



**REGIÓN SUR
DE SANTA FE**

Informe de la Red de Variedades de Trigo 2021-2022 CREA-SSF

Santiago Gallo, Guillermo Marccasini (*Coordinación de ensayos*)

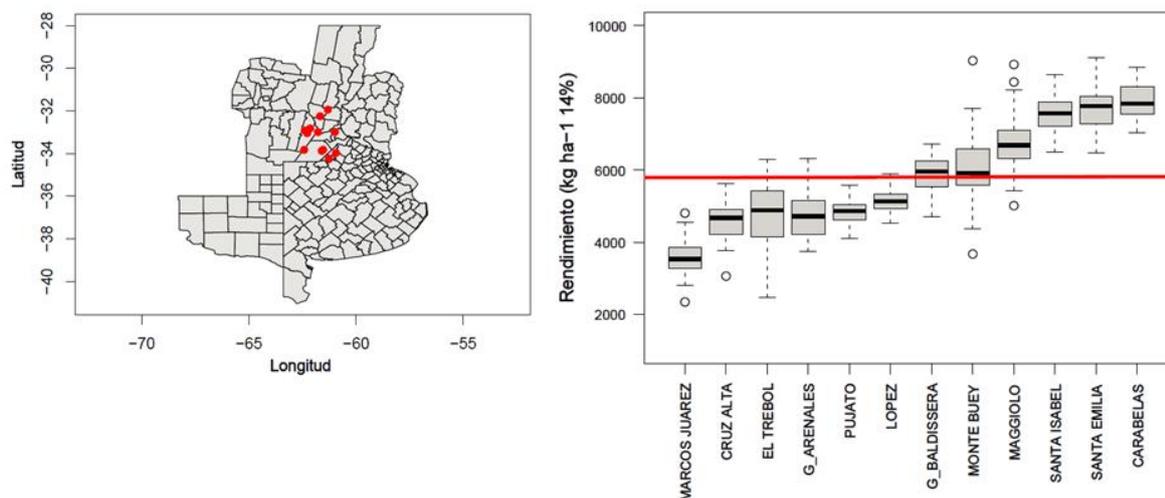
Brenda Gambin (*Análisis de datos, escritura de informe final*)

En el presente informe se describen los resultados de la red de ensayos de variedades de trigo durante la campaña 2021-2022 del CREA Sur de Santa Fe.

El objetivo de la red es obtener información sobre el comportamiento de las distintas variedades de trigo en condiciones de campo y con la tecnología que utiliza el productor en los distintos ambientes que conforman la región.

Descripción de la Red:

Durante la campaña 2021-2022 se llevaron a cabo ensayos en 12 sitios (Fig. 1). En la Tabla 1 se describen características ambientales y de manejo de cada sitio.



CREA	Localidad	Establecimiento	Sub Región	FS CL	FS CC	Lat	Long
Las Petacas	Lopez	Flor de Cardo	S1	10-jun	10-jun	-31,941	-61,312
San Jorge-Las Rosas	Cruz Alta	San Vicente	S1	3-jun	19-jun	-32,992	-61,770
Rosario	Pujato	De la Ostia	S1	28-may	6-jun	-32,988	-60,987
La Calandria	El Trebó	GP Agro	S1	4-jun	4-jun	-32,250	-61,674
Posta Espinillos	Marcos Juarez	Huinca	S2	10-jun	22-jun	-32,821	-62,140
Monte Buey-Inrville	Monte Buey	Santo Domingo	S2	2-jun	18-jun	-32,918	-62,378
Monte Buey-Inrville	Gral. Baldissera	La Sorpresa	S2	1-jun	24-jun	-33,046	-62,277
Gral. Baldissera	Maggiolo	El Retiro	S2	1-jun	15-jun	-33,826	-62,419
Teodelina	Santa Isabel	La Nostalgia	S3	3-jun	16-jun	-33,874	-61,599
Ascensión	Carabelas	Los Mellizos	S3	6-jun	24-jun	-33,970	-60,933
General Arenales	General Arenales	El Ciprés	S3	4-jun	21-jun	-34,235	-61,256
Santa Isabel	Santa Emilia	La Alegría	S3	31-may	14-jun	-33,823	-61,530

Fig. 1. Ubicación de los ensayos de la red. A la derecha se muestra la variabilidad de los rendimientos por sitio. La línea roja indica la media de rendimiento de la campaña de 5790 kg ha^{-1} . Las abreviaciones FS CL y FS CC indica la fecha de siembra de los ciclos largos y ciclos cortos, respectivamente.

