

## Análisis del comportamiento de cultivares comerciales de soja en el noroeste argentino

José R. Sánchez\*, Mario R. Devani\*, Fernando Ledesma\*,  
Daniela R. Pérez\*\*, Daniel E. Gamboa\* y L. Daniel Ploper\*\*\*

### RESUMEN

Para alcanzar el máximo potencial de rendimiento en soja (*Glycine max* L.) en el noroeste argentino (NOA), se debe utilizar el mejor paquete tecnológico disponible, siendo los materiales genéticos elementos fundamentales. Por ello, es de suma importancia conocer el comportamiento de las diferentes variedades en la región. Los datos de la Red de Evaluación de Variedades Comerciales de Soja del NOA fueron utilizados para evaluar el impacto del ambiente en el rendimiento de diferentes variedades.

El análisis determinó primero la conducta de los cultivares en ambientes previamente clasificados como favorables y desfavorables, según su rendimiento medio. Se observó que los cultivares A 6401 RG, A 8100 RG y Munasqa RR, entre otros, rindieron por encima de la media sólo en ambientes desfavorables, mientras que A 7636 RG superó a la media solamente en ambientes favorables. El estudio también reveló variedades con altos rendimientos en ambos ambientes (A 8000 RG, AW 7110 RR, DM 6200 RR, entre otras) y cultivares cuyo rendimiento en ningún caso fue superior a la media.

El análisis también permitió clasificar los cultivares según su grado de estabilidad o adaptación a diferentes situaciones de cultivo. Se identificó a los materiales Munasqa RR, A 8100 RG, A 6401 RG y A 4910 RG como **estables**, con rendimientos mayores a la media en ambientes desfavorables. Los cultivares A 8000 RG y A 7636 RG fueron categorizados como **adaptables** (destacándose especialmente el primero de ellos), ya que sus rendimientos fueron buenos o aceptables en todas las situaciones estudiadas.

**Palabras clave:** *Glycine max* L., variedades, estable, adaptable, grupos de madurez, índice ambiental.

### ABSTRACT

#### Analysis of the behaviour of soybean commercial varieties in northwestern Argentina

In order to achieve soybean (*Glycine max* L.) maximum reachable yield levels in northwestern Argentina, it is crucial to use the most advanced technology. Genetics plays a fundamental role, so it is highly important to study the behaviour of different soybean varieties available in the region. Six-season data from "Red de Evaluación de Variedades Comerciales de Soja del Noroeste Argentino" (Commercial Soybean Cultivars Evaluation Network in Northwestern Argentina) were used to determine the impact of different environments on yield level in each variety.

The behaviour of the varieties was first assessed in terms of their average yields in environments previously labelled as favourable and unfavourable. A 6401 RG, A 8100 RG and Munasqa RR varieties, among others, usually showed yields above-average only in unfavourable environments, whereas A 7636 RG had a higher yield than average only in favourable environments. A 8000 RG, AW 7110 RR and DM 6200 RR varieties, among others, showed yield levels above average in both types of environment, while varieties such as A 4910 RG and NA 7708 RG showed yields below average.

Varieties were also classified according to their adaptability to different environments. A 4910 RG, Munasqa RR, A 8100 RG and A 6401 RG varieties were labelled as **stable**, with yields above average in unfavourable environments. On the other hand, A 7636 RG and A 8000 RG varieties were classified as **adaptable**, with the former being worth highlighting, because its yield was either acceptable or good in all the environments considered.

**Key words:** *Glycine max* L., cultivar, stable, adaptable, maturity groups, environmental index.

---

\* Sección Granos, EEAOC. [granos@eeaoc.org.ar](mailto:granos@eeaoc.org.ar).

\*\* Sección Economía y Estadísticas, EEAOC.

