



## Zona Norte de Bs. As.

Tecnologías de producción del cultivo de soja en la Zona Norte de Bs. As.

Plan Zonal Norte de Bs. As. Campaña 2013-14

### Ensayo Modelos de Producción de soja 1°. Explorando brechas y potenciales de rendimiento

#### Resumen:

En un ensayo conducido en la localidad de Colón, Bs.As sobre Soja de primera en un ambiente de alta productividad, fueron evaluados tres modelos de producción de soja con el objetivo de explorar brechas de producción y potencial de rendimiento del cultivo. Pudieron cuantificarse diferencias de rendimiento muy importantes entre el modelo frecuente de producción y el potencial del cultivo y diferencias entre un modelo base que no incluye aspectos nutricionales y el modelo frecuente del productor en campo propio ( $P=0.00$ ). Las diferencias de rendimiento estuvieron relacionadas con cambios fundamentalmente en la eficiencia en el uso de la radiación ( $P=0.00$ ) durante la fijación de granos dado por efectos nutricionales y por aumentos en la interceptación de radiación ( $P=0.00$ ) y la eficiencia de uso durante la segunda mitad del llenado de granos dado por el factor nutricional y sanitario. También se observaron respuestas en el contenido de proteína en grano por efecto del modelo de producción ( $P=0.12$ ). No se observaron respuestas en rendimiento a la utilización de *Basilus Subtilis* ( $P=0.30$ ). Este tratamiento no modificó las variables radiación acumulada y eficiencia de uso de radiación, asociadas con el rendimiento ( $r^2=0.90$  y  $r^2=0.99$ , respectivamente).

Palabras claves: modelos de producción; potencial de rendimiento

#### 1) Introducción:

Las características de rusticidad del cultivo de soja son ampliamente conocidas. De la mano de este cultivo, la agricultura argentina experimentó una expansión de las fronteras agrícolas, generando importantes transformaciones en el uso de la tierra. La búsqueda de modelos tecnológicos del cultivo según ambientes agroclimáticos se transformó en el eje productivo a evaluar, analizar y definir dentro del movimiento Crea. Es una tendencia que se vincula con los conceptos de productividad y eficiencia en el uso de los recursos que contribuye a superar barreras y a modelar el escenario tecnológico del cultivo (Satorre 2008).

En este sentido y bajo las excelentes condiciones agroclimáticas de la zona Norte de Bs As, nos planteamos la posibilidad de evaluar el potencial de rendimiento del cultivo y las brechas de productividad dentro de los sistemas de producción más frecuentemente usados en la zona.

Para ello, en un ensayo ubicado en el ambiente más productivo de la zona (lat 34°02'46.1''long 61°12'15.2''), se analizaron 3 modelos de producción del cultivo de soja: Modelo Base de bajo costo (frecuente en los sistemas de producción bajo alquiler), un Modelo de alto rendimiento (frecuente en los sistemas de producción en campo propio) y uno de Máximo rendimiento (quitando los factores reductores del rendimiento de mayor impacto para explorar el potencial del cultivo) (Cuadro 1). Esto permite interpretar y analizar las brechas de productividad observadas según paquete tecnológico utilizado, explorando distintos niveles de limitaciones nutricionales y bióticas y analizar el potencial de rendimiento del cultivo de soja. Además, fue analizado el aporte parcial de la fertilización biológica con un promotor de crecimiento de raíces.

### Objetivos:

- Cuantificar brechas productivas entre los distintos modelos de producción y cuantificar el potencial de rendimiento del cultivo de soja.
- Evaluar el impacto sobre el contenido de proteína en grano
- Analizar las variables que explicaron las diferencias de producción.
- Evaluar el aporte en rendimiento por parte de un promotor biológico de crecimiento.

### Modelos y tratamientos a evaluar:

	Modelo Base	Modelo Frecuente	Modelo Frecuente+Prom	Modelo Alta Producción
Variedad	DM 4612	DM 4612	DM 4612	DM 4612
Fertiliz fosforada	Sin P	50kg/ha MAP	50kg/ha MAP	80kg/ha MAP
Fertiliz azufrada	Sin S	Sin S	Sin S	50kg/ha Azufertil
Inoculación	Sin Inocul	Con Bradyrhiz	Con Bradyrhiz	Con Bradyrhiz+Protector
Curasemilla	Sin Curasemilla	Metiltiof+Metalaxil	Metiltiof+Metalaxil	Acronis (Metiltiof+Pyraclostrobin)
Promotor bilógico crecim	Sin Prom Crecim	Sin Promotores	Robust (Basilus Subtilis)	Robust (Basilus Subtilis)
Fungicida	1 Fung (Orquesta Ultra)	1 Fung(Orquesta Ultra)	1 Fung(Orquesta Ultra)	2 Fung (Orquesta Ultra)

Cuadro 1: descripción de los Modelos Productivos analizados.

