



**REGIÓN SUR
DE SANTA FE**

Informe de la Red de Híbridos de Maíz en Fecha Tardía 2020-2021 CREA-SSF

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

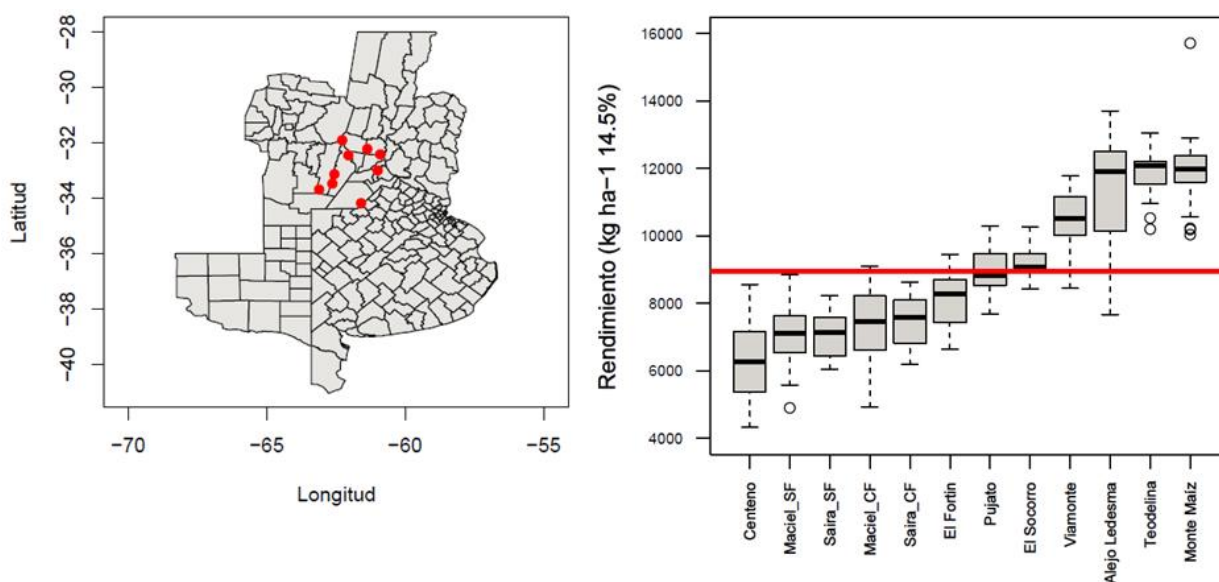
Brenda Gambin, Lucas Borrás (*Análisis de datos, escritura de informe final*)

En el presente informe se describen los resultados de la red de ensayos de híbridos de maíz sembrados en fecha tardía durante la campaña 2020-2021 del CREA Sur de Santa Fe.

El objetivo de la red es obtener información sobre el comportamiento de los distintos híbridos de maíz 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 2020-2021 se llevaron a cabo ensayos en 10 sitios, aunque dos sitios (Maciel y Saira) fueron subdivididos en dos sitios cada uno debido a un manejo diferencial de aplicación o no de fungicida (el subíndice *_CF* y *_SF* indica con o sin fungicida, respectivamente; Fig. 1), resultando en 12 sitios totales.



CREA	Campo	Localidad	F.S.	F.C.	Lat	Long
Ascensión	Don Agustín	El Socorro	22-dic	8-ago	33,662	-60,653
Teodelina	Balducchi	Teodelina	6-dic	17-may	-34,175	-61,588
Monte Maíz	La Dorita	Alejo Ledesma	14-dic	11-jun	-33,470	-62,626
Santa María	El Señuelo	Viamonte	6-dic	13-jul	-33,683	-63,104
Monte Buey-Inrville	La Belgica	Monte Maíz	23-dic	30-jun	-33,128	-62,551
Rosario	De la Ostia	Pujato	24-dic	5-ago	-32,993	-60,987
Las Petacas	Bordi	Centeno	27-dic	18-jul	-32,217	-61,363
Colonia Medici	Milani	El Fortin	6-dic	21-jul	-31,903	-62,275
El Abrojo	Cavallero	Saira	26-dic	27-jul	-32,447	-62,049
La Calandria	El Maulion	Maciel	29-dic	11-ago	-32,411	-60,899

Fig. 1. Lista de sitios de la red, indicando fecha de siembra (FS), fecha de cosecha (FC) y ubicación. En la parte superior se muestra un mapa con la ubicación de los ensayos y a la derecha la variabilidad de los rendimientos por sitio. La línea roja indica la media de rendimiento de la campaña de 8958 kg ha⁻¹.

