

## Cultivares de soja: potencial y estabilidad de rendimiento en Entre Ríos y Corrientes. Actualización 2020

Santos D.J.<sup>1</sup>, Arias N.M.<sup>5</sup>, Pereira M.M.<sup>2</sup>, Figueroa E.<sup>3</sup>, De Battista J.J.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INTA EEA Paraná, <sup>2</sup>INTA EEA Corrientes, <sup>3</sup>INTA EEA Mercedes, <sup>4</sup>INTA EEA Concepción del Uruguay, <sup>5</sup>Actividad Privada

Para un determinado ambiente, el **rendimiento potencial** de un cultivo (RP) se obtiene cuando al mejor cultivar se lo maneja de manera de utilizar al máximo los recursos de dicho ambiente, al tiempo que se minimizan las limitaciones de agua y/o nutrientes y se neutraliza la incidencia de plagas, enfermedades, malezas, vuelco y otras limitantes. El cultivo de soja, en Corrientes y Entre Ríos (aprox. 1,2 millones de ha en 2018/19), se realiza principalmente en seco. Conceptualmente, entonces, se puede definir un nivel inferior al RP que admite limitaciones de agua, el **rendimiento potencial en seco** (RPs).

Esos rendimientos teóricos no son estáticos. Así como cambian en el espacio (distintas localidades proveerán diferentes RP y RPs para un cultivo), también cambian en el tiempo: cambios de mediano y largo plazo en los niveles de temperatura, radiación incidente y concentración de dióxido de carbono conllevarán cambios en RP y RPs, para cada ambiente. También el mejoramiento genético provoca cambios de RP y RPs en el tiempo: nuevos *cultivares con mayor potencial de rendimiento* “empujan al techo” del *rendimiento potencial del cultivo*. Semejando un juego de palabras, potencial de rendimiento de un cultivar, y rendimiento potencial de un cultivo, son dos caras de la misma moneda: el mejor desempeño de un nuevo genotipo tiene la capacidad de mejorar el desempeño del cultivo en su conjunto.

Las mejoras en el manejo del cultivo también influyen en el aumento de los rendimientos. La interacción entre manejo y mejoramiento constituyen un círculo virtuoso en el crecimiento de la productividad. En Argentina, varios trabajos dan cuenta de la parte del progreso de rendimiento que es atribuible al mejoramiento en soja, demostrándose que esta disciplina es responsable de hasta un 60% del progreso de rendimiento (Santos *et al.*, 2006 y 2017; de Felipe *et al.*, 2016; Santos 2019).

Como fruto del mejoramiento, cada año se inscriben numerosos cultivares de soja (un 23 % de renovación en la RECSO 2019/20). Para su evaluación, se utilizan ensayos comparativos de rendimiento (ECR) en red. Éstos, por ser *comparativos*, permiten conocer el **potencial de rendimiento** de los cultivares y establecer un orden; y, al conducirse *en red*, habilitan la estimación de su **estabilidad en rendimiento** entre ambientes. El grupo de ECRs más importante en nuestro país es la Red de Ensayos Comparativos de Rendimiento de Soja (RECSO) conducida por INTA en convenio con la Asociación de Semilleros Argentinos (ASA).

Habitualmente, llegado el momento de la siembra, la elección de cultivares se basa en dos criterios secuenciales: *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 estimamos y proponemos, como herramienta de elección, un tercer criterio: la *estabilidad del rendimiento*. A partir de muchos datos de la RECSO, y basándonos en metodología estadística ya clásica (Finlay y Wilkinson 1963), hemos generado un índice de estabilidad, sencillo y fácil de comprender (Santos *et al.*, 2005; 2007; 2011).

Con el objetivo de poner a disposición de profesionales y productores información clara, potente y de fácil lectura referida al rendimiento de cultivares comerciales de soja en la región en estudio, se realizó la presente publicación.

### ¿Cómo se realizó la experiencia?

Cada ensayo RECSO está constituido por un conjunto de cultivares de un mismo grupo de madurez (GM) sembrados en un mismo ambiente. En el periodo de tiempo analizado (ciclos agrícolas 2014/15 a 2019/20), los ambientes fueron 37, en 13 localidades. En Paraná se contó con dos ambientes por ciclo agrícola, replicando los ensayos de GM 4 Largo, o más, en una fecha tardía. A partir de esa base, se trabajó con 3386 promedios de rendimiento de 262 cultivares agrupados en 202 ensayos.

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.