\*\*\* Sección Fitopatología, EEAOC.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la soja (*Glycine max* L.) es uno de los más importantes en el noroeste argentino (NOA), tanto por la superficie cultivada (1.064.930 ha en la campaña 2007/2008) (Devani *et al.*, 2008), como por la generación genuina de divisas a través de la exportación de porotos de soja y subproductos con valor agregado (aceite, torta y harina). Esta oleaginosa se cultiva en la zona desde la década de 1960 y su superficie se incrementó campaña tras campaña, con una tasa de crecimiento del 16,2% anual, principalmente por la excelente rentabilidad alcanzada, y por la expansión de la frontera agrícola hacia zonas de menores precipitaciones.

Este crecimiento tomó notoriedad a partir del año 2000, debido a la introducción de la soja transgénica Round-Up-Ready (RR) (Devani *et al.*, 2007) y a la adopción de la siembra directa (SD) en el país. A su vez, la producción por hectárea en el NOA tuvo una tasa de crecimiento del 18,7% anual desde 1970 (Devani *et al.*, 2007). Ese año, el rendimiento fue de aproximadamente 1,22 t/ha (Devani *et al.*, 2007), siendo en la actualidad de aproximadamente 2,75 t/ha (Devani *et al.*, 2009).

Este gran avance fue dado principalmente por el paquete tecnológico utilizado, siendo los elementos más importantes del mismo los siguientes: uso y conservación eficiente del agua (siembra directa, cobertura, rotaciones, fechas de siembra, etc.), uso apropiado de la genética varietal disponible (transgénesis, grupos de madurez, variedades, hábito de crecimiento, etc.), nutrición (fertilización, inoculación) y control de la sanidad (malezas, plagas y enfermedades), entre otros. La genética, aunque un factor más en el paquete tecnológico disponible actualmente, es de vital importancia y debe ser tenida muy en cuenta en la planificación del cultivo, ya que tiene gran repercusión en los rindes alcanzables. El crecimiento del área cultivada estuvo acompañado por el establecimiento de semilleros privados, con liberación frecuente de variedades, sobre las que no se dispone de suficiente información en cuanto a comportamiento y adaptación local. Dicha información proviene generalmente de ensayos en macroparcels sin repetición, situación que limita la posibilidad de su análisis. Además, la existencia de una fuerte interacción genotipo – ambiente en el caso de la soja, requiere el uso de una metodología que permita evaluar la estabilidad de los cultivares a través de los ambientes. Se proponen y utilizan diferentes métodos para determinar variedades de adaptabilidad amplia y específica, con resultados dispares entre sí. Contemplando al ambiente como estimador de la potencialidad de los genotipos, dos métodos se seleccionaron para analizar los datos y para comparar la similitud de los resultados entre ambos. Uno de ellos ofrece información cuantitativa de las variedades (a lo largo de una amplia gama de ambientes), mientras que el otro aporta

información solamente cualitativa (al discriminar solamente en dos tipos de ambientes).

Los datos obtenidos de la Red de Macroparcels del NOA que coordina la Sección Granos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC), se analizan clasificando a las variedades evaluadas según su desempeño en situaciones desfavorables (promedio de rendimientos menor a la media de los ambientes, o media ambiental baja) y favorables (promedio de rendimientos mayor a la media de los ambientes, o media ambiental alta), dadas por los diferentes ambientes. El conocimiento del comportamiento de las variedades en las distintas situaciones de la región es un aporte muy importante que ayudaría a ubicarlas en diferentes áreas o nichos agroecológicos donde expresen su mayor potencial productivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con los datos obtenidos durante seis campañas (desde 2000/2001 hasta 2005/2006) en la Red de Evaluación de Variedades Comerciales en Macroparcels del NOA que coordina la EEAOC, a través del Programa Granos. El número de materiales evaluados por campaña osciló entre 40 y 50, en 17 localidades representativas de las principales áreas sojeras (entre las latitudes 22° S y 28° S y las longitudes 63° O y 65° O, comprendiendo la provincia de Tucumán, el centro y norte de Salta, el oeste de Santiago del Estero y el sudeste de Catamarca).

