

Cultivares de soja: potencial y estabilidad de rendimiento en Entre Ríos y Corrientes. Actualización 2021

Santos D.J.¹, Arias N.M.⁵, Pereira M.M.², Figueroa E.³, De Battista J.J.⁴
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
¹Estación Experimental Agropecuaria Paraná, Departamento Producción
²Estación Experimental Agropecuaria Corrientes
³Estación Experimental Agropecuaria Mercedes
⁴Estación Experimental Agropecuaria Concepción del Uruguay
⁵Actividad Privada

El área sembrada con soja entre los ciclos agrícolas 2017/18 a 2019/20 fue leve y progresivamente decreciente en Argentina, con 17,3, 17,0 y 16,9 millones de hectáreas. Los rendimientos, sujetos fuertemente a la condición hídrica en la gran superficie bajo secano, fueron 23, 33 y 29 q ha⁻¹, respectivamente.

En Entre Ríos 1,30, 1,18 y 1,16 millones de hectáreas se sembraron en esos tres ciclos agrícolas sucesivos, con rendimientos variables entre sí, de 12, 28 y 22 q ha⁻¹, respectivamente. En ambos distritos, nación y provincia, se observó una misma tendencia: aumentó progresivamente el porcentaje de soja de segunda; en Entre Ríos, el mismo fue 28, 37 y 39 % del área sojera en 2017/18, 18/19 y 19/20, respectivamente.

En Corrientes, en dichas campañas, se sembraron 2000, 5190 y 5190 ha en las campañas 2017/18, 2018/19 y 2019/20, respectivamente; en ese orden, los rendimientos fueron 20, 26 y 25 q ha⁻¹; y, recién en la última de esas campañas, se sembró soja de segunda (14% de la superficie total).

El **rendimiento potencial (RP)** de un cultivo en un ambiente se obtiene cuando al cultivar con mayor potencial de rendimiento se lo maneja de tal manera que le permita i) utilizar al máximo los recursos de dicho ambiente, ii) minimizar las limitaciones de agua y/o nutrientes y iii) neutralizar la incidencia de plagas, enfermedades, malezas, vuelco y otras limitantes. Apuntar al rendimiento potencial en un ambiente implica entonces a) encontrar el cultivar con máximo potencial de rendimiento y b) darle un manejo que lo conduzca a expresarlo. Cuando en una región se cultiva predominantemente en secano, se puede definir entonces, un nivel inferior a RP, que admita limitaciones de agua: el **rendimiento potencial en secano (RPs)**.

Tanto RP como RPs son dinámicos:

- cambian *en el espacio*: para un mismo cultivo y cultivar, en una misma campaña, distintas localidades determinan diferentes RP y RPs;

- y cambian *en el tiempo*: en una misma localidad, entre campañas, tanto pequeños cambios de mediano y largo plazo en la temperatura, radiación incidente y concentración de CO₂, como avances del mejoramiento, provocarán cambios en aquellos niveles teóricos.

El **rendimiento potencial de un cultivo** y el **potencial de rendimiento de un cultivar** son dos caras de la misma moneda: un mayor rendimiento en de un genotipo nuevo, repercute aumentando el rendimiento del cultivo en su conjunto. Nuevos *cultivares, con mayor potencial de rendimiento*, “empujan al techo” del *rendimiento potencial del cultivo*.

Manejo y mejoramiento interactúan para el crecimiento de la productividad. Varios trabajos dan cuenta de la parte del progreso de rendimiento que es atribuible al mejoramiento en soja en Argentina, la ganancia genética: esta disciplina es responsable de hasta un 60 % del progreso de rendimiento (Santos *et al.*, 2006 y 2017; Santos, 2019).

Como fruto del mejoramiento, cada año se inscriben numerosos cultivares de soja. Para su evaluación, se utilizan ensayos comparativos de rendimiento (ECR) en red. Éstos, por ser *comparativos*, permiten conocer el **potencial de rendimiento** en secano de los cultivares y establecer un ranking; y, al conducirse *en red*, habilitan la estimación de su **estabilidad del rendimiento** entre ambientes.

El grupo de ECR más importante en nuestro país es la Red de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja (RECSO) conducida por INTA en convenio con la ASA. Durante el ciclo agrícola 2020/21 el 34 % de los cultivares testeados lo fueron por primera vez.