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. El control químico de malezas fue decisión del

productor y se asume que los ensayos estuvieron libres de malezas. Los detalles de las condiciones iniciales y el manejo se detallan en la Tabla 1.

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)	Zn s (ppm)	Micro a	Napa	AU (mm)	AU (%)	Lluvias (mm)	Fung	Suelo	Antecesor
Alejo Ledesma	2,05	5,97	119	139	17	17,5	10	10	0,87	Zn	Si	76	76	723	Si	Haplustol	Soja 2da
Centeno	sd	sd	sd	80	sd	9	sd	5	sd	Zn	sd	sd	sd	750	No	Argiudol	Avena/Vicia Villosa
El Fortin	2,37	6,03	174	52	21,2	0	14	4	0,86	-	No	169	129	790	No	sd	Soja 1ra
El Socorro	sd	sd	sd	101	sd	21	sd	16	sd	Ca	No	sd	sd	550	Si	Argiudol Vértico	T/Soja 2da
Maciel_CF	sd	sd	sd	145	sd	23	sd	0	0	-	No	sd	sd	791	Si	Hapludol Típico	Trigo
Maciel_SF	sd	sd	sd	145	sd	23	sd	0	0	-	No	sd	sd	791	Si	Hapludol Típico	Trigo
Monte Maíz	2,59	5,92	128	87	21,3	26	16	8	0,89	Zn	No	87	62	561	Si	Hapludol Típico	Soja 1ra
Pujato	3,15	5,87	114	149	12,3	26	15	11	0,88	-	No	165	109	374	Si	Argiudol Vértico	Trigo
Saira_CF	2,89	6,96	113	97	5,3	0	16	0	0,86	-	Si	81	56	592	SI	Argiudol	Cebada Verdeo
Saira_SF	2,89	6,96	113	97	5,3	0	16	0	0,86	-	Si	81	56	592	No	Argiudol	Cebada Verdeo
Teodelina	2,76	5,82	133	162	16	35	12	10	0,88	Zn	No	sd	sd	456	Si	Hapludol Típico	T/Soja 2da
Viamonte	1,69	6,08	95	129	14,3	18	11	10	0,86	Zn	No	77	94	711	Si	Haplustol Éntico	Maiz Temp/Avena CS

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.

Zn s: Zinc en suelo.

Micro a: Micronutrientes aplicados.

Napa: Influencia (1) o no (0) de napa.

AU: Agua útil a la siembra se indica en mm (80 cm de profundidad) y como % del total disponible.

Lluvias de noviembre a abril inclusive.









Fung: Aplicación de funguicida.

sd: sin dato.

Híbridos evaluados:

Se evaluó un total de 12 híbridos de diferentes empresas (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de híbridos.

Semillero	Genotipo		
BREVANT	NEXT22.6PWU		
BREVANT	BRV8380PWU		
LIMAGRAIN	SRM 6620 VT3P		
BAYER	DK 72-70 VT3P		
BAYER	LT 718 VT3P		
BAYER	LT 721 VT3P		
BAYER	LT 723 VT3P		
NIDERA	NS 7921 VIP3 CL		
NK	NK 890 VIP3		
NK	NK 885 VIP3		
NORD	ACRUX PWU		
PIONEER	P2167VYHR		

Diseño y análisis:

En todos los experimentos se utilizó un diseño en bloques aleatorizado con dos repeticiones. Las parcelas fueron franjas de 6 a 10 surcos dependiendo del ancho de la maquinaria del productor y con un mínimo de 100 m de largo. Los ensayos se sembraron y cosecharon con la tecnología disponible por el productor.

