



Red de evaluación de rendimiento de variedades de soja EEA INTA Oliveros: “20 años de historia”

Bacigaluppo, S.¹; Enrico, J.¹; Almada, G.²; Boero L.³; Calcha, J.³; Capurro, J.⁴; Condori, A.⁵; Dickie, M.⁴; Estancich, E.¹; Gentili, O.⁶; Gerster, G.⁷; Ibarlucea, J.⁷; Lago, M.¹; Magnano, L.¹; Malmantile A.⁸; Méndez, J.⁵; Pagani, R.⁹; Prieto, G.¹⁰; Rosso, Y.²; Sanmarti, N.¹; Vita Larreu, E.¹¹.

¹EEA INTA Oliveros; ²AER Carlos Pellegrini; ³AER Gálvez; ⁴AER Cañada de Gómez; ⁵AER Totoras; ⁶AER Casilda; ⁷AER Roldán; ⁸AER Venado Tuerto; ⁹AER Las Rosas; ¹⁰AER Arroyo Seco; ¹¹AER Pago de los Arroyos.

 **Palabras clave:** historia, rendimiento, variedades de soja.

Introducción

La Estación Experimental Agropecuaria INTA Oliveros y sus Agencias de Extensión: AER Las Rosas, AER Totoras, AER Cañada de Gómez, AER Roldán, AER Casilda, AER Arroyo Seco y AER Venado Tuerto, se encuentran trabajando en forma continua desde la campaña 1996-97 con la línea referida a la Evaluación del rendimiento de Variedades de Soja en campo de productores (RED), ubicados en diferentes ambientes del sur de la provincia de Santa Fe. Más tarde se sumaron las AER Pago de los Arroyos (ubicada en la localidad de Máximo Paz), AER Gálvez y AER Carlos Pellegrini, ampliando el área de la RED. Cabe recordar que la misma se inició en tiempos cuando la soja resistente a glifosato (RR/RG) era incorporada al sistema productivo y la siembra directa comenzaba a difundirse masiva-

mente en Argentina. Hoy día la RED, con más de veinte años de presencia ininterrumpida, ha transitado los cambios de un sistema productivo en permanente evolución, con la incorporación de nuevos eventos biotecnológicos como las Sojas Tolerantes a Sulfonilureas (sojas STS) y la incorporación de resistencia a insectos lepidópteros (sojas IPRO), eventos que han sido incorporados en distinta medida en la permanente renovación de las variedades comerciales por los semilleros nacionales e internacionales.

En la siguiente figura (Figura 1), se muestra la evolución en la participación de variedades genéticamente modificadas (OGM) y no OGM en la RED. Aquí se observa que a partir de 2001/02 los semilleros discontinuaron la evaluación de estas últimas, lo cual sería deseable retomar frente al resurgimiento de una demanda de producción de grano de soja convencional, destinada tanto para consumo humano y animal.