Manejo:

Todos los experimentos se realizaron en condiciones de secano y con la tecnología disponible del productor, lo que repercute en variación de decisiones de manejo referido a densidad, fertilización y aplicación de fungicida (Tabla 1). Las fechas de siembra en cada sitio fueron tempranas para las variedades de ciclo largo y más tardías para las variedades de ciclo corto, aunque en algunos sitios fue la misma para ambos ciclos (Fig. 1).

El porcentaje de materia orgánica (MO) de los suelos varió de 1,74 a 3,34%, el N de suelo al momento de la siembra varió desde 70 a 127 kg N/ha, con aplicaciones de N realizadas en pre-siembra en muchos de los sitios. El P del suelo varió de 11 a 38 ppm, mientras que el S del suelo de 10 a 16 ppm a través de los sitios (Tabla 1).

El agua disponible a la siembra al metro de profundidad en general fue cercano a capacidad de campo en la mayoría de los sitios, a excepción del sitio Marco Juárez con un valor de 39% (Tabla 1). Las lluvias desde mayo a noviembre mostraron poca variación entre sitios oscilando desde 252 a 306 mm.

Tabla 1. Descripción de cada lote y manejo.

Sitio	MO (%)	pH	Ns (kg ha ⁻¹)	Na (kg ha ⁻¹)	Ps (ppm)	Pa (kg ha ⁻¹)	S-SO ₄ s ppm	Sa (kg ha ⁻¹)	Micro aplicados	Napa	AU (mm)	AU (%)	Lluvias (mm)	Fung	Suelo	Antecesor
CARABELAS	3,34	5,70	70	229	25	31	13	18	Zn	Si	sd	sd	282	Si	Argiudol típico	Maíz
CRUZ ALTA	2,97	5,86	119	169	20	6	14	2	Zn	sd	139	95	sd	sd	Argiudol típico	Maíz 1ra
EL TREBOL	2,75	5,91	110	126	19	23	13	-	-	sd	197	102	sd	sd	sd	Soja
G_ARENALES	2,23	5,89	98	144	34	16	12	6	-	sd	139	95	306	Si	Hapludol típico	Soja 1ra
G_BALDISSERA	2,88	5,86	109	136	21	25	13	7	-	No	136	96	265	Si	Argiudol típico	Maíz 1ra
LOPEZ	2,43	5,81	127	126	16	23	10	-	-	sd	223	114	sd	sd	sd	sd
MAGGIOLO	1,74	5,82	108	94	11	37	11	15	-	sd	217	153	sd	sd	sd	sd
MARCOS JUAREZ	2,54	5,89	122	113	27	19	12	11	Zn	No	71	39	285	Si	Argiudol típico	Soja 1ra
MONTE BUEY	2,65	5,82	115	109	18	28	13	-	-	No	167	130	254	Si	Argiudol típico	Soja 1ra
PUJATO	2,43	5,87	106	148	20	24	11	7	-	No	242	123	252	Si	Argiudol típico	Soja 1ra
SANTA EMILIA	2,92	5,91	118	252	38	27	16	9	-	sd	127	83	271	Si		Maíz
SANTA ISABEL	2,70	5,90	86	168	13	35	12	20	Zn	Si	sd	sd	280	Si	Argiudol típico	Soja 1ra

Ns y Na: N del suelo y aplicado, respectivamente.

Ps y Pa: P del suelo y aplicado, respectivamente.

S-SO₄s y Sa: S del suelo y aplicado, respectivamente.

Micronutrientes aplicados.

Napa: Influencia o no de napa.

AU: Agua útil a la siembra se indica en mm (100 cm de profundidad) y como % del total disponible.

Lluvias de mayo a noviembre inclusive.

Fung: Aplicación de funguicida.

sd: sin dato.

