aumento en el pH de las capas subsuperficiales y disminución del aluminio intercambiable.

Lima et al. (2013) en un ensayo con diferentes sistemas de labranza del suelo verificaron en el segundo año un aumento de  $\text{S-SO}_4^{-2}$  en las capas de suelo de 0-0,45 m y la disminución de  $\text{Al}^{+3}$  en las capas de suelo de 0-0,30 m con la aplicación de yeso en el cultivo de caña de azúcar. Por otro lado, Caires et al. (2006), también observaron efecto residual del yeso luego de 55 meses de su aplicación, donde hubo una elevada saturación de bases en las capas debajo de 0,40 a 0,80 m, de  $\text{Mg}^{+2}$  en la capa de 0,60 a 0,80 m de  $\text{SO}_4^{-2}$  en todas las profundidades.

Nogueira y Melo (2003), constataron que con la aplicación de sulfato de calcio aumentó el nivel de sulfato en el suelo a profundidades de 20-40 cm, indicando la alta movilidad de este ion a los 0-20 cm. Esto demuestra la lixiviación del  $\text{SO}_4^{-2}$  de la superficie a las capas inferiores, probablemente debido a la mineralización de la materia orgánica, seguida por una alta precipitación que se produce en las regiones de estos suelos. La lixiviación en la capa subsuperficial también puede provenir de la desorción de los grupos funcionales de los coloides, por la intensificación del encalado superficial en siembra directa (Simoneti et al. 2006).

## **2.5 Fertilización de los cultivos con yeso agrícola**

La aplicación del fósforo y el azufre no mostró diferencias en los rendimientos de soja por efectos de la fertilización fosfatada o azufrada según el momento de aplicación de los nutrientes en la secuencia (a la siembra del trigo vs. en cada cultivo), lo que permitiría recomendar la fertilización del cultivo de soja en el momento que financieramente sea conveniente. Si bien el suelo tiene la capacidad de



adsorber más fuertemente a los fosfatos en relación a los sulfatos ambos nutrientes pueden mostrar efectos residuales en el cultivo de soja siguientes cuando son aplicados en exceso (Salvagiotti et al. 2004).

En diferentes experimentos realizados, Caires et al. (1999); Maschietto (2009); Costa (2015); Vicensi (2015), concluyeron un aumento significativo en la producción del cultivo de maíz con diferentes dosis de yeso agrícola aplicados. En un trabajo similar con dosis de aplicación de yeso realizado por Nogueira y Melo (2003), se constató que en el cultivo de soja, los niveles de yeso no aumentaron el rendimiento de la soja en el primer año pero si en el segundo año y no fueron afectados los contenidos de macronutrientes foliares.

Ferraris y Couretot (2004), afirman que con la incorporación del sulfato de calcio en diferentes tiempos de aplicación de S en forma localizada con la siembra y anticipada al voleo no se observaron diferencias significativas, lo que sería atribuible a la movilidad del nutriente y a la precipitación, que favorecieron su incorporación, aumentando levemente el crecimiento y nivel de cobertura en el cultivo de soja.

En ensayos realizado, Sousa (2001) y Souza (2005), constataron aumento de 55% en el rendimiento de materia seca y de 41-64% de nutrientes absorbidos por el cultivo de leucaena luego de 3 años de la aplicación de yeso agrícola y recomendaron una aplicación de yeso 15% S de 700 kg ha<sup>-1</sup> en suelos arenosos y 3.200 kg ha<sup>-1</sup> en suelos muy arcillosos y con un efecto residual de 5-10 años.

Según Quaggio et al. (1993), en la segunda zafra del cultivo de soja hubo una reducción en la producción del cultivo en comparación al testigo, con relación a la mayor cantidad dosis de yeso aplicada (12 t ha<sup>-1</sup>), provocando una lixiviación de las bases, especialmente del Magnesio, perjudicando así la absorción de este nutriente por la planta. Una buena estrategia para contribuir a la reducción de pérdida de Mg<sup>+2</sup> a capas inferiores es la combinación con cal dolomítica con el yeso agrícola, pero cabe destacar que no se elimina el movimiento proporcionado por el sulfato (Caires et al. 2006).

En un experimento hecho en un Plinthic Paleudult, fuertemente ácido, Farina et al. (2000), encontraron diferencia significativa de 25% en el cultivo de maíz luego de 10 años de aplicación de yeso agrícola, al igual que Rodríguez (2016), en maíz zafriña con un rendimiento promedio de 7.586 kg ha<sup>-1</sup> con el agregado de yeso agrícola en Colonia Fortuna.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización de la investigación

El experimento se realizó en el Distrito de Itakyry, Departamento de Alto Paraná, localizado entre las coordenadas 55:13'12''O (longitud) 24:55'88''S (latitud), durante los meses de setiembre de 2015 a febrero de 2016 (Figura 1). El suelo del área corresponde a un Rhodic Paleudult textura francosa gruesa (López et al. 1995). Los resultados del análisis de suelo del primer año del experimento se presentan en el Anexo 1.

**Figura 1.** Localización del experimento durante la zafra 2015/2016



Imagen Landsat del área del experimento.

Fuente: Google Earth (2016). Digital Globe, US Dept of State Geograph.

La estación meteorológica del Departamento de Alto Paraná DINAC (Dirección Nacional de Aeronautia Civil) (2015), indica que la temperatura media anual fue de 23°C y las precipitaciones anuales promedio llegaron a 1800 mm aproximadamente. En el Anexo 2 se presentan las precipitaciones correspondientes a los 2 años del experimento.

### **3.2 Población de unidades y variables de medición**

La soja de la variedad de soja SYNGENTA 9070, que es de ciclo medio de 130 a 135 días, con un hábito de crecimiento indeterminado, fue sembrada a finales de setiembre de 2015.

Los cultivos sembrados antes de la instalación del experimento fueron soja y soja zafriña, realizados bajo el sistema de siembra directa respectivamente.

Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (cm), número de vainas por planta, número de granos por planta, número de granos por vainas, rendimiento de granos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), masa de mil granos (g), número de inserciones por planta, número de vainas por inserciones.

