



20 años de evaluación en red del rendimiento de variedades de soja en el sur de Santa Fe.

Bacigaluppo, S.; Magnano, L.; Enrico, J.M.

Técnicos EEA INTA Oliveros

Trabajo presentado en "7º Congreso de Soja del Mercosur, Mercosoja 2019."

 **Palabras clave:** soja, grupo de madurez, rendimiento, estabilidad.

máximo, medio y mínimo rinde que conformaron esta RED en el sur de Santa Fe, a lo largo de 20 años.

Introducción

La Estación Experimental Agropecuaria INTA rendimiento de variedades de soja en campo de productores (RED), ubicados en diferentes ambientes del sur de la provincia de Santa Fe. Esta RED, con más de veinte años de presencia ininterrumpida, ha transitado los cambios de un sistema productivo en permanente evolución. En la región sojera núcleo y en particular en el sur de Santa Fe se produjo en poco tiempo, entre otros, el recambio de variedades semitardías (grupos de madurez V, VI y VII) por semiprecoces (III y IV). Para alcanzar con este cambio tecnológico, mayores rendimientos por ambiente, fue esencial el ajuste regional realizado en la elección de fechas de siembra, Grupo de Madurez (GM) y hábito de crecimiento (Baigorri, 2002; Enrico *et al.*, 2013). Siguiendo en esta línea, los grupos de madurez de las variedades seleccionadas por las empresas semilleras para evaluar en esta RED, también fueron cambiando a lo largo de los años, donde se fue privilegiando la participación de los grupos de madurez semiprecoces sobre los semitardíos, buscando aumentar el rendimiento del cultivo en la región.

Los objetivos planteados en este trabajo fueron:

- Evaluar la evolución del rendimiento de los grupos de madurez III, IV corto, IV largo y V, del cultivo de soja, a través de las variedades participantes en esta RED en el sur de Santa Fe, a lo largo de 20 años.
- Evaluar la estabilidad del rendimiento de los diferentes GM del cultivo de soja, en ambientes de

Materiales y Métodos

Se trabajó con la base de datos de la RED de evaluación de cultivares de soja de primera de INTA Oliveros, desde la campaña 1999/00 a 2018/19. La misma se conformó, en promedio por año, con el rendimiento de 24 variedades comerciales de distintos grupos de madurez: III, IV y V, evaluadas en 12 sitios experimentales (ambientes), variando entre 15 a 30 variedades y desde 8 hasta 16 ambientes según los años. Las siembras de los experimentos se realizaron entre fines de octubre y fines de noviembre, en campo de productores en distintas localidades del sur de Santa Fe, en siembra directa y en secano, con un diseño de macro parcelas con dos repeticiones. De esta manera se exploraron ambientes productivos diversos, abarcando sitios con suelos Argiudoles y Hapludoles con diferentes historias de manejo de los lotes: desde 1 a más de 60 años de agricultura continua, de 1 a más de 20 años de siembra directa, diferentes cultivos antecesores y diferente calidad química y física de los mismos. También se registró una muy amplia variabilidad en la disponibilidad hídrica del cultivo, intra e inter anual.

De la base completa se seleccionaron, en cada campaña, sólo los sitios experimentales que mostraron los rendimientos máximo, medio y mínimo de la RED. Se ordenaron las variedades evaluadas en cuatro grupos, según el grupo de madurez al que pertenecían, en: 1) Grupo de Madurez III, 2) Grupo de Madurez IV C (corto), 3) Grupo de Madurez IV L (largo) y 4) Grupo Madurez V, obteniendo por año, el rendimiento promedio en grano, expresado al 13,5% H^o, para cada Grupo de Madurez, en



cada sitio experimental (máximo, medio y mínimo). De esta manera se conformó una nueva base de datos con $n=240$ (rendimiento promedio de cada Grupo de Madurez en estudio, en 3 ambientes por año, en las 20 campañas agrícolas). Para caracterizar a los ambientes evaluados, a través del rendimiento, se realizó un análisis Box Plot utilizando R Core Team (2018). Se analizó la evolución del rinde de los Grupos de Madurez en estudio, a lo largo de 20 años, mediante Lowess (Local Weighted Regression; Cleveland, 1979). La evaluación de la estabilidad del rendimiento de los diferentes Grupos de Madurez del cultivo de soja, que conformaron la RED, se realizó mediante Shukla (Masiero y Castellano, 1991), utilizando SAS Institute Inc. (2018).

