

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Universidad Nacional de La Plata.



Trabajo Final de Carrera Ingeniería Agronómica.

**SOJA: EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA, EL GRUPO DE MADURACIÓN Y
DISTINTOS ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO EN
PERGAMINO (PCIA: DE BUENOS AIRES).**

Alumno: Juan Ignacio Ponsa

Legajo: 26462/8

DNI: 34.991.377

Dirección de correo electrónico: juaniponsa@gmail.com

Teléfono: 02477-15343644

Nombre del Director: Ing. Agr. (Dra) Adriana M. Chamorro

Nombre del Co - Director: Ing Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

Fecha de presentación: junio de 2019.

ÍNDICE

| | |
|------------------------------|----|
| 1. Resumen..... | 3 |
| 2. Introducción..... | 5 |
| 3. Hipótesis..... | 12 |
| 4. Objetivos..... | 13 |
| 5. Materiales y Métodos..... | 13 |
| 6. Resultados..... | 16 |
| 7. Discusión..... | 28 |
| 8. Conclusiones..... | 32 |
| 9. Bibliografía..... | 33 |
| 10. Anexo..... | 42 |

1. RESUMEN:

Se realizó un ensayo del cultivo de soja en la localidad de Pergamino, Argentina. Los objetivos fueron: encontrar la combinación de fecha de siembra (FS) y grupo de madurez (GM) que mejor se comporta en la zona, analizando su respuesta a través del rendimiento y sus componentes; y evaluar el efecto de la aplicación de distintos nutrientes (P, S, B y Zn) sobre estos GM y en las dos FS, . Los tratamientos fueron la combinación factorial de dos FS (FS1: 15/11 y FS2: 21/12), cinco variedades de diferentes GM (GM III C, GM III L, GM IV C, GM IV L y GM V C) y cuatro tratamientos de fertilización: Testigo sin fertilizar, aplicación de fósforo (P), aplicación de P y azufre (S), y aplicación de P, S y micronutrientes (boro y zinc). La soja en FS2 rindió menos y tuvo un menor crecimiento que en la FS1. Esto fue debido a las mayores temperaturas y al fotoperíodo más corto, que aceleraron su desarrollo, como así también a condiciones hídricas diferenciales que habrían limitado la producción en la FS2. La aplicación de P produjo aumentos significativos de los rendimientos. La aplicación conjunta de P y S, si bien tendió a registrar un rendimiento mayor, no fue estadísticamente diferente; y el agregado de micronutrientes junto con el P y el S, debido a problemas de fitotoxicidad, no determinó mejoras con respecto al testigo. Se registró interacción entre GM y FS, pero la fertilización se comportó de manera independiente. Las condiciones climáticas del año determinaron un mayor rendimiento y la posibilidad de que los GM se diferenciaron expresando su potencial productivo en la primera fecha de siembra, destacándose la variedad del GM IVL por su elevado rendimiento. En la segunda fecha, en cambio, no se observaron diferencias de rendimiento entre variedades, probablemente debido a deficiencias hídricas que comprometieron el óptimo desarrollo de las mismas, pero no en la segunda, que no sólo alcanzó

menores rendimientos sino que, probablemente por deficiencias hídricas, no permitió diferenciar a las variedades en su producción.

2. INTRODUCCIÓN

La Soja en la Argentina

En la actualidad la agricultura se ha tornado cada vez más especializada y homogénea, bajo siembra directa continua y amplia superficie de soja [*Glycinemax (L.) Merr.*] (Andriuloet *al.*, 2004). Dicho cultivo es el más importante de nuestro país, por superficie sembrada, producción y rentabilidad. En la campaña 2017/18 el área sembrada fue de 18 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio a nivel nacional de 2110 kg.ha⁻¹ con una producción de 35 millones de toneladas. (Bolsa de Comercio de Rosario, 2018).

Esta amplia área de siembra se extiende desde el extremo norte del país, en las provincias de Chaco y Salta hasta el sur de la provincia de Buenos Aires, y desde todo el límite oriental hasta las provincias de La Pampa, San Luis y Tucumán. Esto implica que el cultivo tiene una amplia adaptabilidad a las diferentes zonas de nuestro país, pero además, que la forma de producción se modifica para aprovechar la oferta de cada ambiente en particular. Los principales cambios en el manejo se registran en diversos aspectos de la implantación del cultivo.

Implantación del cultivo de soja

Dos de las decisiones más importantes en el manejo del cultivo de soja son la elección de la fecha de siembra (FS) y el grupo de madurez (GM) del cultivar utilizado.

La **fecha de siembra** determinará el régimen fototermal e hídrico al que estará expuesto el cultivo a lo largo de su ciclo y durante el período crítico para la determinación del rendimiento (Otegui & Savin, 2003). El cambio en el momento de implantación modifica las condiciones de radiación, temperatura y humedad de cada etapa del ciclo. Los atrasos en la FS exponen las etapas reproductivas a condiciones de menor radiación y fotoperiodo, lo que acorta la etapa de generación y fijación de destinos reproductivos (R1-R5.5,

Fehr&Caviness, 1977). Consecuentemente, disminuye la cantidad de radiación captada por el cultivo para la generación de biomasa durante estos estadios, disminuyendo el rendimiento potencial (Murgio *et al.*, 2016). No obstante, dicha merma por retraso en la FS no es constante y depende del GM y la latitud.

Otro aspecto relevante en la implantación es la **elección de los cultivares**. Estos se diferencian por su longitud de ciclo a través de su clasificación en GM. La división es arbitraria, establecida por genetistas de EE.UU., para separar una variación continua de la longitud del ciclo del cultivo de soja. Esta clasificación fue establecida inicialmente con 8 GM (I al VIII), la cual paulatinamente se fue ampliando y actualmente cuenta con 13 GM.

En Argentina se utilizan cultivares de GM II al IX. Particularmente, en la región pampeana, los GM que se suelen utilizar van desde el III al VII (García *et al.*, 2009). Debido a la respuesta fotoperiódica de la soja, la longitud del ciclo de cada cultivar se incrementa con la latitud. Esto determina que para cada región y según la latitud de la misma, exista un rango de GM adaptados, que funcionan como ciclos corto, medio y largo. Un error en la elección del GM produce pérdidas de rendimiento variables de acuerdo a las condiciones climáticas y edáficas del lugar. Cuando se siembran cultivares de ciclo más corto que lo recomendado para la zona, debido a que inducen el período reproductivo con escaso desarrollo vegetativo, no logran una altura y biomasa adecuada, no cierran el entresurco o lo hacen en forma tardía desaprovechando la oferta de radiación, y producen rendimientos inferiores a los de ciclo más largo. Por el contrario, si se sembraran cultivares de ciclo más largo al recomendado, se retrasaría el inicio de la fructificación, reduciendo la posibilidad de expresión de su potencialidad productiva, se incrementarían los costos de control de enfermedades, plagas y malezas, y aumentaría el riesgo de ocurrencia de heladas que afectan el llenado de granos. Por otro lado, se ha observado, que, las variedades de ciclo más largo se caracterizan por menores índices de cosecha,

reduciendo el rendimiento potencial respecto de las más precoces (Baigorri & Giorda, 1997).

A través de la elección del GM se busca la longitud de ciclo que mejor capitalice la oferta de recursos a lo largo de la campaña para maximizar los rendimientos.

En ausencia de limitantes, el rendimiento depende de la oferta de radiación solar y temperatura, que ofrece un ambiente en particular. Sin embargo, en la práctica, existen recursos limitantes (agua y nutrientes) y factores que reducen el rendimiento (adversidades bióticas y abióticas) (Monzón, 2015). Además, cambios en la **combinación de FS y GM** modifican la duración total del ciclo del cultivo y la de sus distintas etapas. La combinación de FS y GM que maximiza los rendimientos depende, entre otras cosas, de la calidad del ambiente donde se implantará el cultivo (Baigorri *et al.*, 2008). Incluso, el resultado dependerá también de las condiciones particulares de la campaña ya que, por ejemplo, la distribución de las precipitaciones puede favorecer a una combinación específica de FS Y GM.

La nutrición mineral de la soja

A pesar de su habilidad para crecer relativamente bien en suelos de baja fertilidad, el cultivo de soja es uno de los que presenta mayores requerimientos en cuanto a nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S). Sus requerimientos por tonelada de grano cosechado supera a otros cultivos extensivos, como las gramíneas (IPNI, 2014).

En su carácter de leguminosa, produce semillas con un elevado contenido proteico, determinando extracciones de N del orden de 80 kg.tn⁻¹ (IPNI, 2002). Sin embargo, una parte importante de estos requerimientos son cubiertos por la fijación biológica de N (FBN), a través de su simbiosis con los rizobios, por lo cual la inoculación de la semilla es una práctica aconsejable (Percariet *et al.*, 2004). En la región pampeana se han determinado aportes de N por FBN del orden del 30-70% de las necesidades totales de N

del cultivo dependiendo del nivel de fertilidad nitrogenada del suelo y las características climáticas de la estación de crecimiento (González, 1996). La FBN es más eficiente con niveles bajos de disponibilidad del nutriente en el suelo. Altos niveles de N en el suelo por acumulación durante el barbecho o por fertilización resultan en menores cantidades de N fijado vía FBN (García, 2004). Debido a esto la fertilización con N no es frecuente. En cambio, el resto de los nutrientes ingresa al sistema principalmente por la adición de fuentes químicas.

El P del suelo se encuentra integrado básicamente por dos “pooles”: el fósforo inorgánico (mayor proporción) y el orgánico. Dentro de la fracción inorgánica el fósforo constituye ortofosfatos que pueden estar insolubles, poco solubles, o solubles. El fósforo orgánico se encuentra formando parte de la materia orgánica como filatos, ácidos nucleicos y fosfolípidos.