Las variables analizadas fueron el rendimiento (corregido a 14,5% de humedad) y la humedad a cosecha por sitio y para el conjunto de sitios. También se analizó el porcentaje de plantas quebradas y volcadas en dos sitios donde la incidencia fue significativa (Alejo Ledesma y Maciel_SF). 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).

Resultados:

1. Análisis de rendimiento:

Los rendimientos promedio por sitio variaron de 6268 (Centeno) a 11932 kg ha⁻¹ (Monte Maíz), lo cual refleja la variabilidad de condiciones ambientales y de manejo exploradas. Asociado a esto, el 80,5% de la variación en rendimiento se debió al sitio.

Las diferencias de rendimiento entre los híbridos fueron significativas ($p < 0,05$) en todos los sitios, excepto en Maciel_CF, Maciel_SF y Viamonte (Tabla 3). En Monte Maíz, las diferencias fueron marginalmente significativas ($p < 0,10$). 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 los híbridos LT 723 VT3P, BRV 8380 PWU y P2167VYHR, de significativo mayor rendimiento en el análisis conjunto (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento (kg ha^{-1} , 14,5% de humedad) de los 12 híbridos de maíz evaluados, ordenados de mayor a menor rendimiento de acuerdo al análisis del conjunto de sitios (primera columna). Se indican con color verde los híbridos de mayor rendimiento sin diferencias significativas de acuerdo a la DMS ($p=0,05$). En amarillo se indica el resto de los híbridos.

En los sitios Alejo Ledesma y Maciel_SF, el * indica materiales con más de 25% de quebrado o vuelco (ver Anexo).

Hibrido	Conjunto	Alejo Ledesma	Centeno	El Fortin	El Socorro	Maciel_CF	Maciel_SF	Monte Maíz	Pujato	Saira_CF	Saira_SF	Teodelina	Viamonte
LT 723 VT3P	9494	11783*	7313	9015	10087	7066	7469*	12659	9475	8142	7170	12417	11337
BRV 8380 PWU	9417	12879	7931	8441	9191	7521	7911	12247	8752	8362	7905	10366	11500
P2167VYHR	9121	12430	5709	7160	10028	7590	6564	12369	10230	7348	6326	12874	10823
NEXT22.6PWU	9101	11895	7420	7117	9572	6486	6575*	13966	9397	7800	7587	11445	9957
LT 721 VT3P	9062	12896*	5637	8437	8851	7492	7449*	12380	8887	6760	6561	12261	11139
NS 7921 VIP3 CL	8945	11230	6830	8380	8841	6996	7510	11944	8432	7844	7300	12322	9706
ACRUX PWU	8921	12824	6568	8030	9154	6899	7131	12354	8639	6648	7434	12016	9351
DK 72-70 VT3P	8907	12819	5234	7686	8976	7710	7156	11660	10005	6708	6502	12027	10396
NK 885 VIP3	8742	9177*	4896	9341	8797	8107	6809*	10300	8521	8491	8082	11974	10414
LT 718 VT3P	8697	10626	4765	8436	9173	7468	7296	11758	7911	7470	6397	11967	11099
NK 890 VIP3	8538	8004*	6701	8751	8661	7794	6677*	11092	8876	6968	6852	11762	10313
SRM 6620 VT3P	8435	9615*	6209	7054	9100	6749	6701*	10459	8504	7829	7140	11217	10638
Promedio		11348	6268	8154	9203	7323	7104	11932	8969	7531	7105	11887	10556
CV		5,2	10,1	5,5	2,7	13,8	17,3	7,5	3,4	5,1	6,4	2,1	6,7
p<	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	ns	ns	0,10	0,001	0,01	0,05	0,001	ns
MDS	374	1297	1394	996	554	-	-	1872	669	843	1006	546	-

Mientras que la variación de rendimiento asociado al híbrido fue del 1% en el análisis del conjunto de sitios, la interacción híbrido x sitio explicó el 8,0%. El residual del modelo fue del 9,0%.