## 2) Metodología:

En fecha de siembra para altos rendimientos zonales (24/10) y con genética de alto potencial de rendimiento (DM 4612) y con una densidad buscada de 30 plantas/m<sup>2</sup> con sembradora a placa de 40 cm entre surcos fueron evaluados tres modelos de producción repitiendo el modelo frecuente con y sin el agregado de promotores biológicos de crecimiento en dos repeticiones (Cuadro 1). Las franjas a campo fueron de 250 largo por el ancho de la sembradora (0.16 has.) con repetición. Siembra, cosecha y pulverizaciones fueron realizadas con la maquinaria del campo.

La fertilización quedó planteada al momento de la siembra. La inoculación con los distintos productos se realizaron al momento de la siembra.

Al estado de R3 se cruzaron las parcelas para realizar la aplicación de fungicidas triple mezcla (Orquesta Ultra 800cc) común a todos los modelos. Al estado de R5.2 y solo en el modelo de alta producción se realizó una segunda aplicación con el mismo fungicida y a misma dosis. Para el control de insectos se hicieron dos aplicaciones cruzando las parcelas, un carbamato y luego una diamida. Al momento de la siembra la napa se encontraba a 1.3 mtrs de profundidad.

### Descripción del sitio y lluvias:

El ensayo fue conducido sobre serie de suelo Rojas, con influencia de napa (1.3 mtrs a la siembra) con 3.31% de MO, 6.0 de pH, 13.1 ppm de fósforo y 5.7 ppm de azufre. Las lluvias registradas en el ciclo alcanzaron los 670mm con 48, 173 y 202 mm en diciembre, enero y febrero, respectivamente.

### Determinaciones:

- Se registró la fecha de siembra y emergencia y la fecha de los distintos estados fenológicos relevantes de las variedades (R1, R3, R5, R6 y R8) y fecha de cosecha.
- Densidad lograda: determinación del stand de plantas logradas al estado de V6 en 6 repeticiones de 1m<sup>2</sup> por tratamiento
- Al estado de R1 y R3 y en cada franja experimental se realizó una determinación cuantitativa del estado de la nodulación, a partir de la observación de 30 plantas elegidas al azar cuantificando los nódulos activos sobre la raíz principal.
- Desde la emergencia del cultivo se midió la intercepción de radiación de cada tratamiento en intervalos de 15 días utilizando para ello un censor cuántico (radiómetro). Con los valores de oferta radiativa diaria, se estimó la cantidad de radiación acumulada durante el ciclo y la eficiencia de uso de esta radiación para rendimiento.
- Al estado de R3, se tomaron muestras de 30 plantas enteras para estimar % abscisión y, de 60 hojas completamente expandidas y no senescentes vía natural para estimar incidencia y severidad de las enfermedades presentes justo antes de la aplicación del fungicida. Al Estado de R6.0 y R6.5, nuevamente se tomaron muestras de plantas y hoja para las mismas determinaciones diferenciando entre tratamientos vinculados a la protección con fungicida (aplicación simple vs doble aplicación).
- El rendimiento fue determinado con cosecha mecánica de cada tratamiento con sus repeticiones y, se tomó una muestra de granos para estimar los componentes del rendimiento, corregir los datos a humedad comercial (13.5%) y realizar análisis de proteína en grano.

### 3) Resultados:

Modelo	Rinde (kg/ha)	Nºgranos/m <sup>2</sup>	P1000(grs)	Granos/planta	Plantas/m <sup>2</sup>	Proteína
Alta	6176 a	3796 a	162.7 a	148 a	25.8 c	34.9 a
Frecuente	5432 b	3508 b	154.9 b	120 b	29.2 b	34.2 ab
Frec+Basilus	5426 b	3495 b	155.2 b	120 b	29.2 b	33.9 ab
Base	5197 c	3411 c	152.3 c	103 c	33.2 a	33.7 b
Probabilidad	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
DMS 5%	132	89	2.5	2	1	1.1

