

Por: Di Mauro, G.*; Rotundo, J.L.

Instituto de Investigaciones en Ciencias
Agrarias de Rosario - CONICET.
Facultad de Ciencias Agrarias,
Universidad Nacional de Rosario.
*dimauro@iicar-conicet.gob.ar

Explorando manejos agronómicos en pisos y techos de producción de soja del Sur Santafesino

Importancia relativa del manejo agronómico en
diferentes ambientes productivos, asociado a
los techos y pisos de producción sojera.

Palabras Claves:

Soja; Rendimiento; Manejo;
Ambiente; Regresión.

Introducción

Existen diferentes factores que modifican la productividad de los cultivos agrícolas y definen tres niveles teóricos de rendimiento: i) potencial, ii) alcanzable y iii) logrado. El rendimiento potencial es el máximo nivel de producción que podría obtenerse y está definido por los niveles de radiación y temperatura durante el ciclo del cultivo (Evans, 1996). El rendimiento alcanzable depende de la disponibilidad hídrica y nutricional. El rendimiento logrado varía en función de la presión de plagas y enfermedades a la que estuvo sometido el cultivo (Van Ittersum y Rabbinge, 1997)

La magnitud de cada nivel puede modificarse a través de distintas decisiones de manejo agronómico. El rendimiento potencial varía en función de la fecha de siembra, el grupo de madurez utilizado, así como también de la densidad y el espaciamiento entre surcos. Existen muchas formas para estimar rendimientos potenciales (Lobell *et al.*, 2009), que van desde el uso de modelos de simulación agronómica (Mercau *et al.*, 2007) hasta experimentos a campo (Hall *et al.*, 2013). Una de ellas es la utilización de datos de lotes de producción. La identificación de los quintiles superiores en lotes de producción puede utilizarse también para determinar rendimientos potenciales o techos de producción (Grassini *et al.*, 2015). Por otro lado, pueden determinarse pisos de producción a través de la individualización de los quintiles inferiores de una base de datos histórica.

Cuando se analiza el comportamiento de los techos/pisos de producción en función de la calidad ambiental, pueden darse dos situaciones teóricas: i) que la diferencia entre ellos sea constante a través de los ambientes, es decir, que no exista interacción con el ambiente (**Figura 1 A**), o ii) que haya interacción y que esa diferencia sea variable dependiendo del potencial productivo del ambiente (**Figura 1 B y C**).

Al analizar estas tres situaciones hipotéticas, nos preguntamos si la importancia del manejo agronómico varía en función de la calidad ambiental. O de otra manera, si la diferencia entre pisos y techos de producción es constante a través de los ambientes, o se modifica al variar el ambiente productivo. Para responder estos interrogantes, planteamos el presente proyecto con los siguientes objetivos: i) testear la importancia relativa del manejo agronómico a través de diferentes ambientes productivos, y ii) explorar el manejo agronómico asociado a techos y pisos de producción sojera para la región sur de Santa Fe.

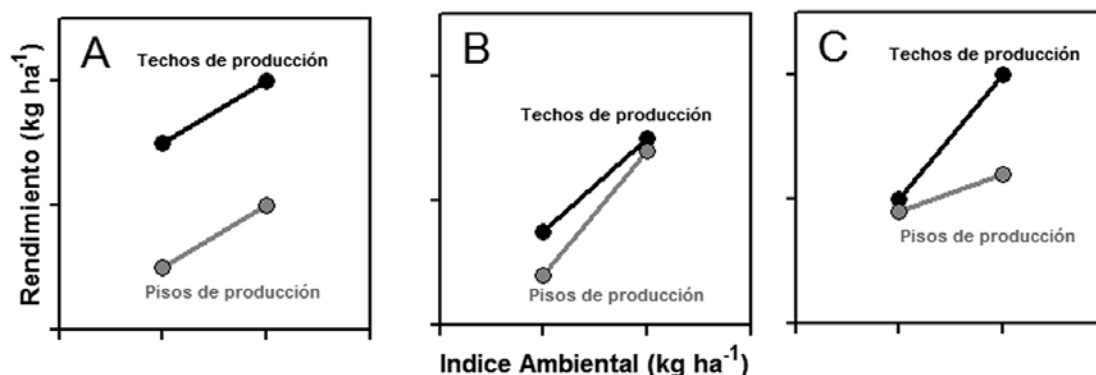
Materiales y métodos

Sistema bajo estudio

El sistema bajo análisis comprende sistemas productivos correspondientes a 18 grupos de productores socios de AACREA -Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola-, nucleados en la Región CREA Sur de Santa Fe. La base de datos estuvo conformada por 2034 observaciones de lotes de producción de soja de 1era, correspondientes a cinco campañas agrícolas (2007/08, 2008/09, 2009/10, 2011/12 y 2014/15). A su vez, se