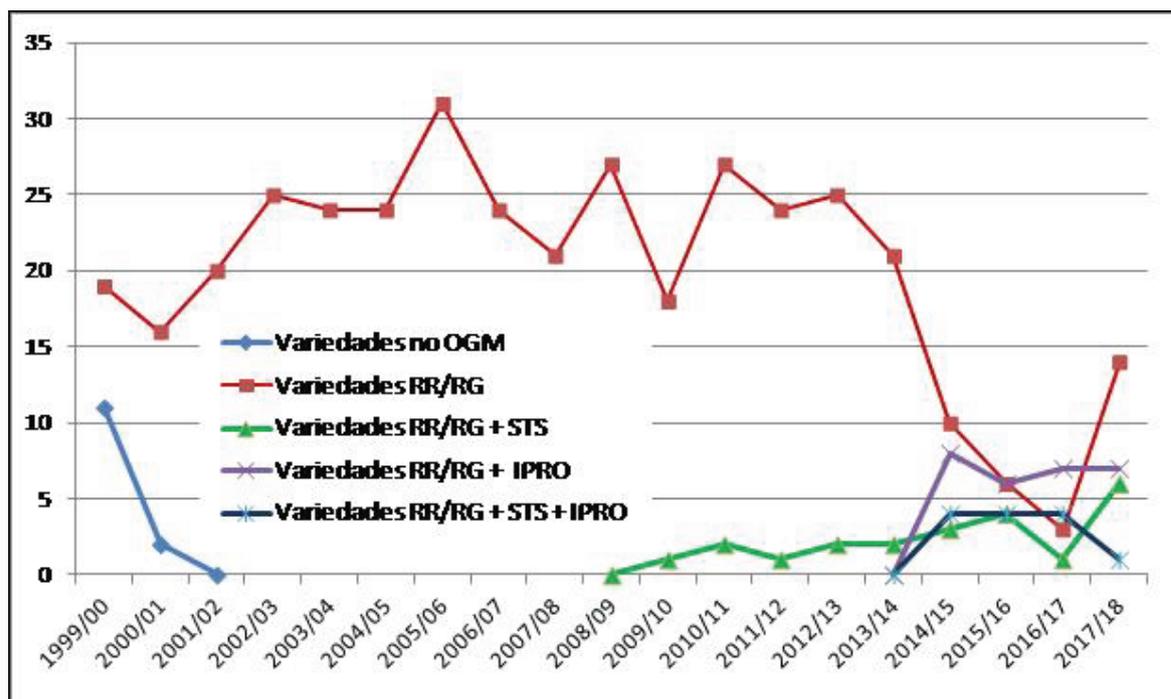


Figura 1: Número de variedades comerciales de soja no OGM y OGM participantes anualmente en la RED de evaluación de rendimiento de la EEA INTA Oliveros.



En estos veinte años se han producido cambios tecnológicos muy importantes en la región sojera núcleo y en particular en el sur de Santa Fe. El recambio de variedades semitardías (Grupos de madurez V, VI y VII) por semiprecoces (III y IV), se produjo en muy poco tiempo en una amplia superficie del área indicada. Hubo una suma de factores concurrentes para que esto suceda, entre ellos podemos mencionar: una distribución de lluvias que ha favorecido a las variedades más precoces, la siembra directa que permitió una mejor captación y acumulación del agua de lluvia durante el barbecho para su posterior aprovechamiento por el cultivo, la aparición de las sojas resistentes a herbicidas, que facilitaron en un inicio el control de malezas, la suplementación con nutrientes en forma directa o

residual. También fue esencial el ajuste regional realizado en la elección de fechas de siembra, grupo de madurez y hábito de crecimiento, para alcanzar los mayores rendimientos en cada ambiente (Baigorri, 2002; Enrico *et al*, 2013). Además, la utilización de variedades de ciclo más corto permitió, en muchos casos, escapar al ataque de Sclerotinia en lotes infectados y en condiciones predisponentes para el mismo.

Siguiendo en esta línea, los grupos de madurez (GM) 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 GM semiprecoces sobre los semitardíos (Figura 2).