Cuadro 2: rendimiento a 13.5% humedad, número de granos/m<sup>2</sup>, peso de 1000 granos en gramos, granos por planta, plantas/m<sup>2</sup> y contenido de proteína en grano de cada uno de los modelos de producción evaluados. Se presenta el valor de probabilidad y la diferencia mínima significativa (misma letra sin diferencias significativas)

Pudimos superar los 6000 kg/ha con el modelo de alta producción con un diferencial de 744 kg/ha respecto al modelo frecuente utilizado por el productor. No se observaron respuestas por utilizar el promotor de crecimiento (Basilus Subtilis). El modelo base logró un rendimiento alto dado por las buenas condiciones del ambiente. Sin embargo, las diferencias de rendimiento

alcanzaron los 235 kg/ha y los 980 kg/ha (casi un 20%) respecto a los modelos frecuentes y de alta producción, respectivamente (Cuadro 2). Tanto el número de granos como el peso de granos fueron modificados. Se observaron aumentos en el contenido de proteína en grano entre los modelos. El modelo base además de presentar el menor rendimiento, definió los menores contenidos de proteína en grano dejando en evidencia limitantes nutricionales

Modelo	Rad Acum	EUR	Nod R1	Nod R3
Alta	1867 a	2.86 a	9.2 c	11.0
Frecuente	1839 b	2.55 b	9.9 b	11.5
Frec+Basilus	1831 b	2.56 b	9.9 b	11.1
Base	1818 c	2.48 c	10.6 a	11.9
Probabilidad	0.00	0.00	0.03	0.41
DMS 5%	12	0.1	1	1.7

Cuadro 3: radiación acumulada durante el ciclo (mj), eficiencia de uso de radiación para rendimiento seco (kg grano/mj), número de nódulos activos sobre raíz principal en R1 y R3. Se presenta el valor de probabilidad y la diferencia mínima significativa (misma letra sin diferencias significativas)

Los rendimientos estuvieron explicados por cambios en la eficiencia de uso de la radiación ( $r^2=0.99$ ) y por aumentos en la radiación acumulada ( $r^2=0.90$ ) (datos no presentados). Se observaron diferencias en los valores de radiación acumulada en el ciclo (aumentos del 3%) y en los valores de eficiencia de uso de radiación (aumentos del 15%) en clara asociación con los rendimientos logrados. Bajo las condiciones del experimento, el aspecto nutricional modificó fundamentalmente la EUR durante el período crítico para la fijación de granos y además junto con el manejo sanitario mejoraron la interceptación de radiación y la EUR durante la segunda mitad del llenado de los granos (Cuadro 3, Figura 1). Cuando los requerimientos nutricionales no son satisfechos, se resiente principalmente el área foliar y la eficiencia fotosintética, esto reduce la interceptación de radiación y la eficiencia de conversión de la radiación interceptada en biomasa (Andrade, F. 1995). Esto indicaría que bajo los modelos frecuentes de producción, incluso en ambientes de alta calidad física y química, los cultivos experimentan deficiencias nutricionales que les impiden alcanzar los potenciales de rendimiento, afectando principalmente la eficiencia de uso de los recursos, como la radiación. Estos planteos trabajan sobre la etapa lineal de la respuesta económica al uso de insumos. Esto impide muchas veces alcanzar los potenciales de rendimiento del cultivo. Existe información técnica de sustento para el manejo de nutrientes individuales, tal es el caso de fósforo y azufre (Gutierrez Boem F. 2008). El presente trabajo buscó potenciar las interacciones entre los recursos evaluados. El autor indica que, limitaciones de fósforo por lo general disminuyen el número de granos fijados explicados por una disminución en la cantidad de radiación interceptada como por una reducción en la eficiencia de conversión de la radiación interceptada y el azufre puede afectar tanto la fijación de granos como el llenado de los granos.