Las macroparcels se plantaron separando las variedades de grupos cortos (IV, V y VI) de las variedades de grupos largos (VII y VIII), ambas con un espaciamiento de siembra de 0,52 metros entre líneas. El tamaño de cada parcela osciló entre las 9 y 18 líneas, con un mínimo requerido de aproximadamente 200 metros de largo para cada variedad. En todas las localidades se utilizaron testigos diferentes para materiales de grupo de madurez (GM) cortos y largos, los cuales estuvieron intercalados cada una cantidad variable de variedades evaluadas. La cosecha se realizó con trilladoras para cultivo comercial, disponibles en cada campo, tomando humedad al momento de la cosecha y realizando las correcciones de peso a 13,5% de humedad en grano. Para el procesamiento de los datos se calculó un índice de normalización (IN), cuyo objetivo fue estandarizar los rendimientos observados según el comportamiento del testigo. Dicho índice surge de la semisuma de los testigos pareados, dividida en el promedio general del testigo para cada localidad. Posteriormente, se determinó el rendimiento normalizado de cada variedad mediante el cociente entre el rendimiento observado y el IN (Devani *et al.*, 2001).

Con los datos de rendimientos normalizados obtenidos en estos ensayos, se procedió a la realización de dos tipos de análisis: a) rendimientos relativos según el **índice ambiental** (IA) y b) estabilidad de las variedades.

### a) Rendimientos relativos según el índice ambiental

Definiendo al ambiente como el conjunto de condiciones edafoclimáticas, sanitarias y de manejo, en este trabajo cada localidad-campaña queda definida como un ambiente diferente (Tabla 1).

Primero se calificó cada uno de los ambientes como favorables y desfavorables a través del **índice ambiental**, que se puede definir como una estimación del potencial de rendimiento de cada ambiente (Vallejo Cabrera y Estrada Salazar, 2002). Promediando el rendimiento de las variedades presentes en la gran mayoría de las situaciones (A 4910 RG, A 6401 RG, A 7636 RG, A 8000 RG, A 8100 RG y Munasqa RR) para cada ambiente, se obtuvo un promedio ambiental. A su vez, el promedio general de estos valores ambientales se restó a cada promedio ambiental, obteniéndose así el IA correspondiente. Este IA puede ser negativo o positivo; en el primer caso, el ambiente es calificado como desfavorable, mientras que en el segundo, el ambiente evaluado es calificado como favorable.

Una vez calificados los ambientes, se evaluó el comportamiento de los cultivares en cada uno de ellos. Esto se realizó a través del **índice relativo (IR)** (relación que existe entre el rendimiento del cultivar y el rendimiento promedio del ambiente por 100), de modo que valores de IR mayores a 100 indican que el rendimiento de la variedad se ubica por encima del rendimiento promedio del ambiente considerado, mientras que valores menores de 100 indican que el rendimiento está por debajo del mencionado rendimiento promedio.

A continuación, se promediaron los IR de cada variedad en los ambientes favorables y desfavorables, para poder observar el comportamiento de cada uno de los cultivares en ambas situaciones.

### b) Estabilidad de las variedades

Esta metodología caracteriza a los ambientes a través del rendimiento medio del conjunto de variedades probadas en ellos y, con esta información, determina la estabilidad de cada una de ellas en función de la caída en su rendimiento por cada unidad de merma en el potencial pro-

ductivo del ambiente (pendiente de la relación lineal entre rendimiento y nivel de producción de cada ambiente probado) (Uhart y Correa, 2001).

Para entender este análisis, es conveniente definir los conceptos de estabilidad y adaptabilidad. Se entiende por estabilidad la capacidad homeostática de la variedad frente a modificaciones del ambiente. Las variedades **estables** generan una recta de regresión de pendiente (b) inferior o similar a 1 (por ejemplo, si  $b=0,8$ , la variedad aumenta 0,8 kg/ha cuando la calidad del ambiente aumenta 1 kg/ha). En tanto que será **adaptable** aquella variedad que sea capaz de dar mayores respuestas a condiciones crecientes de calidad ambiental. Los cultivares adaptables muestran una pendiente mayor a 1 (por ejemplo, en  $b=1,2$ , la variedad aumenta su rendimiento en 1,2 kg/ha cuando el ambiente aumenta su calidad en 1 kg/ha) (Ermacor, 2006).