Considerando el rango ambiental explorado, los híbridos LT 723 y BRV 8380 PWU se destacaron por su alto rendimiento promedio, mostrando ambos estabilidad de los rendimientos a través de ambientes ($b \leq 1$; Fig. 2). Hacia rendimientos promedios inferiores se puede mencionar a los híbridos P2167VYHR, NEXT22.6PWU, LT 721 VT3P y DK 72-70 VT3P como más adaptables ($b > 1$), y al híbrido NS 7921 VIP3 CL como comparativamente más estable (Fig. 2). Los mismos resultados se presentan en la Fig. 3 usando la clásica relación entre rendimiento e índice ambiental.

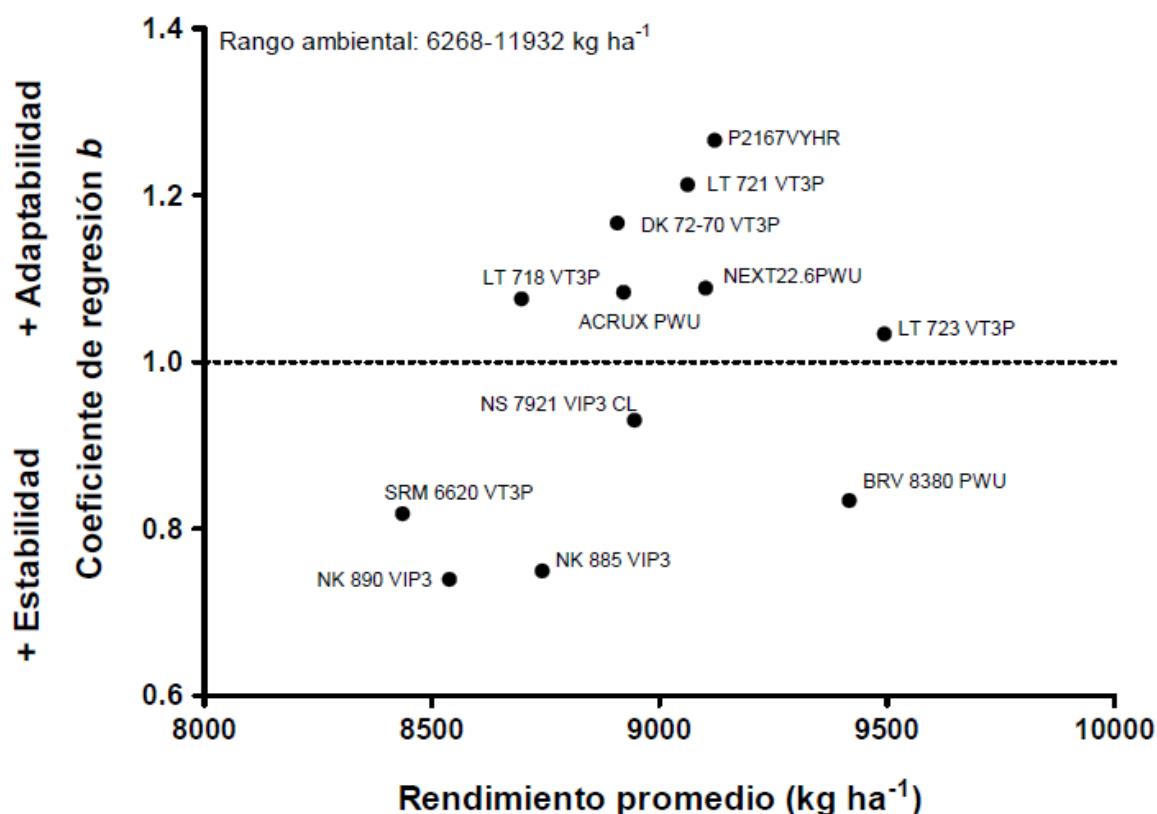


Fig. 2. Coeficiente de regresión b en función del rendimiento promedio de cada híbrido a través de los sitios. “ b ” representa la pendiente de la relación entre rendimiento de cada híbrido y el índice ambiental mostrada en la Fig. 3 ($b=1$ indica una estabilidad promedio, $b>1$ indica mayor adaptabilidad, $b<1$ indica mayor estabilidad).