mínimos (Bajo) rendimientos en cada campaña agrícola. La caracterización de estos ambientes a través de variables descriptivas del rendimiento, se observa en la Figura 1. El rango intercuartil (25-75%) del rendimiento en los ambientes Alto, Medio y Bajo no se solapa, presentando en promedio 4970, 3830 y 2740 kg/ha, respectivamente. Esta brecha de 2230 kg/ha (entre alto y bajo), muestra la diversidad de ambientes productivos evaluados en la RED a lo largo de los 20 años, a pesar de tratarse de una región relativamente homogénea en cuanto a tipo y aptitud de suelo. Esto es, porque el ambiente productivo lo define la interacción de un conjunto de variables de suelo, clima y manejo que brindan situaciones diferentes aunque se trate de lotes cercanos (Bacigaluppo *et al.*, 2011).

Resultados y Conclusiones

La determinación del comportamiento de los Grupos de Madurez según su estabilidad y rendimiento, se realizó para aquellos sitios experimentales que presentaron los máximos (Alto), medios y

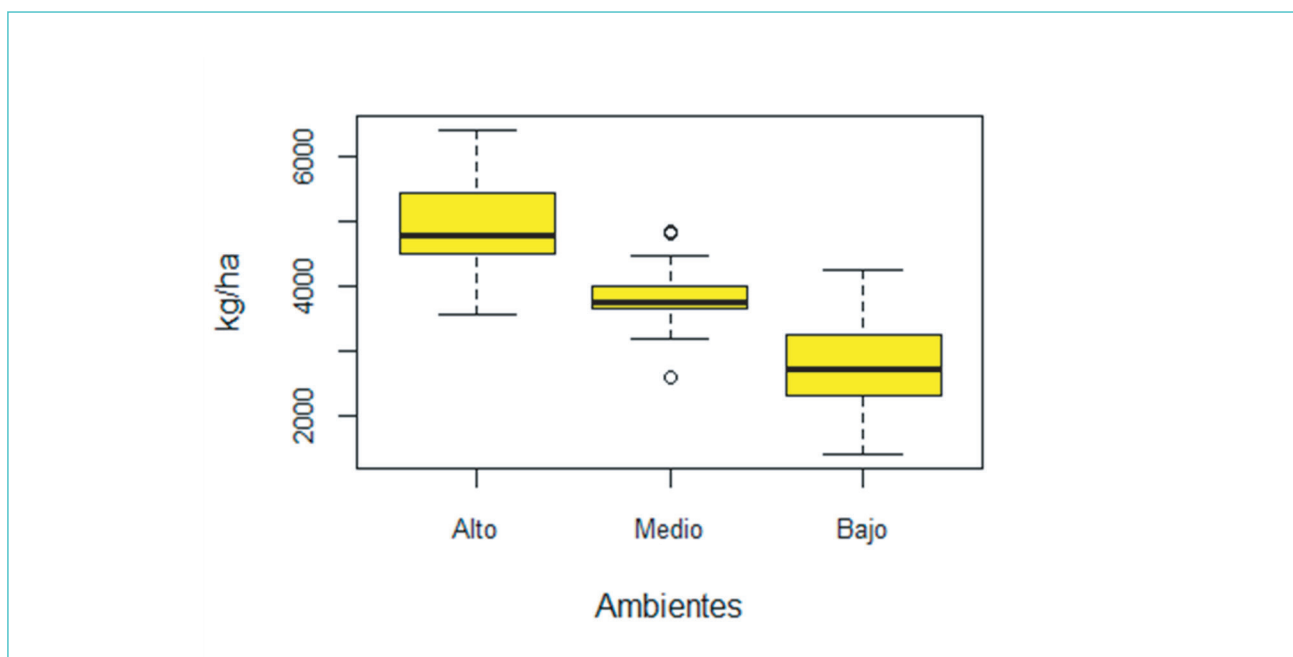


Figura 1: Boxplot del rendimiento por ambientes, de cultivares de soja de los Grupo de Madurez III, IV Corto, IV Largo y V, evaluados en la Red INTA Oliveros en 20 campañas agrícolas, 1999/00 a 2018/19.