A partir de los datos de rendimientos normalizados de variedades representativas (A 4910 RG, A 6401 RG, A 7636 RG, A 8000 RG, A 8100 RG y Munasqa RR), se trazaron las rectas de regresión lineal, que representan el rendimiento de cada material respecto al promedio de cada ambiente considerado (Tabla 2). Los rendimientos se ordenaron de menor a mayor según la calidad ambiental (medida anteriormente a través del IA).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Rendimientos relativos según el índice ambiental

Los materiales A 4910 RG, A 6401 RG, A 7636 RG, A 8000 RG, A 8100 RG y Munasqa RR, por encontrarse en todos los ambientes evaluados, son los que ofrecen parámetros estadísticos más confiables. Las variedades A 8000 RG y AW 7110 RR manifestaron alta plasticidad, ya que superan tanto en ambientes favorables como desfavorables a la media (Tabla 3). Con un menor número de evaluaciones, pero con igual comportamiento en los diferentes ambientes, se encuentran los cultivares DM 6200 RR y A 6019 RG. Se deben destacar de igual manera, Munasqa RR, A 6401 RG y A 8100 RG, ya que presentan valores

Tabla 1. Localidades y campañas utilizadas para el análisis de rendimientos relativos según Índice Ambiental.

Localidad	Provincia	Campañas
Garmendia	Tucumán	2001/2002, 2002/2003, 2004/2005, 2005/2006
La Cocha	Tucumán	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006
La Virginia	Tucumán	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2004/2005, 2005/2006
Lajitas Oeste	Salta	2000/2001, 2001/2002, 2003/2004, 2004/2005
Los Altos	Catamarca	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2004/2005
San Agustín (subestación Monte Redondo)	Tucumán	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2004/2005, 2005/2006

**Tabla 2. Localidades y campañas utilizadas para el análisis de estabilidad de las variedades.**

Localidad	Provincia	Campañas
Garmendia	Tucumán	2001/2002, 2002/2003, 2004/2005
La Cocha	Tucumán	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2003/2004, 2004/2005, 2005/2006
La Virginia	Tucumán	2000/2001, 2002/2003, 2004/2005, 2005/2006
Lajitas Oeste	Salta	2000/2001, 2001/2002, 2003/2004, 2004/2005
Los Altos	Catamarca	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2004/2005
San Agustín (subestación Monte Redondo)	Tucumán	2000/2001, 2001/2002, 2002/2003, 2004/2005, 2005/2006

**Tabla 3. Promedios relativos de rendimientos de diferentes variedades de soja en ambientes favorables y desfavorables, en 26 ambientes del NOA.**

Ambientes desfavorables % Prom.	Variedad	Ambientes favorables % Prom.
95	A 4910 RG	98
95	A 5409 RG	97
102	A 6019 RG	104
102	A 6401 RG	98
96	A 6411 RG	100
96	A 7118 RG	91
97	A 7321 RG	92
98	A 7636 RG	102
103	A 8000 RG	105
106	A 8100 RG	99
105	AW 7110 RR	104
105	DM 6200 RR	104
101	Munasqa RR	99
99	NA 7708 RG	96
98	NK Coker 6,8 RR	91
101	NK Coker 7,5 RR	97
88	TJ 2049 RR	94
102	TJ 2068 RR	94

similares a la media en ambientes favorables, pero la superan en ambientes desfavorables, indicando un buen comportamiento en estos últimos. Finalmente se observan materiales que solamente superan a la media en ambientes negativos: NK Coker 7,5 RR y TJ 2068 RR.

