



Evaluación en red de cultivares de soja de los grupos de madurez III, IV y V en siembras de primera época en diferentes ambientes del centro-sur de Santa Fe, campaña 2019/20.

Bacigaluppo, S.¹; Enrico, J. M. ¹; Almada, G.²; Boero, L.⁷; Calcha, J.⁷; Condori, A.⁴; Dickie, M.³; Ibarlucea, J.⁸; Malmantile A.⁵; Méndez, J.⁴; Vita Larreu, E.⁶; Widmer, T.⁵.

Técnicos de INTA: ¹EEA Oliveros; ²AER Carlos Pellegrini; ³AER Cañada de Gomez; ⁴AER Totoras; ⁵AER Venado Tuerto; ⁶AER Pago de los Arroyos; ⁷AER Galvez; AER Roldan.

Palabras clave: soja, cultivares, grupos madurez, interacción genotipo-ambiente.

Introducción

El cultivo de soja en Argentina está ampliamente difundido, alcanzando en la campaña 2018/19 una superficie de siembra de 17 millones de ha (Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, 2020). De éstas, el 12 % fueron implantadas en el centro-sur de Santa Fe, con las que se aportó 8,34 millones de toneladas de grano, el 15 % de la producción nacional. El rendimiento promedio nacional en las últimas diez campañas fue de 2812 kg/ha, mientras que en el centro-sur de Santa Fe fue un 21% mayor (Figura 1).

Es evidente que este cultivo tiene gran importancia económica en Santa Fe, por lo que las empresas semilleras vuelcan al mercado nuevos materiales comerciales de forma continua. Dado que la expresión final del rendimiento del cultivo es producto del cultivar sembrado, su manejo y la interacción con el ambiente, resulta necesario evaluar estos materiales en RED, en diferentes ambientes y determinar así su comportamiento final.

Los objetivos de este trabajo en RED fueron evaluar en siembras de primera época en secano, i) el comportamiento de cultivares comerciales de soja de los grupos de madurez (GM) III, IV y V en diferentes ambientes del centro-sur de la provincia de Santa Fe y ii) la interacción entre ambos (Genotipo x Ambiente).