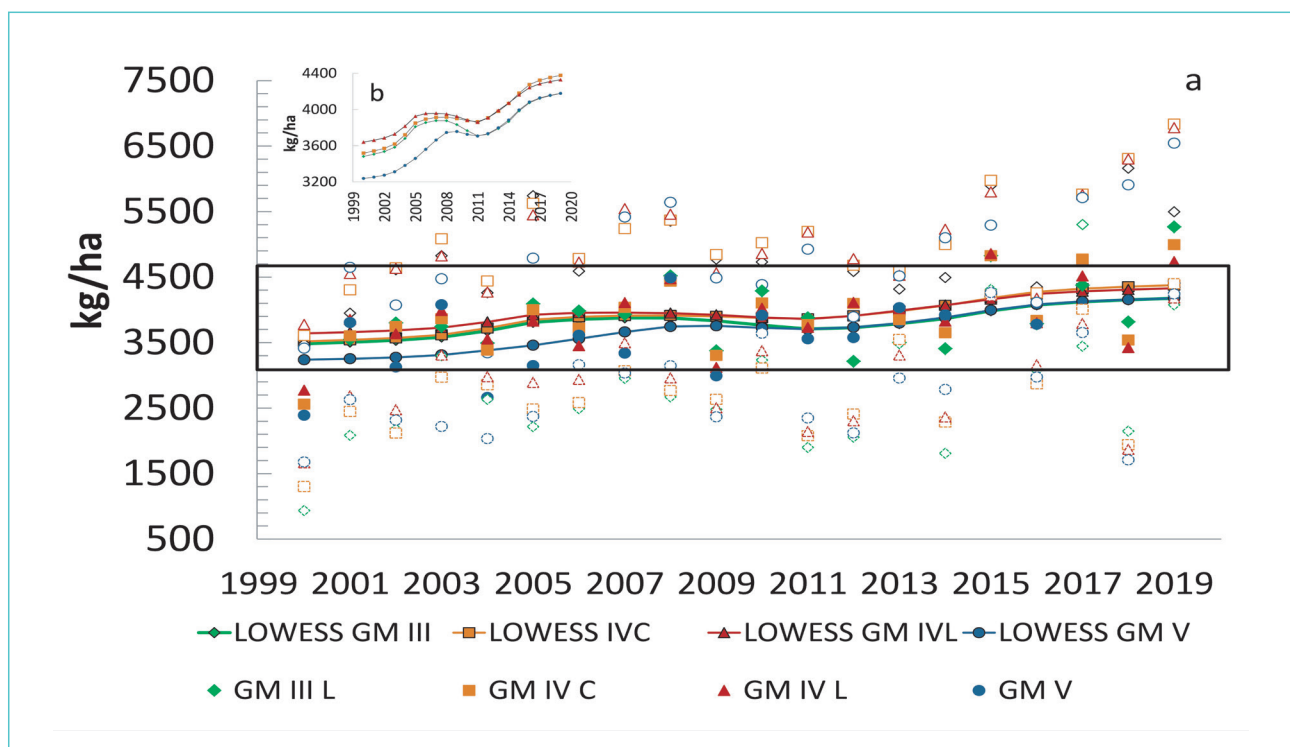


Figura 2a: Evolución del rendimiento promedio de cultivares de soja de los Grupos de Madurez III, IV Corto, IV Largo y V en ambientes de rinde máximo (símbolo vacío, contorno entero), medio (símbolo lleno) y mínimo (símbolo vacío, contorno punteado), evaluados en la Red INTA Oliveros en 20 campañas agrícolas, 1999/00 a 2018/19. b: detalle del rectángulo de la figura a.



En la Figura 2 se muestra la evolución del rendimiento del cultivo de soja por grupo de madurez, donde se observa que en todos los Grupo de Madurez en estudio se ha incrementado el rinde a lo largo de los 20 años analizados. Esta tendencia de aumento de rendimiento sólo tuvo un período de estancamiento, entre el 2006 y 2011 (Figura 2b), posiblemente relacionado con la asiduidad de años con registro de precipitaciones durante el ciclo del cultivo inferior a la media histórica y/o escasa durante el período crítico del cultivo. Luego de este período se observó nuevamente una tendencia de aumento de rendimiento por unidad de superficie, en todos los Grupos de Madurez, donde las curvas de ajuste suavizado (Lowess) para los rindes de los Grupo de Madurez IV C y IV L fueron similares y levemente superiores a los Grupo de Madurez III y V, siendo estos últimos similares entre sí.