**b) Estabilidad de las variedades**

En todos los casos (Figura 1) se observa que, a medida que aumenta la calidad del ambiente, las respuestas son mayores. Sin embargo, existen diferencias entre las variedades, dado que unas responden en forma más

marcada que otras, es decir que presentan mayores pendientes de la recta de regresión.

Las variedades A 7636 RG y A 8000 RG son consideradas adaptables, pues tienen una pendiente superior a 1, lo cual indica un gran potencial en ambientes favorables. Esto ya se había determinado en el análisis a (Tabla 3), donde estas variedades muestran valores relativos mayores a 100% en ambientes favorables. El resto de los materiales (A 4910 RG, A6401 RG, Munasqa RR y A 8100 RG), al tener una pendiente similar o menor a la unidad, se califican como estables. Estos presentan los mejores rindes en ambientes desfavorables. Además logran buenos rendimientos en ambientes favorables, aunque menores a los obtenidos por las variedades adaptables. Su comportamiento también fue comprobado por los valores de la Tabla 3. Cabe recalcar que A 8000 RG, además de ser adaptable (pendiente = 1,11), es un material de adaptación general, ya que no presenta una depresión muy marcada de los rendimientos en ambientes desfavorables, manteniendo una productividad relativamente alta en ellos. Esto justifica que sea la variedad más sembrada en el NOA, ocupando en las campañas 2006/2007 y 2007/2008 aproximadamente 40% del total de la superficie sembrada con soja en el NOA.

En la Tabla 4 se exhiben, para cada uno de las variedades analizadas, los valores de: pendiente (valor **b** de la fórmula de la línea de regresión); R<sup>2</sup>; rendimiento promedio en kg/ha y calificación según la pendiente, de seis variedades en 28 ambientes, obtenidos a partir de seis campañas agrícolas en el NOA.

A partir de estos datos se confeccionó la Figura 2, donde se observa que las variedades estables se ubican por debajo de la recta horizontal (A 6401 RG, Munasqa RR y A 8100 RG), que corresponde a un valor de pendiente igual a 1, y los adaptables se encuentran por encima de la misma (A 7636 RG y A 8000 RG); en tanto que la recta vertical representa el rendimiento promedio para los ambientes considerados, a fin de distinguir materiales de mayor potencial de rendimiento. Teniendo en cuenta este criterio, se puede inferir que los más adecuados para la mayoría de los ambientes serían los que se ubican en el cuadrante inferior-derecho, es decir aquellos estables y de altos ren-