### **3.3 Diseño para la recolección de datos primarios**

El diseño experimental utilizado en la zafra 2015/2016, fue el de bloques completamente al azar con 6 tratamientos con 5 repeticiones (Anexo 3).

Las diferentes dosis de yeso agrícola aplicados en superficie, utilizadas en cada tratamiento fueron 0, 100, 200, 400, 800, 1.600  $\text{kg ha}^{-1}$  aplicados en octubre de 2014, antes de la siembra de la soja evaluada en el primer año. Fueron aplicados 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de la formulación 5-20-5 como fertilización de base, y 50  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  utilizando el cloruro de potasio (0-0-60) como fuente potásica, en cobertura a los 30 días después de la siembra. El yeso agrícola presentó una composición química de 15% de azufre en la forma de  $\text{SO}_4^{-2}$ .

La superficie total del experimento fue de 1920 m<sup>2</sup>, donde cada unidad experimental conto con dimensiones de 8 m de ancho x 8 m de largo (64 m<sup>2</sup>), el cultivo de soja se estableció con un distanciamiento de 0,50 metros entre hileras y 10 plantas por metro lineal, con una densidad de 200.000 plantas ha<sup>-1</sup>, bajo el sistema de siembra directa.

La evaluación de las variables fue realizada al término de la cosecha; en la primera semana de febrero de 2016. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico, estimando de esta manera el efecto residual del yeso agrícola en la segunda zafra del cultivo de soja.

### **3.4 Recursos materiales y equipos técnicos**

Los recursos y materiales utilizados durante el experimento fueron: sembradora, banderines, trilladora, semilla de soja variedad SYNGENTA 9070, fertilizante base (5-20-5) y (0-0-60), pulverizador, insecticida, fungicida, desecante, bolsas, cinta métrica, cámara digital, computadora, anotadores, bolígrafos.

### **3.5 Descripción del proceso de recolección de datos primarios**

**Altura de la planta (cm):** en 10 plantas por metro lineal se realizó la medición con una cinta métrica al término del ciclo del cultivo, desde la base del tallo hasta la hoja terminal.

**Número de vainas por planta:** después de la cosecha en 10 plantas, se evaluó esta variable a través del conteo directo.

**Número de granos por planta:** se efectuó por el método de conteo directo durante la cosecha del cultivo, seleccionando 10 plantas por cada tratamiento.

**Número de granos por vaina:** se determinó por conteo directo de los granos contenidos en las vainas correspondientes, recolectando 10 plantas en cada unidad experimental.

**Rendimiento de granos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ):** se cosechó de forma manual el área útil ( $4,5 \text{ m}^2$ ) de cada unidad experimental, y posteriormente fueron trillados, luego se utilizó la balanza electrónica, pesando la totalidad de los granos correspondientes a cada tratamiento.

**Masa de mil granos (g):** una vez trillados los granos, se determinó esta variable utilizando una balanza electrónica, pesando 100 granos con 5 repeticiones de cada tratamiento.

**Número de inserciones por planta:** fueron seleccionadas 10 plantas por metro lineal en el momento de la cosecha y luego se realizó el conteo de forma manual.

**Número de vainas por inserciones:** se determinó con el promedio del número de vainas dividido el promedio de número de inserciones.

### **3.6 Métodos de control de calidad de datos**

Con la finalidad de disminuir el error experimental, se realizó un elevado número de repeticiones, así como también se tomaron varias plantas por cada unidad experimental.

También se contó con el apoyo de dos profesionales del área de suelos que son Ingenieros Agrónomos para la conducción del experimento y en la toma de muestras de las diferentes variables.

### **3.7 Modelo de Análisis e Interpretación**

Los resultados obtenidos en el experimento fueron sometidos al análisis de varianza (ANAVA), en un diseño en bloques completamente al azar (DBCA). En aquellos análisis que arrojará diferencia significativa entre los tratamientos de algunas variables, las medias de cada tratamiento serían comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error experimental y sometidas al análisis de regresión. Para los análisis estadísticos se utilizó el software estadístico INFOSTAT.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta y número de granos por vaina

De acuerdo al análisis de varianza (Anexo 5, 6, 7, 8), las variables de altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta y número de granos por vaina, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos por efecto residual del yeso (Tabla 1).

**Tabla 1.** Altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta y número de granos por vaina de soja en función a diferentes dosis de yeso agrícola aplicados. Itakyry, 2016.

Yeso Agrícola (kg ha <sup>-1</sup> )	Altura de la planta (cm)	Vainas/ planta	Granos/ planta	Granos/ vaina
0	92,2 <sup>ns</sup>	74,4 <sup>ns</sup>	191,6 <sup>ns</sup>	2,6 <sup>ns</sup>
100	89,0	71,7	180,7	2,5
200	86,6	70,6	179,7	2,5
400	90,4	73,0	186,4	2,5
800	89,5	69,4	177,0	2,5
1.600	77,0	66,8	168,2	2,5
CV	15,48	26,33	26,84	2,17

ns= no significativo según el ANAVA

CV (%)= coeficiente de variación

El tratamiento que obtuvo mayor altura numérica fue el testigo con 92,2 cm, siendo el de menor valor el tratamiento con mayor dosis (1.600 kg ha<sup>-1</sup>) con 77,0 cm. Estos datos coinciden con los trabajos realizados con yeso por Freitas (2015), quien tampoco encontró respuesta significativa al utilizar diferentes dosis de yeso agrícola en el cultivo de soja. En un experimento similar en el Distrito de Mbaracayu

realizado por Rodríguez (2016), no se observó diferencia en la altura de plantas de maíz con las distintas dosis de yeso agrícola en un suelo Rhodic Paleudox de textura arcillosa muy fina. Sin embargo, Souza et al. (2010), en un Latossolo Vermelho distroférrico encontraron diferencias significativas a la residualidad del yeso agrícola en el cultivo de soja, debido a un menor grado de compactación del suelo ante la presencia de este acondicionador, mejorando así la distribución del sistema radicular.