Figura 1

Posibles relaciones teóricas entre pisos y techos de producción de soja, en función de la calidad del ambiente. El índice ambiental es el rendimiento promedio del ambiente.



anexaron a la base 72 observaciones correspondientes a dos campañas (2013/14 y 2014/15) de ensayos de soja bajo riego y sequía (Rotundo, 2015), para aumentar aún más el rango de ambientes explorados dentro de la región sur de Santa Fe.

Cada observación contó con datos de: rendimiento (kg ha^{-1}), tipo de suelo (capacidad de uso o serie de suelo), presencia o no de napa freática, fecha de siembra (expresada como días después del 1º de octubre), grupo de madurez y espaciamiento entre surcos (m).

Análisis estadístico

Se procedió a calcular el índice ambiental (kg ha^{-1}) de cada uno de los ambientes componentes de la base. El índice ambiental fue estimado como el rendimiento promedio de cada ambiente. Se definió *ambiente* a la combinación de: año, localidad, tipo de suelo y presencia/ausencia de napa. Mediante este cálculo se estandarizaron los datos de la base para realizar un análisis global, independientemente de si se trate de datos de una localidad o un año en particular.

Se realizó un análisis por frontera (Koenker and Hallock, 2001, usando el paquete *quantreg* del programa R

(Team R Core, 2014), para el percentil 0.05 y 0.95. Este procedimiento permite aislar las observaciones de menores rendimientos (“manejos de baja productividad/pisos de producción”) y mayores rendimientos (“manejos de alta productividad/techos de producción”), a través de todo el rango de ambientes explorado. De esta manera, las diferencias en rendimiento entre grupos, para un mismo índice ambiental, pueden atribuirse al manejo productivo realizado. Finalmente, una vez delimitado cada grupo de observaciones, se los caracterizó en base a las variables de manejo agronómico. Los gráficos fueron confeccionados con el software Graph Pad Prism 5.0 (Motulsky, 2007).

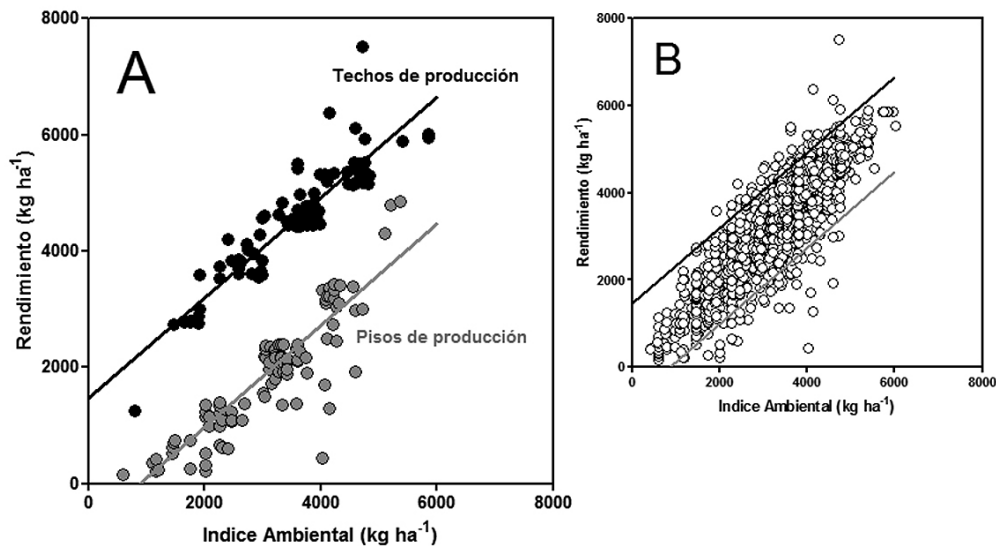
Resultados

El rango de ambientes explorado varió en promedio desde ~ 450 a 6000 kg ha^{-1} (**Figura 2 B**). Tomando la base de datos en su totalidad, los rendimientos observados variaron desde ~ 200 a $\sim 7500 \text{ kg ha}^{-1}$ (**Figura 2**).