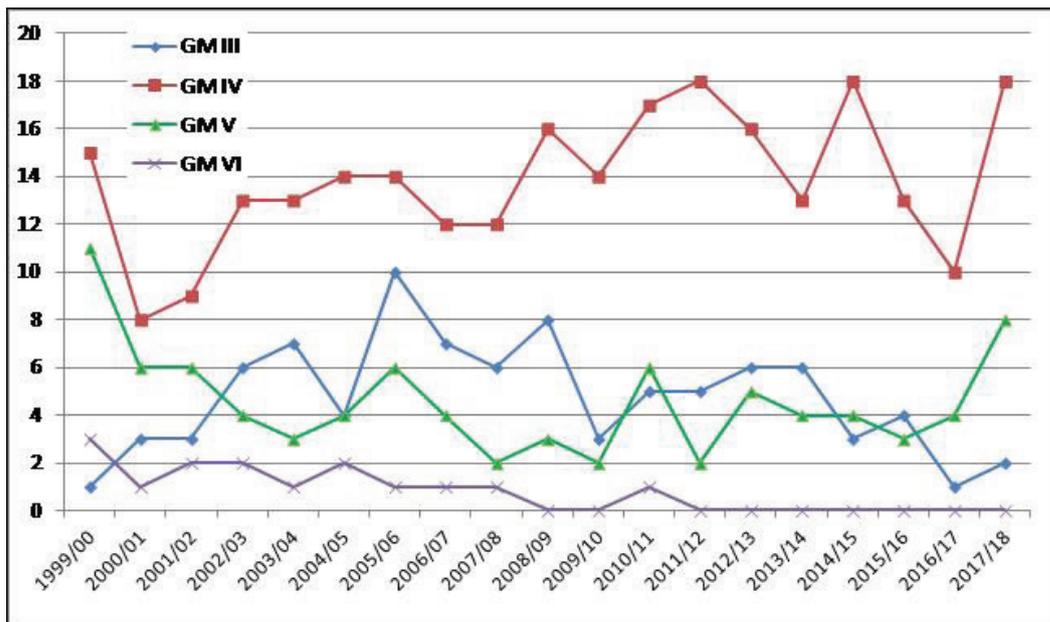


Figura 2: Número de variedades comerciales de soja de los grupos de madurez (GM) III, IV, V y VI, participantes anualmente en la RED de evaluación de rendimiento de la EEA INTA Oliveros.



El sur de la provincia de Santa Fe se caracteriza por tener predominantemente tierras de alta capacidad productiva (clases I y II de Capacidad de Uso). Dentro de la provincia, es la zona agrícola por excelencia, abarcando una superficie de 3.604.000 ha. Entre los cultivos de uso actual predomina ampliamente la soja, llegando a ocupar más del 70% de la superficie total. Esta práctica no es la adecuada para hacer un “buen uso” del suelo, donde la rotación de los cultivos es clave. Por ello, continuar con el aumento de la producción de soja es un desafío, ya que debería lograrse mediante la obtención de mayor rinde por unidad de superficie y no a expensas de mayor cantidad de hectáreas a sembrar.

El rendimiento final del cultivo es el producto de la variedad sembrada, el ambiente donde se la implanta y la interacción entre ambos. El ambiente está definido por un conjunto de variables de suelo, clima y manejo que, al combinarse, brindan situaciones de ambientes distintos aunque se trate de lotes cercanos.

La existencia de heterogeneidad ambiental, provoca que algunas variedades (genotipos) de soja tengan un determinado comportamiento en ciertos ambientes y diferente en otros. Esta respuesta diferencial de los genotipos (G) a través de los ambientes (A) es la llamada “interacción GxA”. Por otro lado, los criaderos de soja ofrecen continuamente al mercado nuevas variedades comerciales. Es por esto que toman mucha importancia los ensayos en Red, donde un conjunto de

variedades se evalúa en múltiples ambientes. Esta estrategia representa una buena herramienta para identificar el comportamiento de los genotipos a través de los ambientes (Balzarini 2005).

En estos veinte años de historia de la RED de INTA Oliveros, se implantaron en siembra de primer época, 230 sitios experimentales (ambientes), distribuidos en distintas localidades de todo el sur de Santa Fe (Foto 1), en campo de productores, sembrados en macro parcelas y utilizando su maquinaria.

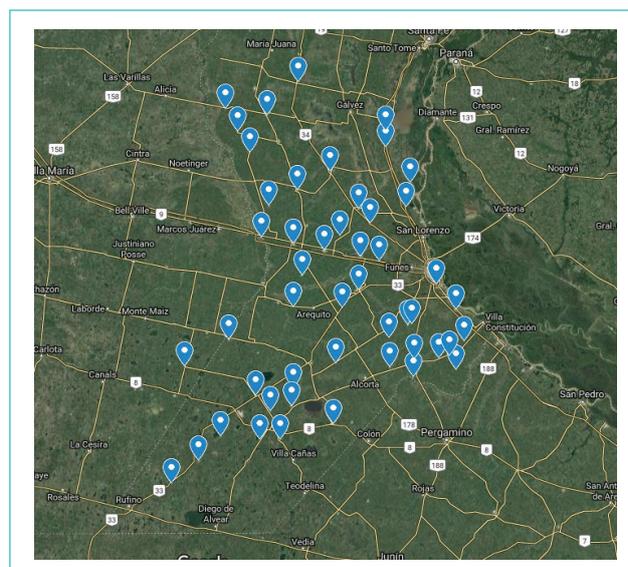


Foto 1: Localidades donde se implantaron los 230 sitios experimentales en 20 años de la Red de evaluación de rendimiento de variedades de soja de la EEA INTA Oliveros.