En cuanto al número de vainas por planta, se observó similar tendencia, arrojando el mayor valor también el tratamiento control dando 74,4 vainas y menor valor se constató en aquel que tuvo mayor dosis de yeso agrícola ( $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$ ) dando como resultado 66,8 vainas por planta. Soares (2016), tampoco encontró efecto residual de yeso agrícola en el cultivo de soja sobre el parámetro de número de vainas por planta. Mientras que Klock (2016), si obtuvo diferencia significativa en el número de vainas por planta en el cultivo de soja en la variedad NA 5909 RR con la aplicación de diferentes dosis de yeso agrícola.

En la variable número de granos por planta, no presentó respuesta a la aplicación de yeso agrícola, lo que pudo deberse al escaso contenido de materia orgánica presente en el primer año, los valores variaron entre 191,6 con el tratamiento control y 168,2 en el tratamiento con la dosis de  $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$ , concordando con lo reportado por Fatecha et al. (2015b), en un Oxisol textura arcillosa, donde tampoco encontraron respuesta a la aplicación de dosis de yeso en número de granos por planta en el cultivo de soja. Klock (2016), en un ensayo realizado en el Distrito de Santa Rita obtuvo diferencia significativa, alcanzando 213 granos por plantas con la dosis hasta  $492 \text{ kg ha}^{-1}$  de yeso agrícola, sin embargo con el aumento de la dosis se observó una disminución de la misma.

La cantidad numérica de granos por vaina no fue influenciada por el yeso agrícola, oscilando entre 2,6 granos por vaina en el testigo y 2,5 granos en las demás dosis de yeso agrícola ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) mínima hasta la máxima ( $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Resultados similares fueron observados en los ensayos de Fatecha et al. (2015a) en el distrito de Itakyry en la zafra 2014/2015, quienes constataron 2,43 granos por vaina



en el testigo y dosis máxima (1.600 kg ha<sup>-1</sup>) de yeso agrícola y un valor mínimo de 2,31 granos por vaina con las dosis de 400 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados no concuerdan con lo hallado por Costa (2015), en su experimento, quien si constató una respuesta significativa a la adición de yeso agrícola, en cuanto al número de granos por vaina en el cultivo de poroto en el sistema de siembra directa, debido al aumento de materia orgánica proporcionada por los residuos de las raíces y de la parte aérea de los diferentes cultivos antecesores.

#### 4.2 Rendimiento, masa de mil granos, número de inserciones y número de vainas por inserciones

De acuerdo al análisis de varianza (Anexo 9, 10, 11, 12), las variables de rendimiento, masa de mil granos, número de inserciones y número de inserciones por vaina, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos por efecto residual de yeso, como se observa en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Rendimiento, masa de mil granos, número de inserciones y número de inserciones por vaina de soja en función a diferentes dosis de yeso agrícola aplicados. Itakyry. 2016.

Yeso Agrícola (Kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (Kg ha <sup>-1</sup> )	Masa de mil granos (g)	Inserciones/planta	Vainas/inserciones
0	4400 <sup>ns</sup>	129,6 <sup>ns</sup>	38,8 <sup>ns</sup>	1,9 <sup>ns</sup>
100	4090	126,9	37,7	1,9
200	4535	125,4	38,8	1,8
400	4315	125,8	39,4	1,8
800	3999	126,8	37,6	1,9
1.600	4405	128,8	36,3	1,8
CV	9,86	4,36	21,76	9,41

ns= no significativo según el ANAVA

CV (%)= coeficiente de variación

El yeso agrícola no tuvo efecto residual en la producción del cultivo de soja, debido, posiblemente por la textura arenosa del suelo, en la cual la aplicación del yeso agrícola se realizó 1 año antes, ocurriendo así la lixiviación de la misma. Por otro lado pudo haber incidido el nivel de precipitación ocurrido en los dos años de

experimento (Anexos 1 y 2). Resultados similares fueron reportados en los trabajos de experimentación de Quaggio et al. (1993); Oliveira y Pavan (1994); Caires et al. (1998); Caires et al. (1999); Caires et al. (2003); Caires et al. (2004); Rasche (2004); Caires et al. (2006); Blum (2008); Maschietto (2009); Vicensi (2015), en el cultivo de soja. Santos et al. (2005), no obtuvieron respuesta residual por la aplicación de yeso agrícola en un sistema de siembra directa, alcanzando una productividad media de 3.161 kg ha<sup>-1</sup>, la falta de respuesta fue porque el suelo contenía bajo nivel de arcilla y materia orgánica, además del laboreo intenso de varios años, por lo tanto se vio afectado el stock de azufre orgánico.

Misma ausencia de respuesta a la aplicación de yeso agrícola verificaron, Alves et al. (2013), en el cultivo de poroto; Tiecher et al. (2013), en tártago y trigo. Sin embargo Lima et al. (2013), en un suelo arenoso obtuvieron respuesta significativa a la residualidad del yeso en el segundo año en el cultivo de caña de azúcar, probablemente por la buena acumulación de materia orgánica en el SSD, proporcionando suficiente S para la mineralización.

En la masa de 1000 granos, alcanzó valores entre 129,6 g a 125,4 g por la dosis residual de yeso agrícola a pesar de ser estadísticamente iguales, se observa una tendencia de disminución a medida que aumentó la dosis de yeso. Comportamiento similar fue observado por Souza et al. (2010), en un experimento con diferentes dosis de yeso en el sistema convencional y en siembra directa en el cultivo de soja, en el cual el efecto residual de yeso no presentó diferencias significativas en esta variable. Watanabe (2013) con distintas dosis de yeso sobre el cultivo de soja, obtuvo valores de 173,1 g y 178,3 g, respectivamente, las cuales no fueron diferentes estadísticamente.

En cambio Freitas (2015), constató diferencias significativas por efecto residual del yeso agrícola en el cultivo de soja bajo un sistema de siembra directa sobre el peso de 1000 granos. El autor justifica que el yeso proporcionó mejoras por el agregado de calcio y la neutralización de la acidez potencial de este modo logró una mayor distribución de las raíces en el perfil del suelo.