El análisis por frontera permitió discriminar dos grupos contrastantes en cuanto a rendimiento, y cada grupo contó con ~ 100 observaciones (**Figura 2 A**). En el grupo de mayores rendimientos o techos de producción, el rendimiento varió

Figura 2

Rendimiento de soja de 1era en función del índice ambiental para la región sur de Santa Fe. El índice ambiental fue estimado como el rendimiento promedio de cada ambiente. Ambiente fue considerado como la combinación año x localidad x tipo de suelo x presencia/ausencia de napa.



Panel A muestra subgrupos ($n=202$) de techos (círculos negros) y pisos de producción (círculos grises). **Panel B** muestra la totalidad de la base de datos ($n=2106$).

desde ~ 1200 a ~ 7500 kg ha⁻¹, con un rendimiento promedio a través de todo el rango ambiental de 4516 kg ha⁻¹. Por el contrario, en el grupo de menores rendimientos o pisos de producción, el rendimiento varió desde ~ 200 a 4860 kg ha⁻¹, con un promedio de 1916 kg ha⁻¹. Para evaluar la interacción de ambos grupos con el ambiente, se procedió a analizar las pendientes de las regresiones de cada grupo. El análisis estadístico arrojó que las pendientes no fueron significativamente distintas entre sí ($p=0.62$), sugiriendo que la diferencia entre los pisos y techos productivos de soja sería constante a través de los ambientes. Por ende, el valor de las tecnologías de manejo no se modificaría en función de la calidad ambiental. Esto indica que el valor de las decisiones de manejo es el mismo tanto en situaciones de bajo como de alto potencial productivo.

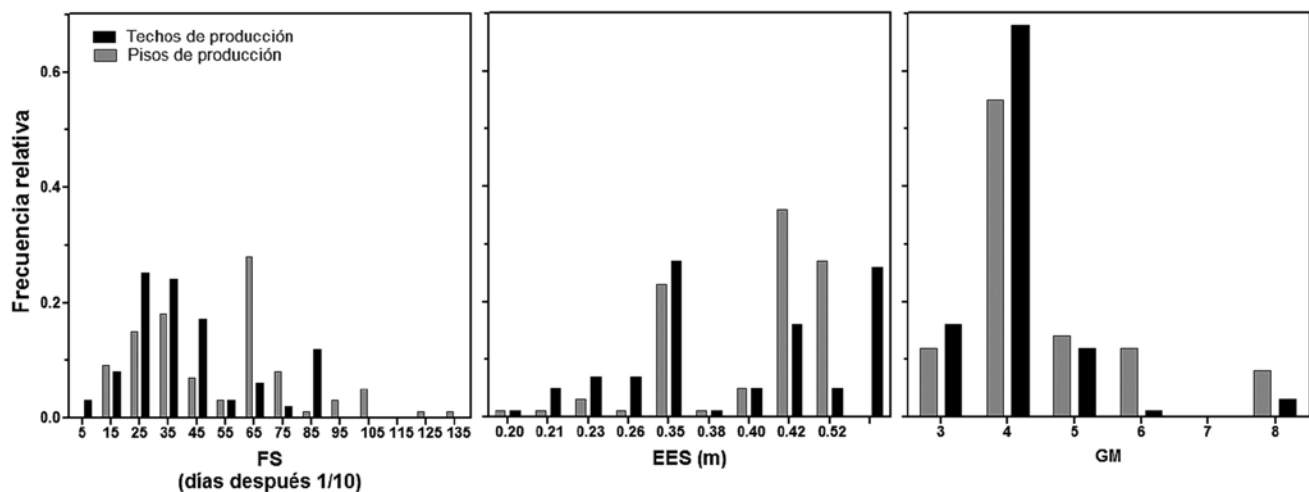
Los resultados de caracterización por manejo dentro de cada grupo, mostraron que el 50 % de las observaciones correspondientes al grupo de altos rendimientos presentó fechas de siembra anteriores a la primera semana de noviembre -35 días luego del 1/10- (**Figura 3**). En contraste, el 50% de los lotes que manifestaron los menores rendimientos, fueron sembrados luego de la primera semana de diciembre (60 días luego del 1/10).

En cuanto a espaciamiento entre surcos adoptados, se evidencia mayor proporción de lotes sembrados a espaciamiento entre surcos reducidos en el grupo de altos respecto al de bajos rendimientos. Por último, no pudo distinguirse una tendencia clara distintiva entre altos vs. bajos rendimientos en lo referente a la duración del ciclo de los genotipos utilizados.