Variedades evaluadas:

Se evaluó un total de 18 variedades (10 de ciclo largo y 8 de ciclo corto) de diferentes empresas (Tabla 2). La variedad Sarandí (Bioseminis) sólo estuvo presente en tres sitios de testeo, mientras que el resto de las variedades estuvieron presentes en todos los sitios.

Tabla 2. Lista de variedades. (*) La variedad Sarandí se evaluó en tres de los doce sitios.

Semillero	Variedad	Ciclo
BIOCERES	BASILIO	CL
BIOSEMINIS	JACARANDÁ	CL
BIOSEMINIS	ÁLAMO	CC
BIOSEMINIS	SARANDÍ (*)	CL
BUCK	SY 109	CL
BUCK	B COLIHUE	CC
DON MARIO	DM PEHUEN	CL
DON MARIO	DM CATALPA	CL
DON MARIO	DM ALERCE	CC
DON MARIO	DM AROMO	CC
ILLINOIS	IS TERO	CL
ILLINOIS	IS TORDO	CC
KLEIN	GÉMINIS	CL
KLEIN	FAVORITO II	CC
NIDERA	BAGUETTE 620	CL
NIDERA	BAGUETTE 550	CC
RAGT	QUIRIKO	CL
SANTA ROSA	PAMPERO	CC



Diseño y análisis:

En todos los experimentos se utilizó un diseño en bloques aleatorizado con dos repeticiones. Las parcelas fueron franjas de un mínimo de 12 surcos (dependiendo del ancho de la maquinaria del productor) y con un mínimo de 200 m de largo.

Los ensayos se sembraron y cosecharon con la tecnología disponible por el productor.

1. Análisis de rendimiento:

El rendimiento (corregido a 14% de humedad) fue analizado por sitio y para el conjunto de sitios. Se realizó además un primer análisis de todas las variedades en conjunto (ciclos largos y ciclos cortos), y un segundo análisis donde se analizaron los ciclos largos y cortos por separado.

Los datos fueron analizados por sitio mediante ANOVA y de manera conjunta mediante ANOVA y modelos lineales mixtos en R (paquete lme4; Bates et al., 2013). Los modelos fueron corregidos por heterogeneidad de varianza en el caso de ser necesario. La interacción variedad x sitio se analizó mediante el método univariado de índices ambientales a través del coeficiente de regresión (Finlay y Wilkinson, 1963), y se analizaron los componentes de la interacción mediante el método de DeLacy et al. (1996).

Se realizó un análisis adicional para determinar el efecto del largo de ciclo sobre el rendimiento. Para ello, el ciclo fue considerado un efecto fijo, mientras que la variedad, la interacción variedad x sitio y el sitio fueron considerados efectos aleatorios (paquete lme4; Bates et al., 2013).

2. Análisis de calidad:

Los datos de calidad se encuentran pendientes por lo que no presentan en este informe.

Resultados:

1. Análisis de rendimiento:

Los rendimientos promedio por sitio variaron de 3607 (Marco Juarez) a 7898 kg/ha (Carabelas), lo cual refleja la variabilidad de condiciones ambientales y de manejo exploradas. El 81,9% de la variación en rendimiento del conjunto de datos se debió al sitio.

Las diferencias de rendimiento entre las variedades fueron significativas en la mayoría de los sitios, excepto tres (G_Arenales, Monte Buey y Santa Emilia; Tabla 3). La Tabla 3 muestra el ranking de rendimiento a través de todos los sitios, ordenados de mayor a menor rendimiento en el análisis conjunto (primera columna).

Se destacaron las variedades DM Pehuen y DM Catalpa, de mayor rendimiento en seis (DM Pehuen) y cuatro (DM Catalpa) de los nueve sitios donde hubo diferencias significativas entre materiales (color verde en Tabla 3). Estas dos variedades fueron las de mayor rendimiento en el análisis conjunto.

El análisis de los ciclos largos indicó diferencias significativas entre variedades en ocho de los doce sitios (Tabla 4). También se destacaron las variedades DM Pehuen y DM Catalpa como las de rendimiento superior en seis (DM Pehuen) y cuatro (DM Catalpa) de los ocho sitios donde las diferencias en variedades fueron significativas, siendo además las de mayor rendimiento en el análisis conjunto (Tabla 4).