La mayor cantidad de inserciones se obtuvo en el tratamiento con  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de yeso agrícola con 39,4 inserciones de vainas por planta y el menor con una respuesta mínima de 36,3 inserciones por planta se obtuvo con el tratamiento de  $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabla 2), concordando lo obtenido por Quiñonez (2017), en un experimento similar en una sucesión soja/maíz zafriña, en él se observó un valor máximo de 28,26 inserciones por planta con la dosis  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  y una cantidad numérica de 25,32 inserciones por planta con la dosis  $800 \text{ kg ha}^{-1}$ , no alcanzando así un efecto significativo residual del yeso agrícola.

Con respecto a la variable número de vainas por inserciones no se constataron respuestas residual del yeso agrícola, teniendo como resultado una cantidad de 1,9 vainas por inserciones con los tratamientos control, 100,  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  y 1,8 vainas por inserciones con las dosis de yeso agrícola 200, 400,  $1.600 \text{ kg ha}^{-1}$ , lo que pudo deberse a la cantidad suficiente de azufre disponible adecuado en el suelo, aprovechados por las plantas, no obteniéndose respuesta al agregado de yeso en el cultivo de soja, según el análisis del suelo del primer año del experimento (Anexo 1).

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En base a los resultados obtenidos y en las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento, se concluye que:

- No se observaron diferencias estadísticas a la aplicación de diferentes dosis de yeso agrícola para los parámetros agronómicos de rendimiento de granos, peso de mil granos, altura de la planta, número de vainas por planta, número de granos por planta, número de granos por vainas, número de inserciones por planta, número de vainas por inserciones, sin adquirir así una un respuesta residual del yeso agrícola en la segunda zafra para el cultivo de soja bajo un sistema de siembra directa en un suelo arenoso.
- Se recomienda seguir realizando experimentos con yeso agrícola, por mayor tiempo, realizar análisis del suelo a diferentes profundidades para verificar el efecto de la aplicación del yeso agrícola sobre parámetros agronómicos en el cultivo de soja y en otras condiciones edafoclimáticas.

## 6. REFERENCIAS

- Alves, JD; Silva, PH; Cunha, MGM de da; Madeiros, EC; Okumara, R. 2013. Gesso Agrícola Na Cultura Do Feijão Caupi (*Vigna Unguiculata*) Em Latossolo Amarelo No Nordeste Paraense. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer. 9(17): 1556-1562.
- Benavides, A. 1998. El azufre en las plantas. México, UAAAN. 1-7.
- Blum, SC. 2008. Atributos Químicos de um Latossolo e comportamento do Trigo e da Soja no Sistema Plantio Direto Influenciados pela Aplicação e Reaplicação de Gesso Agrícola. Tesis de Maestria en Agronomía Ponta Grossa, BR, SCAT, UEPG 74 p.
- Caires, EF; Chueiri, WA; Madruga, EF; Figueiredo, A. 1998. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência Solo 22:27-34.
- Caires, EF; Fonseca, AF; Mendes, J; Chueiri, WA; Madruga, EF. 1999. Produtividade de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo 23: 315-327.
- Caires, EF; Fonseca, AF; Feldhaus, IC; Blum, J. 2001. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. Revista Brasileira de Ciência do Solo 25: 1029-1040.
- Caires, EF; Blum, J; Barth, G; Garbuio, FJ; Kusman, MT. 2003. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo 27(2): 275–286.
- Caires, EF; Kusman, MT; Barth, G; Garbuio, FJ; Padilha, JM. 2004. Alterações Químicas Do Solo E Resposta Do Milho À Calagem E Aplicação De Gesso. Revista Brasileira Ciencia Solo 28: 125-136.
- Caires, EF; Churka, S; Garbuio, FJ; Ferrari, RA; Morgano, MA. 2006. Produção e Qualidade da Soja em função da Calagem e Aplicação de Gesso. Scientia Agricola 63 (4): 370-379

- Chao, TT. 1963. Cationic effects on sulfate adsorption by soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 27: 35-38.
- Chen, L; Dick, WA. 2011. Gypsum as an Agricultural Amendment: General Use Guidelines. The Ohio State University, Bulletin 945. USA. 35p.
- CPHA (California Plant Health Association). 2009. Manual de fertilización para cultivos de alto rendimiento. Trad. M Guzmán, Mexico, Limusa. 349 p.
- Cariochi, WD; Divito, GA; Reussi, NI; Echeverria, HE. 2015. Las mejores prácticas de manejo de la fertilización azufrada en cultivos extensivos. *IAH* 20. 6 p.
- Costa, CH da. 2015. Calagem Superficial e Aplicação de Gesso em Sistema Plantio Direto de Longa Duração: Efeitos no Solo e na Sucessão Milho/Crambe/Feijão-Caupi. Tesis de Doctorado en Agronomía Botucatu, BR, FC, UNESP. 97 p.
- Dias, L.1992. Uso de Gesso como Insumo Agrícola. Comunicado Técnico. Brasil. Maio 1992 (7): 1-6.
- DINAC (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil); DMH (Dirección Nacional de Meteorología e Hidrología). 2015. Mapas normales de precipitación mensual y anual. 16 p.
- Dominguez, A. 1997. Tratado de Fertilización. 3 ed. Madrid, Es, Mundi-Presa. 498 p.
- Ernani, PR; Schurmann, M; Bayer, C. 2001. Modificações químicas em solos Ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de Correctivos da Ácidos e de Gesso Agrícola. *Scientia Agricola* 58(4):825-831.
- Fatecha, DA; Rasche, DA; Leguizamón, CA; Gonzalez, AL; Lana, MCL do. 2015a. Aplicación de yeso agrícola y su efecto en la producción de soja en un oxisol de Alto Paraná. In: I Congreso Paraguayo de Ciencia de Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. 75-77 p.
- Fatecha, DA; Rasche, DA; Leguizamón, CA; Lana, MC do. 2015b. Respuesta a la aplicación de yeso agrícola en algunos parámetros de crecimiento y rendimiento en el cultivo de soja en sistema de siembra directa. In: I Congreso Paraguayo de Ciencia de Suelo. IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. 72-74.
- Farina, MPW; Channon, P; Thibaud, GR. 2000. A Comparison of Strategies for Ameliorating Subsoil Acidity: I. Long-Term Growth Effects. *Soil Science Society of America Journal*. 64: 646–651.