La elección de cultivares se basa habitualmente en su *disponibilidad comercial* y *potencial de rendimiento* (tablas RECSO); quien va a sembrar, sabiendo qué materiales traerá su proveedor habitual, consulta los resultados de la red de ECR viendo qué cultivar de los disponibles rindió más, especialmente en la localidad de esa red más cercana a su lugar de siembra.

Desde las EEAs Corrientes, Mercedes, Concepción del Uruguay y Paraná del INTA se estima y propone, como herramienta de elección, un tercer criterio: la *estabilidad del rendimiento*. A partir de muchos datos de la RECSO, y en base a metodología estadística ya clásica (Finlay y Wilkinson 1963), se generó un índice de estabilidad, sencillo y fácil de comprender (Santos *et al.*, 2005, 2011).

¿Cómo se realizó la experiencia?

Cada ensayo de la RECSO está constituido por un conjunto de cultivares de un mismo grupo de madurez (GM) sembradas en un mismo ambiente. En los cinco ciclos agrícolas analizados (2016/17 a 2020/21), los ambientes fueron 37, en las localidades de Corrientes, Mercedes, Yuquerí, San Salvador, Herrera, General Almada, Paraná, Crespo y Victoria. En Paraná se contó con dos ambientes por campaña, replicando los ensayos de GM 4 Largo o más, en una fecha tardía. A partir de esta base, se trabajó con 3073 promedios de rendimiento de 245 cultivares agrupadas en los grupos de madurez 3 Largo a 8.

Como en publicaciones anteriores, se estimó el potencial y la estabilidad de rendimiento para cada cultivar.

El **potencial** promedio fue obtenido al promediar todos los rendimientos absolutos y relativos a la media del ensayo, que cada cultivar “traía” de los ensayos donde participó.

La **estabilidad** se estimó a partir de la “pendiente b” de la recta que, para cada cultivar, relacionó los rendimientos obtenidos en los distintos ambientes y el rendimiento promedio de esos ambientes.

Las pendientes “b” suelen oscilar entre 0,7 y 1,3, aunque, en la mayoría de los casos son no diferentes a 1 (cultivares de rendimiento **estable**). Si bien a los materiales cuya pendiente estimada se acerca a los extremos 0,7 o 1,3 se los considera de rendimiento **inestable**, es más adecuado denominarlos cultivares “con adaptación específica”. Si la pendiente es menor a 1, son adaptados a ambientes de menor calidad, usualmente con menor oferta hídrica (ejemplo año Niña), mientras que los de pendiente mayor a 1, pueden ser recomendados para ambientes opuestos: suelos profundos, barbechos con gran recarga hídrica, año Niño o en sistemas bajo riego.

En esta publicación se presentan solo los cultivares que mostraron potencial de rendimiento de mediano a alto: rendimientos relativos promedio > a 102%; éste índice figura como rendimiento Rel (%).

Los cultivares seleccionados, agrupados previamente en cuatro grandes grupos (precoces, semi precoces, semitardíos y tardíos) se presentan, a su vez, en orden creciente de “pendiente b”. Esto figura como [Valor](#).

¿Qué resultados se obtuvieron?

Los rendimientos promedio (o índice ambiental IA) oscilaron entre extremos de 4818 y 805 kg/ha, según el ambiente y el GM considerado. Los rendimientos mayores a los 45 q ha⁻¹ se observaron en las campañas 2016/17, con los GM 7C y 7L_8 en Villa Mantero y el GM 6 en General Almada; y durante la campaña 2018/19, con los GM 3L, 4C y 6 en Villa Mantero y el GM 5L en General Almada y en Victoria.

A su vez, los ensayos con rendimientos entre 10 y 8 q ha⁻¹ se registraron en su totalidad, durante la campaña 2017/18: el GM 5L en Paraná, fechas temprana y tardía; los GM 4C, 4L, 5C y 7L_8 en Villa Mantero; y los GM 5C y 6 en San Salvador.