El análisis de los ciclos cortos indicó diferencias significativas entre variedades en ocho de los doce sitios evaluados (Tabla 5). Se destacaron las variedades DM Aromo, IS Torto, DM Alerce, Pampero y B Colihue como las variedades de mayor rendimiento en el análisis conjunto (Tabla 5).

Tabla 3. Rendimiento (kg/ha, 14% de humedad) de las 18 variedades de trigo evaluadas, ordenadas de mayor a menor rendimiento de acuerdo al promedio a través de sitios (primera columna). Se indican con color verde las variedades de mayor rendimiento sin diferencias significativas de acuerdo a la DMS ($p=0,05$). En amarillo se indica el resto de las variedades. En la parte superior de la tabla se indica la fecha de siembra (FS) de los ciclos largos (CL) y cortos (CC). La variedad Sarandí no fue incluida en el análisis conjunto.

	FS CL			6-jun	3-jun	4-jun	4-jun	1-jun	10-jun	1-jun	10-jun	2-jun	28-may	31-may	3-jun
	FS CC			24-jun	19-jun	4-jun	21-jun	24-jun	10-jun	15-jun	22-jun	18-jun	6-jun	14-jun	16-jun
Variedad	Ciclo	Conjunto		CARABELAS	CRUZ ALTA	EL TREBOL	G_ARENALES	G_BALDISSERA	LOPEZ	MAGGIOLO	MARCOS JUAREZ	MONTE BUEY	PUJATO	SANTA EMILIA	SANTA ISABEL
DM PEHUEN	CL	6498	A	8710	4981	5823	5089	6391	5816	8099	3571	8365	4912	8406	7819
DM CATALPA	CL	6213	AB	8390	4933	5106	4965	6559	5412	8574	4014	6438	4886	8062	7219
SY 109	CL	6064	BC	7974	4286	6114	4886	6106	5331	7431	3728	6341	5008	7872	7690
IS TERO	CL	6022	BC	8436	4839	5236	4998	6051	5492	6889	3415	6723	5062	7255	7874
JACARANDÁ	CL	5943	BCD	7711	4490	5693	4693	6608	5008	6981	3873	5044	5014	7873	8324
DM AROMO	CC	5906	CDE	8171	4914	5083	5133	5711	5089	7494	2578	6030	5185	7947	7540
IS TORDO	CC	5854	CDE	7826	4651	3768	5802	5701	5372	5868	3601	6618	5154	8132	7761
BAGUETTE 620	CL	5817	CDE	8088	4565	4798	5091	6292	5250	6671	3821	5732	4772	6926	7804
DM ALERCE	CC	5792	CDE	8571	4475	4259	4774	5774	4968	6437	3947	5390	4926	7498	8484
PAMPERO	CC	5680	DEF	7221	4986	5177	4441	5229	5331	6140	3553	6412	5413	7600	7173
QUIRIKO	CL	5679	DEF	8069	4250	4099	4786	6285	5008	6239	3754	6058	4865	7633	7102
B COLIHUE	CC	5674	DEF	8060	4816	4484	4677	4821	5291	6423	3612	5865	4542	8057	7444
GÉMINIS	CL	5624	EF	7222	3895	6078	4018	6225	4640	6900	4679	4968	4816	6827	7219
ÁLAMO	CC	5446	FG	7403	4917	4407	4616	4833	4927	5860	3337	5546	4590	8125	6858
FAVORITO II	CC	5445	FG	7594	4762	2885	4437	5238	4806	7059	3031	5758	4196	7498	8082
BASILIO	CL	5443	FG	7517	3636	4757	3884	6089	4641	6609	3377	5844	4335	8061	6565
BAGUETTE 550	CC	5334	G	7294	3972	2891	5062	5315	4847	5910	3425	6438	4485	7080	7286
SARANDÍ	CL	-	-	-	3983	-	-	6331	-	-	-	-	-	-	7874
Promedio				7898	4519	4744	4785	5864	5131	6799	3607	6092	4833	7697	7562
CV (%)				2,9	7,9	9,7	14,4	3,7	1,8	7	7	14,2	3,4	7,7	1,9
Efecto Variedad ($p<$)		0,001		0,001	0,05	0,001	ns	0,001	0,001	0,01	0,001	ns	0,001	ns	0,001
DMS ($p<0,05$)		253		489	755	984	-	459	193	1009	558	-	342	-	296

