

Informe de la red de híbridos de maíz en fecha tardía CREA SSF 2019/20

Santiago Gallo¹, Guillermo Marccasini¹ (*Coordinación de ensayos*)
Lucas N. Vitantonio-Mazzini², Brenda L. Gambin², Lucas Borrás² (*Análisis de
datos, escritura de informes*)

¹ CREA Sur de Santa Fe.

² Facultad de Ciencias Agrarias, UNR.



**REGIÓN SUR
DE SANTA FE**

Red CREA Sur de Santa Fe

El cultivo de maíz es considerado uno de los cultivos más importantes para la región CREA Sur de Santa Fe. Actualmente la región explora una gran diversidad de ambientes y sistemas productivos. Estos ambientes difieren tanto en cuestiones climáticas como edáficas. Por lo tanto, los sistemas productivos se diferencian tanto en el manejo aplicado para cada ambiente como las condiciones ambientales y edáficas.

La red de híbridos en fechas de siembra tardía se realiza desde la campaña 2010/11 en la región Sur de Santa Fe. Esta red es sembrada en la región núcleo maicera del país (sur de Santa Fe, sureste de Córdoba y norte de Buenos Aires).

Los sitios donde se realizan los ensayos son lotes pertenecientes a los miembros de los grupos CREA de la región Sur de Santa Fe. Los ensayos son conducidos en seco, libres de plagas, malezas y enfermedades, donde se aplica la tecnología disponible por el productor en cuestiones de prácticas de manejo. Las parcelas experimentales tienen un diseño en bloques con dos repeticiones de 200 metros de largo como mínimo y de ancho basado en la maquinaria disponible del establecimiento. La cosecha se realiza mecánicamente.

El objetivo de la red es generar información, en los distintos ambientes que conforman la región, sobre el comportamiento de los distintos híbridos de maíz en condiciones de campo y con la tecnología que utiliza el productor.

Campaña 2019/20

Se realizaron ensayos en nueve localidades (Fig. 1; Tabla 1) a lo largo de la región de interés. En el caso de la localidad de Noetinger, se consideraron dos sitios experimentales diferentes ya que exploraron las mismas cuestiones ambientales y mismo manejo, a excepción de la aplicación de fungicida (entre V7 y R1). Por lo tanto, se consideró un sitio con aplicación y otro sitio sin aplicación de fungicida (Neotinger_CF y Neotinger_SF, respectivamente). Esto resultó en un total de diez sitios experimentales. En el caso de Pujato, el ensayo se realizó sobre un trigo de cosecha, resultado en un maíz de segunda.

Tabla 1. Establecimiento, CREA, localidad, fecha de siembra y de cosecha de las nueve localidades exploradas.

Establecimiento	CREA	Localidad	Serie de suelo	Clase de suelo	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
"La Dorita"	Monte Maíz	Alejo Ledesma	Alejo Ledesma	Hapludol Éntico	21/12/2019	28/07/2020
"Don Agustín"	Ascensión	Ayerza	Peyrano	Argiudol Vértico	22/12/2019	18/05/2020
"El Tambito"	Las Petacas	Centeno	Clason	Argiudol Típico	03/01/2020	14/07/2020
"Milani"	Colonia Medici	El Fortín	Chabas	Argiudol Típico	26/12/2019	01/07/2020
"La Bélgica"	Monte Buey-Inrville	Monte Maíz	La Belgica	Argiudol Típico	19/12/2019	18/06/2020
"Las Colonias"	El Abrojo	Noetinger	Epm3	Argiudol Típico	18/12/2019	20/06/2020
"De la Ostia"	Rosario	Pujato*	Peyrano	Argiudol Vértico	28/11/2019	05/07/2020
"Balducchi"	Teodelina	Teodelina	Santa Isabel	Hapludol Típico	27/11/2019	18/05/2020
"El Señuelo"	Santa María	Viamonte	Canals	Illsc	02/01/2020	07/07/2020

* Pujato, fue un maíz de segunda.