La pendiente “b” suele oscilar entre 0,7 y 1,3, siendo, en la mayoría de los casos, no diferente a 1 (cultivares de rendimiento **estable**). Si bien a los materiales cuya pendiente estimada se acerca a los extremos 0,7 ó 1,3 se los considera de rendimiento **inestable**, consideramos correcto denominarlos cultivares “con adaptación específica”. Aquellos con pendiente 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.

### ¿Qué resultados se obtuvieron?

Los rendimientos promedio de los ensayos analizados (o índice ambiental IA) oscilaron entre 4818 y 805 kg/ha, según el ambiente y el GM considerado. Los casos superiores a los 45 qq/ha se observaron en los ciclos agrícolas 2016/17, con los GMs 7C y 7L\_8 en Villa Mantero; y el GM 6 en General Almada; y durante 2018/19, con los GMs 3L, 4C y 6 en Villa Mantero y con el GM 5L en General Almada y en Victoria.

A su vez, los ensayos con rendimientos entre 10 y 8 qq/ha se registraron en su totalidad, durante el ciclo agrícola 2017/18: el GM 5L en Paraná, fechas temprana y tardía; los GMs 4C, 4L, 5C y 7L\_8 en Villa Mantero; y los GMs 5C y 6 en San Salvador.

Los resultados se presentan en cuatro tablas, según gran grupo de madurez: cultivares muy precoces, precoces, de ciclo intermedio y de ciclo largo para la latitud de Paraná (Tablas 1 a 4, respectivamente). Se incluyen a todos los cultivares **de alto potencial**, con rendimiento relativo > **102%**, ordenados por índice de estabilidad “b” creciente. Complementariamente, se agrega, para cada cultivar, su *GM de origen* en los ensayos RECSO; su *denominación*, y la *tecnología* que poseen (RR1 o RG: sojas con el evento genético 40-3-2 con tolerancia a glifosato; INTACTA RR2 PRO: sojas con los eventos MON87701 X MON89788, con tolerancia al herbicida glifosato y resistencia a lepidópteros, y sojas STS con resistencia a sulfonilureas).

**Tabla 1.** Potencial y estabilidad de rendimiento de cultivares muy precoces (GM 3 y 4 Corto)

GM	Variedad	Tecnología	N	b	Rendimiento medio	
					Rel (%)	Abs (kg/ha)
4C	MS 44 IPROSTS	I PRO STS	4	<b>0,60</b>	<b>110,3</b>	3834
4C	SRM 4222	RR1	8	<b>0,85</b>	<b>106,8</b>	3122
4C	RA 450	RR1	4	<b>0,87</b>	<b>107,6</b>	2589
3L	GYT 3900 RR	RR1	9	<b>0,91</b>	<b>106,1</b>	2846
3L	CZ 3906 I PRO STS	I PRO STS	4	<b>0,98</b>	<b>119,2</b>	3841
3L	DM 3815 I PRO STS	I PRO STS	10	<b>1,00</b>	<b>106,7</b>	3017
3L	37MS01	RR1	6	<b>1,01</b>	<b>103,5</b>	3265
3L	SY 3X7 RR	RR1	10	<b>1,02</b>	<b>103,7</b>	2953
3L	SRM 3988	RR1	10	<b>1,02</b>	<b>102,3</b>	2915
3L	RA 3916	RR1	7	<b>1,03</b>	<b>102,9</b>	3135
4C	NS 4309	RR1	18	<b>1,04</b>	<b>105,4</b>	2927
3L	AW 3806 I PRO	I PRO	8	<b>1,07</b>	<b>105,4</b>	2689

4C	DM 4014 IPRO	IPRO	4	<b>1,10</b>	<b>103,8</b>	2510
4C	MS 4.0 IPRO	IPRO	8	<b>1,10</b>	<b>107,1</b>	3172
4C	AW 4326 IPRO	IPRO	13	<b>1,12</b>	<b>105,7</b>	3025
4C	NS 4089	RR1	4	<b>1,12</b>	<b>106,7</b>	1778
4C	SRM 4370	RR1	4	<b>1,17</b>	<b>105,5</b>	2552
4C	SY 4X3 IPRO	IPRO	4	<b>1,83</b>	<b>106,7</b>	2610

Referencias: rendimientos promedio relativo (Rel) y absoluto (Abs), valor del índice de estabilidad (b) y cantidad de ambientes (N) de cada cultivar