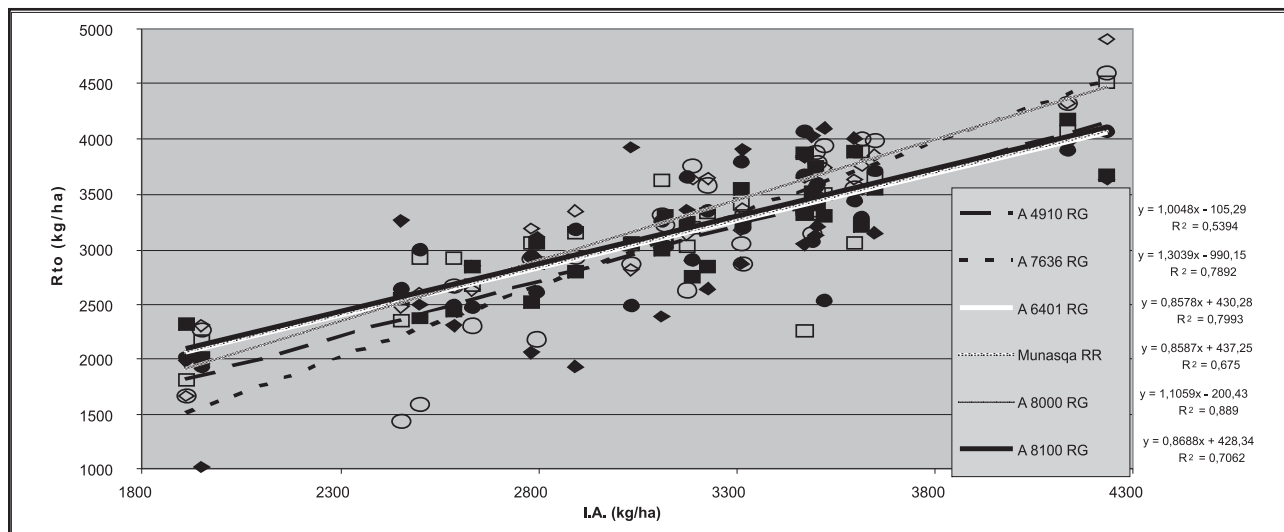


Figura 1. Rendimiento en kg/ha de cada variedad y regresión lineal de este respecto al rendimiento promedio de cada uno de los 28 ambientes considerados del NOA.

Tabla 4. Valores de pendiente, R<sup>2</sup>, rendimiento promedio en kg/ha y calificación según la pendiente, de seis variedades en 28 ambientes del NOA.

Variedad	Pendiente	R <sup>2</sup>	Promedio	Calificación
A 4910 RG	1,00	0,54 *	3059	estable
A 7636 RG	1,30	0,79 *	3116	adaptable
A 6401 RG	0,86	0,80 *	3131	estable
Munasqa RR	0,86	0,68 *	3141	estable
A 8000 RG	1,11	0,89 *	3282	adaptable
A 8100 RG	0,87	0,71 *	3164	estable

\*: significativo al 5%.

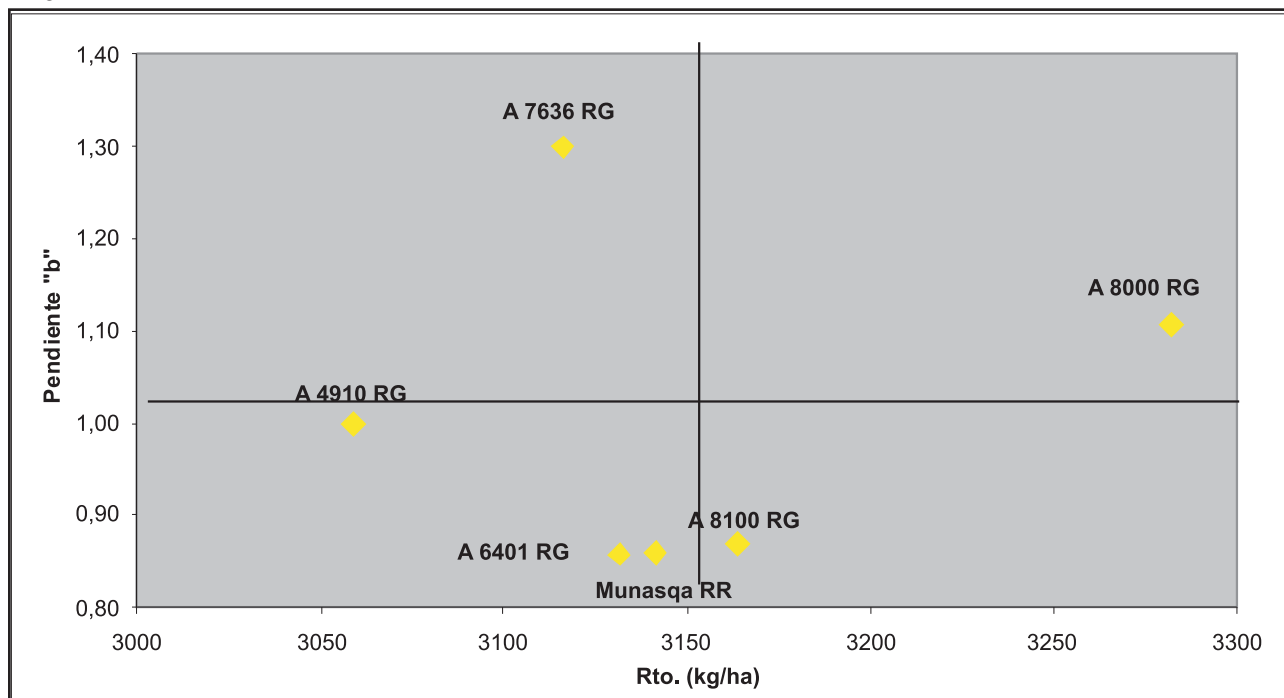


Figura 2. Relación entre rendimientos promedio y pendientes de la recta de regresión de seis variedades de soja en 28 ambientes del NOA.

