

---

## EFFECTO DEL SUBSOLADO Y DOSIS DE YESO SOBRE DOS VARIEDADES DE SOJA Y EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN ALFISOL MOLLIC<sup>1</sup>

---

Arce Barboza, RN<sup>2\*</sup>; Florentin Rolón, MA<sup>3</sup> y Soria Alfonso, JY<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Parte de la tesis presentada en la Facultad Ciencias de la Producción – UNCA. Carrera Ingeniería Agronómica.

<sup>2</sup> Ing. Agr. Egresada de la Carrera Ingeniería agronómica. FCP – UNCA. Filial Choré

<sup>3</sup> Prof. Ing. Agr. M. Sc. Docente tutor, Facultad Ciencias de la Producción – UNCA. Filial Choré

<sup>4</sup> Prof. M.V. Docente co-tutor, Facultad Ciencias de la Producción – UNCA. Filial Choré

\*Autor para correspondencia: [ruth.arce855@fcpunk.edu.py](mailto:ruth.arce855@fcpunk.edu.py)

### RESUMEN

La mayoría de los suelos arenosos donde se realiza el cultivo de la soja presentan problemas de compactación y falta de nutrientes disponibles en la capa subsuperficial que limitan el crecimiento radicular y consecuentemente la producción. El trabajo de investigación experimental se llevó a cabo en el predio del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, que se encuentra localizado en el distrito de Choré. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto del uso del subsolado, dosis de yeso y variedades tolerantes a estrés hídrico en el mejoramiento de las características físicas del suelo para obtener el óptimo desarrollo y producción de soja. Las variables evaluadas fueron: índice de área foliar, altura de la planta, rendimiento total de granos, densidad aparente, porosidad y permeabilidad de suelo. El diseño experimental fue de la parcela sub subdividida 2x3x2, dispuesta en un Diseño de Bloques Completamente al azar, con tres repeticiones. El tratamiento principal fue el subsolado, el tratamiento secundario fueron dosis de yeso y el tratamiento terciario las variedades de soja. Con el uso del subsolado hubo mayor crecimiento radicular, mayor área foliar, igual altura, mayor producción de granos, menor densidad aparente, mayor porosidad total y permeabilidad. La dosis alta de yeso presentó valores superiores de índice de área foliar y altura y en la producción de granos y la permeabilidad y la dosis baja de yeso presentó resultados intermedios. La variedad de soja 6410 presentó mayor crecimiento radicular e igual crecimiento vegetativo en altura y área foliar; sin embargo, se obtuvo mayor rendimiento de granos de soja con la variedad 5947.

**PALABRAS CLAVE:** Densidad, nutrientes, permeabilidad, porosidad, producción

### INTRODUCCIÓN

El Paraguay, actualmente se sitúa como sexto mayor productor de soja y cuarto mayor exportador, el suelo del departamento de San Pedro mayormente presenta suelos arenosos propensos a la erosión de agua y compactación de suelo debido al mal manejo de suelo.

De acuerdo con Furlani y Silva (2016), la compactación del suelo implica el aumento de densidad y disminución de la porosidad cuando es sometido a cargas externas en forma continua, como es el caso de la transferencia del peso del tractor al suelo, además, del tráfico intensivo de máquinas agrícolas en condiciones inadecuadas de humedad, que puede acarrear modificaciones en la estructura del suelo, causando la compactación del área.

El trabajo tuvo como objetivo determinar la eficacia del uso del subsolado, dosis de yeso y variedades de soja en el mejoramiento de las características físicas de la capa subsuperficial del suelo para obtener el óptimo desarrollo y producción de soja.

### METODOLOGIA

La investigación se llevó a cabo en el predio del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria, que se encuentra localizado en el Distrito de Choré, Departamento de San Pedro, la investigación fue 9 meses, comprendido entre los meses de junio de 2021 a marzo de año 2022.

La población de la investigación fue infinita, constituida por una parcela de soja de la variedad 6410 y 5947 implantada para el efecto, a los cuales se aplicaron los tratamientos en forma aleatoria. Las variables fueron: índice de área foliar, altura de la planta, rendimiento total

de granos  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , densidad aparente, porosidad y permeabilidad de suelo.