Tabla 1. Cultivares precoces testeados en ensayos RECSO entre 2016/17 y 2020/21, su grupo de madurez (GM), la cantidad de ambientes donde participaron (N), su rendimiento promedio absoluto (Abs) y relativo a la media del GM (Rel) y el valor como la diferenciación respecto a 1 de su coeficiente de estabilidad (b)

Cultivar	Semillero	GM	N	Rendimiento medio		Coeficiente b	
				Abs.	Rel.	Valor	¿dif con 1?
MS 44IPROSTS	Macroseed	4C	4	3833,7	110,3	0,595	ns
DM 3815IPROSTS	GDM	3L	9	3083,9	107,0	0,997	ns
37MS01	Macroseed	3L	9	3274,4	105,8	1,008	ns
SY 3X7RR	Syngenta	3L	9	3012,9	103,6	1,017	ns
RA 3916	Santa Rosa	3L	6	3275,8	103,6	1,019	ns
NS 4309	Nidera	4C	17	2972,0	103,8	1,037	ns
MS 40IPRO	Macroseed	4C	4	3759,1	107,5	1,058	0,085
AW 3806IPRO	Bayer	3L	8	2689,2	105,4	1,072	ns
AW 4326IPRO	Bayer	4C	13	3024,5	105,7	1,115	0,028
SRM 4222	Sursem	4C	4	3568,4	101,9	1,120	ns
NS 4089	Nidera	4C	4	1778,1	106,7	1,123	ns

Tabla 2 Cultivares semiprecoces testeados en ensayos RECSO entre 2016/17 y 2020/21, su grupo de madurez (GM), la cantidad de ambientes donde participaron (N), su rendimiento promedio absoluto (Abs) y relativo a la media del GM (Rel) y el valor como la diferenciación respecto a 1 de su coeficiente de estabilidad (b)

Cultivar	Semillero	GM	N	Rendimiento medio		Coeficiente b	
				Abs	Rel	Valor	¿dif con 1?
4x5 SYNRR	Syngenta	4L	5	2761,3	106,3	0,755	0,020
DM 46i20IPROSTS	GDM	4L	10	2727,7	108,8	0,822	0,101
LG 5365STS	Limagrain	5C	10	2740,9	104,0	0,892	ns
BIOCERES 451	Bioceres	4L	26	2721,7	101,5	0,899	0,074
NS 5030 IPROSTS	Nidera	5C	9	2627,4	102,3	0,906	ns
DM 52R19	GDM	5C	10	2702,9	102,4	0,908	ns
CZ 4721STS	Basf	4L	5	2707,5	103,2	0,932	ns
CZ 5407IPRO	Basf	5C	22	2891,9	112,2	0,936	ns
NS 5421STS	Nidera	5C	5	2945,8	102,9	0,945	ns
NS 4619IPROSTS	Nidera	4L	16	2884,5	101,6	0,955	ns
DM 50i17IPROSTS	GDM	5C	29	2924,0	105,1	0,956	ns
IS 520RR1STS	Illinois	5C	10	2822,4	106,9	0,964	ns
DM 5351RSF	GDM	5C	19	2939,4	101,8	0,972	ns
ACA 5350GR	ACA	5C	19	2929,0	101,9	0,988	ns
BIOCERES 521	Bioceres	5C	22	2579,3	102,4	0,990	ns
HS 50140	Seedcorp Horus	5C	6	3624,5	109,0	0,992	ns
CZ 4505STS	Basf	4L	20	2846,0	102,5	1,008	ns
AW 4736IPRO	Bayer	4L	21	2834,9	103,5	1,009	ns
BIOCERES 491	Bioceres	4L	26	2861,6	105,4	1,011	ns
VT 4994	Dolinkue	4L	20	2995,3	108,0	1,014	ns
NK 52x21STS	Syngenta	5C	5	3118,6	108,8	1,017	ns
LG 4735STS	Limagrain	4L	5	2872,5	108,9	1,020	ns
NS 5419IPRO	Nidera	5C	19	2963,0	102,6	1,023	ns
CZ 497	Basf	4L	22	2871,2	107,1	1,027	ns
AW 4927IPRO	Bayer	4L	16	2760,5	109,4	1,031	ns