Tabla 4. Rendimiento (kg/ha, 14% de humedad) de las 10 variedades de trigo de ciclo largo (CL), ordenadas de mayor a menor rendimiento de acuerdo al promedio a través de sitios (primera columna). Se indican con color verde las variedades de mayor rendimiento sin diferencias significativas de acuerdo a la DMS ($p=0,05$). En amarillo se indica el resto de las variedades. En la parte superior de la tabla se indica la fecha de siembra (FS). La variedad Sarandí no fue incluida en el análisis conjunto.

FS CL		6-jun	3-jun	4-jun	4-jun	1-jun	10-jun	1-jun	10-jun	2-jun	28-may	31-may	3-jun	
Variedad	Ciclo	Conjunto	CARABELAS	CRUZ ALTA	EL TREBOL	G_ARENALES	G_BALDISSERA	LOPEZ	MAGGIOLO	MARCOS JUAREZ	MONTE BUEY	PUJATO	SANTA EMILIA	SANTA ISABEL
DM PEHUEN	CL	6498 A	8710	4981	5823	5089	6391	5816	8099	3571	8365	4912	8406	7819
DM CATALPA	CL	6213 AB	8390	4933	5106	4965	6559	5412	8574	4014	6438	4886	8062	7219
SY 109	CL	6064 BC	7974	4286	6114	4886	6106	5331	7431	3728	6341	5008	7872	7690
IS TERO	CL	6022 BC	8436	4839	5236	4998	6051	5492	6889	3415	6723	5062	7255	7874
JACARANDÁ	CL	5943 BCD	7711	4490	5693	4693	6608	5008	6981	3873	5044	5014	7873	8324
BAGUETTE 620	CL	5817 CDE	8088	4565	4798	5091	6292	5250	6671	3821	5732	4772	6926	7804
QUIRIKO	CL	5679 DEF	8069	4250	4099	4786	6285	5008	6239	3754	6058	4865	7633	7102
GÉMINIS	CL	5624 EF	7222	3895	6078	4018	6225	4640	6900	4679	4968	4816	6827	7219
BASILIO	CL	5443 F	7517	3636	4757	3884	6089	4641	6609	3377	5844	4335	8061	6565
SARANDÍ	CL	-	-	3983	-	-	6331	-	-	-	-	-	-	7874
Promedio			8013	4386	5300	4712	6294	5177	7155	3803	6168	4852	7657	7549
Efecto Variedad ($p<$)		0,001	0,001	ns	0,01	ns	0,05	0,001	0,01	0,05	ns	0,01	ns	0,001
DMS ($p<0,05$)		258	431	-	867	-	405	192	928	617	-	327	-	303

Tabla 5. Rendimiento (kg/ha, 14% de humedad) de las 8 variedades de trigo de ciclo corto (CC), ordenadas de mayor a menor rendimiento de acuerdo al promedio a través de sitios (primera columna). Se indican con color verde las variedades de mayor rendimiento sin diferencias significativas de acuerdo a la DMS ($p=0,05$). En amarillo se indica el resto de las variedades. En la parte superior de la tabla se indica la fecha de siembra (FS).