**Tabla 2.** Potencial y estabilidad de rendimiento de cultivares de los GM 4 Largo y 5 Corto.

GM	Variedad	Tecnología		N	b valor	Rendimiento medio	
		Bt	STS			Rel (%)	Abs (kg/ha)
4L	RA 444	RR1		5	<b>0,54</b>	<b>104,2</b>	2595
5C	NA 5509RG	RR1		6	<b>0,70</b>	<b>106,7</b>	2690
4L	DM 46i20 IPROSTS	IPRO	STS	5	<b>0,78</b>	<b>109,4</b>	2638
5C	SYN 5X2 Ipro	IPRO		6	<b>0,79</b>	<b>102,9</b>	2600
5C	IS 52.0 RR1STS	RR1	STS	5	<b>0,81</b>	<b>111,9</b>	2692
5C	LG 5365 STS	RR1	STS	5	<b>0,87</b>	<b>102,7</b>	2491
5C	DM 52R19	RR1		5	<b>0,88</b>	<b>107,9</b>	2615
4L	MS 49 IPRO	IPRO		8	<b>0,92</b>	<b>104,0</b>	3301
5C	CZ 5407 IPRO	IPRO		17	<b>0,95</b>	<b>112,4</b>	2820
5C	DM 50i17 IPROSTS	IPRO	STS	24	<b>0,97</b>	<b>106,0</b>	2938
5C	ACA 5350 GR	RR1		25	<b>0,98</b>	<b>103,1</b>	2876
4L	Bioceres 4.91	RR1		21	<b>0,99</b>	<b>104,9</b>	2860
5C	HS 50140	RR1		6	<b>0,99</b>	<b>109,0</b>	3625
4L	CZ 4505 STS	RR1	STS	25	<b>1,00</b>	<b>103,4</b>	2814
4L	AW 4736 IPRO	IPRO		21	<b>1,01</b>	<b>103,5</b>	2835
4L	VT 4994	RR1		20	<b>1,01</b>	<b>108,0</b>	2995
5C	NS 5419 IPRO	IPRO		24	<b>1,02</b>	<b>104,6</b>	2955
4L	Ho 4919 IPRO	IPRO		20	<b>1,02</b>	<b>103,6</b>	2892
4L	CZ 497	RR1		27	<b>1,03</b>	<b>105,4</b>	2797
5C	Bioceres 5.21	RR1		23	<b>1,03</b>	<b>103,2</b>	2535
4L	AW 4927 IPRO	IPRO		16	<b>1,03</b>	<b>109,4</b>	2760
4L	DM 46i17 IPRO	IPRO		22	<b>1,04</b>	<b>103,7</b>	2800
5C	DM 53i53 IPRO	IPRO		30	<b>1,05</b>	<b>105,3</b>	2912
4L	SY 4X9 RR	RR1		25	<b>1,06</b>	<b>103,8</b>	2841
4L	DM 4913	RR1		5	<b>1,07</b>	<b>104,7</b>	2653
5C	ACA 5020 IPRO	IPRO		18	<b>1,08</b>	<b>104,1</b>	2757
4L	SRM 4602	RR1		9	<b>1,08</b>	<b>106,9</b>	3256
4L	DM 4915 IPROSTS	IPRO	STS	9	<b>1,10</b>	<b>111,7</b>	3409
5C	53MS01 IPRO	IPRO		24	<b>1,10</b>	<b>113,3</b>	3173

5C	AR 3079	RR1	5	<b>1,11</b>	<b>106,9</b>	2629
4L	CZ 4918	RR1	6	<b>1,17</b>	<b>110,2</b>	3731
4L	49X20 IPROSTS	IPRO STS	4	<b>1,41</b>	<b>109,3</b>	2497
4L	Ho 47147	RR1	5	<b>1,42</b>	<b>107,3</b>	2704

Referencias: rendimientos promedio relativo (Rel) y absoluto (Abs), valor del índice de estabilidad (b) y cantidad de ambientes (N) de cada cultivar