Si bien es un área relativamente homogénea en cuanto a tipo de suelo, muchos de ellos presentan un marcado deterioro físico, evidenciado por la formación de estructuras compactadas en el horizonte superior, con pérdida de porosidad estructural. Es común encontrar en esta zona, aún dentro de distancias reducidas, brechas de rendimiento de más de 1500 kg/ha. De esta manera se exploraron ambientes productivos muy diversos, abarcando sitios con suelos Argiudoles y Hapludoles con diferentes historias de manejo de los lotes, a saber: desde 1 a más de 60 años de agricultura continua, de 1 a más de 20 años de siembra directa, diferentes cultivos antecesores y diferentes calidad química y física de los mismos. Es característico de

esta RED el monitoreo de la humedad del suelo durante el ciclo del cultivo, por lo que también se registró en todo este tiempo evaluado, una muy amplia variabilidad de la disponibilidad hídrica intra e inter anual.

Más recientemente y en pos de mejorar la caracterización del comportamiento de las variedades de soja, se comenzaron a realizar evaluaciones de enfermedades foliares y vasculares, en sitios ambientalmente contrastes de la RED.

En promedio en toda la historia de la RED, se evaluó por campaña agrícola, un conjunto de 24 variedades comerciales de soja en 12 ambientes diferentes,

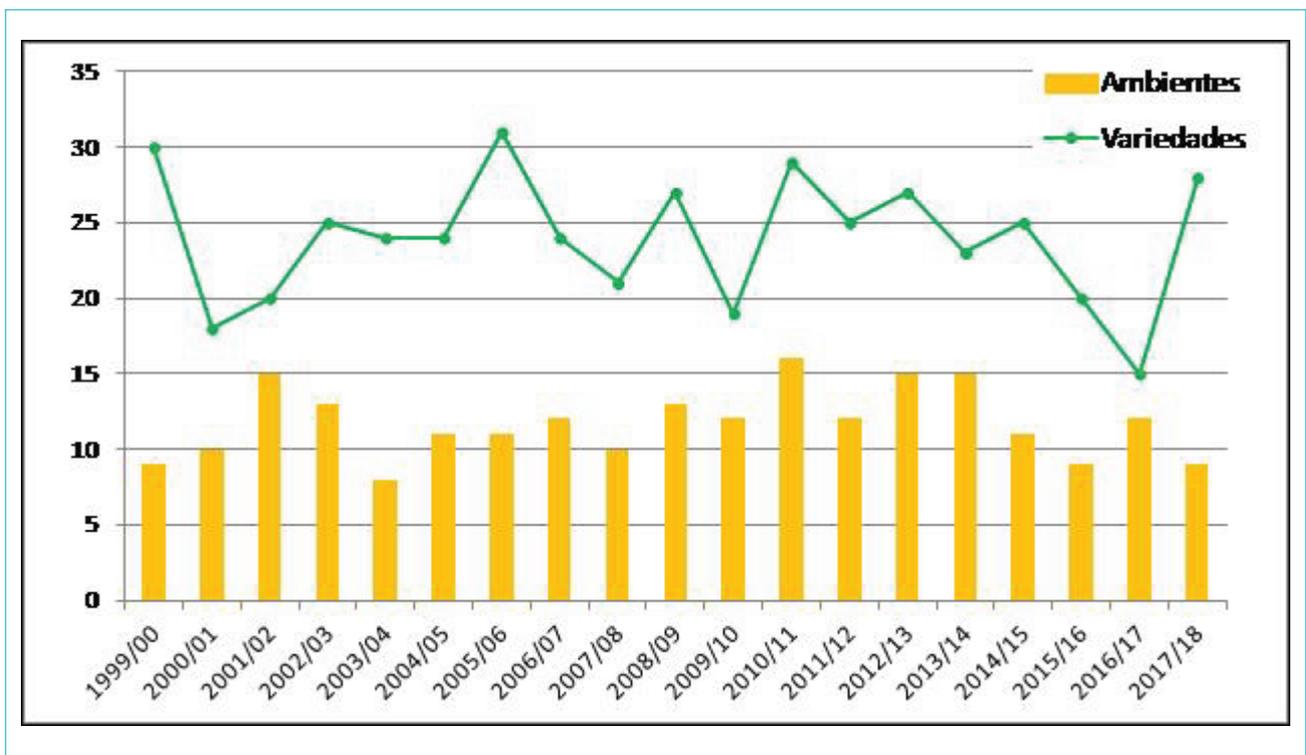


Figura 3: Número de variedades comerciales de soja y ambientes participantes anualmente en la RED de evaluación de rendimiento de la EEA INTA Oliveros.