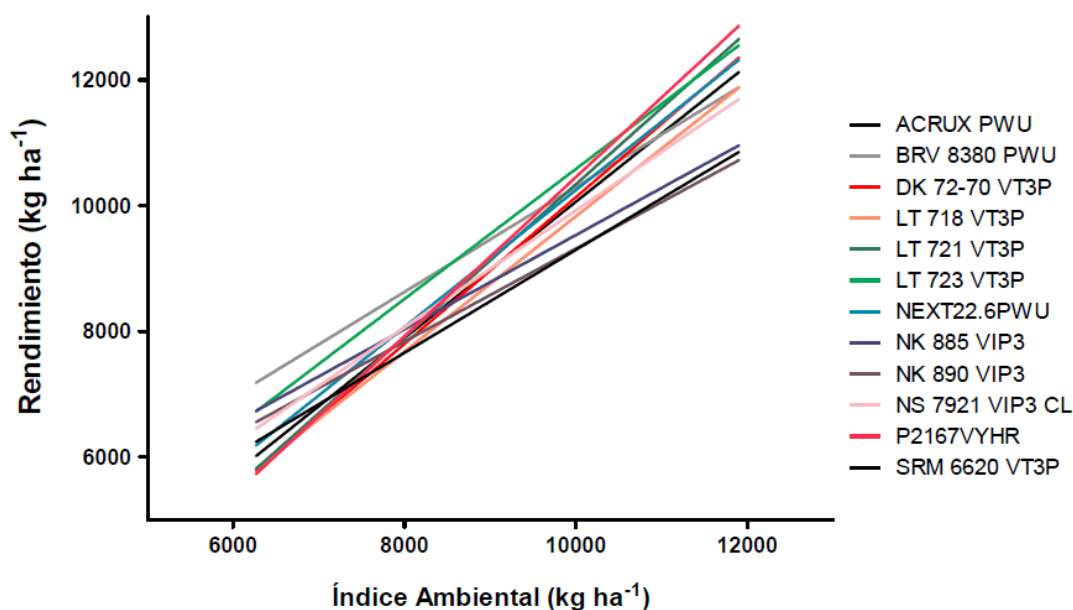


Fig. 3. Ajuste del rendimiento de cada híbrido en función del índice ambiental. Todas las regresiones fueron significativas ($p < 0,05$) y con r^2 entre 0.71 y 0.96.

2. Análisis de humedad a cosecha:

La humedad a cosecha entre los sitios varió de 14,9 (Centeno) a 21,5% (Teodelina), explicando el sitio el 87,1% de la variación en humedad.

El 2,9% de la variación en humedad a cosecha estuvo asociada al híbrido, mientras que la interacción híbrido x sitio fue de mayor magnitud (7,2%).

Las diferencias en humedad a cosecha entre híbridos fueron significativas ($p < 0,05$) en 6 de los 9 sitios donde esta variable pudo ser evaluada (Tabla 4). La Tabla 4 muestra el ranking de híbridos de acuerdo a su humedad a cosecha a través de todos los sitios, ordenados de menor a mayor humedad en el análisis conjunto (primera columna).

Se destacaron los híbridos LT 718 VT3P y BRV 8380 PWU de menor humedad a cosecha en el análisis conjunto (Tabla 4).

Tabla 4. Humedad a cosecha de los 12 híbridos de maíz evaluados, ordenados de menor a mayor humedad a cosecha de acuerdo al análisis del conjunto de sitios (primera columna). Se indican con color verde los híbridos de menor humedad sin diferencias significativas de acuerdo a la DMS ($p=0,05$). En amarillo se indica el resto de los híbridos.

En los sitios El Socorro, Pujato y Teodelina no se muestra el resumen del análisis por falta de repeticiones.