El diseño experimental fue de la parcela sub subdividida 2x3x2, dispuesta en un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con doces (12) tratamientos y tres repeticiones, totalizando de esa manera 36 unidades experimentales (UE). Cada unidad experimental estuvo conformada por 6 hileras de 10 metros de largo, espaciada cada 0,45 m, con un caminero de 2 m entre parcela y 7 metro entre bloque, totalizando un área aproximadamente de 1.475  $\text{m}^2$ .

Para determinar el índice de área foliar: Fueron determinado a los 90 días después de la emergencia de la soja, fueron utilizadas las plantas de la soja en 1  $\text{m}^2$  de la parcela útil, en las cuales se midieron el largo por el ancho de todas las hojas de cada planta. Altura de la planta: Se realizó a los 90 días a partir de la emergencia de la soja utilizando una cinta métrica, midiendo desde la base de la planta hasta el ápice, para lo cual fueron tomadas 5 mediciones en el área útil de la parcela. Los resultados fueron expresados en  $\text{cm}\cdot\text{pl}^{-1}$  Rendimiento total ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ): Se realizó la cosecha del área útil total de 9  $\text{m}^2$  de cada unidad experimental y se determinaron el peso de la producción de granos de dicha área en una balanza digital, luego fueron convertidos a  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  Los parámetros de características físicas del suelo Fueron tomadas muestras de suelo en anillo especial a los 90 días después de la emergencia de la soja en las profundidades de 0 a 10 cm, 10 a 20cm y 20 a 30 cm. Las muestras fueron llevadas al laboratorio, en donde fueron saturados con agua y posteriormente pesadas para obtener pesos de suelo húmedo; luego fueron llevados a una estufa a 105 - 110 °C hasta peso constante para determinar el peso de suelo seco. Para obtener la densidad fueron dividido el peso de suelo seco por el volumen de

anillo/100 ml), cuyos valores fueron expresados gr.cm<sup>3</sup>. Las porosidades totales fueron obtenidas restando el peso húmedo del suelo con el peso seco y cuyo valor fueron expresado en porcentaje y la Permeabilidad se obtuvo a través de muestras indeformada con anillo y luego se realizó el procedimiento de la Ley de Darcy.

Los valores obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza mediante la prueba de Fischer y las medias de cada tratamiento, para cada una de las variables con efecto significativos fueron comparadas entre sí por el Test de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se observa los resultados de ANAVA por la prueba de F y las comparaciones de medias por el Test de Tukey al 5% de probabilidad de error, de las variables índice de área foliar y altura de la planta, en función a los factores subsolado, dosis de yeso y cal, y variedades de soja

**Cuadro 1.** Resultados del análisis de varianza y del test de Tukey (5%) del índice de área foliar y la altura de plantas de soja por efecto del subsolado, dosis de yeso y cal y de diferentes variedades evaluadas. Choré. Paraguay. 2022

Factores	Descripción	IAF (cm) <sup>(1)</sup>	Altura (cm) <sup>(1)</sup>
<b>Factor A. Subsulado</b>	A1. Sin subsulado	6,39 b	75,16 a
	A2. Con subsulado	7,79 a	76,33 a
<b>Factor B. Yeso y Cal</b>	B1. Sin yeso y cal	6,63 b	75,08 b
	B2. Yeso 500 kg.ha <sup>-1</sup> + Cal 500 kg.ha <sup>-1</sup>	7,28 a	75,00 b
	B3. Yeso 1000 kg.ha <sup>-1</sup> + Cal 500 kg.ha <sup>-1</sup>	7,37 a	77,16 a
<b>Factor C. Variedades</b>	C1. Var. 6410	7,07 a	75,44 a
	C2. Var.5947	7,11 a	76,05 a
<b>C.V. B</b>		3,69 %	0,51 %
<b>C.V. C</b>		4,30 %	0,59 %

Los resultados de análisis de varianza por el test de F presentados en el cuadro 1 nos indica que el factor subsolado y las dosis de yeso y cal afectaron significativamente el crecimiento de la soja en índice de área foliar y en altura de las plantas. Los parámetros de crecimiento de la soja, tanto en altura como en índice de área foliar no presentaron diferencias estadísticas en función de las variedades de soja evaluadas.

La interacción entre los factores evaluados (subsulado, dosis de yeso y cal y variedades) no presentaron significancia por el test de F. Tampoco hubo diferencias estadísticas entre los bloques utilizados, lo que muestra uniformidad de la parcela experimental. En la variable altura de la planta, se demuestra que el subsulado no presentó diferencias estadísticas significativas con el testigo sin subsulado.