Variedad	FS CC		24-jun	19-jun	4-jun	21-jun	24-jun	10-jun	15-jun	22-jun	18-jun	6-jun	14-jun	16-jun
	Ciclo	Conjunto	CARABELAS	CRUZ ALTA	EL TREBOL	G_ARENALES	G_BALDISSERA	LOPEZ	MAGGIOLO	MARCOS JUAREZ	MONTE BUEY	PUJATO	SANTA EMILIA	SANTA ISABEL
DM AROMO	CC	5906 A	8171	4914	5083	5133	5711	5089	7494	2578	6030	5185	7947	7540
IS TORDO	CC	5854 A	7826	4651	3768	5802	5701	5372	5868	3601	6618	5154	8132	7761
DM ALERCE	CC	5792 A	8571	4475	4259	4774	5774	4968	6437	3947	5390	4926	7498	8484
PAMPERO	CC	5680 AB	7221	4986	5177	4441	5229	5331	6140	3553	6412	5413	7600	7173
B COLIHUE	CC	5674 AB	8060	4816	4484	4677	4821	5291	6423	3612	5865	4542	8057	7444
ÁLAMO	CC	5446 BC	7403	4917	4407	4616	4833	4927	5860	3337	5546	4590	8125	6858
FAVORITO II	CC	5445 BC	7594	4762	2885	4437	5238	4806	7059	3031	5758	4196	7498	8082
BAGUETTE 550	CC	5334 C	7294	3972	2891	5062	5315	4847	5910	3425	6438	4485	7080	7286
Promedio			7767	4687	4119	4868	5328	5079	6399	3385	6007	4811	7742	7578
Efecto Variedad ($p<$)		0,001	0,05	0,05	0,05	ns	0,01	0,01	ns	0,05	ns	0,01	ns	0,001
DMS ($p<0,05$)		253	679	461	1370	-	478	247	-	642	-	434	-	274

El análisis conjunto de los sitios indicó que el 2,9% de la variación de rendimiento se debió a la variedad, mientras que una proporción mayor (6,6%) se debió a la interacción variedad x sitio. El residual del modelo fue del 8,2%. Similares resultados se encontraron en el análisis de manera separada entre ciclos largos y ciclos cortos, aunque el efecto de la interacción variedad x sitio fue comparativamente más importante en los ciclos cortos que en los ciclos largos.

Un mayor detalle de la interacción variedad x sitio indicó que el 89,9% se debió a variaciones relativas de rendimiento entre las variedades a través de los sitios sin cambio de ranking. El cambio de ranking representó el 10,2%, siendo poco más de la mitad (6,6%) cambio de ranking relevante (es decir, que implicaría un cambio en la elección de la variedad de acuerdo con el ambiente considerado). Parte de esta interacción se puede observar en la Fig. 3 como el cruce entre las líneas que representan la respuesta de cada variedad en función del índice ambiental.

Considerando el rango ambiental explorado, la variedad DM Pehuen y DM Catalpa se destacaron por su alto rendimiento promedio, mostrando DM Pehuen mayor adaptabilidad ($b > 1$) y DM Catalpa una estabilidad media ($b \sim 1$; Fig. 2). Se puede observar un mayor rendimiento promedio liderado por materiales de ciclo largos y estabilidad media (Fig. 2). En general, se observa mayor contraste en el coeficiente de regresión en materiales de menor rendimiento promedio (< 6000 kg/ha), lo que explica la interacción genotipo x ambiente descrita previamente. No se observa ninguna tendencia en términos de coeficiente de regresión entre ciclos cortos y largos (Figs. 2 y 3).