Dado que el rendimiento final del cultivo es el producto del genotipo, el ambiente y su interacción, se exploró esta última mediante análisis Shukla, para caracterizar los diferentes comportamientos de los Grupos de Madurez en los anteriormente citados sitios experimentales de máximo, medio y mínimo rendimiento a lo largo de las 20 campañas agrícolas de la RED.

Como se observa en la Figura 3, los Grupos de Madurez IV Largo y IV Corto se destacaron en los tres grupos de ambientes evaluados, mostrando siempre un rendimiento superior o igual a la media general y comportamiento muy estable. El Grupo de Madurez III, logró rendimientos similares a la media general sólo en los mejores ambientes: alto y medio, aunque con un comportamiento de mayor interacción con el ambiente que los Grupos de Madurez IV. En tanto el Grupo de Madurez V, sólo logró igualar el rendimiento promedio en los ambientes de bajo rinde pero con baja estabilidad.

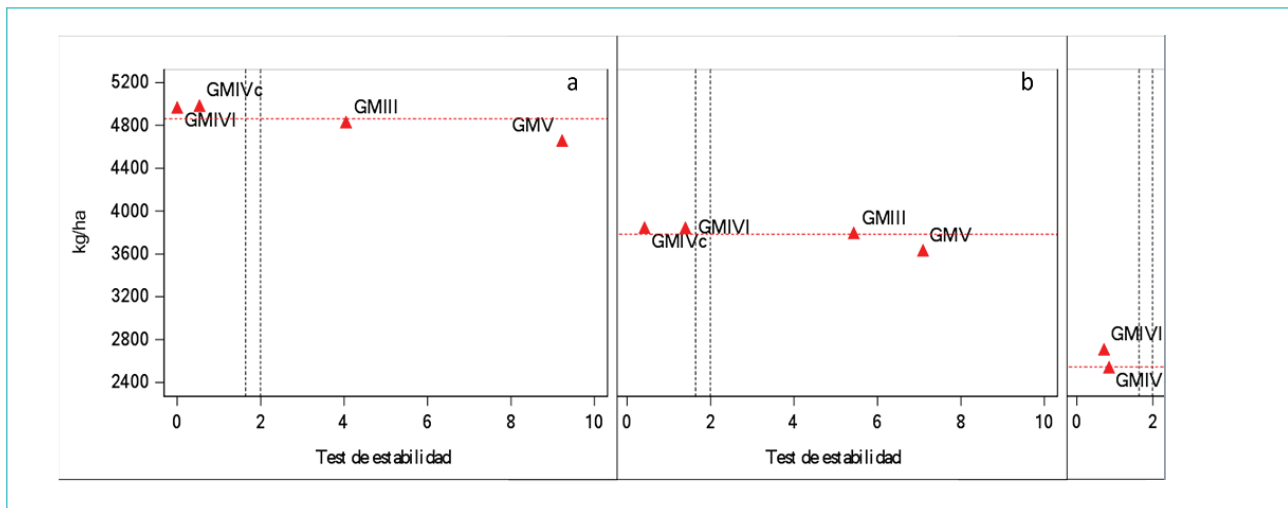


Figura 3: Estabilidad y rendimiento promedio de cultivares de soja de los Grupos de Madurez III, IV Corto, IV Largo y V en los ambientes de máximo (a), medio (b) y mínimo (c) rinde, evaluados en la Red INTA Oliveros en 20 campañas agrícolas, 1999/00 a 2018/19.



Es importante resaltar que en lo que respecta al Grupo de Madurez V, se ha producido un acortamiento en la duración del ciclo desde emergencia a madurez fisiológica (R7) en los cultivares evaluados a lo largo de la historia de la RED. En los últimos diez años se redujo un 46% la diferencia en la duración del ciclo entre los Grupos de Madurez IV largo y V, en siembras tempranas de noviembre.

Teniendo en cuenta este cambio y la aparición de cultivares del Grupo de Madurez V con alto potencial de rendimiento, se realizó un análisis Shukla de las últimas 10 campañas (2008/09 a 2018/19). En la Figura 4 se observa que el Grupo de Madurez V mejoró su comportamiento en los ambientes de productividad media, alcanzando un rendimiento estable y cercano a la media general, similar a los Grupos de Madurez IV (Figura 4b).