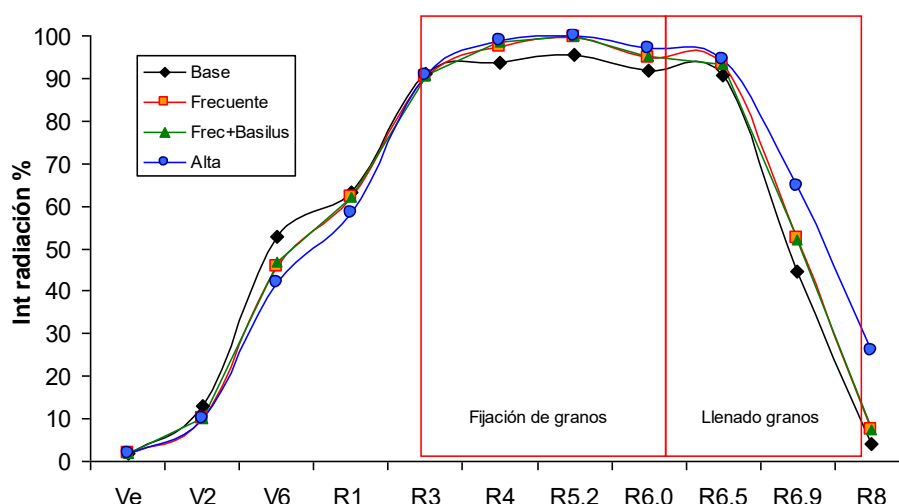


Figura1: valores de porcentaje de intercepción de radiación medidos con un sensor cuántico de barra durante todo el ciclo del cultivo diferenciado entre los modelos evaluados.

Al estado de R1 se observaron diferencias en los valores de nodulación dados por la fuente fosforada que se utilizó en los modelos fertilizados respecto al testigo sin fertilizar, anulando posibles efectos de los tratamientos vinculados con inoculantes. Los fertilizantes que incorporan nitrógeno en su composición, pueden afectar la nodulación temprana (Ciampitti et al. 2008). Sin embargo, al estado de R3 ya no se observaron diferencias en los valores de nódulos activos sobre raíz principal. El fertilizante también afectó el coeficiente de logro de plantas. Por efecto salino, de pH y del amoníaco, el fosfato monoamónico afecta el logro de plantas (Ferraris 2001), con fertilizaciones que superan los 40 kg/ha de MAP (Ciampitti et al. 2008).

El fungicida fue el otro componente diferencial entre los modelos. El modelo de alta recibió la aplicación en R3 al igual que el resto y tuvo una aplicación adicional en R5.2. Esta segunda aplicación, también con una triple mezcla (Orquesta Ultra) generó diferencias en los niveles de severidad de mancha marrón y cercospora kikuchii (Cuadro 4) durante la etapa de R6.5 a madurez y además permitió sostener una hoja fotosintéticamente activa más durante esta etapa, aumentando los valores de intercepción de radiación. Las enfermedades necrotróficas de fin de ciclo reducen el área foliar sana, particularmente en el período ubicado entre R1 y R6 (Sillón M. 2008). La diferencia de radiación interceptada durante el final del llenado de grano por efecto nutricional y sanitario puede verse en la figura 1 y su relación con el peso de granos logrado en la figura 2. Los fungicidas recomendados para el control de las EFC tienen efecto sobre el área foliar funcional, al evitar el avance del patógeno que induce clorosis y senescencia acelerada.

Tratamiento	Fecha	Fenología	M Marrón		Tizón(Cercospora K)		Tizón Bacteriano		MOR (Cercospora S)		Abscisión %
			Inc	Sev	Inc	Sev	Inc	Sev	Inc	Sev	
1 fungi	27/2	R6.5	20	3.3	61	6.7	12	1	6	0.2	40.4
2 fungi	27/2	R6.5	16	2.3	47	5.3	13	1	2	0.1	37.6

Cuadro 4: valores de incidencia y severidad de enfermedades foliares presentes: M Marrón (Septoria glycine), Tizón (cercospora kikuchii), Tizón bacteriano (Pseudomonas glycinea) y MOR (cercospora sojina) durante el llenado de granos diferenciando entre los tratamientos de simple y doble aplicación y valor de abscisión de hojas sobre tallo principal.