- Fernández, MC. 2012. Determinación De Los Contenidos De Azufre Asimilable En Suelos De Uso Agrícola De La Provincia De Tucumán. Tesis de Magister Tucuman, AR, FAZ, UNT 103 p.
- Ferraris, GN; Couretot, LA. 2004. Evaluación de dos formas alternativas de aplicación de sulfato de calcio pelletizado en soja. Argentina, INTA. 1-4.
- Freitas, L. 2015. Atributos Físicos e Químicos do solo e Desempenho Agronômico da Cultura da soja submetido a Sistemas de Manejos e Residual de Gesso. Tesis de Maestria en Sistemas de Produção. Ilha Solteira, BR UEP, FE. 51 p.
- Gambuado, S. 2005. Evaluación agronômica de Sulfato de Calcio Solido Granulado en el cultivo de soja. Argentina, INTA (104): 72
- Garzón, T. 2003. Estudio de la compartimentación celular en plantas modelo sometidas a estrés por aluminio. Tesis Doctora en Ciencias. Facultad De Ciencias. Universitat Autònoma De Barcelona. Barcelona. España. 95 p.
- Gentiletti, A; Gutierrez, FH. 2004. Fertilización azufrada del cultivo de soja en el centro-sur de Santa Fe. Santa Fe, AR. Informaciones Agronómicas. (24): 1-9.
- Gros, A; Dominguez, A. 1992. Abonos: guia práctica de la fertilización. 8 ed. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 450 p.
- Gubiani, E; Tiecher, T; Rheinheimer, DS dos; Bender MA; Piccini, R; Bellinaso, RJS; Mallmann, FJK; Rasche, JW. 2009. Deposição De Enxofre Atmosférico Em Santa Maria-Rs. Trabalho de Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. 6 p.
- IPNI (International Plant Nutrition Institute, BR). 1998. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. Trad. AS Lopes. 2 ed. São Paulo, BR. Potash y Phosphate Institute. 177 p.
- Kass, DC. 1998. Fertilidad de suelos. Ed J Nuñez. San Jose, CR, EUNED. 272 p.
- Klock, CR. 2016. Dosis de Yeso (Sulfato de Calcio) y su efecto en el pH del suelo y el cultivo de la Soja (*Glycine max*). Tesis Ing. Agr. Minga Guazú, PY, CIA, FIA, UNE. 61 p.
- Lima, RC; Mello, LMM; Yano, EH; Silva, JOR; Cesarin, AL. 2013. Modalities for soil preparation and gypsum application in ultisol: stem productivity of sugarcane. Engenharia Agrícola, Jaboticabal 33: 1180-1190.
- Lopez, O; Gonzalez, E; De Llamas, P.; Molinas, A; Franco, E; Rios, E. 1995. Estudios de reconocimiento de suelos, capacidad del uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la región oriental del Paraguay. (en

- linea). Consultado en 15 de noviembre 2015. Disponible en [www.geologiadelparaguay.com](http://www.geologiadelparaguay.com)
- Mattos, Jr., J. A. Quaggio, H. Cantarella, R. M. Boaretto y F. C. Bachiega. 2012. Nutrient management for high citrus fruit yield in tropical soils. *Better Crops* 96(1): 4-7.
- Maschietto, EH. 2009. Gesso Agrícolas na Produção de Milho e Soja em solo de Alta Fertilidade e Baixa Acidez em subsuperfície em Plantio Direto. Tesis de Masterado en Agronomía Ponta Grossa, BR, Área de Agricultura, SCAT, UEPG. 56 p.
- Navarro, S; Navarro, G. 2003. *Química Agrícola*. 2 ed. Madrid, ES, Mundi-Prensa. 479 p.
- Nogueira, M; Melo, W. 2003. Enxofre disponível para a Soja e atividade de Arilsulfatas em solo tratado com Gesso agrícola. *Revista do Brasil de Ciencia do Solo* 27: 655-663.
- Oliveira, EL; Pavan, MA. 1994. Redução da acidez do solo pelo uso de calcário e gesso e resposta da soja cultivada em plantio direto. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 21. Petrolina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/ Embrapa-CPATSA. 178 p.
- Olivera, JA; Afif, E; Mayor, M. 2006. *Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado*. Oviedo, ES, Universidad de Oviedo. 140p.
- Quaggio, JA; Van Raij, B; Gallo, PB; Mascarenhas, HAA. 1993. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. *Pesq. Agropec. Bras.* 28: 375-383.
- Quiñonez, LR. 2017. Yeso agrícola en sucesión soja-maíz de segunda en sistema de siembra directa. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, Py, Área de Suelos y Ordenamiento Territorial, CIA, FCA, UNA. 59 p.
- Rasche, JW. 2004. Disponibilidade E Resposta De Culturas Ao Enxofre Em Solos Do Rio Grande Do Sul. Tesis de Maestria en Ciencia de Suelo, Santa Maria, BR, Área Processos Químicos e Ciclagem de Elementos, CCR, UFSM. 84 p.
- Rodriguez, A. 2016. Yeso agrícola y su efecto en el cultivo de maíz zafriña. Tesis Ing. Agr. Itakyry, PY, CIA, FIA, UNE. 64 p
- Santos, DR dos; Alvarez, JW; Osorio Filho, BD; Silva, LS da; Bortoluzzi, EC. 2005. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria 35(3): 562-569.
- Salvagiotti, F; Gerster, G; Bacigaluppo, S; Castellarín, J; Galarza, C; González, N; Gudelj, V; Novello, O; Pedrol, H; Vallone, P. 2004. Efectos residuales y directos