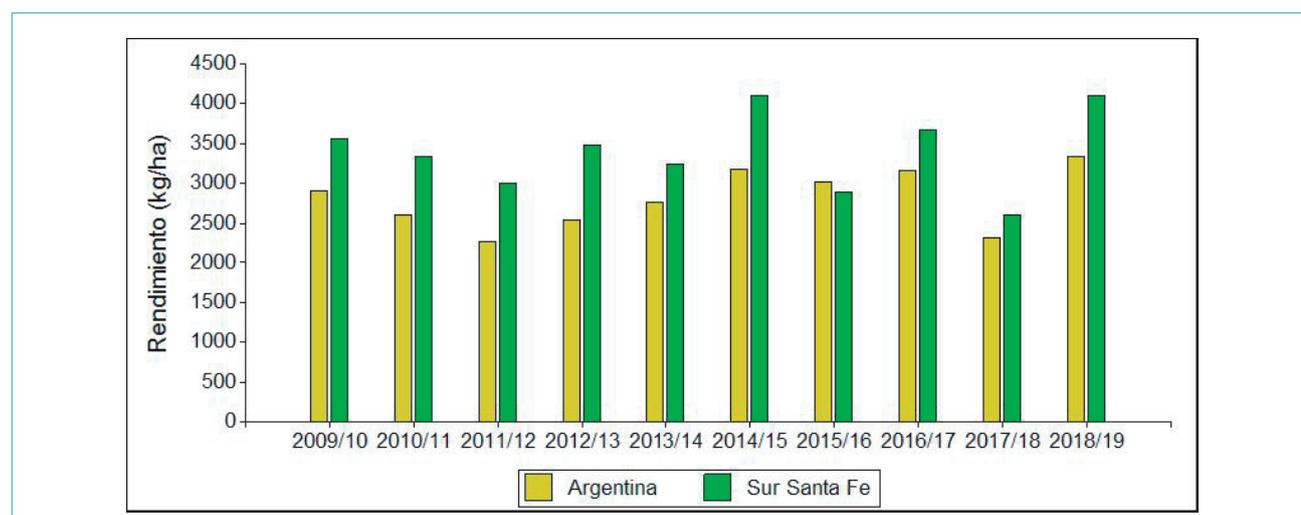


Figura 1: Rendimiento promedio de soja en Argentina y en el centro-sur de la provincia de Santa Fe (departamentos San Martín, San Jerónimo, Belgrano, Iriondo, San Lorenzo, Rosario, Caseros, Constitución y General López). Campañas 2009/10 a 2018/19.





Tabla 1. Características de los ensayos y sitios experimentales para la evaluación de cultivares de soja GM III, IV, V en siembra de primera, Red soja Centro-Sur de Santa Fe. Campaña 2019/20.

Localidad	Landeta	Runciman	Cavanagh	Totoras	Bernardo de Irigoyen	Peyrano	Cañada de Gómez	Oliveros	Ricardone
Diseño	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.	Macro Parcelas 2 rep.
Tipo y serie de suelo	Argiudol típico, serie Los Cardos	Hapludol típico, serie Santa Isabel	Argiudol típico, serie el Cantor	Argiudol típico, serie Clason	Argiudol típico, serie Clason	Argiudol típico, serie Peyrano	Argiudol típico, serie Correa	Argiudol típico, serie Maciel	Argiudol típico, serie Roldán
Cultivo antecesor	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Maíz	Soja	Soja	Maíz	Soja
Distancia entre hileras (m)	0,42	0,38	0,38	0,52	0,35	0,52	0,52	0,52	0,52
Fecha de siembra	01/11/19	13/11/19	10/11/19	15/11/19	12/11/19	11/11/19	14/11/19	12/11/19	08/11/19

Materiales y métodos.

Durante la campaña 2019/20, se condujeron ensayos de evaluación de cultivares de soja de los Grupo de Madurez III, IV y V en nueve sitios experimentales (ambientes) del centro-sur de Santa Fe. Los mismos se realizaron en lotes de productores con un diseño de bloques completos aleatorizados con 2 ó 3 repeticiones en siembra directa. Las malezas, plagas insectiles y enfermedades fueron controladas, manteniendo el cultivo en buenas condiciones fitosanitarias durante todo su ciclo. Las características de cada sitio experimental se describen en la Tabla 1. Las variedades evaluadas se detallan en la Tabla 2.

La variable experimental fue el rendimiento en grano (expresado al 13,5 % de humedad).

Para cada localidad en particular se realizó el análisis de la varianza y la comparación de medias por LSD al 5%. Con el conjunto de datos de toda la RED se realizó un análisis de la varianza para determinar la proporción explicada por cada fuente de variación del rendimiento. Se exploró la interacción genotipo x ambiente mediante un análisis Shukla (Masiero y Castellano, 1991), utilizando el software estadístico InfoStat/P 2020.

Resultados y discusión.

La campaña 2019/20, desde el punto de vista climático, se caracterizó por gran heterogeneidad en la disponibilidad hídrica dentro del área que abarca esta Red. La distribución de precipitaciones fue dispar durante el ciclo, disminuyendo los mm caídos de oeste a este. La presencia de estas diferentes condiciones hídricas, sumadas a las distintas calidades de suelo debido a las historias de manejo de cada lote en particular, produjo gran variabilidad en el rendimiento del cultivo entre los sitios evaluados.

El rendimiento promedio de todos los cultivares evaluados en la RED alcanzó los 4276 kg/ha, con alta variación entre ambientes, desde 3179 kg/ha hasta los 5691 kg/ha y menor variación entre cultivares, de 3852 kg/ha hasta 4612 kg/ha (Tabla 2).