Con relación al factor dosis de yeso y cal, los resultados del cuadro 1 indican que, los tratamientos que llevaron aplicación de yeso y cal, independientemente de la dosis empleada, presentaron valores significativamente superiores de índice de área foliar con relación a la obtenida en el tratamiento testigo sin cal y yeso. Para el parámetro de altura de plantas, solo la dosis más alta de yeso y cal resultó superior al testigo.

Estos datos son inferiores a lo mencionado por Giménez (2017) evaluando dosis de yeso obtuvo mayor altura numérica en el tratamiento testigo con 92,2 cm y el menor valor el tratamiento con mayor dosis (1.600 kg ha<sup>-1</sup>) con 77,0 cm. Por otra parte, Chávez (2018) demostró que la aplicación de dosis de yeso agrícola no influyó en la altura de planta de la soja, sin embargo, en este ensayo si tuvo efectos significativos en el aumento de crecimiento.

**Cuadro 2.** Resultados de análisis de varianza y de la prueba de Tukey (5%) de la producción media de granos de soja (Kg/ha) obtenidos en función de los tratamientos de subsolado, dosis de yeso y cal, y variedades. Choré. Paraguay. 2022.

Parámetros de producción		
Factores	Descripción	Rendimiento por hectarea kg <sup>(1)</sup>
<b>Factor A. Subsulado</b>	A1. Sin subsulado	1498,9 b
	A2. Con subsulado	1598,8 a
<b>Factor B. Yeso y cal</b>	B1. Sin Yeso – Cal	1359,4 b
	B2. Con Yeso 500 kg.ha <sup>-1</sup> + Cal 500 kg.ha <sup>-1</sup> .	1591,1 a
	B3. Con Yeso 1000 kg ha <sup>-1</sup> + Cal 500 kg.ha <sup>-1</sup>	1695,9 a
<b>Factor C. Variedades</b>	C1. Var. 6410	1444,0 b
	C2. Var.5947	1653,5 a
<b>C.V. B</b>		1,09 %
<b>C.V. C</b>		0,85 %

<sup>(1)</sup> Kg: kilogramo; <sup>(2)</sup> C.V.: Coeficiente de Variación. En las columnas, medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí en el nivel de significancia del 1 %.

La comparación de media por la prueba de Tukey del cuadro 2 nos indica que, independientemente de la dosis de yeso y cal como también de la variedad utilizada, al implementar el subsolado en el suelo se obtiene mayor rendimiento en el cultivo de soja en comparación al tratamiento sin subsolado En el factor dosis de yeso – cal, se observa mayor que, independientemente del tratamiento subsolado y de las variedades evaluadas, el promedio de producción de granos de soja aplicando tanto dosis media como alta de yeso y cal en el suelo, fue significativamente superior con relación al tratamiento testigo sin yeso ni cal.

En el factor variedades, se observa en el cuadro 2 que, independientemente del tratamiento subsolado y de la dosis de yeso y cal, la Var. 5947 obtuvo mayor rendimiento con media de 1653,5 kg.ha<sup>-1</sup>, en comparación a la Var. 6410, obteniéndose una diferencia de 210 kg.ha<sup>-1</sup>. Mirando estos datos y en coincidencia Baigorri y Croatto (2000), que afirman que las pérdidas de rendimiento en el periodo crítico resultan de reducciones en el número de vainas por planta y disminuciones en los granos por vaina y peso de granos afectándose de esa manera el principal componente del rendimiento que es el número de granos por superficie.

De acuerdo a los datos del análisis de varianza de la Cuadro 3 se observa los siguientes resultados: Las variables de densidad aparente, porosidad del suelo y permeabilidad presentaron diferencias altamente significativas en función tratamiento subsolado. Para el factor B (dosis de yeso y cal) hubo diferencias altamente significativas para la variable densidad del suelo y porosidad total, y hubo diferencias significativas de la permeabilidad del suelo. La interacción entre los factores A x B fueron altamente significativos para las variables permeabilidad y porosidad del suelo, pero

no hubo diferencias estadísticas para la densidad. La interacción A x C fue altamente significativo para la permeabilidad del suelo y no significativo para las variables densidad y porosidad del suelo. La interacción B x C no fue significativa para ninguna de las variables de suelo estudiados. La comparación de medias por la prueba de Tukey al 5% de las características físicas del suelo en diferentes profundidades en función de los factores subsolado y uso de yeso y cal, nos indican los siguientes resultados.