**Tabla 3.** Potencial y estabilidad de rendimiento de cultivares de los GM 5 Largo y 6

GM	Variedad	Tecnología		N	b valor	Rendimiento medio	
		IPRO	STS			Rel (%)	Abs (kg/ha)
6_	DM 6563 RSF IPRO	IPRO		11	<b>0,87</b>	<b>102,8</b>	3236
5L	NA 5909 RG	RR1		15	<b>0,89</b>	<b>103,4</b>	2962
5L	AL 1339	RR1		6	<b>0,93</b>	<b>106,3</b>	2609
6C	LG 6124 STS	RR1	STS	11	<b>0,94</b>	<b>105,9</b>	2087
5L	DM 5958 RSF IPRO	IPRO		30	<b>0,95</b>	<b>105,2</b>	2911
6L	NS 6538 IPRO	IPRO		15	<b>0,96</b>	<b>109,1</b>	3013
5L	SY 5X8 IPRO	IPRO		8	<b>0,96</b>	<b>103,0</b>	2630
6L	DM 66R69 STS	RR1	STS	16	<b>0,97</b>	<b>103,1</b>	2944
5L	CZ 5907 IPRO	IPRO		22	<b>0,97</b>	<b>103,8</b>	2645
6_	CZ 6205	RR1		21	<b>0,97</b>	<b>103,4</b>	3260
6C	SYN 1561 IPRO	IPRO		22	<b>0,98</b>	<b>106,3</b>	2536
6L	NS 6859 IPRO	IPRO		24	<b>0,98</b>	<b>104,0</b>	2881
5L	ACA 5825 IPRO	IPRO		23	<b>0,99</b>	<b>102,4</b>	2720
6L	RA 659	RR1		31	<b>1,02</b>	<b>102,2</b>	2856
5L	SRM 5835 IPRO	IPRO		29	<b>1,02</b>	<b>102,3</b>	2854
6L	MS 69 IPRO	IPRO		30	<b>1,02</b>	<b>106,9</b>	2983
6L	NS 6483	RR1		31	<b>1,02</b>	<b>105,5</b>	3005
6C	DM 62R63 STS	RR1	STS	32	<b>1,03</b>	<b>106,0</b>	2929
6C	DM 63i64 IPRO STS	IPRO	STS	24	<b>1,03</b>	<b>103,6</b>	2963
6L	66MS01	RR1		7	<b>1,03</b>	<b>103,3</b>	2388
6_	Ho 6620 IPRO	IPRO		18	<b>1,06</b>	<b>107,6</b>	3316
5L	RA 5715 IPRO	IPRO		36	<b>1,07</b>	<b>103,0</b>	2863
6L	M 6410 IPRO	IPRO		31	<b>1,07</b>	<b>102,6</b>	2948
6C	MS 63 IPRO	IPRO		32	<b>1,07</b>	<b>102,5</b>	2864
6C	DM 60i62 IPRO	IPRO		25	<b>1,08</b>	<b>111,6</b>	3079
6L	CZ 6505	RR1		32	<b>1,08</b>	<b>102,7</b>	2910
6C	AW 6211 IPRO	IPRO		32	<b>1,09</b>	<b>104,5</b>	2908
6L	Bioceres 6.51	RR1		6	<b>1,10</b>	<b>102,8</b>	2197
6_	DM 6262 RSF IPRO	IPRO		7	<b>1,10</b>	<b>105,4</b>	2840
5L	Ho 59136 IPRO	IPRO		22	<b>1,13</b>	<b>109,8</b>	2898

Referencias: rendimientos promedio relativo (Rel) y absoluto (Abs), valor del índice de estabilidad (b) y cantidad de ambientes (N) de cada cultivar

**Tabla 4.** Potencial y estabilidad de rendimiento de cultivares de los GM 7 Largo y 8

GM	Variedad	Tecnología		N	b valor	Rendimiento medio	
		I PRO	STS			Rel (%)	Abs (kg/ha)
7_8	80X20 I PRO STS	I PRO	STS	6	<b>0,60</b>	<b>105,8</b>	2541
7L_8	SPS 7X8 I pro	I PRO		10	<b>0,92</b>	<b>111,4</b>	2930
7_8	DM 7976 RSF I PRO	I PRO		16	<b>0,92</b>	<b>105,0</b>	2848
7_8	NS 7809	RR1		17	<b>0,94</b>	<b>110,0</b>	2881
7L_8	Ho7510 I PRO	I PRO		10	<b>0,97</b>	<b>120,5</b>	3105
7_8	RA 750	RR1		16	<b>1,04</b>	<b>104,7</b>	2784
7_8	CZ 7905 I PRO	I PRO		22	<b>1,05</b>	<b>105,0</b>	2717
7_8	DM 75i75 I PRO	I PRO		12	<b>1,10</b>	<b>110,4</b>	3023
7_8	ACA 7890 I PRO	I PRO		13	<b>1,18</b>	<b>107,3</b>	2822

Referencias: rendimientos promedio relativo (Rel) y absoluto (Abs), valor del índice de estabilidad (b) y cantidad de ambientes (N) de cada cultivar

### En síntesis...

La mayoría de los cultivares comerciales se manifiestan 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 coinciden 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 cultivares muy precoces será muy diferente al de los cultivares medios o a los de ciclo completo; posiblemente el marco conceptual será 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. and 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. and 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 Nº 62:28-36. ISSN 0325 – 8874.
- SANTOS DJ 2019. Red de ganancia genética de PROSOJA: cambios de rendimiento atribuibles al mejoramiento en Argentina entre 1985 y 2014. *En: Actas de Mercosoja 2019*, 4 y 5 de Septiembre, Rosario, Argentina.
- 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.