En la Figura 2 se observa el rendimiento promedio de los dos cultivares de soja Grupo de Madurez IV corto, IV largo y V, de mejor comportamiento en los ambientes de mayor y menor rendimiento respecto a la media general de toda la Red soja centro-sur de Santa Fe. La figura muestra que en los ambientes de mayor productividad, el Grupo de Madurez IV corto fue el de mejor respuesta, superando en un 15 % el rendimiento de los Grupos de Madurez IV largo y V. Mientras que en los ambientes de menor productividad, los mejores cultivares de los tres Grupo de Madurez tuvieron un comportamiento similar, superando sólo en un 4% el Grupo de Madurez IV largo a los otros dos Grupos de Madurez.

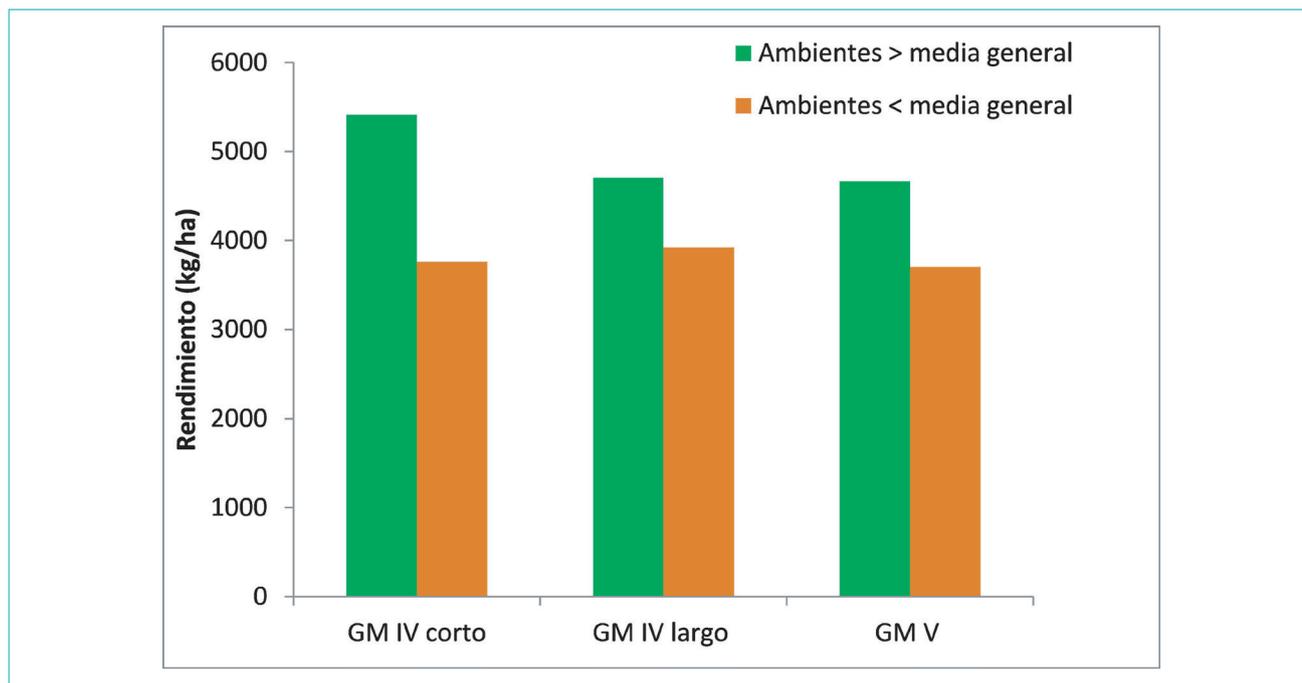


Figura 2. Rendimiento promedio de los dos cultivares de soja GM IV corto, IV largo y V, de mejor comportamiento en los sitios experimentales (ambientes) de mayor y menor rendimiento respecto a la media general de toda la Red soja centro-sur de Santa Fe, campaña 2019/20.