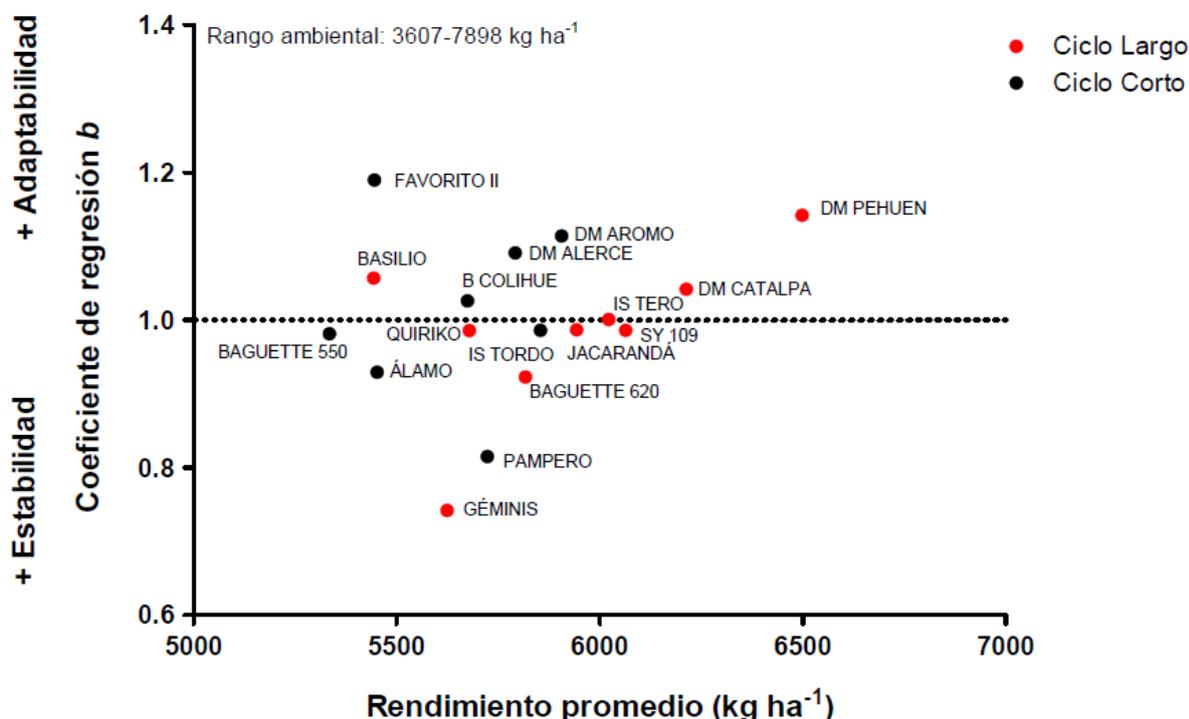


Fig. 2. Coeficiente de regresión b de cada variedad en función del rendimiento promedio cada una a través de los sitios. “ b ” representa la pendiente de la relación entre rendimiento de cada variedad y el índice ambiental ($b=1$ indica una estabilidad promedio, $b > 1$ indica mayor adaptabilidad, $b < 1$ indica mayor estabilidad). Todas las regresiones fueron significativas ($p < 0,05$) y con r^2 entre 0.70 y 0.96.

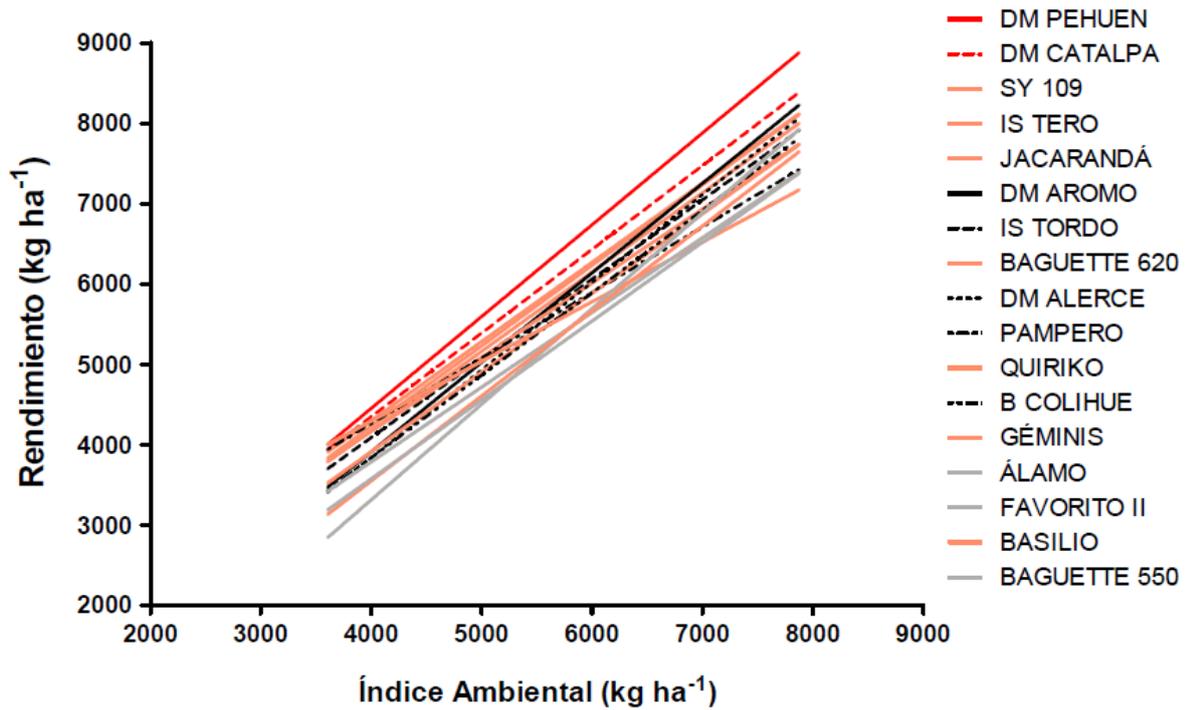
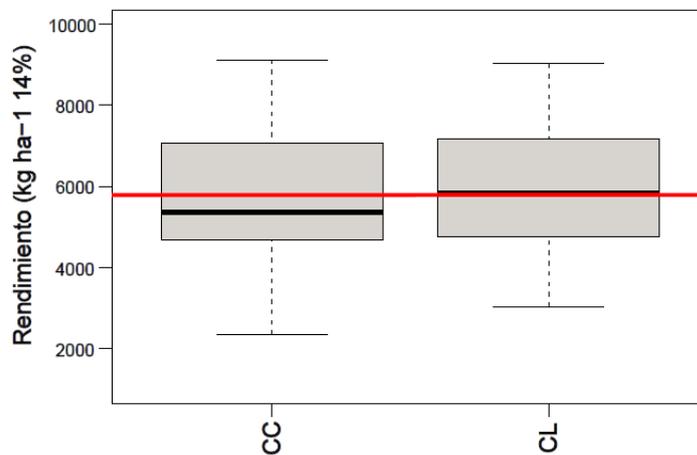