De los cuatro cultivos de grano más importantes de la Región Pampeana, la soja presenta los mayores requerimientos de P por unidad de producción, necesitando absorber alrededor de 8 kg de P para producir una tonelada de grano (IPNI, 2002). La mayor parte del P que absorben los cultivos se concentra en los granos y por lo tanto es exportado con las cosechas siendo la extracción continua sin reposición una de las formas directas de pérdida de fertilidad de los suelos (Cordellet *al.*, 2009, citadode Pérez & Díaz Zorita, 2018). La importancia de este nutriente radica en que se torna indispensable para el desarrollo del sistema radicular de la planta, por ende en los procesos de anclaje y absorción, participa metabólicamente en la transferencia energética de la planta en formas tales como (ATP y ADP) y actúa en la fosforilación durante el proceso fotosintético en formas de azúcares-fosfato. Estas interacciones bioquímicas donde participa el P desencadenan en procesos fisiológicos elementales tales como el transporte activo de nutrientes dentro de la planta, en la respiración como NADH y NADPH, y como reserva dado que es componente de los prótidos y lípidos. A su vez, es un compuesto celular de

membrana como fosfolípidos y estructural de los ácidos nucleicos. Todos estos procesos enunciados son claves participando directa o indirectamente en la floración, fecundación y fructificación (Montaldi, 1995).

En general, la deficiencia de mencionado nutriente afecta en mayor medida el crecimiento que la fotosíntesis. Las plantas con deficiencias de P presentan menor expansión y área foliar y un menor número de hojas (Mollier&Pellerin, 1999). La concentración de P total en los suelos varía de 100 a 3000 mg P kg⁻¹ (Sharpley, 2000), mientras que en relevamientos realizados en suelos agrícolas de la región pampeana argentina indican niveles de P total de 120- 1200 mg P kg⁻¹ (Morrás, 1996, Vázquez *et al.* (1998) y Boschetti *et al.* (2000) (citado por Ciampitti, 2009).

El azufre (S) es esencial para la formación de proteínas por ser constituyente de tres aminoácidos esenciales como metionina, cisteína y cistina, de vital importancia para la alimentación del hombre y los animales de interés agropecuario (Hymowitz, 1985, citado Ferraris, 2004). Es requerido en el proceso de formación de clorofila y participa en la formación de componentes de aceites y en la síntesis de vitaminas. La soja tiene requerimientos relativamente importantes de este nutriente (4,5 kg.t⁻¹ de grano, IPNI, 2014). Su deficiencia causa disminución en los rendimientos y en la calidad de los granos por reducción de su contenido proteico (Schnug, 1990, 1991, citado por Ferraris, 2004).

La principal fuente de S es la materia orgánica del suelo, la cual representa el 95 % del contenido total del nutriente en el suelo (Ericksen, 1997 a, citado Ferraris, 2004).

El *potasio (K)* es un macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo vegetal, y es el que se absorbe en mayor cantidad luego del N (Tisdale *et al.*, 1993). Interviene en funciones fisiológicas relacionadas a la salud de la planta y tolerancia a estreses bióticos y abióticos (Oosterhuis *et al.*, 2014). Actúa en el ajuste de las relaciones hídricas y movimiento estomático, síntesis proteica, activación enzimática, fotosíntesis y translocación de carbohidratos (Ashley *et al.*, 2006).

El P y el K tienen como fuente predominante la fracción mineral del suelo (Andrade *et al.*, 2000). Sin embargo el aporte por estas vías podría resultar insuficiente.

Fertilización en el cultivo de soja

El intenso uso de los suelos bajo sistemas agrícolas, la ausencia de rotaciones con cultivos que realicen aportes voluminosos de materia orgánica y el excesivo laboreo para la preparación de la cama de siembra son factores que determinan el aumento de las pérdidas de suelo por erosión y/o por degradación de las propiedades físico-químicas del mismo (Baigorri & Giorda, 1997).

La práctica de la fertilización tiene por objeto satisfacer los requerimientos de nutrientes cuando el suelo no puede proveerlos. Pocos años atrás se consideraba que la soja poseía baja respuesta a la fertilización. Sin embargo, si bien presenta menor respuesta que las gramíneas, como el maíz y el trigo, la investigación ha demostrado que la especie se desarrolla mejor en suelos fértiles y cuando un nutriente se encuentra en cantidades insuficientes en el suelo responde a la fertilización directa (Baigorri & Giorda, 1997).

Estudios realizados en Argentina para relacionar los niveles de P extractable de los suelos con la respuesta de soja a la fertilización fosfatada, concluyeron que los rendimientos en los tratamientos testigo (sin fertilización con P) eran cada vez más bajos en la medida que el P del suelo disminuía (Fontanetto *et al.*, 2011). Asimismo, es posible obtener respuestas que varían entre 175 y 690 kg.ha⁻¹ con el agregado de 30 kg.ha⁻¹ de P (equivalente a 150 kg.ha⁻¹ de superfosfato triple) en suelos con contenidos de P extractable inferiores a las 17 ppm (Fontanetto *et al.*, 2008).

Las aplicaciones de fertilizantes azufrados provocan mayores rendimientos de la soja en lotes degradados (muchos años de agricultura) y en ausencia de deficiencias de P (Martínez & Cordone, 2000).

Resultados informados en la región templada de Argentina mostraron que parte de las variaciones en la respuesta al agregado de S serían explicadas por diferencias en la capacidad de mineralización de los suelos (Díaz Zorita *et al.*, 2002). Asimismo, experiencias realizadas por Fontanetto (2004) demostraron que a medida que la capacidad de mineralización de S del suelo aumenta, las respuestas de la soja de primera al agregado de este nutriente son cada vez menores, sobre todo cuando se superan los 20 ppm de S mineralizado.

La **fertilización foliar** ha sido evaluada principalmente en el cultivo de Soja (Mousegne, 2004; Bertoia, 2004; Ferraris&Couretot, 2004). Si bien, las aplicaciones foliares, no reemplazan la fertilización tradicional al suelo con N, P y S, la cual debe realizarse al momento de la siembra, presentan la ventaja de proveer una nutrición intensiva y con una dosificación exacta, sobre la base de un diagnóstico preciso, y con la posibilidad de aplicar los nutrientes en los momentos de mayor demanda del cultivo gracias a su rápida absorción (Barber, 1984, citado por Ferraris&Couretot, 2008) independientemente de las condiciones o limitantes edáficas. La fertilización foliar con micronutrientes debe ser usada cuando el cultivo ha logrado suficiente expansión foliar para su absorción, se encuentre en un estado de elevada demanda de nutrientes y, en lo posible, coincida con la aplicación de otros agroquímicos destinados a la protección del cultivo, disminuyendo así costos operativos (Ferraris&Couretot, 2011).

En Brasil, el uso de micronutrientes está muy difundido, mientras que en Argentina su uso es más incipiente. Los micronutrientes más demandados son el boro (B) y el zinc (Zn), cuya deficiencia está relacionada a la carencia de los suelos, como así también a su encalado (Melgar *et al.*, 2011, citado por Arévalo 2015).

El Zn participa como activador de numerosas reacciones enzimáticas. Su carencia afecta el crecimiento de las plantas, y es más frecuente en suelos con baja disponibilidad, bajo

contenido de materia orgánica y elevada fertilización con P (Ferrari *et al.*, 2010 a; b; Torriet *et al.*, 2010).

El B es un micronutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de la soja, cuyo requerimiento es de 25 g.tn⁻¹ de grano, estando fuertemente asociado a la materia orgánica de los suelos (Fontanetto *et al.*, 2009).

La adecuada sincronización ambiente-cultivar-manejo es decisiva para el logro de altos rendimientos. Dentro de las variables de manejo, la nutrición es un aspecto relevante, puesto que la fertilidad de los suelos ha sufrido un notable deterioro en los últimos años. Estrategias de corto, mediano y largo plazo logran revertir esta tendencia (Ferrari *et al.*, 2014 a; b; 2015, citado por Ferrari & Díaz Zorita 2015). Los factores que determinan el rendimiento manifiestan una fuerte interacción entre sí, de modo tal que el cultivar y aun el grupo de madurez (GM) que optimiza el rendimiento, podría variar según el manejo realizado en el cultivo.

El ajuste conjunto entre fertilización y aspectos relacionados con el manejo del cultivo, como el GM elegido o la fecha de siembra es relevante con el objetivo de reducir la brecha entre los rendimientos actuales y los potencialmente alcanzables (Rotundo & Borrás, 2013; Monzón, 2015).

3. HIPÓTESIS

- La soja sembrada en fechas de siembra temprana supera productivamente a la sembrada en fechas tardías ya que permiten un mejor aprovechamiento de la oferta ambiental y los recursos disponibles.
- La fertilización incrementa los rendimientos de la soja de manera diferente según los nutrientes aportados (P, S, B y Zn).

4. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivos:

- encontrar la combinación de FS y GM que mejor se comporta en la zona, analizando su respuesta a través del rendimiento y sus componentes,
- evaluar el efecto de la aplicación de distintos nutrientes (P, S, B y Zn) sobre diversos grupos de maduración de soja implantados en 2 fechas diferentes, a través del rendimiento y sus componentes.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA Pergamino (33° 57' 13" S 60° 33' 49" W), localizada en la ciudad de Pergamino, provincia de Buenos Aires. El suelo sobre el que se realizó dicho ensayo es un Argiudol típico serie Pergamino, Clase de uso I-II, según USDA, de textura franco-limosa. Su descripción morfológica se encuentra en el Anexo.

Previo a la implantación del ensayo, se realizó un análisis completo de las propiedades físico-químicas del suelo cuyos resultados se muestran en la Tabla 1:

Los datos climáticos (temperaturas y precipitaciones) correspondientes al período de ensayo fueron provistos por la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, la cual se encuentra a poca distancia del ensayo.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos fueron la combinación factorial de 2 fechas de siembra, 5 variedades diferentes de GM y 4 tratamientos de fertilización, los cuales fueron sembrados según un

diseño de bloques al azar con 2 repeticiones en parcelas de 7 m de largo por 1.5 m de ancho.