En Landeta, el sitio experimental fue implantado en un ambiente de alta capacidad productiva. suelo Clase I, manejado con rotación de cultivos trigo/soja, maíz, soja y una fertilización que cubre el requerimiento de todos los cultivos de la secuencia. Se logró un muy buen control de malezas y enfermedades. Las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron de 532 mm, todo lo que permitió alcanzar los 5691 kg/ha promedio en este sitio, que fue el máximo de la Red.

En Runciman y Cavanagh se logró una buena implantación de los ensayos, en lotes de muy buena capacidad productiva, caracterizados por un manejo adecuado de fertilización y rotación de cultivos. El rendimiento promedio zonal de la soja en esta campaña varió entre 3000 a 4200 kg/ha, mientras que en ambos sitios experimentales el rinde obtenido fue superior, de 4960 kg/ha en Runciman y 4801 kg/ha en Cavanagh.

En Totoras, el ensayo se implantó en un lote con 50 años de agricultura continua, de los cuales más de 20 son de siembra directa con una adecuada rotación de cultivos (trigo/soja-maíz-soja). La siembra se realizó el 15 de noviembre, con una adecuada reserva de humedad en el perfil de suelo, lográndose una buena implantación. El cultivo se monitoreó semanalmente con el fin de mantenerlo en buenas condiciones fitosanitarias durante todo

su ciclo. A pesar de que las precipitaciones fueron deficientes en el mes de enero, se registraron buenos rendimientos y muy variables en la zona. En este sitio en particular, el rendimiento promedio fue de 4799 kg/ ha.

El sitio experimental de Bernardo de Irigoyen partió con una buena recarga hídrica del perfil de suelo, que sumado a las precipitaciones ocurridas durante octubre y noviembre permitieron una correcta implantación del cultivo. Se evidenció un déficit hídrico marcado después de R5, con escasas precipitaciones desde mediados de febrero hasta mediados de marzo. Este déficit afectó el llenado de granos, disminuyendo el peso unitario de los mismos. A cosecha sólo se observó vuelco de plantas en dos cultivares, Cz 4.97 B y NA 5009 RG, siendo mayor en el primer material. El rendimiento promedio alcanzado en este sitio experimental fue de 4520 kg/ha.

En Peyrano la siembra se realizó a mediados de noviembre, con muy buenas condiciones de humedad en el perfil y así se mantuvo durante la mayor parte de su ciclo. Hacia el final del mismo se manifestaron un estrés térmico marcado y un leve déficit hídrico, que disminuyeron el potencial de rendimiento del cultivo. El rendimiento promedio obtenido en este sitio experimental fue de 3965 kg/ha, similar a los máximos logrados en la zona.



En Cañada de Gómez el ensayo se sembró en un lote con más de 10 años de agricultura, el 14 de noviembre, con adecuada humedad edáfica. Las precipitaciones de noviembre y diciembre permitieron continuar con la recarga hídrica del perfil de suelo. Pero las condiciones de altas temperaturas, principalmente del mes de marzo y las escasas precipitaciones ocurridas en febrero (60 mm), afectaron el rendimiento del cultivo. En este sitio experimental el rendimiento promedio fue de 3963 kg/ha, variando entre 3614 y 4297 kg/ha.

En Oliveros el ensayo se implantó sobre un lote de mediana productividad, a mediados de noviembre, con adecuada humedad en el perfil edáfico. El crecimiento y desarrollo inicial del cultivo fue muy bueno, acompañado de la ocurrencia de precipitaciones que continuaron con la recarga hídrica del perfil. Sin embargo, desde mediados de enero y a

excepción de la ocurrencia de algunas precipitaciones a mediados de febrero, el cultivo comenzó a manifestar deficiencia hídrica que se fue acentuando a medida que se agotaban las reservas de agua útil en el suelo. Este déficit hídrico ocurrido en todo el periodo reproductivo, fue sin dudas la causa principal de la disminución del rendimiento potencial del cultivo. El promedio obtenido en este sitio experimental fue de 3202 kg/ha.