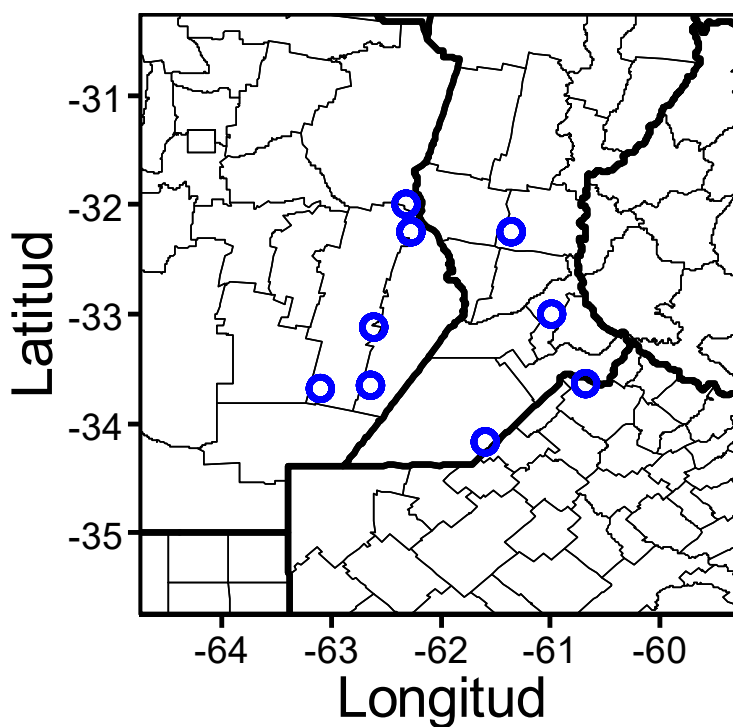


Fig. 1. Mapa con ubicación de los ensayos de la red.

Semilleros y híbridos evaluados

Para la campaña 2019/20 participaron seis empresas, con un total de siete híbridos diferentes (Tabla 2). Todos los híbridos fueron evaluados cada sitio.

Tabla 2. Empresa e híbrido sembrado en la red de maíz tardío 2019/20.

Empresa	Híbrido
Brevant	NEXT22.6 PWU Exp253 PWU
La Tijereta	LT723 VT3P
Limagrain	SRM6620 MGRR
Dekalb	DK72-20 VT3P
Nord	ACRUX PWE
Pioneer	P2167 VYHR



Manejo y ambiente

Todos los ensayos se realizaron en seco y con la tecnología disponible del productor. Se exploró una gran variación en términos de manejo nutricional como en la protección de la sanidad del cultivo (Tabla 3). El ambiente en términos de agua útil a la siembra, presencia o no de napa a los dos metros de profundidad y precipitaciones durante el ciclo también fueron variables entre sitios (Tabla 4).

La disponibilidad de nitrógeno (nitrógeno del suelo de 0-60 cm de profundidad más el fertilizante) varió entre los 148 y los 295 kgN ha⁻¹. Para el caso de la disponibilidad inicial de nitrógeno se encontraron valores relativamente altos (mayores a 106 kgN ha⁻¹), a excepción de Noetinger que presentó una baja disponibilidad (55 kgN ha⁻¹). En el caso del fósforo, la disponibilidad en suelo varió desde las 16 a 30 ppmP. En cambio, el fósforo se fertilizó entre los 0 y 34 kgP ha⁻¹. Mientras tanto, en el caso de los nutrientes como S-SO₄ en el suelo varió de 9 y 14 ppmS ha⁻¹, mientras que el aplicado varió entre 0 y 24,2 kgS ha⁻¹. En cambio, para el Zinc en el suelo se observaron valores entre las 0,57 y 0,88 ppmZn ha⁻¹. La densidad utilizada fue poco variable entre los sitios con valores entre las 6,3 y las 7,6 pl m⁻².

Tabla 3. Descripción del manejo de los diez sitios analizados. ¹ Antecesor, ² Nitrógeno (N) del suelo (0-60 cm), ³ N fertilizado, ⁴ N del suelo más N fertilizado, ⁵ Azufre (S) fertilizado, ⁶ Zinc (Zn) del suelo (0-20 cm), ⁷ Zn fertilizado, ⁸ Fósforo del suelo (0-20 cm) y ⁹ Uso o no de fungicida entre V7 y R1 del cultivo. nm significa que la variable no fue medida en sitio.