Las fechas de siembra fueron: 15/11/2017(FS1) y 21/12/2017(FS2). Las variedades utilizadas fueron: DM 3312 (GM III C), DM 3815 STS Ipro (GM III L), N 4309 (GM IV C), N 4955 (GM IV L) y DM 53i53 (GM V C).

Tabla 1: Datos analíticos del suelo donde se implantó el ensayo.

| Determinación | Metodología | Valor |
|-------------------------|---|----------------------|
| Materia orgánica | Walkley y Black | 21.6 g/kg |
| Nitrógeno de nitratos | Ac. Fenoldisulfónico | 0-20 cm: 13.5 mg/kg |
| | | 20-40 cm: 10.5 mg/kg |
| Fósforo extraíble | Bray I | 9.8 mg/kg |
| Azufre de sulfatos | Turbidimetría | 0-20 cm: 8.0 mg/kg |
| | | 20-40 cm: 9.5 mg/kg |
| Reacción del suelo (pH) | Relación suelo:agua 1:2.5 | 5.6 |
| Calcio | Acetato de amonio 1N. A.A | 7.81 cmolc/kg |
| Saturación de calcio | Cálculo: Ca / Valor S*100 | 67.0% |
| Magnesio | Acetato de amonio 1N. A.A | 2.24 cmolc/kg |
| Saturación de magnesio | Cálculo: Mg / Valor S *100 | 19.2% |
| Potasio | Acetato de amonio 1N. F.LL. | 1.32 cmolc/kg |
| Saturación de potasio | Cálculo: K / Valor S *100 | 11.3% |
| Sodio | Acetato de amonio 1N. F.LL. | 0.29 cmolc/kg |
| Zinc | Ext. c/DTPA- Espectrofotometría A.A. | 1.29 mg/kg |
| Manganeso | | 34.9 mg/kg |
| Cobre | | 1.71 mg/kg |
| Hierro | | 73.7 mg/kg |

Los tratamientos de fertilización fueron: un Testigo sin fertilizar, un tratamiento sólo con la aplicación de P, otro con la aplicación de P y S, y un último tratamiento que recibió P, S y micronutrientes (B y Zn).

La siembra de soja se realizó bajo la modalidad de siembra directa, con una sembradora experimental de cono con dosificación neumática, propiedad de EEA INTA Pergamino, de 3 surcos a 0,4 m y una densidad de 30 plantas.m⁻².

El 15/11/2017 se fertilizó con superfostato triple de calcio (0-20-0, 14% Ca) localizado en bandas a razón de 100 kg.ha⁻¹ (en las parcelas correspondientes).

Una vez emergido el cultivo, en la etapa V2 del cultivo según la clave de Fehr&Caviness (1977), se aplicó sulfato de calcio (0-0-0-S18) al voleo a razón de 115 kg.ha⁻¹ (en las parcelas correspondientes).

En estado V5, se realizaron las aplicaciones foliares de micronutrientes (B y Zn) con mochila eléctrica de presión constante. La misma contaba con un botalón aplicador de 4 boquillas de cono hueco 80015, espaciadas a 0,50 m, que a una presión de 4 bares.ha⁻¹ asperjó un volumen de 100 l.ha⁻¹ (en las parcelas correspondientes). La fuente de Zn fue un óxido de Zn (0-0-0-Zn50; densidad 2) a la dosis de 700 ml.ha⁻¹ totalizando 700 g Zn.ha⁻¹. En el caso de B se utilizó una sal de B al 10%, que a la dosis de 1000 ml.ha⁻¹ totalizó un aporte de 100 g B.ha⁻¹. El equipo fue facilitado para la operación, por gentileza del Ingeniero Agrónomo Gustavo Néstor Ferraris.

Evaluaciones

En madurez de cosecha se registraron los componentes del rendimiento. Para evaluar el número de plantas por unidad de superficie, se hicieron tres recuentos de 1 metro lineal por parcela. Luego se cortaron tres plantas representativas por parcela al ras del suelo, sobre las que se determinó altura de planta y número de vainas por planta. Esto permitió calcular el número de vainas.m⁻². La cosecha se realizó el día 14/04/2018 (par ambas fechas de siembra) con una cosechadora experimental automotriz, propiedad de la EEA INTA Pergamino. Sobre este material se determinó el peso de mil granos. Con este dato y el de rendimiento se calculó el número de granos.m⁻². Los rendimientos se expresaron en kg.ha⁻¹, luego de determinar humedad sobre la muestra de cosecha y se ajustaron a 13%.

Procesamiento de datos

Los datos obtenidos se procesaron por medio del análisis de la varianza utilizando la prueba de Tukey ($P < 0,05$) para la comparación de medias, con previa comprobación de supuestos básicos. Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (Dibrienzo *et al.*, 2016).

6. RESULTADOS

Desarrollo del ensayo

Las condiciones meteorológicas durante la campaña 2017/18 difirieron de las históricas, principalmente en la distribución de las precipitaciones (Figura 1). Durante el mes de noviembre, en que ocurrió la primera fecha de siembra, hubo escasas precipitaciones, por debajo de la media histórica, lo cual demoró una semana la siembra respecto de la fecha planificada, aunque la cantidad de agua útil en profundidad era satisfactoria (Figura 2). A pesar de esta situación, se alcanzó un buen stand de plantas, del orden de las 30 plantas.m⁻². Ya en el mes de diciembre, las precipitaciones fueron más abundantes, facilitando la implantación en la segunda fecha de siembra. En Enero, Febrero y Marzo se registraron muy bajas precipitaciones, inferiores a la media histórica, con elevadas temperaturas y balance hídrico negativo (Figura 2). Dada esta situación, en la segunda fecha de siembra las plantas alcanzaron menor crecimiento (altura y número de vainas) y rindieron menos, con valores medios de 4810,6 Kg.ha⁻¹ para la FS1 y 3055,4 Kg.ha⁻¹ para la FS2 que muestran el efecto conjunto del atraso en la siembra y el estrés hídrico.

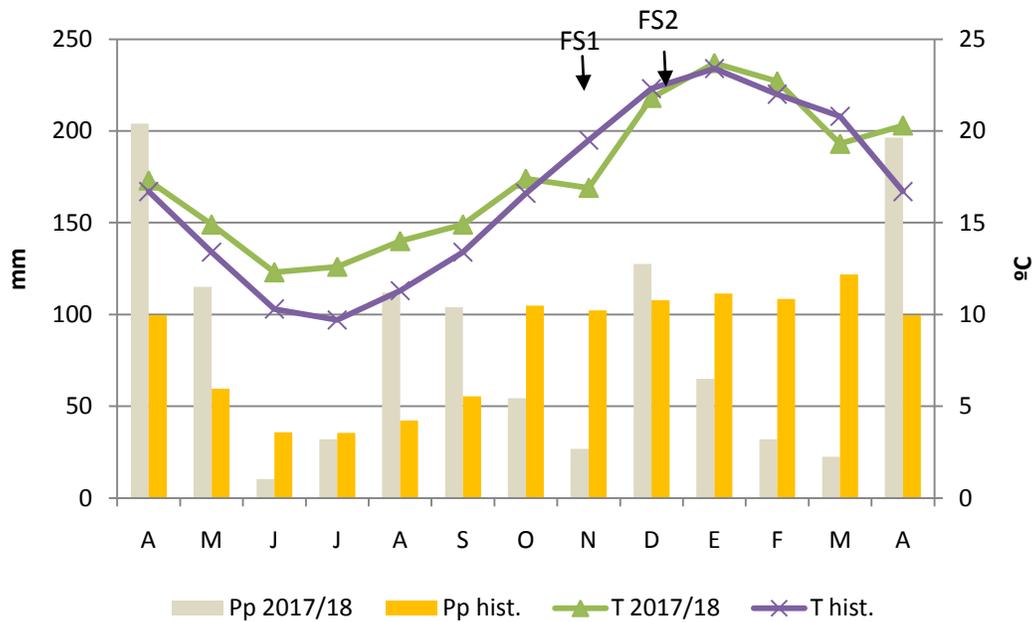


Figura 1: Precipitaciones mensuales y temperaturas medias mensuales durante el período de ensayo (Abril 2017– Abril 2018) e históricas (temperatura Serie: 1967-2018; precipitaciones Serie: 1910-2018) en Pergamino.

Fuente: Estación Meteorológica de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pergamino.

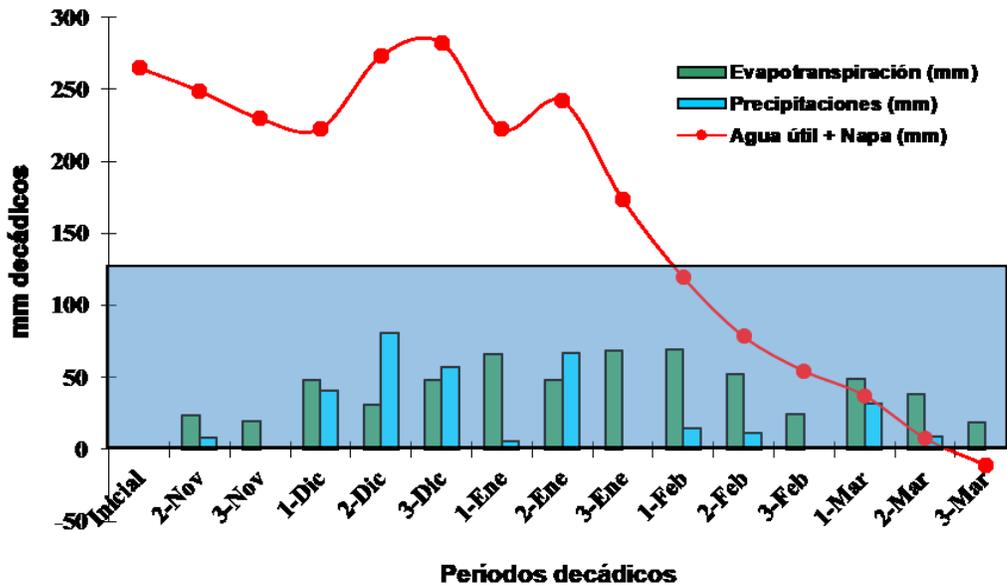


Figura 2. Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico para la primera fecha de siembra, considerando 1,5 m de profundidad. INTA EEA Pergamino, campaña 2017/18. Pergamino: Precipitaciones totales en el ciclo 258,7 mm. AU inicial (150 cm) 160 mm. Déficit acumulado 184 mm. El rectángulo azul indica el nivel donde AU disminuye debajo del 50%, en el cual el consumo del cultivo podría no ser el óptimo.