Híbrido	Conjunto	Alejo Ledesma	Centeno	El Fortin	El Socorro	Maciel _CF	Maciel _SF	Monte Maíz	Pujato	Saira _CF	Saira _SF	Teodelina	Viamonte
LT 718 VT3P	16,3	18,5	14,3	14,8	17,3	16,2	16,2	18,5	14,7	14,9	14,9	19,5	15,5
BRV 8380 PWU	16,3	18,2	15,2	15,4	16,6	15,6	15,9	18,7	15,6	15,5	15,7	18,0	15,7
DK 72-70 VT3P	16,7	19,6	13,8	15,1	16,4	15,7	16,0	20,3	14,9	15,1	15,2	22,5	15,4
NEXT22.6PWU	16,7	19,4	14,5	15,6	16,9	16,2	16,4	20,0	15,9	15,7	15,6	18,9	15,9
ACRUX PWU	16,8	19,3	15,3	15,6	16,4	15,9	16,3	20,6	15,5	15,8	15,8	19,8	15,8
LT 721 VT3P	17,0	19,8	14,3	15,5	18,1	16,0	16,4	21,1	14,9	15,3	15,3	22,0	15,6
NK 885 VIP3	17,1	20,0	14,6	15,6	16,4	16,7	16,7	19,5	15,2	15,5	15,9	23,5	16,2
NK 890 VIP3	17,4	19,1	15,4	16,2	17,7	16,9	16,8	20,4	15,0	16,0	15,8	23,0	16,2
P2167VYHR	17,4	20,1	15,3	15,9	18,0	15,9	16,1	22,2	15,1	16,3	15,8	22,0	15,8
SRM 6620 VT3P	17,4	19,3	16,3	17,1	19,0	16,6	16,5	19,2	15,0	16,1	16,2	22,0	15,8
NS 7921 VIP3 CL	17,5	19,4	14,7	16,0	18,2	16,0	16,7	21,4	15,1	16,0	15,9	24,5	15,8
LT 723 VT3P	17,6	20,7	15,8	16,2	18,0	16,3	16,7	20,8	15,2	17,0	16,6	22,0	15,9
Promedio		19,4	14,9	15,7	17,4	16,2	16,4	20,2	15,2	15,7	15,7	21,5	15,8
CV		3,6	2,2	0,9	-	2,1	2,3	2,3	-	1,8	1,6	-	1,0
p<	0,001	ns	0,001	0,001	-	*	ns	0,001	-	0,001	0,01	-	0,05
MDS	0,2	-	0,8	0,3	-	0,7	-	1,0	-	0,6	0,6	-	0,4

3. Análisis de rendimiento corregido por costo de secado:

El productor de maíz tardío se enfrenta con el dilema de secar anticipadamente su maíz o esperar a que baje la humedad en pie con los riegos que ello implica. Una forma de penar la alta humedad a cosecha de un material es corregir su rendimiento por el costo de secado. En esta sección se evaluó el cambio de ranking de rendimiento de los híbridos al considerar el costo de secado ligado a las diferencias de humedad a cosecha de los materiales. Para ello, se asumió que cada punto de humedad que es necesario bajar hasta 14,5% implica una pérdida de rendimiento de 2,5% (valor estimado de acuerdo a la relación de precios vigentes).

La corrección por costo de secado no modificó a los híbridos más rendidores (Tabla 5), aunque provocó que el híbrido BRV 8380 PWU quede mejor posicionado por su baja humedad a cosecha. El híbrido P2167VYHR perdió comparativamente en el ranking por su mayor humedad a cosecha (Tabla 5).

Tabla 5. Ranking de rendimiento 14,5%, humedad a cosecha y rendimiento corregido por costo de secado de los 12 híbridos de maíz evaluados, ordenados de mayor a menor rendimiento y de menor a mayor humedad a cosecha de acuerdo al análisis del conjunto de sitios. Se indican con color verde los híbridos de mayor rendimiento o menor humedad sin diferencias significativas de acuerdo a la DMS ($p=0,05$). En amarillo se indica el resto de los híbridos. Letras diferentes dentro de cada columna indican diferencias significativas.