Localidad	Ant ¹	Fecha de siembra	pH	MO	Ns ²	Nf ³	Ns+f ⁴	S-SO ₄	Sf ⁵	Zns ⁶	Zn f ⁷	P suelo	Pf ⁸	Dens	Fung ⁹
				%	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	pl m ⁻²	
Alejo Ledesma	Tr/Sj	21-dic	5,84	1,58	116	100	216	9	9	0,82	0,2	27	15	6,3	No
Ayerza	Tr/Sj	22-dic	5,75	nm	115	100	215	14	16	nm	0,0	18	21	6,3	Si
Centeno	Mellitus	3-ene	nm	nm	nm	68	nm	nm	7	nm	0,7	nm	12	7,2	No
El Fortín	Tr/Sj	26-dic	5,78	2,26	129	64	193	11	0	0,86	0,0	30	0	6,7	Si
Monte Maíz	Sj	19-dic	5,79	2,56	130	87	217	11	8	0,88	1,5	23	26	7,4	Si
Noetinger_CF	Vi/Sj	18-dic	6,40	2,53	55	93	148	11	3	0,57	0,5	22	9	6,5	Si
Noetinger_SF	Vi/Sj	18-dic	6,40	2,53	55	93	148	11	3	0,57	0,5	22	9	6,5	No
Pujato*	Tg	28-nov	nm	nm	nm	191	nm	nm	24	nm	0,0	nm	17	7,6	No
Teodelina	Tg/Sj	27-nov	5,82	2,76	133	162	295	12	10	0,88	2,0	16	34	7,6	Si
Viamonte	Mani	2-ene	6,07	1,92	106	60	166	11	12	0,81	1,2	18	21	6,7	No

* Pujato, fue un maíz de segunda.

El agua disponible a la siembra se encontró en valores intermedios entre el 32 y 74% de capacidad de campo, con excepción de Teodelina que exhibió una mayor disponibilidad con un 84% de capacidad de campo. La presencia de napa se observó solamente en dos localidades de un total de nueve localidades exploradas. El total de precipitaciones osciló entre los 440 y 815 mm ha⁻¹ entre los meses de noviembre y abril. Se observaron solamente bajos niveles de precipitaciones para el mes de diciembre en las localidades de El Fortín y Noetinger, y para la mayoría de las localidades, se observaron bajas precipitaciones para el mes de abril. A pesar de estos valores, se estima que no ocurrió ningún evento de estrés hídrico a lo largo del ciclo del cultivo.

Tabla 4. Disponibilidad de agua por sitio. ¹ Agua útil a la siembra (1 m de profundidad), y ² Presencia o no de napa a la siembra. nm significa que la variable no fue medida en sitio.

Localidad	AU ¹	AU	Napa ²	Precipitaciones						Total
	%CC	mm		Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	
Alejo Ledesma	72	92	Si	81	163	93	203	218	15	773
Ayerza	74	159	No	74	101	86	48	144	97	550
Centeno	nm	nm	No	99	157	137	88	56	152	689
El Fortín	63	97	No	75	37	59	109	94	66	440
Monte Maíz	32	52	No	66	163	89	211	134	9	672
Noetinger_CF	66	92.6	Si	88	69	110	139	111	65	582
Noetinger_SF	66	92.6	Si	88	69	110	139	111	65	582
Pujato*	nm	nm	No	84	145	67	50	75	108	529
Teodelina	84	125	No	58	255	126	81	267	28	815
Viamonte	61	74	No	53	139	141	154	155	25	667

* Pujato, fue un maíz de segunda.

Análisis estadístico

Se analizó el rendimiento (corregido al 14,5% de humedad) en la totalidad de los diez sitios y la humedad de cosecha únicamente de los sitios donde se realizaron las mediciones en cada repetición (Alejo Ledesma, Centeno, Noetinger_CF y Noetinger_SF). Se reportó la humedad en los sitios restantes por cuestiones informativas.