El sitio donde se implantó el ensayo es un sitio representativo de la región del Norte de Buenos Aires, con muchos años de agricultura. Los resultados del análisis de suelo revelan bajos niveles de fertilidad asociados a bajos tenores de materia orgánica, con un nivel de P que está dentro de la zona de respuesta probable (Tabla 1). De acuerdo a umbrales calibrados localmente (Ferraris, 2004), el contenido de S es bajo y muy bajo el de MO, lo cual predispone a obtener respuesta positiva a la fertilización con S.

El laboratorio que realizó los análisis (SUELOFÉRTIL, Pergamino) catalogó la provisión de Zn, uno de los micronutrientes aplicados, como alta, pero la de B como baja, lo cual favorecería la respuesta a su aplicación.

El mismo laboratorio, indicó que los contenidos de bases (Ca, Mg y K) eran satisfactorios (haciendo despreciable el agregado de Ca con el S del fertilizante) y entre los micronutrientes las dotaciones de Mn, Cu y Fe eran altas, lo cual fue positivo también a la respuesta a la fertilización con los nutrientes aplicados.

Efecto de los distintos tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes en la soja

En la Tabla 2 se presentan los P-valores obtenidos en los análisis de la varianza para las distintas variables evaluadas.

Tabla 2: Valores de P para los efectos principales e interacciones dobles en los análisis de la varianza de distintas variables de respuesta de cinco variedades (V) de soja implantada en dos fechas de siembra (FS) con cuatro tratamientos de fertilización (F) en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18).

| | Rendimiento kg.ha⁻¹ | Plantas.m⁻² | Vainas.m⁻² | Granos.m⁻² | PMG g | Nudos.m⁻² |
|---------------|---|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| Modelo | <0,0001 | 0,0147 | 0,0073 | <0,0001 | 0,0001 | 0,0777 |
| FS | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 | 0,0001 | 0,3852 |
| V | 0,0075 | 0,2135 | 0,0045 | 0,1519 | <0,0001 | 0,0007 |
| F | 0,0018 | 0,0265 | 0,0171 | 0,0048 | 0,2663 | 0,1071 |
| FS x V | 0,0028 | 0,4170 | 0,0269 | 0,0250 | 0,0857 | 0,1119 |
| FS x F | 0,1903 | 0,1791 | 0,8249 | 0,2169 | 0,7731 | 0,6779 |
| V x F | 0,6364 | 0,2487 | 0,9750 | 0,3807 | 0,9365 | 0,8053 |

El **rendimiento** fue afectado significativamente por la FS, la variedad y la fertilización, pero también registró interacción FS x V, es decir, el comportamiento relativo de las variedades no fue el mismo en ambas fechas de siembra. La Figura 3 muestra los rendimientos para esta interacción.

Se observa que, mientras que en la FS1, las variedades difieren en su productividad, con la representante del GM IVL como la de mayor rendimiento, en la FS2, a pesar de los distintos valores obtenidos, todas las variedades registraron rendimientos estadísticamente similares.

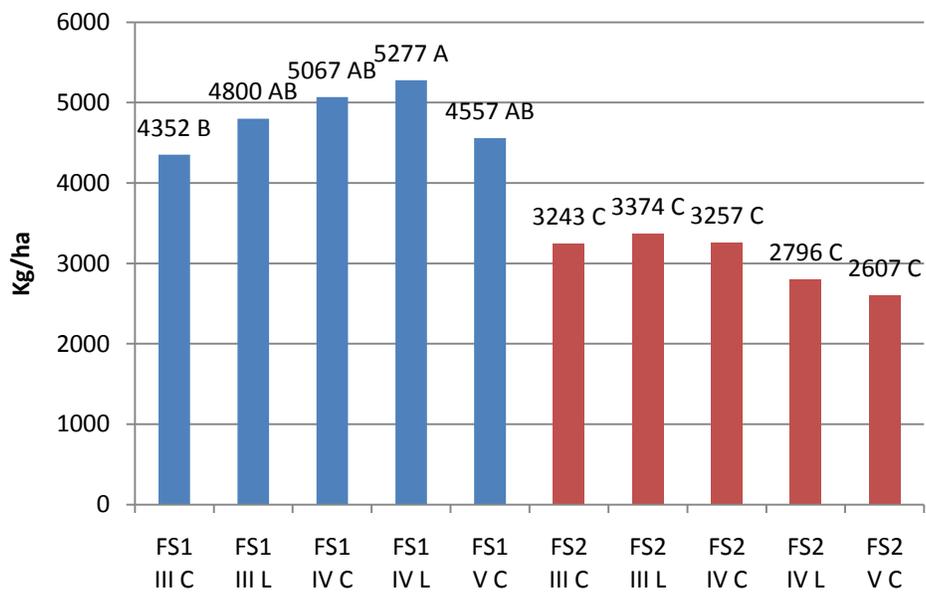


Figura3: Rendimiento de cultivares de soja de distintos grupos de maduración en dos fechas de siembra (FS1: 21/11/2017, FS2: 21/12/2017) en Pergamino (Provincia de Buenos Aires). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

Por otro lado, la fertilización con P y con P y S incrementó significativamente los rendimientos con respecto al testigo, no siendo así cuando, además de P y S, se aplicaron micronutrientes (Figura 4). Esto se debería a que, luego de la aplicación foliar de los mismos, se registró un período de falta de precipitaciones que produjo fitotoxicidad en el cultivo.

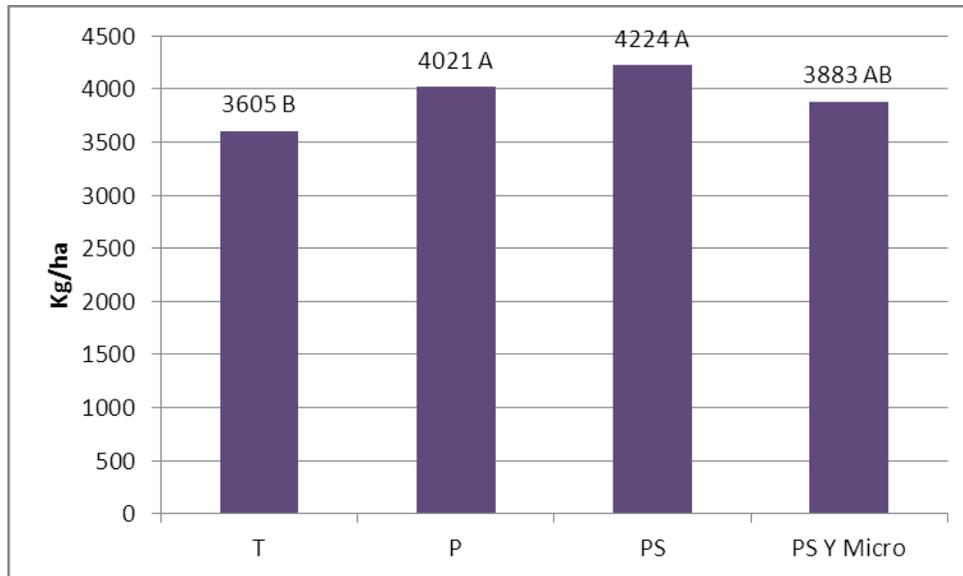


Figura 4: Rendimiento en grano de soja según tratamientos de fertilización en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18).

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

Referencias: T: testigo, P: fertilizado con P, PS: fertilizado con P y S, PS y Micro: fertilizado con P, S, B y Zn.

Entre los componentes del rendimiento, el número de **plantas.m⁻²** fue afectado por la FS y también fue diferente entre tratamientos de fertilización. Los promedios fueron 30 y 35 plantas.m⁻² para las FS1 y FS2 respectivamente (Figura 5). Los tratamientos de fertilización (Figura 6) registraron los siguientes valores medios: testigo: 30 plantas.m⁻², P: 34 plantas.m⁻², P+S: 33 plantas.m⁻² y P+S+micronutrientes: 32 plantas.m⁻² (Figura 6).