DM 46i17IPRO	GDM	4L	22	2800,4	103,7	1,037	ns
SY 4X9RR	Syngenta	4L	20	2913,9	104,4	1,072	ns
SY 5X1RR	Syngenta	5C	29	2916,6	102,8	1,077	0,088
CZ 4918	Basf	4L	11	3340,6	106,0	1,083	ns
DM 53i53IPRO	GDM	5C	29	2946,5	103,4	1,087	ns
ACA 5020IPRO	ACA	5C	23	2785,9	102,8	1,093	0,049
49X20 IPROSTS	Syngenta	4L	9	2613,7	105,4	1,096	ns
53MS01 IPRO	Macroseed	5C	24	3172,5	113,3	1,098	0,063
DM 4915IPROSTS	GDM	4L	5	3616,3	107,8	1,147	ns
AW 4610IPRO	Bayer	4L	5	2814,2	105,1	1,166	ns

Tabla 3. Cultivares semitardíos testeados en ensayos RECSO entre 2016/17 y 2020/21, su grupo de madurez (GM), la cantidad de ambientes donde participaron (N), su rendimiento promedio absoluto (Abs) y relativo a la media del GM (Rel) y el valor como la diferenciación respecto a 1 de su coeficiente de estabilidad (b).

Cultivar	Semillero	GM	N	Rendimiento medio		Coeficiente b	
				Abs	Rel	Valor	¿dif con 1?
DM 6563RSFIPRO	GDM	6_	5	3682,1	103,2	0,758	0,096
DM 55R20STS	GDM	5L	14	2584,3	101,5	0,789	ns
SY 6X8IPRO	Syngenta	6_	32	2835,2	101,8	0,875	0,033
CZ 5905IPROSTS	Basf	5L	7	3308,7	102,0	0,923	ns
BIOCERES 591	Bioceres	5L	6	1577,2	109,1	0,940	ns
DM 5958RSFIPRO	GDM	5L	22	3031,0	106,8	0,941	ns
LG 6124STS	Limagrain	6_	11	2087,3	105,9	0,944	ns
NS 6538IPRO	Nidera	6_	15	3012,7	109,1	0,961	ns
DM 68i	GDM	6_	25	2859,9	101,6	0,962	ns
CZ 5907IPRO	Basf	5L	29	2678,6	102,8	0,973	ns
DM 66R69STS	GDM	6_	23	2888,4	102,1	0,975	ns
SYN 1561IPRO	Syngenta	5L	29	2648,1	106,8	0,982	ns
NS 6859IPRO	Nidera	6_	24	2881,1	104,0	0,985	ns
CZ 6205	Basf	6_	14	3484,3	102,4	1,000	ns
NS 6909IPRO	Nidera	6_	5	3846,5	105,2	1,004	ns
DM 62R63STS	GDM	6_	32	2903,1	104,6	1,010	ns
DM 67i70RSFIPRO	GDM	6_	25	2785,6	103,4	1,012	ns
SRM 5835IPRO	Sursem	5L	21	2932,3	102,3	1,015	ns
DM 63i64IPROSTS	GDM	6_	31	2939,1	103,1	1,027	ns
59MS01 IPROSTS	Macroseed	5L	29	2833,3	101,5	1,028	ns
NS 6721IPROSTS	Nidera	6_L	7	2921,4	105,8	1,037	ns
MS 69IPRO	Macroseed	6_	24	2985,8	106,6	1,046	ns
BIOCERES 592	Bioceres	6_	27	2865,5	102,4	1,055	ns
Ho 6620IPRO	Seedcorp Horus	6_	18	3316,0	107,6	1,060	ns
RA 5715IPRO	Santa Rosa	5L	28	2893,9	101,8	1,071	0,071
NS 6483	Nidera	6_	24	3045,0	104,1	1,077	0,165
DM 60i62IPRO	GDM	6_	32	3106,3	112,3	1,078	0,096
MS 63IPRO	Macroseed	6_	25	2909,8	102,9	1,082	0,117

ACA 6720IPROTS	ACA	6_L	7	2847,9	102,7	1,092	<i>ns</i>
6211 IPRO	Bayer	6_	25	2903,6	103,3	1,094	<i>0,019</i>
NS 6120IPRO	Nidera	6_C	7	2877,4	102,0	1,095	<i>ns</i>
AW 6320IPRO	Bayer	6_C	7	3071,9	109,9	1,095	<i>ns</i>
Ho 59136IPRO	Seedcorp Horus	5L	29	2959,7	110,8	1,109	<i>0,126</i>
66MS01	Macroseed	6_L	14	2605,2	102,1	1,129	<i>0,138</i>