Siembras tempranas y reducciones en el espaciamiento entre hileras, permitirían capturar rápida y efectivamente la radiación incidente, maximizando las tasas de crecimiento del cultivo durante el período crítico para la determinación del rendimiento; sobre todo en situaciones en las cuales el agua no es una limitante. Esta sería una de las explicaciones de por qué el grupo de altos rendimientos expresó elevados valores. A pesar de esto, simplificar y generalizar sobre qué tipo de manejo debe hacerse para obtener elevados rendimientos es complicado. El manejo de la producción involucra otras decisiones (fertilización, densidad de siembra, cultivo antecesor), cuestiones operativas (grado de control de malezas, duración del barbecho), la incertidumbre climática (años Niña/Niño) y otras variables que no fueron tenidas en cuenta en este análisis.

Figura 3

Frecuencia relativa de fechas de siembra (FS), espaciamientos entre surcos (EES), y grupo de madurez (GM), utilizadas para obtener altos (barras negras) y bajos rendimientos (barras grises) en la zona sur de Santa Fe.





EL AJO ES PARA EL CHIMI

Si buscás los mejores rindes,
dejá las cábalas. Inoculá con el N°1.

Nitragin®

nitragin.com.ar

Conclusiones

- No encontramos que los pisos ni techos de producción de soja se acerquen o alejen a través de un amplio rango de ambientes. La diferencia entre ambos fue constante a través de todo el rango de ambientes explorado. Esto sugiere que las tecnologías de manejo para la producción de soja son igualmente valiosas tanto en ambientes de baja como de alta potencialidad. Es decir, mediante distintas decisiones básicas de manejo podemos ubicarnos en el grupo de mejores rendimientos sin importar el ambiente en cuestión. Este grupo se caracterizó por presentar fechas de siembra tempranas y espaciamiento entre surcos reducidos. No encontramos una tendencia clara y distintiva entre grupos de alto vs. bajo rendimiento en cuanto a grupos de madurez elegidos, sugiriendo que la elección del genotipo tendría menor importancia respecto a las dos anteriormente mencionadas.
- Por otro lado, deberán incorporarse a este análisis otras variables de manejo tales como densidad de siembra, fertilizaciones, aplicaciones de fitosanitarios, entre otros, para caracterizar aún más que decisiones se toman para obtener altos rendimientos de soja a través de diferentes ambientes.



Agradecimientos

A Santiago Gallo (CREA Sur de Santa Fe), Pablo Bressa (CREA Gral. Arenales) y Diego H. Pérez (CREA Las Petacas) por su colaboración en la coordinación de la recopilación de datos. A todos los asesores CREA de la Región Sur de Santa Fe por los datos suministrados.

Bibliografía

- Evans, L.T. 1996. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge university press.
- Grassini, P., J. a. Torrión, H.S. Yang, J. Rees, D. Andersen, K.G. Cassman, and J.E. Specht. 2015. Soybean yield gaps and water productivity in the western U.S. Corn Belt. *F. Crop. Res.* 179: 150–163 Available at Hall, a. J., C. Feoli, J. Ingaramo, and M. Balzarini. 2013. Gaps between farmer and attainable yields across rainfed sunflower growing regions of Argentina. *F. Crop. Res.* 143: 119–129
- Van Ittersum, M.K., and R. Rabbinge. 1997. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *F. Crop. Res.* 52(3): 197–208.
- Koenker, R., and K.F. Hallock. 2001. Quantile Regression. *J. Econ. Perspect.* 15(4): 143–156
- Lobell, D.B., K.G. Cassman, and C.B. Field. 2009. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 34(1): 179–204.
- Mercau, J.L., J.L. Dardanelli, D.J. Collino, J.M. Andriani, a. Irigoyen, and E.H. Satorre. 2007. Predicting on-farm soybean yields in the pampas using CROPGRO-soybean. *F. Crop. Res.* 100(2-3): 200–209.
- Motulsky, H. 2007. In *GraphPad Prism 5: Statistics Guide*. GraphPad Softw. Inc. Press. San Diego CA 94.
- Rotundo, J.L. 2015. Claves para el manejo de soja. *Revista técnica soja AAPRESID*. pp. 4-6.
- Team R Core. 2014. The R project for statistical computing. Available www.R-project.org/.