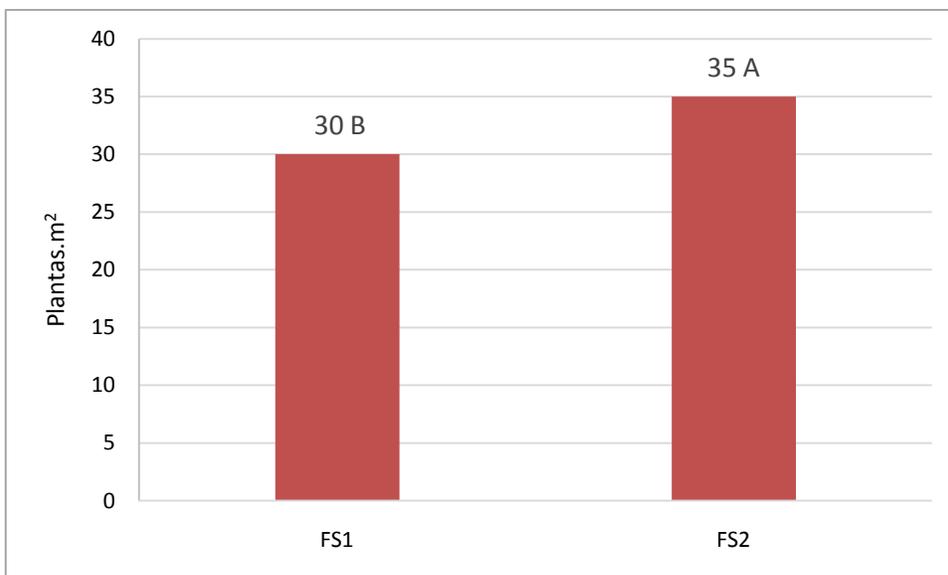


Figura 5: Número de plantas.m⁻² de soja según fecha de siembra en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey (P<0,05).

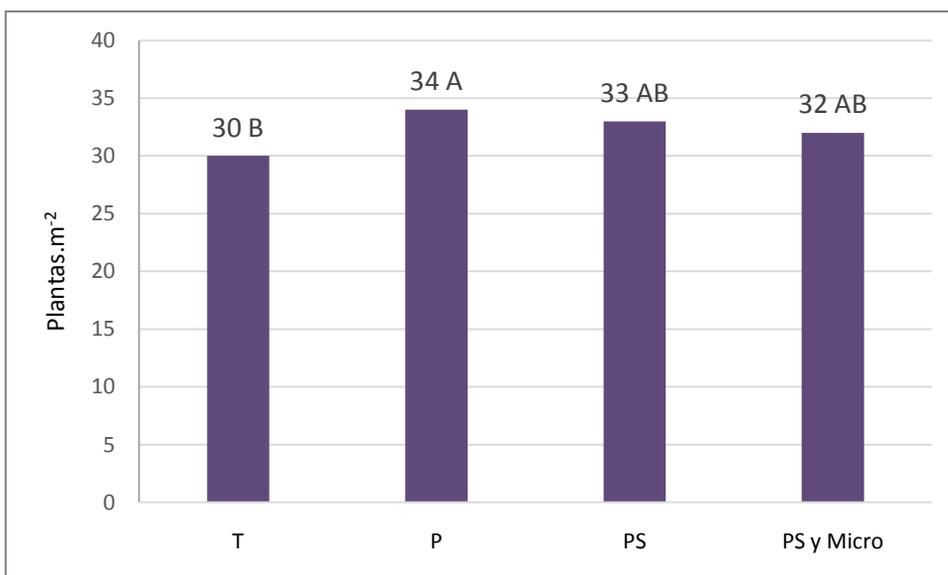


Figura 6: Número de plantas.m⁻² en soja según tratamientos de fertilización en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey (P<0,05). Referencias: T: testigo, P: fertilizado con P, PS: fertilizado con P y S, PS y Micro: fertilizado con P, S, B y Zn.

El número de **vainas.m⁻²** también difirió entre FS, variedades y tratamientos de fertilización y registró interacción FS x V significativa (Tabla 3). Siguiendo la misma tendencia que los rendimientos, en la FS1 los valores fueron superiores para cada variedad con respecto a la FS2, y mientras que en la FS1 se registraron diferencias, en la FS2 el comportamiento fue similar para todas las variedades. A diferencia de lo observado en el rendimiento, para la FS1, la variedad del GM VC mostró la mayor cantidad de vainas.m⁻², aunque no se diferenció estadísticamente de la del GM IVL (Tabla 3).

Tabla 3: Vainas.m⁻² en distintas variedades de soja implantadas en dos fechas de siembra (FS1: 21/11/2017, FS2: 21/12/2017), en Pergamino, provincia de Buenos Aires.

| Fecha de siembra | Variedad | Vainas.m ⁻² |
|------------------|---------------------------|------------------------|
| FS1 | DM3312 (GM IIIC) | 1763 BCD |
| | DM3815 STS Ipro (GMIII L) | 2289 ABC |
| | N4309 (GM IV C) | 1608 BCD |
| | N4955 (GM IV L) | 2347 AB |
| | DM53i53 (GM V C) | 2578 A |
| FS2 | DM3312 (GM IIIC) | 1298 D |
| | DM3815 STS Ipro (GMIII L) | 1521CD |
| | N4309 (GM IV C) | 1749 BCD |
| | N4955 (GM IV L) | 1810 ABCD |
| | DM53i53 (GM V C) | 1626 BCD |

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey (P<0,05).

El número de vainas.m⁻² también fue modificado por la fertilización (Tabla 4). La Tabla 4 muestra que el mayor número de vainas se obtuvo en el tratamiento con P+S, seguido por los tratamientos testigo y con P (que no se diferenciaron entre sí), y el menor valor lo registró el tratamiento con P+S+B+Zn. Esto último, como ya se mencionó, se debió al

efecto de fitotoxicidad de la aplicación de los micronutrientes debido a las condiciones ambientales luego de la misma.

Tabla 4: Vainas.m⁻² en soja con distintos tratamientos de fertilización en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18).

| Tratamiento de fertilización | Vainas.m ⁻² |
|------------------------------|------------------------|
| Testigo | 1751 B |
| P | 1780 AB |
| P + S | 2168 A |
| P+ S + micronutrientes | 1737 B |

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey (P<0,05).

Referencias: P: fertilizado con P, PS: fertilizado con P y S, PS y Micro: fertilizado con P, S, B y Zn.

El número de **granos.m⁻²**, no registró efecto de la variedad, pero la interacción FS x V fue significativa (Figura 7). En la Figura 7, se observa que el efecto fue similar al registrado por el rendimiento, mientras que en la FS1 las variedades se diferenciaron, con los mayores valores registrados por la del GM IVL, en la FS2 todas las variedades tuvieron estadísticamente el mismo número de granos.m⁻², y menor al de la FS1

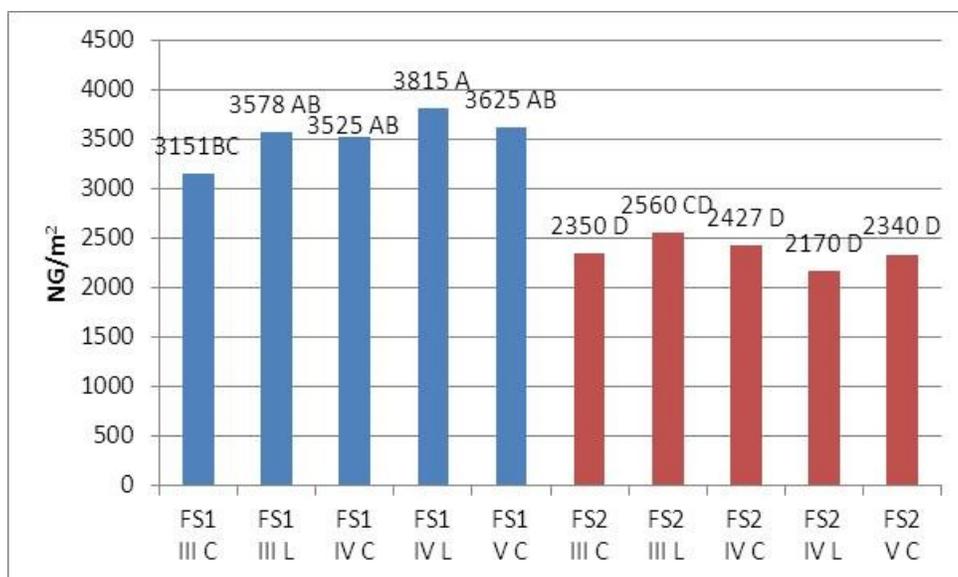


Figura 7: Número de granos.m⁻² de cultivares de soja de distintos grupos de maduración en dos fechas de siembra (FS1: 21/11/2017, FS2: 21/12/2017) en Pergamino (Provincia de Buenos Aires). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey (P<0,05).

El efecto de la fertilización sobre el número de granos.m⁻² se observa en la Figura 8. La fertilización con P y S es la que registró el mayor valor, la aplicación conjunta de P, S y fertilizantes foliares resultó en una leve disminución de esta variable (no significativa con respecto al testigo) debido al ya mencionado efecto de fitotoxicidad producido por las altas temperaturas y falta de precipitaciones con posterioridad a la fertilización.

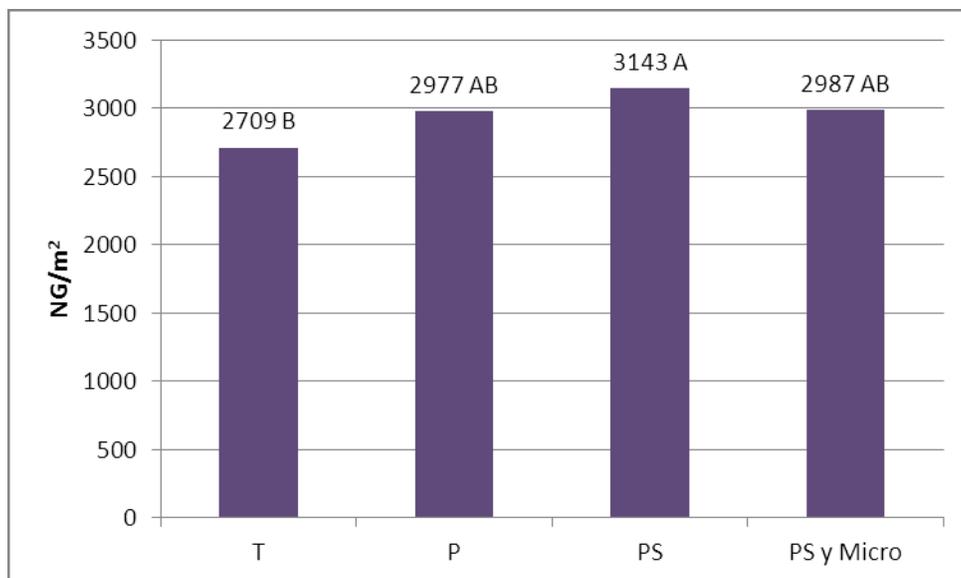


Figura 8: Número de granos.m⁻²en soja según tratamientos de fertilización en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18).

Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey (P<0,05).

Referencias: T: testigo, P: fertilizado con P, PS: fertilizado con P y S, PS y Micro: fertilizado con P, S, B y Zn.

El **peso de mil granos** es la variable que sufrió menores modificaciones, sólo fue afectada por la FS y la variedad, siendo mayor en la FS1 (Figura 9), mientras que la variedad del GM VC fue la registró el menor peso (Figura 10). Los bajos valores obtenidos en general, respecto de los propios de cada variedad, muestran el efecto de la falta de agua durante el llenado de los granos.



Figura 9: Peso de mil granos en soja implantada en dos fechas de siembra (FS1: 21/11/17, FS2: 21/12/17) en Pergamino, provincia de Buenos Aires. Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

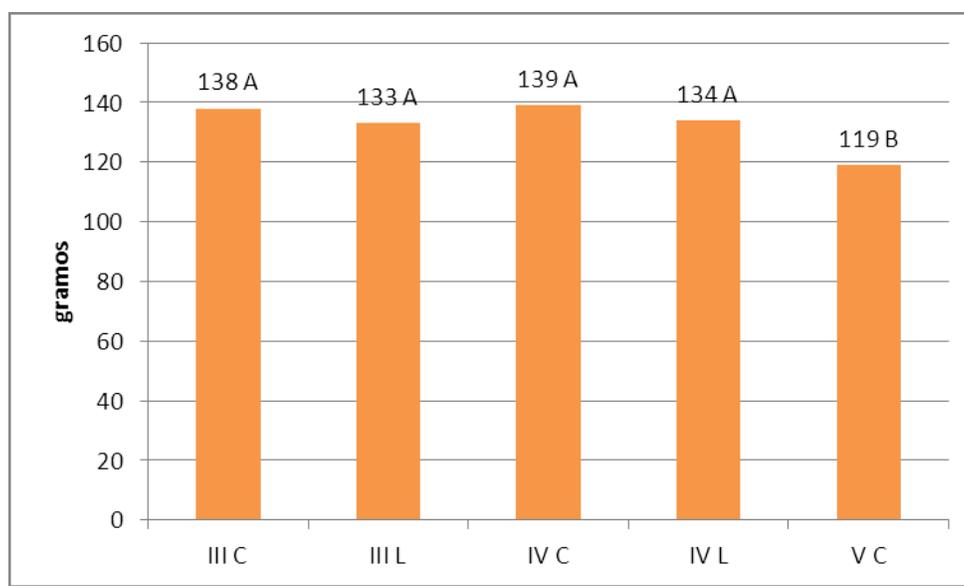


Figura 10: Peso de mil granos de sojades distintos grupos de maduración, sembrados en Pergamino, provincia de Buenos Aires (Campaña 2017/18). Letras distintas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($P < 0,05$).

7. DISCUSIÓN

En las condiciones particulares del año, los efectos de la FS y V del GM sobre el rendimiento interactuaron entre sí, mientras que el de la fertilización tuvo un comportamiento independiente.

La soja sembrada temprano resultó en rendimientos más elevados que la tardía, que se deberían, en parte, a los efectos del retraso en la siembra asociados al acortamiento del ciclo del cultivo, pero también serían consecuencia de la disponibilidad diferencial de agua durante el período crítico para estrés hídrico.

Majoret *al.* (1975) afirman que, con el atraso de la FS, el desarrollo de la soja se acelera en las etapas vegetativas, principalmente, por las mayores temperaturas registradas y, en las etapas reproductivas, principalmente por efectos fotoperiódicos.

El retraso de la siembra expone a las plantas a mayores temperaturas y más largos fotoperíodos durante las etapas vegetativas iniciales. Los días largos reducen la tasa de desarrollo hasta floración, pero por otro lado, el aumento de la temperatura en las etapas tempranas del cultivo como consecuencia del retraso de la siembra acelera el desarrollo hacia floración. Es decir que ambos efectos son contrapuestos, sin embargo, en la etapa vegetativa el efecto de la temperatura predomina sobre el fotoperiódico en soja, por lo que los días hasta llegar a floración son menores a medida que se retrasa la FS. En la etapa de floración a madurez, las temperaturas son menores y los fotoperíodos cortos, por lo tanto, la temperatura haría aumentar la duración del período, mientras que el fotoperíodo lo acortaría. Pero, en soja sembrada tarde, el desarrollo reproductivo durante el llenado de semillas es acelerado como consecuencia de los fotoperíodos cortos a la que es expuesta dicha etapa, ya que este es el efecto predominante (Majoret *al.*, 1975). Este acortamiento del ciclo determina un menor crecimiento del cultivo que resulta en un menor rendimiento (Baigorri, 2004a) principalmente por un menor número de granos, asociado al menor crecimiento, y también por un menor peso de mil granos, debido a que el período de

llenado transcurre en condiciones térmicas, fotoperiódicas y de radiación menos favorables (Baigorri, 2004b), tal como se registró en el presente ensayo.

Por otro lado, la tasa de crecimiento de los cultivos está estrechamente relacionada con la interceptación de radiación por los mismos. El período crítico de la soja comprende desde los estadios fenológicos R3 a R6, ya que es en este momento en donde se determina la fijación de vainas, y por ende el número final de granos.

Es en el período crítico en donde el cultivo debe tener la mayor captura de radiación, logrando consecuentemente altas tasas de crecimiento diarias. Para ello el cultivo debe lograr el índice de área foliar crítico (IAFc= área del cultivo m de suelo en donde se alcanza a interceptar el 95% de la radiación incidente) en R3. Particularmente, el periodo que media entre R4.5 y R5.5 es especialmente sensible a la falta de agua ya que la capacidad de compensación del cultivo se ve reducida porque la floración casi ha terminado y ante situaciones limitantes no sólo se produce el aborto de las flores sino también la abscisión de vainas pequeñas. Entre R5.5 y R6.5 ya las posibilidades de pérdidas de granos es menor viéndose más afectado el peso de las semillas, en gran medida por un acortamiento de la fase de rápida acumulación de peso seco (Baigorri *et al.*, 1997).

Las bajas precipitaciones registradas en enero, febrero y marzo, inferiores a la media, con elevadas temperaturas y balance hídrico negativo, afectaron a las dos fechas de siembra durante sus períodos críticos, pero en la FS2 también se afectó el crecimiento vegetativo reduciendo su rendimiento potencial y su capacidad de compensación del mismo.

Se encontraron diferencias significativas en el stand de plantas logradas entre fechas de siembra que obedecerían a la mejor condición hídrica durante la implantación de la FS2. Sin embargo, la plasticidad de la soja es ampliamente reconocida (Lueschen y Hicks, 1977; Oplinger y Philbrook, 1992; Thompson *et al.*, 2015), de modo que estas diferencias no habrían afectado en gran medida los rendimientos, sobre todo, cuando la mayor

densidad se obtuvo en la FS más tardía, contrarrestando el efecto de un menor tamaño de plantas sobre el rendimiento.

Los menores rendimientos obtenidos en la FS2 se debieron tanto a un menor número de vainas como de granos y a un menor peso individual de los mismos, en coincidencia con los antecedentes. El menor número de vainas y granos obedece principalmente al menor período vegetativo que determina un porte de planta con menos nudos, sitios en los que se ubicarán los potenciales órganos de cosecha. Por otro lado, el peso de mil granos en siembras tardías se reduce como consecuencia de una menor duración del período de llenado de los granos, si bien el fotoperíodo más corto produce una aceleración en la tasa del llenado, esto no compensa la menor duración de la etapa condicionando granos más livianos (Kantolicet *al.*, 2003).

Las mejores condiciones ambientales bajo las que se desarrollaron las variedades en la FS1 permitieron que se evidenciaran los diferentes potenciales productivos, lo cual no pudo observarse en la FS2 que vio limitada la oferta ambiental tanto por la siembra tardía como por la escasez hídrica. En la FS1 el mejor comportamiento productivo lo registraron las variedades del GMIV, tanto corto como largo, que superaron los 5000 kg.ha⁻¹ de rendimiento. En esta FS las variedades del GM III fueron de ciclo muy corto y no pudieron aprovechar la oferta ambiental. En cambio en la FS tardía, aunque no se registraron diferencias significativas, los grupos cortos respondieron mejor que los grupos largos, esto se debió a que la gran sequía ocurrida durante la campaña afectó fundamentalmente el período reproductivo, dificultando el llenado de granos, siendo más notable en los grupos IV y V. La variedad del grupo VC, en la FS2, es la que registró el menor rendimiento porque definió el número de vainas y granos en condiciones de una creciente sequía, además de las menores temperaturas y la caída de radiación producto de un período crítico retrasado en el tiempo que habrían perjudicado la fijación de estos componentes del rendimiento.

Las características edáficas del lote en que se implantó el ensayo eran favorables para encontrar respuesta a la fertilización, lo cual se registró al menos en dos de los tratamientos (P y P+S). La falta de respuesta a la aplicación de micronutrientes sería atribuible al efecto fitotóxico producido por las condiciones climáticas registradas con posterioridad a la fertilización, hecho ya reportado como consecuencia de la aplicación foliar de micronutrientes (Torres Duggan,2002).