El rendimiento por unidad de superficie de los Grupos de madurez M III, IV y V, del cultivo de soja evaluado en esta RED, mostró una tendencia de aumento a lo largo de 20 años, por lo que sería posible esperar que esta tendencia positiva continúe en el tiempo.

Si bien los Grupos de Madurez IV corto y largo, mostraron siempre mayor estabilidad y rendimiento que los Grupos de Madurez III y V, las diferencias observadas entre los mismos nunca fueron tan marcadas como sí lo fue la brecha de rendimiento entre los ambientes de máximo y mínimo rinde. Trabajar en disminuir esta brecha significaría un salto importante en la producción de este cultivo en el sur de Santa Fe.

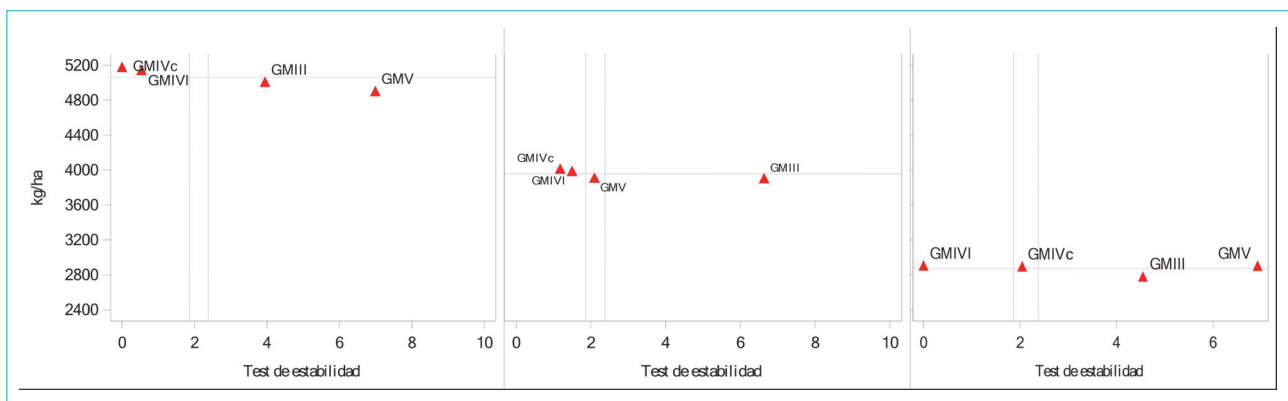


Figura 4: Estabilidad y rendimiento de cultivares de soja de los GM III, IV Corto, IV Largo y V en los ambientes de máximo, medio y mínimo rinde (izquierda a derecha respectivamente), evaluados en la Red INTA Oliveros en 10 campañas agrícolas, 2008/09 a 2018/19.





Agradecimientos

A las empresas que nos proveyeron anualmente las semillas de las distintas variedades evaluadas. A los productores y/o asesores de los establecimientos donde se implantaron los experimentos. Y especialmente a los técnicos de las AER de INTA que forman parte de esta RED.

Bibliografía

- Bacigaluppo, S.; Bodrero, M.L.; Balzarini, M.; Gers-ter, G.R.; Andriani, J.M.; Enrico, J.M.; Dardanelli, J.L.; 2011. Main edaphic and climatic variables explaining soybean yield in Argiudolls under no-tilled systems. *Europ. J. Agronomy* 35 (2011) 247– 254
- Baigorri, H., 2002. Conclusiones sobre el efecto de la Fecha Siembra en el desarrollo y crecimiento de los cultivares. En: Manejo del cultivo de soja en la Argentina. Actualizaciones INTA Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez.
- Cleveland, W.S., 1979. Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. *Journal of the American Statistical Association*, 74:368, 829-836.
- Enrico, J.M.; Conde, M.B.; Martignone, R.A; Bodrero, M.L; 2013. Soja: evaluación de la estabilidad del rendimiento según fechas de siembra. Para Mejorar la Producción N° 50 - INTA EEA Oliveros, pp 71-78.
- Masiero, B. y Castellano, S., 1991. Programa para el análisis de la interacción genotipo-ambiente usando el procedimiento IML de SAS. Actas I Congreso Latinoamericano de Soc. de Estadística. Valparaíso, Chile 1:47-54.
- R Core Team, 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org>
- SAS Institute Inc., 2018. SAS University edition virtual application. Cary, NC, USA. Retrieved from http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html