dimientos. En tanto que los que se ubican en el cuadrante superior-derecho, aunque también presentan un alto potencial de rendimiento, serían más específicos para ambientes favorables.

### CONCLUSIONES

- Ambos análisis coinciden en la determinación de los materiales estables (a excepción de A 4910 RG) y materiales adaptables (tanto específicos como generales).
- Las diferentes variedades, aun pertenecientes a igual GM, responden de una manera diferente a cada ambiente, lo que pone de manifiesto (como en otras zonas del país) la fuerte interacción genotipo-ambiente que se produce en la región del NOA.
- Existen variedades de adaptabilidad general, las cuales presentan rendimientos superiores a las medias de los distintos ambientes. Ejemplos de materiales de adaptabilidad general son AW 7110 RR y A 8000 RG, cuyos rendimientos son superiores al promedio en numerosos ambientes.
- Existen variedades de adaptabilidad específica, es decir, aquellas que expresan mejor su potencial productivo en determinadas zonas o condiciones. El cultivar A 7636 RG responde a este tipo de comportamiento, ya que presenta muy buena capacidad para aumentar significativamente sus rendimientos en ambientes favorables, pero sin superar a la media en situaciones desfavorables.
- Materiales como A 6401 RG, Munasqa RR y A 8100 RG, poseen gran estabilidad, siendo sus comportamientos opuestos al de A 7636 RG, por tener rendimientos superiores a la media en ambientes desfavorables. Son los llamados **materiales defensivos**. Sus rendimientos en ambientes favorables son considerados buenos, aunque se encuentran por debajo de las variedades adaptables.
- Ambos análisis, al considerar como ambientes a la combinación campaña-localidad, permiten el estudio de

variedades a pesar de que el recambio de las mismas sea continuo, y de que el estudio se lleve a cabo en ensayos sin repeticiones.

- Al coincidir ambas metodologías en los resultados, se sugiere el uso de la de estabilidad de las variedades, debido a su mayor peso estadístico, por presentar gráficos para su comprensión y por otorgar datos cuantitativos o de naturaleza continua.

### BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Devani, M. R.; F. Ledesma; J. M. Lenis; L. D. Ploper; M. B. García; M. A. Zamorano; D. Gamboa; M. C. Hasán; G. López; C. Lamelas y J. Valderrábano. 2001.** Red de evaluación de cultivares de soja para el NOA. Resultados de la campaña 2000/2001. Publ. Esp. EEAOC (21), Las Talitas, Argentina.
- Devani, M. R.; F. Ledesma y J. R. Sánchez. 2008.** El cultivo de la soja en el noroeste argentino. Campaña 2007/2008. Publ. Esp. EEAOC (36). Las Talitas, Argentina.
- Devani, M. R.; D. R. Pérez; F. Ledesma and L. D. Ploper. 2009.** Soybean production in northwestern Argentina, evolution and current state (poster). World Soybean Research Conference, 8. Beijing, China, 2009.
- Devani, M. R.; L. D. Ploper y D. Pérez. 2007.** Producción de soja en el noroeste argentino. AgroMercado, Cuadernillo Clásico (141): 21-28.
- Ermacor, M. 2006.** Cómo elegir un híbrido de maíz. Revista CREA 36 (309): 56-64.
- Uhart, S. A. y R. O. Correa. 2001.** Criterios para la elección del híbrido (primera parte). AgroDecisiones 6 (31): 16-19.
- Vallejo Cabrera, F. A. y E. I. Estrada Salazar. 2002.** Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.