La respuesta a la fertilización con P y S, solos o combinados en soja también ha sido documentada (Salvagiotti et al., 2004, Fontanetto&Keller, 2006, Boga & Ramírez, 2014), observándose respuestas dependientes del ambiente en cuanto a disponibilidad de estos nutrientes en el suelo, oferta hídrica y tecnología de aplicación de los mismos. Los resultados aquí presentados muestran que la mayor producción como respuesta a la aplicación de P y S en forma conjunta se obtuvo a partir de un mayor número de vainas y granos, pero no del peso individual de los granos. Gutiérrez Boem&Scheiner (2006) indican que tanto la deficiencia de P como de S pueden provocar disminuciones del número de granos, por lo que, la fertilización con estos nutrientes cuando los requerimientos del cultivo no están satisfechos, produciría un incremento de este componente del rendimiento. Por otro lado, como ya fue mencionado, las deficiencias hídricas durante el llenado de los granos habrían sido más determinantes de su peso que la disponibilidad de P y/o S.

Los resultados presentados indican que, para las condiciones particulares del año, un buen manejo del cultivo de soja para la zona podría ser la siembra durante el mes de noviembre, implantando una variedad correspondiente al grupo IV largo y realizando una fertilización con P o con P y S.

8. CONCLUSIONES

- Se registró interacción entre V (GM) y FS, pero la Fertilización se comportó de manera independiente. Las condiciones del año determinaron un mayor rendimiento y la posibilidad de que los GM se diferenciaron expresando su potencial productivo en la primera fecha de siembra pero no en la segunda, que no sólo alcanzó menores rendimientos sino que, probablemente por deficiencias hídricas, no permitió diferenciar a las variedades en su producción.
- La soja sembrada en fechas de siembra temprana superó productivamente a la sembrada en fechas tardías: en el contexto del ensayo, esto no sólo se habría debido al menor crecimiento de la soja sembrada más tarde, como resultado de las mayores temperaturas y el fotoperíodo más corto, que aceleraron su desarrollo sino también a diferentes condiciones hídricas que habrían limitado la producción en la segunda fecha de siembra.
- La fertilización incrementó los rendimientos de la soja de manera diferente según los nutrientes aportados: la aplicación de P produjo aumentos significativos de los rendimientos, la aplicación conjunta de P y S, si bien tendió a registrar un rendimiento mayor, no fue estadísticamente diferente; y el agregado de micronutrientes junto con el P y el S, debido a problemas de fitotoxicidad, no determinó mejoras con respecto al testigo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F., Echeverría, H., González, N. y Uhart, S.** 2000. Requerimientos de nutrientes minerales. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja.
- Andriulo A., C. Sasal & S. Portala.** 2004. Impacto ambiental de la agricultura pampeana. Revista de investigación y desarrollo agropecuario. Cereales – India XXI INTA, pp: 80.
- Arévalo, E. S.** 2015. Evaluación del estado nutricional del cultivo de soja en Argentina utilizando análisis foliares. Trabajo Tesis Doctoral. Disponible en: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/\\$FILE/Arevalo%20-%20Foliares%20en%20soja%20-%20Tesis%20Doctoral_2015.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/$FILE/Arevalo%20-%20Foliares%20en%20soja%20-%20Tesis%20Doctoral_2015.pdf) Último acceso marzo 2018
- Ashley M., Grant M., Grabov A.** 2006. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport proteins. *Journal of Experimental Botany*, 57(2): 425 – 436.
- Baigorri, H. E. J.** 2004a. Criterios generales para la elección y el manejo de cultivares en el Cono Sur. En: Díaz-Zorita, M., Duarte, G. A. Manual Práctico para la Producción de Soja. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp.39-77.
- Baigorri, H. E. J.** 2004b. Criterios para la elección y el manejo de cultivares. En: Baigorri, H. E. J., del Pino, A., Segura, L. Soja. Actualización técnica 2004. EEA Marcos Juárez. Información para Extensión N°89. Ediciones INTA. pp.B61-B76.
- Baigorri, H. E. J., Giorda, L.** 1997. El cultivo de la soja en Argentina. Editar: Córdoba, Argentina. INTA ISSN: 0329-0077.
- Baigorri, H. E. J., Tronfi, E., Valdez, M., Vecchio, D.; Fernandez Reuter, H., Hernandez L.** 2008. Análisis conjunto de la red Tester de soja campañas 2005/7, 2006/7 y 2007/8. En: Red Tester de soja. Campaña 2007/08. Aceitera General Deheza. Pág 11.
- Barber, S.** 1984. Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach. John Willey&Sons, New York.

- Bertoia, L.** 2004. Soja. Fertilización foliar con fertilizantes Compo. 5 pp.
- Boga, L., Ramírez, H.** 2014. Efecto de la fertilización con fósforo, azufre y zinc en el cultivo de soja en la región pampeana norte de la Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 16:17-20.
- Bolsa de Comercio de Rosario.** 2018. Guía estratégica para el agro. ESTIMACIÓN MENSUAL NACIONAL. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/Pages/gea/default.aspx> Último acceso junio 2018.
- Boschetti N.G., Valenti, R., Vesco, C. y Sione, M.** 2000. Contenido de fósforo total en suelos con características vérticas de la provincia de Entre Ríos. *Revista Facultad de Agronomía* 20:53-58.
- Ciampitti, I.** 2009. Dinámica del fósforo del suelo en rotaciones agrícolas en ensayos de nutrición a largo plazo. Trabajo Tesis MSc. Disponible en: [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/\\$FILE/Ciampitti2009-MasterScience.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/7310afb32c62918a032579030053e4a5/$FILE/Ciampitti2009-MasterScience.pdf) Último acceso junio 2018.
- Cordell, D., Drangert, J.O. & White, S.** 2009. The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Glob. Environ. Chang.* 19: 292-305. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2008.10.009.
- Díaz Zorita, M., García, F. y Melgar, R. (coord.).** 2002. Fertilización en soja y trigo/soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Resultados de la red de ensayos del proyecto Fertilizar del INTA. Campaña 200/01 y 2001/02. INTA, 43 pp.
- Dibrienza J.A., F. Casanoyes, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo.** 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
Disponible en http://agro.unc.edu.ar/~ceryol/documentos/soja/Criterios_fertilizacion.pdf

- Ericksen, J.** 1997 (a). Sulphur cycling in Danish agricultural soils: Turnover in organic S fractions. *Soil Biology and Biochemistry*, 29, 9/10: 1371-1377.
- Fehr W. y C. Caviness.** 1977. Stages of soybean development. Spec. Report No. 80. Coop. Ext. Ser., Iowa State University. Ames, Iowa, EE.UU.
- Ferraris, G. N. & Couretot, L.** 2004. Evaluación de dos fertilizantes foliares con agregados orgánicos en soja de primera. Soja. Informe del Proyecto Regional Agrícola, campaña 2003/04.
- Ferraris, G. N. & Couretot, L. A.** 2008. Evaluación de fertilizantes foliares en Soja de Primera. Proyecto Regional Agrícola, campaña 2004/05. Disponible en <http://www.agrositio.com/vertext/vertext.php?id=56490&se=12> Último acceso marzo de 2018.
- Ferraris, G. N. & Couretot, L. A.** 2011. Fertilización con micronutrientes en soja. Experiencias en la región centro - norte de buenos aires y sur de santa fe. Disponible en: <http://www.mercosoja2011.com.ar/site/wp-content/imagenes/FERRARIS-Gustavo.pdf> Último acceso abril de 2018.
- Ferraris, G. N. & Díaz Zorita, M.** 2015. Variación del rendimiento y sus componentes en dos fechas de siembra de soja según nivel tecnológico.
- Ferraris, G. N.** 2004. Pautas para el diagnóstico de la fertilidad azufrada en soja (*Glycinemax (L) Merr.*) Trabajo tesis MSc.
- Ferraris, G. N., Couretot, L. y Urrutia, J.** 2010 a. Tecnologías para la aplicación de microelementos en maíz. Dosis y sistemas de aplicación de zinc en combinación con fuentes nitrógeno-azufradas. V Jornada de Maíz. AIANBA-INTA EEA Pergamino. 11p.
- Ferraris, G.N., Couretot, L., Díaz Zorita, M.** 2014. b. Análisis de los factores que determinan las brechas existentes entre los rendimientos actuales y los máximos alcanzables en Soja. En: Soja. Revista Técnica en SD. AAPRESID. Año 21. Septiembre 2014.

Ferraris, G.N., Couretot, L., García, L., Navarro, M. 2014. a. La nutrición como herramienta para alcanzar los rendimientos potenciales en soja. Comisión III. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas” Producción sustentable en ambientes frágiles. Bahía Blanca, 5 al 9 de mayo de 2014.

Ferraris, G.N., Couretot, L., Ventimiglia, L. y Mousegne, F. 2010 b. Respuesta al zinc en maíz utilizando diferentes tecnologías de aplicación en la región Centro Norte de Buenos Aires. IX Congreso Nacional de Maíz. Mesa de Fertilidad y Nutrición del cultivo. AIANBA. Rosario, Noviembre de 2010.

Ferraris, G.N., Toribio, M., Falconi, R., Moriones, F. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo. Actas CD Simposio Fertilidad 2015. pp 137-142, “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. Rosario, 19-20 Mayo 2015. IPNI Cono Sur — Fertilizar AC.

Fontanetto ; H., Keller, O. 2006. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización de la soja. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 106 INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. 37pp.

Fontanetto, H., Diaz-Zorita, M. y Vivas, H. 2004. Efecto de la inoculación y fertilización con fosforo y azufre sobre la nodulación y los rendimientos de soja. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, 22 al 25 de junio de 2004. Resúmenes: 143.