Tabla 1: Esquema de presentación de Resultados del Rendimiento de Variedades evaluadas en los Ambientes participantes en la RED soja, EEA INTA Oliveros.

	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	...	Ambiente z	Promedio variedades
Variedad 1	X 1,1	X 1,2	X 1,3	...	X 1,z	$\sum_{j=1}^z X_{1,j/z}$
Variedad 2	X 2,1			...		
Variedad 3	X 3,1			...		
...
Variedad n	X n,1			...		
Promedio ambientes	$\sum_{i=1}^n X_{i,1/n}$...		Promedio RED

Entonces, como se muestra gráficamente en la Tabla 1, para cada año de la RED, se dispuso de información, por un lado, del rendimiento obtenido individualmente por cada variedad evaluada en cada ambiente particular (Ej. X 1,1= rendimiento de "Variedad 1" en "Ambiente 1"; X 1,2= rendimiento de la misma "Variedad 1" pero en el "Ambiente 2"). Por otro lado, las evaluaciones en RED permitieron obtener el rendimiento promedio logrado por cada variedad a través de todos los ambientes (columna verde), y el rendimiento promedio logrado en cada Ambiente por todas las variedades (Fila naranja).

En la figura 4 se observan los rendimientos promedio máximos y mínimos tanto por ambiente como por variedad, obtenidos a lo largo de los años de la RED. Las líneas naranjas representan el promedio de los ambientes que mayor y menor rendimiento alcanzaron (línea entera y punteada, respectivamente), mientras que las líneas verdes representan lo mismo para las variedades. Aquí se ve claramente que la diferencia de rendimiento entre ambientes siempre fue de mayor amplitud que la obtenida entre variedades. A lo largo de todos los años, los rendimientos obtenidos en la RED, oscilaron entre un mínimo de 2332 kg/ha y un máximo de 5141 kg/ha para las variedades, mientras que la variación de rendimiento entre el mínimo y máximo ambiente fue ampliamente superior, desde 1602 a 6186 kg/ha.