Tabla 4. Cultivares tardíos testeados en ensayos RECSO entre 2016/17 y 2020/21, su grupo de madurez (GM), la cantidad de ambientes donde participaron (N), su rendimiento promedio absoluto (Abs) y relativo a la media del GM (Rel) y el valor como la diferenciación respecto a 1 de su coeficiente de estabilidad (b)

Cultivar	Semillero	GM	N	Rendimiento medio		Coeficiente b	
				Abs	Rel	Valor	¿dif con 1?
CZ 7521IPRO	Basf	7_8	6	3363,4	110,7	1,003	<i>ns</i>
CZ 7905IPRO	Basf	7L_8	22	2950,1	104,5	1,012	<i>ns</i>
RA 750	Santa Rosa	7C	10	3011,4	103,5	1,077	<i>ns</i>
DM 75i75IPRO	GDM	7_8	18	3068,3	108,0	1,084	<i>ns</i>
NS 7809	Nidera	7L_8	11	3093,7	102,4	1,091	<i>ns</i>
DM 8473RSF	GDM	7L_8	22	2956,1	102,5	1,166	<i>0,016</i>
ACA 7890IPRO	ACA	7L_8	19	2966,9	106,8	1,237	<i>0,016</i>

En síntesis...

La mayoría de los cultivares comerciales se manifestaron como estables (b no diferente de 1), aunque existen cultivares adaptados a situaciones de baja y alta oferta ambiental. En una misma localidad, o incluso región, la época del año en que caen los periodos críticos de cada sub grupo de madurez, enmarca los alcances de esta discriminación entre estables/adaptados a ambientes de alta y baja oferta ambiental. Por lo cual, aplicar este marco conceptual a los GM IV es muy diferente al de los GM VI y a lo de los GM VIII y quizás solo sea especialmente útil con el GM central de una localidad.

Aun así, el uso de un índice sencillo de estabilidad, como el propuesto, acompañado del potencial de rendimiento, es una herramienta útil para la elección de cultivares.

Agradecimiento

La RECSO se enmarca en la Red RIST I 226 del INTA PNCYO.

Para seguir leyendo...

EVANS L.T. and R.A. FISCHER.1999. Yield Potential: Its Definition, Measurement, and Significance. *Crop Science* 39(6):1544-1551.

FINLAY K.W. y G.N. WILKINSON. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Aust. J. Agric. Res.* 14:742-754.

SANTOS D.J., GEAR N. y A.J. de la VEGA. 2017. Soybean genetic gain in Argentina between 1985 and 2014. *En Abstracts: X World Soybean Research Conference, Georgia, USA, Sept 2017.*
LOOMIS, R.S. y D.J. CONNOR 1992. *Crop Ecology. Productivity and Management in Agricultural Systems: Cambridge University Press* 1992.527 p.

SANTOS D.J., ARIAS N. y R. VICENTINI. 2005. Rendimiento y estabilidad de variedades comerciales de soja en Entre Ríos. Período 2001-05. INTA EEA Paraná. Actualización técnica – Soja. Serie Extensión Nº 34:21-33.

SANTOS D.J., ARIAS N., FIGUEROA E. y H.F. PELTZER. 2011. Potencial y estabilidad del rendimiento en soja: dos herramientas para la elección del cultivar a sembrar. INTA EEA Paraná. Actualización Técnica Soja. Serie Extensión N° 62:28-36. ISSN 0325 – 8874.

SANTOS DJ, FERRARI B., FRESOLI D., BERET P., BENAVIDEZ R., VICENTINI R., DELLA MAGDALENA M., MONDINO M., SALAS G., LUSTIG S., ANTONGIOVANI M., DEVANI, M. LIZONDO M., ERAZZU L., SALINES L., BAIGORRI H., NARI C., ROSSI R., DOLINKUE J., WRIGHT R., CURTI L., SANMARTIN O. y A.J. DE LA VEGA. 2006. Ganancia genética en Soja en Argentina entre 1980 y 2000. *En: Actas de Mercosoja 2006*, 26 al 30 de junio, Rosario, Argentina- p. 196-200.

Para más información:

Diego J Santos, santos.diego@inta.gob.ar