- de fósforo y azufre en el rendimiento de soja de segunda. Argentina, INTA. Ciencia del Suelo 22(2): 92-101.
- Sánchez, A. 1981. Suelos del Trópico: características y manejo. Trad. E Camacho. San Jose, CR, IICA. 660p.
- Silva, DJ; Alvarez, VH; Ruiz, HA; Sant'Anna, R. 2003. Translocação e redistribuição de enxofre em plantas de milho e de soja. Pesquisa Agropecuaria do Brasil, Brasília 38(6): 715-721.
- Simoneti, JS; Rosolem, CA; Arroyo, R. 2006. Efeito da Calagem e Sulfato de Amônio no Algodão. II – Concentração de Cátions e Ânions na solução do solo e absorção de nutrientes pelas plantas. Revista do Brasil de Ciencia do Solo 30: 433-442.
- Soares, G. 2016. Gesso e Fósforo na Sucessão Soja/Milho Safrinha. Dissertação Mestrado em Agronomia. Jataí, BR, Produção Vegetal, UAECA, UFG. 74 p.
- Sousa, DMG; Ritchey, KD. 1986. Uso de gesso no solo de cerrado. In: Seminário Sobre O Uso De Fosfogesso Na Agricultura, 1. Brasília, Embrapa, Ddt. 119-144 p.
- Souza, DMG de; Vilela, L; Lobato, E; Soares, WV. 2001. Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no Cerrado. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados. 22 p.
- Souza, DMG de; Lobato, E; Rein, TA. 2005. O uso do gesso em solos do Cerrado. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados. 19 p.
- Souza, F; Rosa Junior, EJ.; Fietz, CR; Bergamin, AC; Venturoso, LR; Jardim, YBC. 2010. Atributos físicos e desempenho agrônômico da cultura da soja em um Latossolo Vermelho Distroférrico submetido a dois sistemas de manejos. Ciência e Agrotecnologia, Lavras. 34(6): 1357-1364.
- Souza, FR; Rosa Junior, EJ; Fietz, CR; Bergamin, AC; Rosa Junior, YBC; Zeviani, WM. 2012. Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo. Semina Ciências Agrárias. 5: 1717-1732.
- Tiecher, T; Santos, DR dos; Alvarez, JW; Mallmann, FJ; Piccin, R; Brunetto, G. 2013. Respostas de culturas à adubação sulfatada e deposição de enxofre atmosférico. Revista Ceres, Viçosa 60(3): 420-427.
- Van Raij, B. 2008. Gesso na Agricultura. Informaciones Agronómicas 122: 26-27.
- Vicensi, M. 2015. Fertilidade do Solo, Nutrição de Plantas, Produção de Grãos e Renda Acumulada em Função de Doses e Parcelamentos de Gesso Agrícola em Plantio Direto. Tesis de Masterado em Agronomia, Guarapuava, BR, Área de Produção Vegetal, UECO. 54 p.

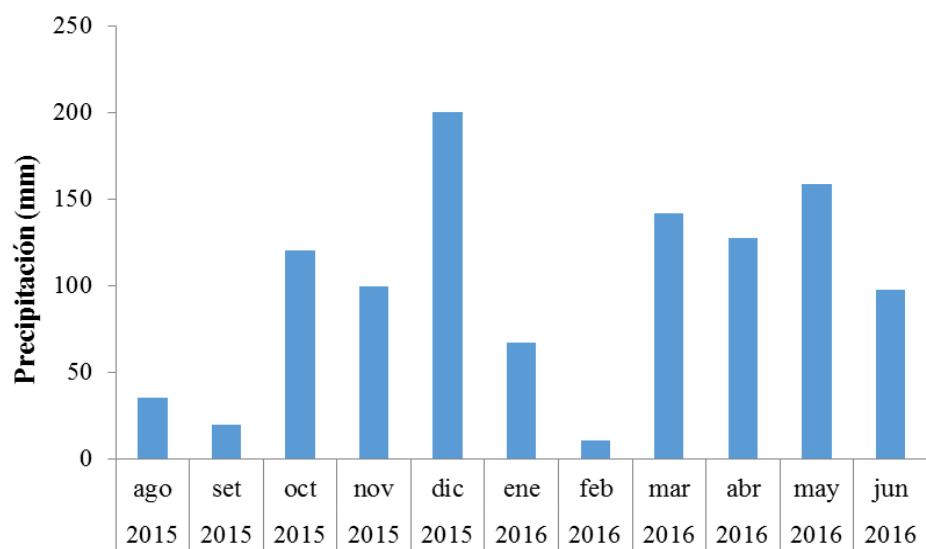
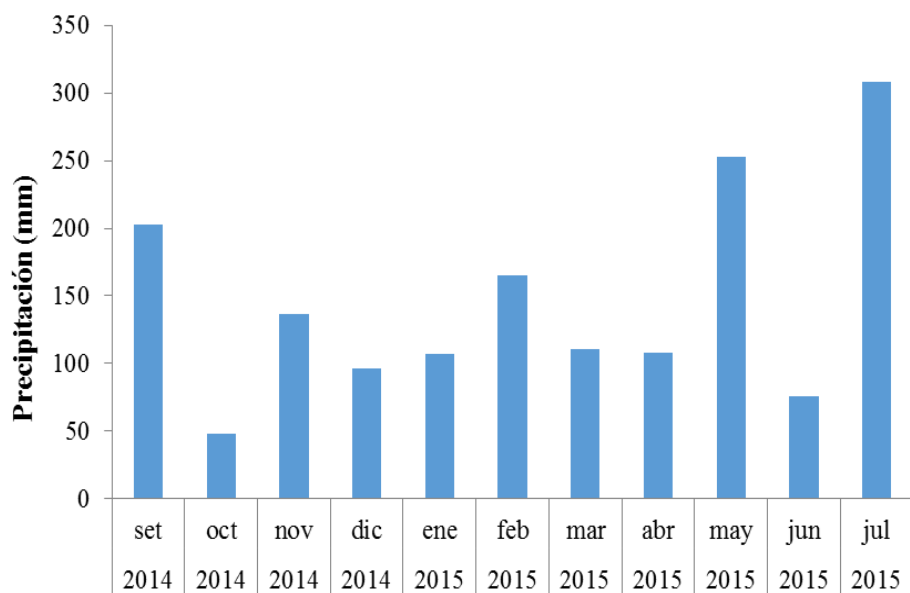
Watanabe, SG. 2013. Aplicación de Yeso y Cal Agrícola em la Sucesión Soja-Trigo en Siembra Directa en un Ultisol. Tesis de Masterado en Ciencia del Suelo. San Lorenzo, PY, Dpto de Suelos y Ordenamiento Territorial, CIA, FCA, UNA. 89 p.