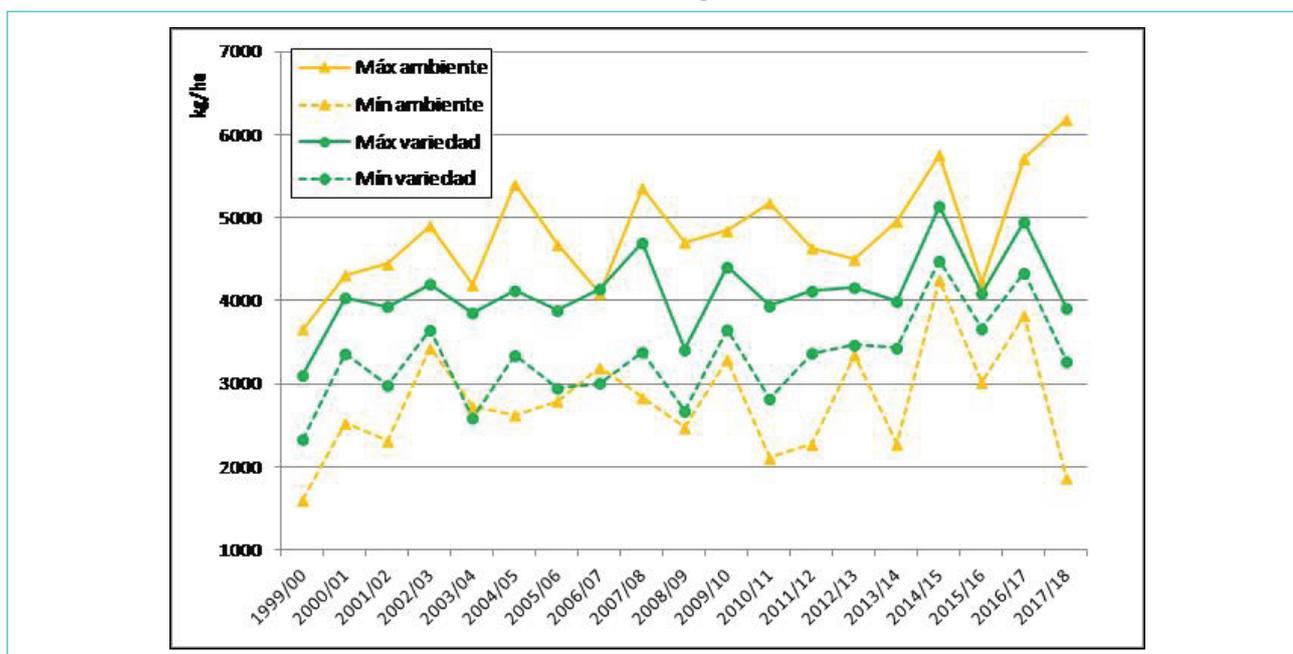


Figura 4: Evolución de los rendimientos máximo y mínimo de las variedades y los ambientes evaluados en la RED EEA Oliveros, desde la campaña 1999/2000 a 2017/2018.





Como mencionamos anteriormente, esta variación del rendimiento del cultivo de soja observada dentro y/o entre años, puede explicarse a partir de efectos del genotipo o variedad, del ambiente y de su interacción. Generalmente, el efecto ambiental, ocasionado por la influencia de distintos factores climáticos y edáficos en distintas etapas del cultivo, explica la mayor parte de dicha variación (Yan *et al*, 2000; Gerster *et al*, 2002; Dardanelli *et al*, 2006). En estudios basados en esta red, (Bacigaluppo *et al*. 2011), identificaron los factores de clima y suelo que mayor influencia tienen en la variación del rendimiento del cultivo en esta zona.

Con la serie de datos de la RED, se realizó el análisis anual de la varianza para el rendimiento del cultivo

de soja, mostrando que el efecto del ambiente siempre fue el principal factor de variación del rinde, de todas maneras tanto el genotipo como la interacción G x A también resultaron siempre estadísticamente significativos.

El rendimiento promedio de la RED, calculado para cada campaña agrícola como el rinde obtenido por todas las variedades de soja evaluadas en todos los ambientes, osciló entre 2600 a 4800 kg/ha, mostrando una tendencia creciente en el tiempo. En la figura 5 se observa que, a lo largo de todos los años de la RED, las variedades de soja evaluadas en los ambientes allí explorados, mostraron un aumento de rendimiento promedio anual de 47 kg/ha.