Los datos fueron analizados en conjunto mediante modelos lineales de efectos mixtos con el programa R (paquete lme4, función lmer) (Bates et al., 2013). Primero se exploró la variación asociada al híbrido, sitio, la interacción híbrido x sitio y bloque. Luego, se ajustó un modelo mixto donde el híbrido y la interacción híbrido x sitio fueron considerados efectos fijos, mientras que el resto de los efectos fueron considerados aleatorios. Luego, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) por sitio. Para humedad a cosecha, el análisis fue similar, aunque en este caso la localidad se consideró como una repetición. Por último, se realizó un ANOVA para la localidad de Noetinger donde se realizó un manejo diferencial de la aplicación de fungicida.

La densidad de plantas a cosecha mostró diferencias significativas solo en el sitio de Pujato ($p > 0,05$), mientras que en el resto de las localidades no encontraron diferencias significativas entre híbridos ($p > 0,05$; Tabla 1A; ANEXO). Para el caso de vuelco de las plantas no se detectaron diferencias significativas entre híbridos en ningún sitio. Por último, solamente en 2 sitios (El Fortín y Monte Maíz) se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de quebrado de los híbridos ($p < 0,05$; Tabla 2A; ANEXO).

Resultados

El rendimiento varió entre 6.663 a 12.540 kg ha⁻¹ a través de los sitios (Fig. 2). El porcentaje de variación en rendimiento relacionado a cada componente se encuentra en la Tabla 5. Todos los efectos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). La variación asociada al sitio explicó la mayor proporción (74,9%; Tabla 5), seguida de la interacción híbrido x sitio (9,1%) y el efecto híbrido (4,6%; Tabla 5).

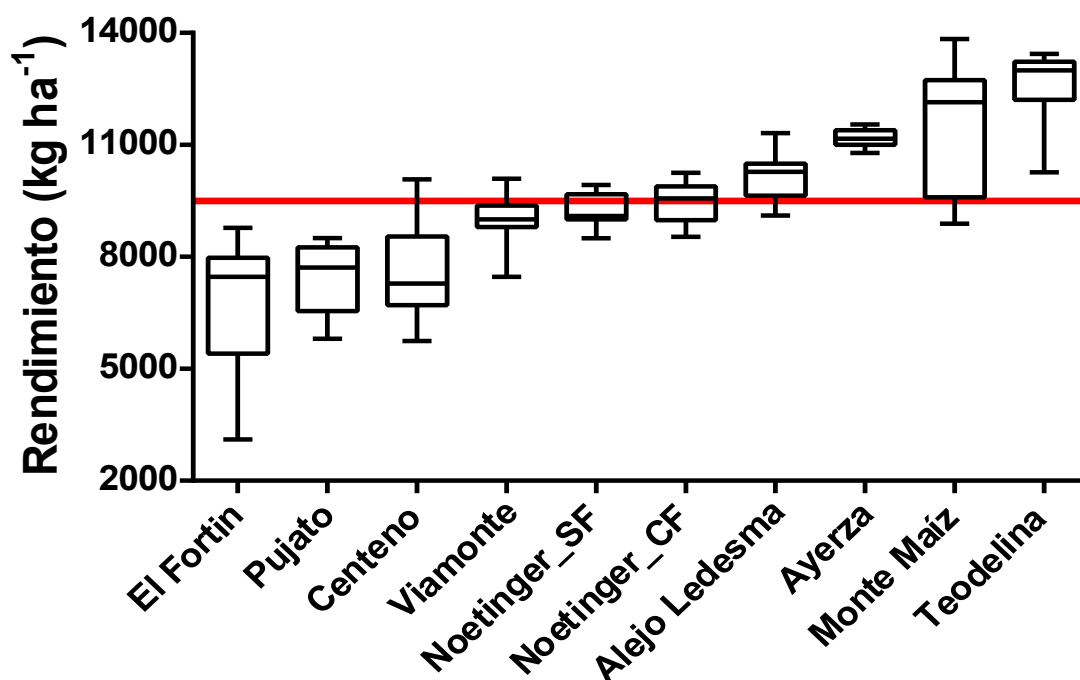


Fig. 2. Boxplot de rendimiento por sitio. La línea roja indica la media de rendimiento de la campaña (9.495 kg ha⁻¹).