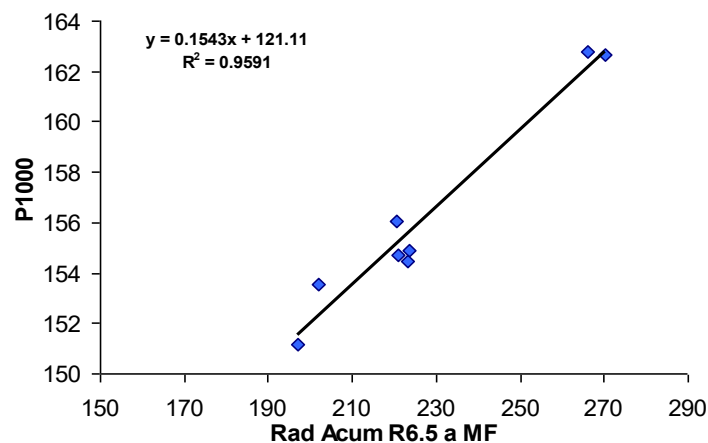
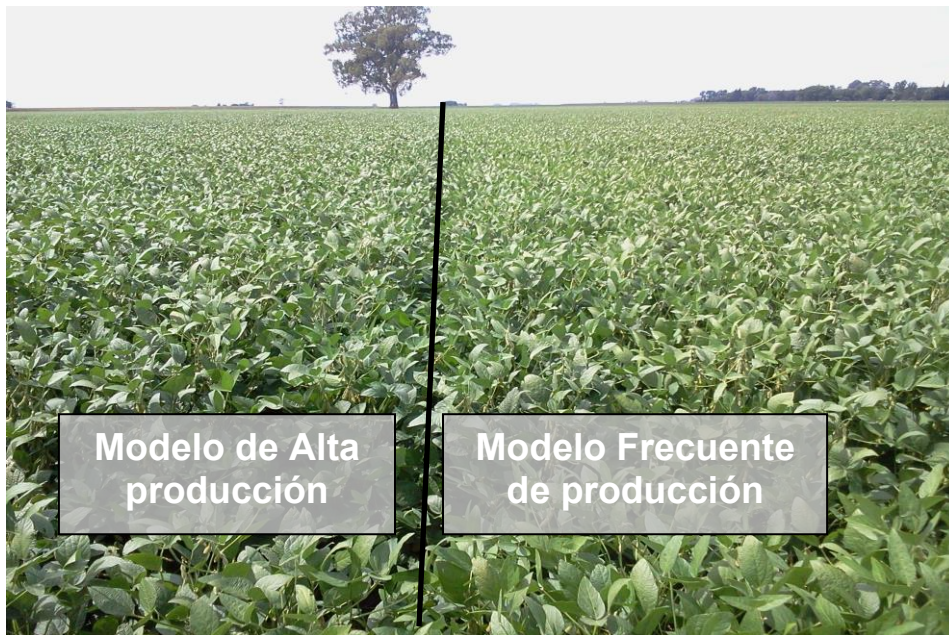


Figura 2: relación entre la radiación acumulada en la segunda mitad del llenado de grano (R6.5 hasta madurez fisiológica) y el peso final de granos.

### Conclusiones:

El presente trabajo no pretendió evaluar el aporte parcial de las tecnologías individuales sino, evaluar brechas de rendimiento entre modelos de producción llevados a cabo frecuentemente en la zona y evaluar el potencial de rendimiento del cultivo controlando los factores nutricionales y bióticos más relevantes para la producción de soja. Pudieron evaluarse diferencias muy importantes entre el manejo tradicional del cultivo y el potencial del cultivo, así como diferencias entre un manejo base con el modelo frecuente de producción. Dichas diferencias estuvieron explicadas en mayor medida por cambios en la eficiencia de uso de la radiación durante la fijación del n° granos y en menor medida por aumentos en la cantidad de radiación interceptada durante el llenado de granos. Cultivos a campo que observamos con buena cobertura del entre surco e interceptando plena radiación en el período crítico no alcanza como variable para asegurar que estamos en la máxima capacidad de producción. Además de rendimiento, el modelo de alta producción aumentó el contenido de proteína en grano respecto al modelo base dejando en evidencia limitantes nutricionales.

No se observaron respuestas en rendimiento a la utilización de *Bacillus Subtilis*. Las variables medidas para entender cambios en la producción tampoco fueron modificados.



### **Bibliografía**

Andrade F.H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean Brown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Res.* 41: 1-12

Borras L., Slafer G.A., Otegui, M.E. 2004. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research.* 86, 131-146

Ciampitti Ignacio A., Federico G. Micucci<sup>1</sup>, Hugo Fontanetto y Fernando O. García 2008. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos Fitotóxicos. *INPOFOS Cono Sur Archivo Agronómico* n°10.

Ferraris, G., M. Ferrari y J. Ostojic. 2001. Fertilización fosforada en soja: fitotoxicidad en aplicaciones localizadas a la siembra y efectos sobre el rendimiento. *Revista de Tecnología Agropecuaria, EEA INTA Pergamino*, VI (18):20-23.

Gutiérrez Boem F. 2008. Cuaderno de actualización Técnica Soja AACREA.

Satorre E. 2008. Producción de Soja. Cuaderno de Actualización Técnica AACREA

Sillón M. 2008. Producción de Soja. Cuaderno de Actualización Técnica AACREA