En la Tabla 2 se detallan los rendimientos obtenidos por cada una de las variedades participantes de la RED, en las distintas localidades evaluadas.

DMS: diferencia mínima significativa al 5%; CV: coeficiente de variación.



Tabla 2. Rendimiento de los cultivares de soja GM III, IV y V (kg/ha) en siembras de primera época, en los diferentes sitios experimentales del centro-sur de Santa Fe. Campaña 2019/20.

Criadero	Variedad	Sitios experimentales									Promedio kg/ha
		Landeta	Runciman	Cavanagh	Totoras	Bernardo de Irigoyen	Peyrano	Cañada de Gómez	Oliveros	Ricardone	
DON MARIO SEMILLAS	DM 46R18 STS	5915	5294	5141	5120	4865	4011	4199	3695	3267	4612
DON MARIO SEMILLAS	DM 40R16 STS	5873	5609	5120	5303	4907	3777	3900	3082	3133	4523
NK Semillas	4x5 SYN RR	5798	5073	4994	4760	4826	4325	3895	3470	3185	4481
Credenz®	CZ 4306 B	5656	4939	5150	5009	4918	3662	4101	3073	3268	4420
DON MARIO SEMILLAS	DM 4612	5754	5302	4965	4688	4203	4013	4282	3222	3299	4414
DON MARIO SEMILLAS	DM49R19 STS	5789	5083	5116	4550	4843	4178	4006	2971	3170	4412
Credenz®	CZ 4,97 S	5508	4688	4553	5109	5041	4197	3822	3067	3522	4390
MACRO SEED	47MS01 STS	5647	4843	5059	4855	4358	3739	3908	3073	3644	4347
ACA SEMILLAS	ACA 4660 GR	5593	4680	4641	4774	4515	4112	4097	3494	2932	4315
ACA SEMILLAS	ACA 4221 GR	5688	4710	4505	5263	5056	3615	4085	3126	2697	4305
NIDERA SEMILLAS	NS 4309	5895	4628	4643	4525	4322	3874	4297	3310	3159	4295
NIDERA SEMILLAS	NS5028 STS	5606	5269	4798	4621	3935	3827	4104	2990	3174	4258
NK Semillas	SY 5x1 RR	5732	4682	4309	4881	4428	3745	4092	3056	3299	4247
Credenz®	CZ 4505 B STS	5571	5138	4821	4271	4402	3669	3722	3016	3152	4196
ACA SEMILLAS	ACA 3636 GR	5039	4607	4201	4666	3826	3816	3703	2933	1878	3852
ASGROW - BAYER	AW 4927 IPRO	5801			5292	5045	4005	3895	3654	3025	4388
NIDERA SEMILLAS	NS5030 IPRO STS	5808			4405	4350	4051	4113	3262	3518	4215
ASGROW - BAYER	AW 4326 IPRO	5725			4878	4232	3726	3614	3371	3393	4134
ACA SEMILLAS	ACA 5020 IPRO	5738			4509	4559	4211	3720	2950	3046	4105
NK Semillas	49X20 IPRO STS	5681			4557	4234	3904	3710	3408	2928	4060
LG Semillas	SRM3988		4741		5032	4441	4187		3435	3163	4167
NK Semillas	SY 4x1 RR		5028		4690	4563	4101		3349	2922	4109
NIDERA SEMILLAS	Nidera A 5009 RG				4067	4090	3949		2858	3053	3603
Credenz®	CZ 5407 IPRO				5342		4456		2978	4461	4309
	Promedio sitio	5691	4960	4801	4799	4520	3965	3963	3202	3179	
	cv	2,00	1,96	4,21	4,91	5,70	4,45	3,09	4,86	6,06	
	DMS (kg/ha)	236	206	434	487	534	365	257	286	398	



Se realizó el análisis de la varianza para el rendimiento de los cultivares evaluados en la RED, mostrando que el efecto del ambiente (A) explicó el 89 % de la variación del mismo, un 4 % fue explicado por el genotipo o cultivar (G) y el 7% restante de la variación fue explicada por la interacción G x A. De todas maneras tanto el genotipo como la interacción G x A resultaron también estadísticamente significativas. Para identificar entonces los diferentes comportamientos de los cultivares a través de los ambientes evaluados, se analizó dicha interacción según Masiero y Castellano, 1991 (Análisis por Shukla).