Yamada, T; Stipp, SR; Vitti, GC. 2007. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira. Piracicaba, BR, IPNI. 714 p.

# **ANEXOS**

**Anexo 1.** Análisis de suelo del primer año del experimento del cultivo de soja

Característica	Unidad	0-10 cm	10-20 cm	20-40 cm
pH	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	5,7	4,8	4,35
Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,10	0,41	0,62
Al+H	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,75	3,71	4,25
Ca	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,50	1,10	0,90
Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,78	0,41	0,36
K	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,30	0,12	0,09
MO	g kg <sup>-3</sup>	15	10	7
P	mg dm <sup>-3</sup>	28,0	25,5	7,23
S	mg dm <sup>-3</sup>	9,25	10,40	12,48
Arena	g kg <sup>-3</sup>	790		
Limo	g kg <sup>-3</sup>	80		
Arcilla	g kg <sup>-3</sup>	130		

**Anexo 2.** Precipitación de los años 2014 al 2016 del cultivo de soja

**Anexo 3.** Croquis de la parcela experimental

T4	T2	T5
T1	T6	T3

Bloque 1

T3	T4	T1
T5	T6	T2

Bloque 2

T6	T5	T1
T2	T4	T3

Bloque 3

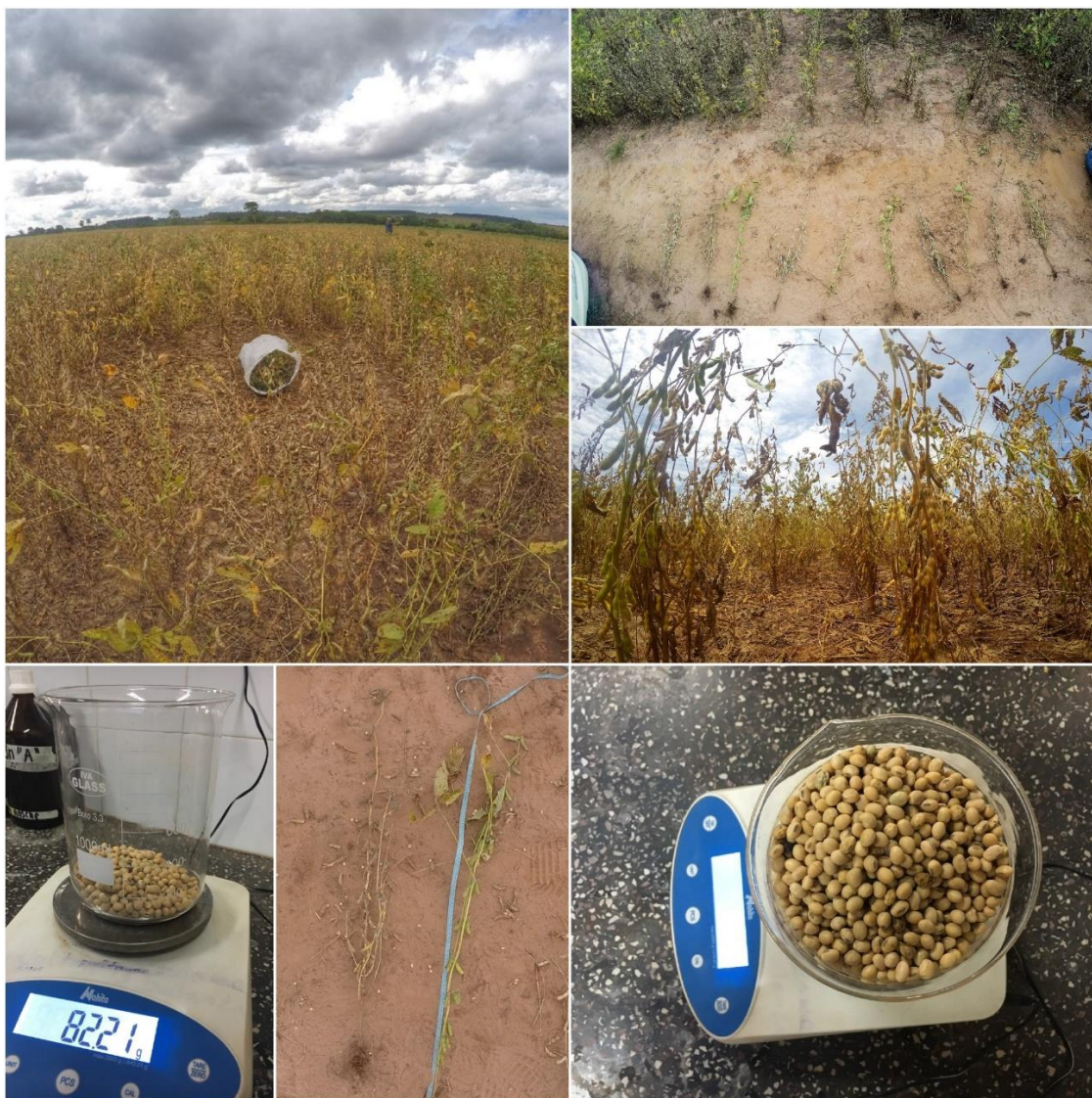
T2	T1	T6
T3	T5	T4

Bloque 4

T6	T4	T5
T3	T1	T2

Bloque 5

**Anexo 4.** Imágenes de la conducción del experimento, residualidad del yeso agrícola en el cultivo de soja (*Glycine max* L.) en un suelo arenoso.