Fontanetto, H., O. Keller ; D. Giailevra ; L. Belotti y C. Negro. 2008. Fertilización fosfatada del cultivo de soja en suelos de la región central de Santa Fe. I Respuesta física del cultivo, eficiencia de uso del P y niveles críticos en el suelo. XXI Congreso de la AACCS. Resúmenes: 3-12:184.

Fontanetto, H., O. Keller ; J. Albrecht.2009. Efecto de la fertilización foliar con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja. EEA INTA Rafaela, 9 pp. Disponible en: http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/115/misc115_115.pdf Último acceso junio 2018.

Fontanetto, H., Keller, O., Sillón, M., Albrecht, J., Giailevra, D., Negro, C. y Belotti, L. 2011. Manejo de la fertilización de la soja en regiones templadas. EEA INTA Rafaela, 8 pp. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manejo_de_la_fertilizacin_de_la_soja__en_regiones_tem.pdf Último acceso junio 2018.

García, F.2004– Soja: Criterios para la fertilización del cultivo. INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur. Paper.13 pp.

García, F., Ciampitti, I. A., Baigorri, H. E. 2009. Manual de manejo del cultivo de Soja. IPNI, colaboración Planeta Soja. Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-987-24977-0-5.

González N. 1996. Fijación de nitrógeno. En Curso de Actualización “Dinámica de nutrientes en suelos agrícolas”. EEA INTA Balcarce. Martine

GutiérrezBoem, F. H., Scheiner, J. D. 2006. Soja. En: Echeverría H y F. O. García. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ediciones INTA. Buenos Aries, Argentina. Capítulo 13, pp:283-299.

Hymowitz, T. 1985. Anti-nutritional factors in Soybean: Genetics and breeding. pp 368-373. In: R. Shibles (ed.), Proceedings of the World Soybean Research Conference III. Ames, Iowa. EEUU.

IPNI. 2002. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Archivo agronómico No. 3. Disponible en:[http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/\\$FILE/AA%203.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/0B4CDA48FABB666503257967007DD076/$FILE/AA%203.pdf) Último acceso mayo de 2018

IPNI. 2014. Requerimientos nutricionales del cultivo de soja. <http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/49c7194c6>

0bccd4a05257e0e0068a297/\$FILE/AA%20-%205%20Mayo-2014.pdfÚltimo acceso mayo de 2018.

Kantolic, A. G., Giménez, P. I., de la Fuente E. B. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En: Producción de cultivos de granos. Bases funcionales para su manejo. Satorre, E. H, BenechArnold,R. L., Slafer,G, A., de la Fuente,E. B., Miralles,D.J., Otegui,M.E., Savin, R.. Cátedras de Cerealicultura y Cultivos Industriales, Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. p.165-201.

Lueschen, W. E. y Hicks, D. R.1977. Influence of plant population on field performance of three soybean cultivars. *Agronomy Journal* , 69(1), 390-393.

Major, D.J.; Johonson, D.R.; Tanner, J.W. y Anderson, I.C. 1975. Effect of daylength and temperature on soybean development. *Crop. Sci.* 15:174-179.

Martínez, F. y Cordone, G. 2000. Avances en el manejo de azufre: novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. En: INPOFOS Cono Sur, Jornada de Actualización Técnica para Profesionales “Fertilidad 2000”, 28- 30.

Melgar, R. y M. Gearhart. 2000. Azufre, la diversidad. *Revista Fertilizar, especial Siembra Directa*, pp 24-34.

Melgar, R., Vitti, G. y Benites, V. de M. 2011. Fertilizando para altos rendimientos. Soja en Latinoamérica. *Boletín* N° 20.

Mollier A. y S. Pellerin. 1999. Maize root system growth and development as influenced by phosphorus deficiency. *Journal Experimental of Botany* 50(333): 487-497.

Montaldi, E.R. 1995. Principios de fisiología vegetal. Ediciones del Sur. La Plata, República Argentina. 298pp.

Monzón, J.P. 2015. Atlas Mundial de Brechas de Rendimiento: Trigo, soja y maíz en Argentina. pp 55-59. En: Actas Simposio Fertilidad 2015 “Nutriendo los suelos para las

generaciones del futuro”. IPNI Cono Sur – AC Fertilizar. Rosario, 19 y 20 de Mayo de 2015. 252 pp.

Morrás H. 1996. Influencias litológicas y climáticas en los contenidos de fósforo en los suelos pampeanos. Actas XIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo (CD). Aguas de Lindoia, Brasil.

Mousegne, F. 2004. Aplicación de fertilizantes de base y foliares. Campaña: 2003-2004. En: Soja. Informe del Proyecto Regional Agrícola. 6 pp

Murgio, M.; Formia, M; Gassmann, F; Bertone,R; Fuentes F.; Lenzi, L; Salines L. A.2016. Fecha de siembra y grupos de madurez para la campaña 2014-15 en Marcos Juárez (ambiente con influencia de napa freática). Actualización Soja 2012. Ed. INTA.

Oosterhuis DM, Loka DA, Kawakami EM, Pettigrew WT. 2014. The physiology of potassium in crop production. *Advances in Agronomy*, 126: 203 – 233.

Oplinger, E. S. y Philbrook, B. D.1992. Soybean planting date, row width, and seeding rate response in three tillage systems. *Journal of Production Agriculture*, 5(1), 94-99.

Otegui M.E., Savin R.2003. “Producción de granos. Bases funcionales para su manejo”. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. ISBN 950-29-0713-2.

Pérez, G.; Díaz Zorita M. 2018. Las respuestas de maíz y soja a la fertilización con fósforo varían según condición productiva sitio-específica. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/las_respuestas_de_maiz_y_soja_a_la_fertilizacion_con_fosforo_varian_segun_condicion_productiva_sitio-especifica.pdf Último acceso abril 2018.

Perticari, A., Arias, N. y De Battista, J. 2004. Soybean inoculation effects with *Bradyrhizobium japonicum* in vertisol soils of East Center of E. Ríos, Argentine. VII World Soybean Conference.

Rotundo, J., Borrás, L. 2013. ¿Cómo podemos aumentar los rendimientos de soja? La visión ecofisiológica. pp 36 – 37. Simposio Fertilidad 2013 “Nutrición de Cultivos para la Intensificación Productiva Sustentable”. Rosario, 22 y 23 de Mayo de 2013.

Salvagiotti, F., Gerter, 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. *Ciencia del Suelo* 22(2):92-101.

Scheiner, J.D., F.H. Gutiérrez Boem y R.S. Lavado. 1999 a. Experiencias de fertilización de Soja en el centro norte de Buenos Aires. pp 22-24. En: Jornada de actualización técnica para profesionales "Fertilización de Soja", INPOFOS, Rosario.

Schnug, E. 1990. Sulphur nutrition and quality of vegetables. *Sulphur in Agriculture*, 14: 3-7.

Schnug, E. 1991. Sulphur nutritional status of european crops and consequences for agriculture. *Sulphur in Agriculture*, 15: 7-12.

Sharpley A. 2000. Phosphorus availability. *In* M. E. Sumner (ed.). *Handbook of Soil Science*. CRC Press. Boca Raton, EE.UU. pp. D18-D38.

Thompson, N. M., Larson, J. A., Lambert, D. M., Roberts, R. K., Mengistu, A., Bellaloui, N. y Walker, E. R. 2015. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. *Agronomy Journal* , 107(3), 979-989.

Tisdale SJ, Nelson WL, Beaton JD. 1993. Soil fertility and fertilizers. Nueva York: Macmillan Publishing. 634p.

Torres Duggan, M. 2002. Fertilización foliar en soja. Artículo publicado en la página <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Foliar%20en%20Soja%20-%202002.asp>. Visitada por última vez: Agosto de 2015.

Torri, S., Urricariet, S., Ferraris, G. y Lavado, R.S. 2010. Cap 5. Micronutrientes en agroecosistemaspp 395-423. En: Fertilidad de Suelos y Uso de Fertilizantes. Rubio, G. y Lavado, R. (eds). Editorial Facultad de Agronomía, UBA.

Último acceso junio de 2018.

Vázquez S., H. Dalurzo, A.P. Lifschitz, y L.A. Morales.1998. Fósforo total, orgánico e inorgánico en Ultisoles, Alfisoles y Oxisoles del sur de Misiones (Argentina). Ciencia del Suelo. 16: 47-49

ANEXO

Descripción morfológica de la serie Pergamino.

| | | |
|------------|-------------|--|
| Ap | 0 – 13 cm | Pardo grisáceo (10 YR 5/2) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares, finos, que rompen en gránulos; límite claro y suave. |
| A | 13 – 25 cm | Gris muy oscuro (10 YR 3/1) en húmedo; franco limoso; bloques angulares, medios, fuertes; firme; límite abrupto y suave. |
| BA | 25 – 34 cm | Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; franco arcillo limoso; bloques subangulares, medios, débiles; friable; barnices arcillosos escasos; límite abrupto y suave. |
| Bt1 | 34 – 75 cm | Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo; arcillo limoso; prismas gruesos, fuertes, que rompen en bloques angulares, medios; firme; barnices arcillosos abundantes; límite claro y suave. |
| Bt2 | 75 – 95 cm | Pardo a pardo oscuro (7,5 YR 4/2) en húmedo; franco arcillo limoso; bloques subangulares, medios, moderados; friable; barnices arcillosos abundantes; límite gradual y suave. |
| BC | 95 – 160 cm | Pardo (7,5 YR 5/4) en húmedo; franco limoso; bloques subangulares, medios, débiles; friable; barnices arcillosos escasos; límite claro y suave. |
| C | + 160 cm | Pardo (7,5 YR 5/4) en húmedo; franco limosos; masivo; suelto; escasa cantidad de carbonatos libres en la masa; abundantes concreciones calcáreas. |

Fuente:

http://rafaela.inta.gov.ar/mapas/suelos/series/pe/pergamino_descripcion_perfil.htm