En la Figura 3 se observan los rendimientos promedio de veinte cultivares evaluados en nueve sitios de la RED y su interacción con el ambiente. Para los cultivares que se encuentran ubicados en el cuadrante derecho, la interacción con el ambiente es mayor siendo menos estable su comportamiento

frente a cambios del mismo. Aquellos que se encuentran ubicados en el cuadrante izquierdo, presentan baja interacción y comportamiento más estable.

La media general de estos ensayos fue de 4342 kg/ha (línea horizontal en la Figura 3), el cultivar que más se destacó fue DM46R18 STS ya que además de obtener el mayor rendimiento, tuvo un comportamiento muy estable. También se destacaron por sus rindes mayores a la media general y estabilidad 4X5 SYN RR, CZ4306 B, DM49R19 STS, DM4612, 47MS01 STS. Los cultivares ACA4660 GR, AW4326 IPRO, ACA5020 IPRO, NS4309, 49x20 IPRO STS y SY5x1 RR, alcanzaron rendimientos similares a la media de la RED, manifestando también comportamientos estables. Mientras que AW4927 IPRO, DM40R16 STS y CZ4.97 S, se destacaron por sus rendimientos superiores a la media aunque con mayor interacción con el ambiente que los grupos anteriores.

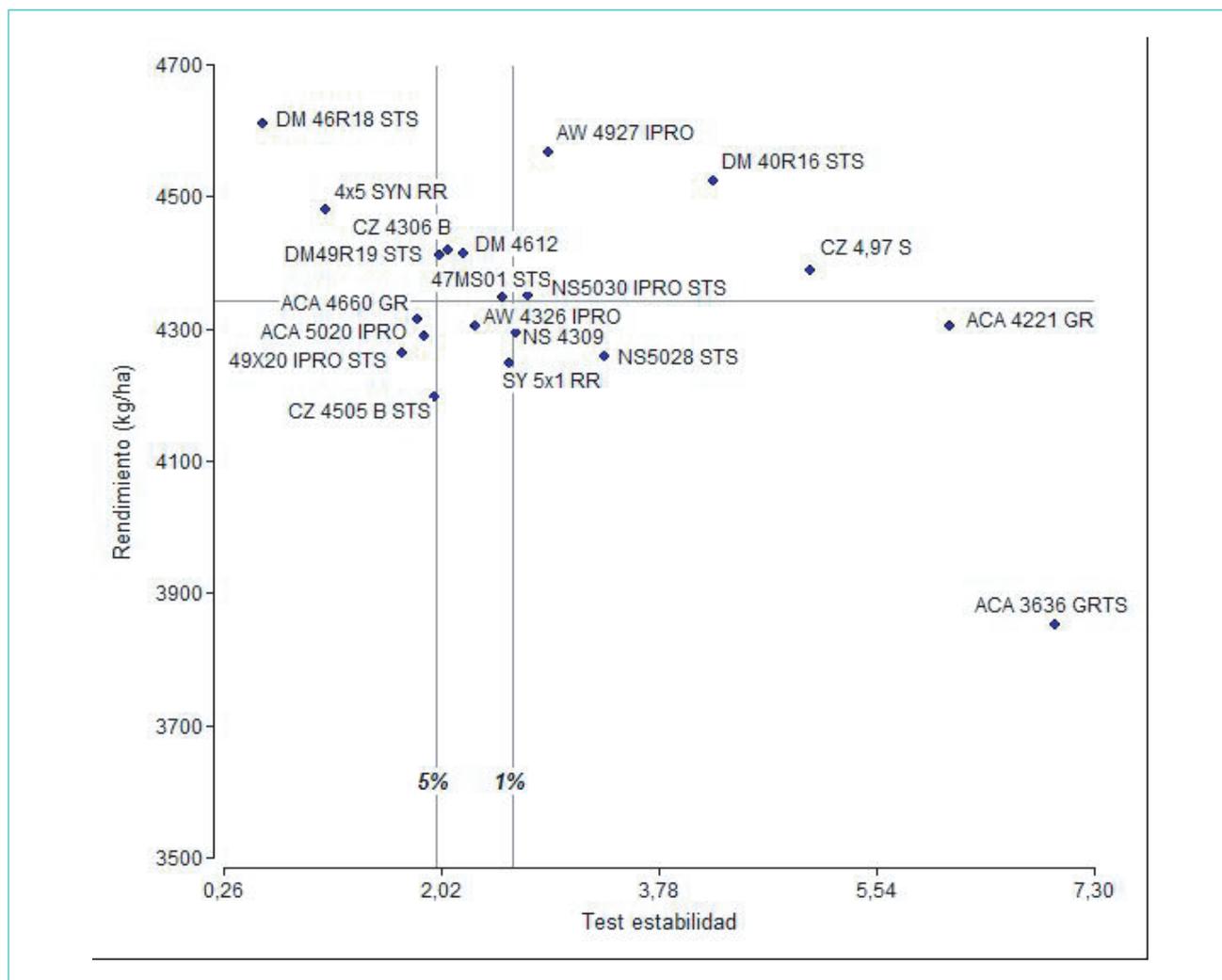


Figura 3. Análisis de interacción GxA (Shukla) para 20 variedades de la RED soja en 9 ambientes del centro-sur de Santa Fe, 2019/20. DMS: 113 kg/ha.





Con estos trabajos en red, se observa que actualmente se dispone en el mercado de cultivares comerciales de soja de los Grupos de Madurez IV y V de muy buen comportamiento en distintos ambientes del centro-sur de Santa Fe y que sería conveniente seleccionar cada variedad de acuerdo al ambiente donde será implantado el cultivo.