**Anexo 5.** Registro de variables obtenidas durante las mediciones en la parcela experimental.

Dosis	Bloques	Altura	Vainas por planta	Granos por planta	Granos por vaina	Rendimiento	Masa de mil granos	Inserciones por planta	Vainas por inserciones
0	I	93,00	42,3	108,8	2,55	4613	123	22,4	1,89
100	I	82,3	70,7	165,8	2,38	4025	117,98	33,8	2,09
200	I	89,4	61,6	159,4	2,58	5005	123,16	36,3	1,70
400	I	90,3	62,1	158,3	2,51	4367	124,8	33,2	1,87
800	I	85,4	76,5	193,3	2,5	4258	124,1	43	1,78
1.600	I	95,2	78,1	189,5	2,47	4379	119,06	38	2,06
0	II	105,9	102,6	266,9	2,62	3729	134	46,8	2,19
100	II	86,1	70,7	178,4	2,47	3887	128	39,2	1,80
200	II	90,7	75,8	182,6	2,5	3719	124,44	39,2	1,93
400	II	91	113,2	289,5	2,56	4516	124,06	54,7	2,07
800	II	91,9	88,9	225,7	2,55	4038	116,82	48,1	1,85
1.600	II	97,4	55,9	140,8	2,51	4594	121,8	31	1,80
0	III	83,2	88,5	228,3	2,58	5608	130,02	43,3	2,04
100	III	83,4	83,6	217	2,56	4360	125,52	44,2	1,89
200	III	92,2	98,1	253	2,57	4675	127	49,9	1,97
400	III	94,6	55,7	137,8	2,45	3981	123,12	32	1,74
800	III	98,9	50,2	128,2	2,54	3935	133,98	32,2	1,56
1.600	III	29,6	50,8	127,7	2,48	4585	132,8	29,9	1,70
0	IV	81	59,4	152,1	2,56	4325	135	34,1	1,74
100	IV	91,3	52,8	133,5	2,43	4225	134,86	29,9	1,77
200	IV	85,2	57,9	150	2,5	4508	122,68	36,3	1,60
400	IV	80,9	81,6	212	2,62	4503	122,82	43,9	1,86
800	IV	92,3	69,5	177,4	2,52	3433	127,18	34	2,04
1.600	IV	77,6	90	228,9	2,53	4374	143,38	49,3	1,83
0	V	97,8	79,1	201,9	2,57	3726	125,76	47,3	1,67
100	V	101,8	80,9	208,6	2,57	3955	128,28	41,6	1,94
200	V	75,3	59,4	153,3	2,46	4769	129,7	32,5	1,83
400	V	95,2	52,3	134,3	2,48	4206	134,14	33,1	1,58
800	V	78,8	61,7	160,2	2,57	4329	131,72	30,5	2,02
1.600	V	85,2	59,2	153,9	2,54	4091	126,78	33,4	1,77



**Anexo 6.** Resultado del análisis de varianza de altura de la planta (cm)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	30	0,27	0,00	15,48

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1366,37	9	151,82	0,83	0,5979
Tratamiento	737,24	5	147,45	0,81	0,5594
Bloques	629,13	4	157,28	0,86	0,5053
Error	3662,75	20	183,14		
Total	5029,12	29			

**Anexo 7.** Resultado del análisis de varianza de número de vainas por planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Numero de Vainas	30	0,20	0,00	26,33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1701,48	9	189,05	0,54	0,8272
Tratamiento	182,05	5	36,41	0,10	0,9901
Bloques	1519,42	4	379,86	1,09	0,3891
Error	6982,27	20	349,11		
Total	8683,74	29			

**Anexo 8.** Resultado del análisis de varianza de granos por planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Granos por Planta	30	0,19	0,00	26,84

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11273,60	9	1252,62	0,53	0,8334
Tratamiento	1616,47	5	323,29	0,14	0,9815
Bloques	9657,13	4	2414,28	1,03	0,4173
Error	46991,52	20	2349,58		
Total	58265,12	29			

**Anexo 9.** Resultado del análisis de varianza de granos por vaina

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Numero de Granos por Vaina	30	0,33	0,03	2,17

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,03	9	3,3E-03	1,11	0,3989
Tratamiento	0,02	5	4,9E-03	1,65	0,1934
Bloques	0,01	4	1,3E-03	0,44	0,7776
Error	0,06	20	3,0E-03		
Total	0,09	29			

**Anexo 10.** Resultado del análisis de varianza del rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento	30	0,34	0,05	9,86

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1876940,03	9	208548,89	1,17	0,3665
Tratamiento	1052320,70	5	210464,14	1,18	0,3550
Bloques	824619,33	4	206154,83	1,15	0,3609
Error	3576159,47	20	178807,97		
Total	5453099,50	29			

**Anexo 11.** Resultado del análisis de varianza del peso de mil granos (g)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso de mil Granos	30	0,39	0,11	4,36

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	391,02	9	43,45	1,41	0,2474
Tratamiento	67,56	5	13,51	0,44	0,8156
Bloques	323,46	4	80,86	2,63	0,0649
Error	614,81	20	30,74		
Total	1005,83	29			

**Anexo 12.** Resultado del análisis de varianza de número de inserciones por planta

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Numero de Inserciones	30	0,17	0,00	21,76

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	284,09	9	31,57	0,46	0,8847
Tratamiento	31,19	5	6,24	0,09	0,9928
Bloques	252,90	4	63,23	0,92	0,4717
Error	1374,46	20	68,72		
Total	1658,55	29			

**Anexo 13.** Resultado del análisis de varianza de número de vainas por inserciones

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Numero de vainas por inserciones	30	0,18	0,00	9,41

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	0,14	9	0,02	0,50	0,8591
Tratamiento	0,04	5	0,01	0,27	0,9218
Bloques	0,09	4	0,02	0,78	0,5536
Error	0,61	20	0,03		
Total	0,74	29			