Fig. 3. Ajuste del rendimiento de cada híbrido en función del índice ambiental. En rojo-naranja se indican los ciclos largos, siendo rojo los materiales de rendimiento superior entre los ciclos largos. En negro-gris se indican los ciclos cortos, siendo negros los materiales de rendimiento superior entre los ciclos cortos. Las variedades en la leyenda están ordenadas de mayor a menor rendimiento promedio. Todas las regresiones fueron significativas ($p < 0,05$) y con r^2 entre 0.70 y 0.96.

Efecto ciclo

Los ciclos largos tuvieron un efecto positivo sobre el rendimiento de 275 kg ha^{-1} a través de todos los sitios, aunque la diferencia fue marginalmente significativa ($p < 0,10$; Fig. 4).

Fig. 4. Boxplot de rendimiento para ciclos cortos (CC) y ciclos largos (CL). La línea roja indica la media de rendimiento.



Conclusiones:

- Los rendimientos de la red variaron de 3605 a 7898 kg/ha, siendo superior a los 6000 kg ha⁻¹ en aproximadamente el 50% de los sitios.
- Se destacaron las variedades de ciclo largo DM Pehuen y DM Catalpa con altos rendimientos promedio. DM Pehuen mostró mayor adaptabilidad mientras que DM Catalpa evidenció una estabilidad media. Ambas variedades también se destacaron en el análisis discriminado por ciclo.
- El análisis discriminado para ciclos cortos identificó a las variedades DM Aromo, IS Tordo, DM Alerce, Pampero y B Colihue como las de mayor rendimiento. Dentro de estos, DM Aromo fue el más adaptable y Pampero el más estable.
- La interacción variedad x sitio fue comparativamente mayor para los ciclos cortos, donde se observó cierto cambio de ranking relevante.
- No se observó ninguna tendencia en términos de coeficiente de regresión (estabilidad-adaptabilidad) entre ciclos cortos y largos. Los ciclos largos mostraron un efecto positivo marginal sobre el rendimiento (275 kg ha⁻¹; p<0,10), lo que es acorde con el ranking de rendimiento liderado por variedades de ciclo largo.

Referencias

- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. 2013. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-5. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.
- DeLacy, I. H., Cooper, M., Basford, K. E. 1996. Relationships among analytical methods used to study genotype-by-environment interactions and evaluation of their impact on response to selection. Genotype-by-Environment Interaction. CRC press, New York, 51-84.
- Finlay, KW., Wilkinson, G. N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14, 742-754.
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.