Cuando en la evaluación de cultivares en diferentes ambientes, la interacción $G \times A$ es estadísticamente significativa, se deben utilizar estrategias de análisis apropiadas. La elección de variedades sólo por la comparación de sus rindes promedio, sin considerar la variabilidad debida a la interacción con el ambiente, podría ser errónea (Balzarini et al 2005).

Agradecimientos

Agradecemos la colaboración en la ejecución de estos ensayos a:

Leandro Martarello, Omar Medina, Ramón Ynfante, Ariel Insaurraldi, Diego Uliassi, Edgardo Gómez y Darío Cruz (EEA Oliveros); Ings. Agrs. José Salvatori y Leandro Procaccini (Cooperativa Agrícola Ganadera de Peyrano); familia Capponi Gerardo, Alicia, Alejandra y Valeria (Cañada de Gómez); Ing. Agr. Eduardo Corvi. como Responsable Técnico, al personal y directivos de KELYMAR S.A. (Landeta); Cooperativa Agrícola Ganadera Bernardo de Irigoyen Limitada (CAGBIL) y a su Ing. Agr. Juan Dipego; Sr. José Pek (Roldán); Sr Diego Perazzo AFA Totoras; Ing. Agr. Manuel Ise, Agr. Hernan Giacomelli y Agr. Jorge Ochoa (Runciman y Cavanagh).

También un especial agradecimiento a las empresas que nos proveen la semilla de las distintas variedades evaluadas: ACA Semillas, Credenz (BASF), Don Mario Semillas, Macro Seed, Nidera Semillas, NK Semillas, Asgrow (Bayer), LG Semillas.

Bibliografía

- 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.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2020. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- 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 Sociedades de Estadística. Valparaíso, Chile 1:47-54.
- MAGyP (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca), 2020 <http://datosestimaciones.magyp.gob.ar/>