**Cuadro 3.** Resultados de análisis de varianza y test de Tukey de las características físicas del suelo en función del subsolado y dosis de yeso y cal en diferentes profundidades de muestreo. Choré. Paraguay. 2022

Parámetros de características físicas				
FACTORES	DESCRIPCIÓN	Densidad Aparente del suelo (g.cm <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	Porosidad del suelo (%) <sup>(2)</sup>	Permeabilidad (cm.s) <sup>(3)</sup>
<b>Factor A. Profundidad</b>	A1. 0 -10 cm	1,51 b	42,38 a	0,0060 a
	A2. 10 – 20 cm	1,62 a	36,07 b	0,0048 b
	A3. 20 – 30 cm	1,60 a	35,98 b	0,0041 b
<b>Factor B. Subsolado</b>	B1. Sin subsolado	1,63 a	37,03 b	0,0044 b
	B2. Con subsolado	1,53 b	39,25 a	0,0055 a
<b>Factor C. Yeso y Cal</b>	C1. Sin Yeso	1,56 a	38,06 a	0,0046 b
	C2. Con Yeso 500 kg.ha-1 + Cal	1,57 a	38,60 a	0,0050 ab
	C3. Con Yeso 1000 kg.ha-1 + Cal	1,60 a	37,77 a	0,0053 a
	C4. Con Yeso 500 kg.ha-1 + Cal	1,57 a	38,60 a	0,0050 ab
<b>C.V. B</b>		14,35 %	1,14%	0,17%
<b>C.V. C</b>		13,96 %	1,17%	0,10%

<sup>(1)</sup> g.cm<sup>3</sup>: gramos por centímetro cubico; <sup>(2)</sup> %: porciento; <sup>(3)</sup> cm.s: centímetro cubico por segundo; <sup>(4)</sup> NS: No Significativo; <sup>(5)</sup> \*\*: significancia; <sup>(6)</sup> C.V.: Coeficiente de Variación. En las columnas, medias seguidas por la misma letra no difieren entre sí en el nivel de significancia del 1 %.

Por otra parte, Quirijn (2010) menciona que las propiedades físicas del suelo determinan en gran medida su capacidad de uso. La condición física de un suelo establece la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de raíces y la aireación.

## CONCLUSIONES

Con el uso del subsolado (A2) hubo mayor, mayor área foliar, igual altura y mayor producción de granos en comparación al testigo sin subsolado (A1). La aplicación de dosis alta de yeso presentó valores significativamente superiores de índice de área foliar y altura con relación al tratamiento testigo sin yeso. La dosis baja de yeso presentó resultados intermedios. La producción de granos de soja, tanto con dosis baja como alta de yeso, fue significativamente superior con relación al tratamiento testigo sin yeso. El uso de yeso agrícola no afectó significativamente la densidad aparente del suelo ni la porosidad total del suelo. La permeabilidad del suelo fue significativamente superior con el uso de la dosis alta de yeso con relación al testigo sin yeso.

## REFERENCIAS

- Baigorri, H; Croatto, D. 2000. Manejo del cultivo de soja en Argentina. Marcos Juarez: INTA. 96p.
- Chávez, E. 2018. Efecto de aplicación de yeso agrícola en parámetros químicos del suelo y en la producción de soja-maíz en un Oxisol de Canindeyú. (en línea). Tesis de Grado, Ingeniería Agronómica. Py, Universidad Nacional del Este. Consultado el 07 de abril de 2022. Disponible en: <http://repositorio.une.edu.py/handle/123456789/513?show=full>
- Furlani, CEA; Silva, R.P. 2016. Compactación de suelo. Consultado 05 mar 2021. Disponible en: <http://www.fcav.unesp.br/departamentos/engenhariaral/carloseduardoangelif>
- Giménez Leguizamón, MB. 2017. Residualidad del yeso agrícola en el cultivo de soja (Glycine max L.) en un suelo de arenoso. San Lorenzo. PY. Tesis de Grado. FCA – UNA. 2018. pag. 51.
- Quirijn, J.L. 2010. Física del suelo. Viçosa: Sociedad Brasileña de Ciencias del Suelo, 298 p.