Híbrido	Rendimiento (14,5% kg ha ⁻¹)		Híbrido	Humedad a cosecha (%)		Híbrido	Rendimiento corregido por costo de secado (kg ha ⁻¹)	
LT 723 VT3P	9494	a	LT 718 VT3P	16,3	f	BRV 8380 PWU	8944	a
BRV 8380 PWU	9417	ab	BRV 8380 PWU	16,3	f	LT 723 VT3P	8680	ab
P2167VYHR	9121	abc	DK 72-70 VT3P	16,7	e	NEXT22.6PWU	8507	bc
NEXT22.6PWU	9101	bc	NEXT22.6PWU	16,7	e	LT 721 VT3P	8370	bcd
LT 721 VT3P	9062	bcd	ACRUX PWU	16,8	de	P2167VYHR	8344	bcd
NS 7921 VIP3 CL	8945	cd	LT 721 VT3P	17,0	cd	ACRUX PWU	8310	cd
ACRUX PWU	8921	cd	NK 885 VIP3	17,1	bc	DK 72-70 VT3P	8299	cd
DK 72-70 VT3P	8907	cde	NK 890 VIP3	17,4	ab	LT 718 VT3P	8238	cd
NK 885 VIP3	8742	cdef	P2167VYHR	17,4	ab	NS 7921 VIP3 CL	8169	cde
LT 718 VT3P	8697	def	SRM 6620 VT3P	17,4	a	NK 885 VIP3	8095	def
NK 890 VIP3	8538	ef	NS 7921 VIP3 CL	17,5	a	NK 890 VIP3	7861	ef
SRM 6620 VT3P	8435	f	LT 723 VT3P	17,6	a	SRM 6620 VT3P	7773	f

4. Experimentos con aplicación de fungicidas:

Se realizaron ensayos de aplicación de fungicidas en dos sitios (Maciel y Saira). El producto aplicado fue Amystar (Syngenta, dosis de 550 cm³ ha⁻¹) en Maciel y Nanok (FMC, dosis de 0,8 litros ha⁻¹) en Saira, ambos aplicados en pre-floración.

En Maciel, las diferencias de rendimiento entre el tratamiento tratado y no tratado no fueron significativas ($p>0,05$; Fig. 4), así como tampoco se detectaron diferencias significativas entre híbridos o interacción híbrido x tratamiento ($p>0,05$).

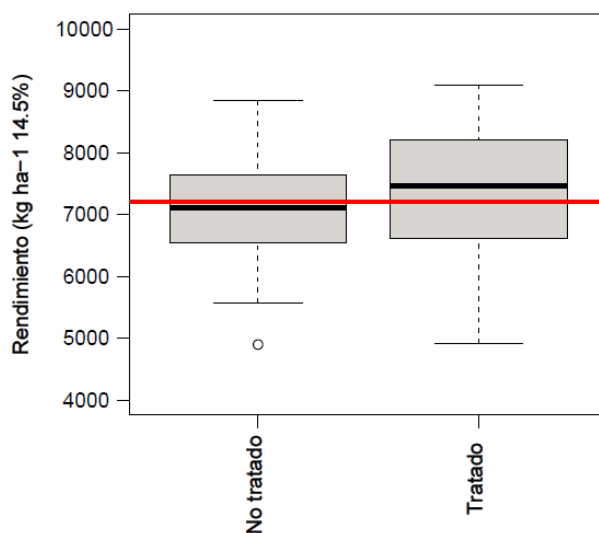


Fig. 4. Boxplot de rendimiento para los tratamientos no tratado y tratado con fungicida en Maciel. La línea roja indica la media de rendimiento del sitio.

En el sitio Saira, las diferencias entre el no tratado y el tratado fueron significativas ($p < 0,01$; Fig. 5). La aplicación de fungicida tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento de $426 \pm 130 \text{ kg ha}^{-1}$. No se detectó interacción híbrido x tratamiento y las diferencias entre híbridos en rendimiento fueron acordes a lo mostrado previamente en la Tabla 3.