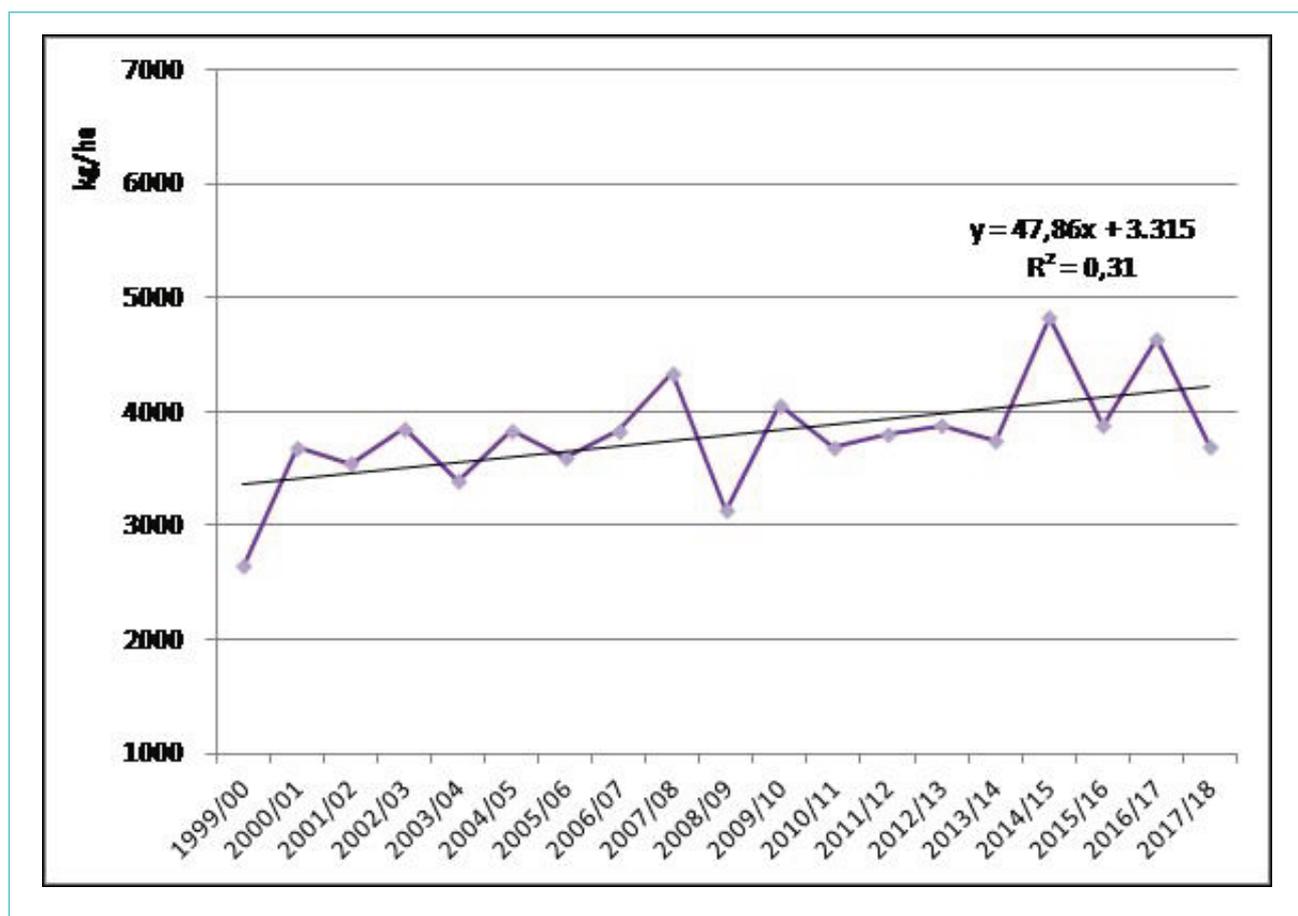


Figura 5: Evolución del rendimiento promedio del cultivo de soja evaluado en la RED EEA Oliveros, desde la campaña 1999/2000 a 2017/2018.





La historia de veinte años de esta RED con las variedades de soja y en los ambientes aquí evaluados, nos estaría indicando que si bien es un desafío, es posible continuar con el aumento de la producción de este cultivo mediante la obtención de mayor rinde por unidad de superficie y no a expensas de mayor cantidad de hectáreas a sembrar. Tanto el mejoramiento de las variedades comerciales como un “buen manejo del ambiente” siguen respondiendo en forma positiva, expresando el aumento buscado en el rendimiento final del cultivo.

Agradecimientos

A las empresas que nos proveyeron anualmente la semilla de las distintas variedades evaluadas. A los productores y/o asesores de los establecimientos donde se implantaron los 230 experimentos. Y especialmente a los técnicos de INTA que iniciaron este trabajo allá por el año 1996 y que formaron parte de esta RED.

Bibliografía

- Bacigaluppo, S.; Bodrero, M.L.; Balzarini, M.; Gerster, 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.
- Balzarini, M.; Bruno, C.; Arroyo, A., 2005. Análisis de Ensayos Agrícolas Multiambientales. Ejemplos de Info-Gen. Ed. ISBN 987-05-0349-7. Córdoba, Argentina. 141 pp.
- Dardanelli, J., Balzarini, M., Martínez, M., Cuniberti, M., Resnik, S., Ramunda, S., Herrero, R., Baigorri, H., 2006. Soybean maturity groups, environments and their interaction define mega-environments for seed composition in Argentina. *Crop Sci.* 46, 1939–1947.
- 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.
- Gerster, G., Gargicevich, A., Cordone, G., González, C., 2002. Factores edáficos y prácticas culturales asociadas al rendimiento de soja. XVIII Congreso Argentino de las Ciencias del Suelo, p. 297.
- Yan, W.; Hunt, L.A.; Sheng, Q. y Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597-605.