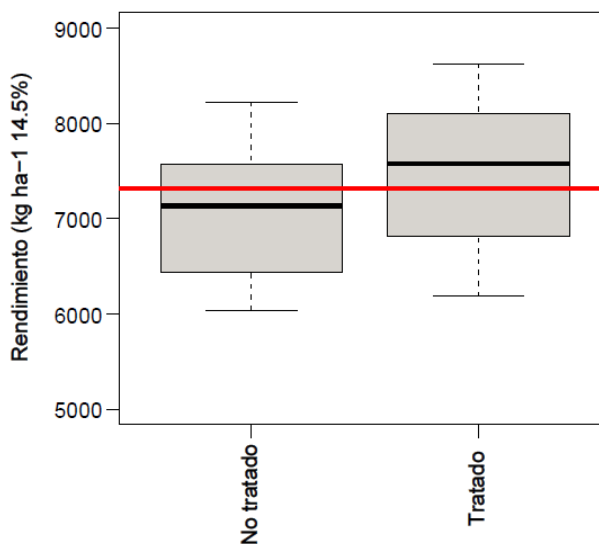


Fig. 5. Boxplot de rendimiento para los tratamientos no tratado y tratado con fungicida en Saira. La línea roja indica la media de rendimiento del sitio.

Conclusiones:

- Los híbridos de significativo mayor rendimiento de la red fueron el LT 723 VT3P, BRV 8380 PWU y P2167VYHR. Mientras que LT 723 VT3P mostró una estabilidad media, BRV 8380 PWU se destacó por su alta estabilidad ($b < 1$) y P2167VYHR por su alta adaptabilidad ($b > 1$).
- Entre los híbridos de significativa menor humedad a cosecha se destacaron el LT 718 VT3P y BRV 8380 PWU.
- El ranking de rendimiento corregido por costo de secado identificó al híbrido BRV 8380 PWU en la parte superior del ranking, por su buen comportamiento en ambos atributos (alto rendimiento y baja humedad a cosecha). Le siguió en el ranking el híbrido LT 723 VT3P, de rendimiento corregido similar.
- La respuesta a la aplicación de fungicida fue significativa en uno de los dos sitios evaluados. En este caso la aplicación de fungicida mostró un efecto positivo sobre el rendimiento de $426 \pm 130 \text{ kg ha}^{-1}$.

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>.
- 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>.

ANEXO.

Tabla A1. Porcentaje de plantas quebradas. Letras diferentes indican diferencias significativas en el análisis conjunto.

Híbrido	Sitio			
	Alejo Ledesma	Maciel_SF	Promedio	
BRV 8380 PWU	6,3	7,5	6,9	D
LT 718 VT3P	8,8	6,3	7,5	D
DK 72-70 VT3P	16,3	3,8	10,0	D
NS 7921 VIP3 CL	22,5	6,3	14,4	D
NEXT22.6PWU	17,5	13,8	15,6	D
ACRUX PWU	23,8	10,0	16,9	D
P2167VYHR	22,5	18,8	20,6	CD
LT 721 VT3P	25,0	27,5	26,3	CD
LT 723 VT3P	45,0	33,8	39,4	BC
NK 885 VIP3	67,5	13,8	40,6	BC
NK 890 VIP3	86,3	26,3	56,3	AB
SRM 6620 VT3P	83,8	42,5	63,1	A
p<			0,001	

Tabla A2. Porcentaje de plantas volcadas. Letras diferentes indican diferencias significativas en el análisis conjunto.

Híbrido	Sitio			
	Alejo Ledesma	Maciel_SF	Promedio	
P2167VYHR	1,3	2,5	1,9	B
ACRUX PWU	1,3	3,8	2,5	B
DK 72-70 VT3P	0,0	6,3	3,1	B
LT 721 VT3P	2,5	3,8	3,1	B
LT 723 VT3P	8,8	3,8	6,3	B
BRV 8380 PWU	3,8	10,0	6,9	B
NK 890 VIP3	2,5	16,3	9,4	B
SRM 6620 VT3P	12,5	6,3	9,4	B
NS 7921 VIP3 CL	15,0	5,0	10,0	B
LT 718 VT3P	20,0	11,3	15,6	AB
NEXT22.6PWU	10,0	27,5	18,8	AB
NK 885 VIP3	21,3	55,0	38,1	A
p<			0,001	