La variación en humedad fue igualmente importante tanto entre sitios como híbridos (38,2 y 26,5, respectivamente, Tabla 5), ambos con diferencias significativas ($p < 0,05$). La interacción híbrido x sitio fue baja en comparación con el efecto del híbrido y no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$).

Tabla 5. Porcentaje de la variación en rendimiento y humedad asociado a sitio, híbrido, híbrido x sitio y residual para el análisis del conjunto de sitios.

Efecto	Variación en rendimiento	Variación en humedad
	(10 sitios)	(4 sitios)
	%	%
Sitio	74,9	38,2
Híbrido	4,6	26,5
Híbrido x Sitio	9,1	13,9
Bloque	4,0	4,7
Residual	7,4	16,7

Los híbridos de mayor rendimiento para la red de híbridos de maíz en fecha tardía fueron DK72-20 VT3P, LT723 V3P, ACUX PWU y NEXT22.6 PWU, sin encontrar diferencias significativas entre ellos (Tabla 6). De la totalidad de sitios, encontramos 5 sitios donde no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los híbridos. Mientras tanto, en los sitios que presentaron diferencias significativas, estas diferencias fueron desde el 17,5 al 33,4% en relación a la media de cada sitio. La interacción híbrido x sitio detectada responde mayormente a una variación de rendimiento relativo a través de los sitios, pero con muy pocos cambios en el ranking de los híbridos (Tabla 7).

Respecto a la humedad de cosecha, los sitios presentaron mínimas diferencias entre ellos, el rango varío entre el 14,5 y 17,6% (Tabla 8). El híbrido con mayor humedad fue el LT723 VT3P y su comportamiento fue consistente en todos los sitios analizados.

Tabla 6. Rendimiento y humedad a través de todos los sitios analizados.

Híbrido	Rendimiento kg ha ⁻¹	Humedad %
DK72-20VT3P	10.035 a	15,7 ab
LT723VT3P	9.896 a	16,3 a
ACRUX PWU	9.858 a	15,8 ab
NEXT22.6PWU	9.773 a	15,8 ab
P2167VYHR	9.170 b	15,4 ab
EXP253 PWU	9.066 b	15,5 b
SRM6620MGRR	8.669 c	15,4 b
Promedio	9.425	15,6
DMS Híbrido	371	0,5
p-value Híbrido	<0,01	<0,01

Red de híbridos de maíz en fecha tardía 2019/20

Tabla 7. Rendimiento (kg ha^{-1}) de cada híbrido en los sitios analizados y el promedio de cada sitio. Se indican el coeficiente de variación (CV), la diferencia mínima significativa (DMS) y el p-value del análisis del sitio.

En color verde se muestran los híbridos de mayor rinde estadísticamente para cada sitio particular.

		21/12	22/12	03/01	26/12	19/12	18/12	18/12	28/11	29/11	02/01
		28/07	18/05	14/07	01/07	18/06	20/06	20/06	05/07	18/05	07/07
	Promedio	Alejo Ledesma	Ayerza	Centeno	El Fortín	Monte Maíz	Noetinger CF	Noetinger SF	Pujato*	Teodelina	Viamonte
DK72-20VT3P	10.035	10.189	11.251	8.304	7.979	12.996	9.664	9.508	8.387	12.441	9.627
LT723VT3P	9.896	10.246	10.992	8.694	7.205	12.800	10.082	9.505	8.136	13.152	8.147
ACRUX PWU	9.858	11.098	11.133	8.033	6.625	12.949	9.642	9.680	7.222	13.431	8.765
NEXT22.6PWU	9.773	10.277	10.904	7.710	6.454	12.019	9.797	9.617	8.373	13.155	9.424
P2167VYHR	9.170	10.400	11.472	5.985	5.156	11.973	9.387	9.073	5.896	13.045	9.312
EXP253 PWU	9.066	9.334	11.303	6.536	7.941	9.270	8.760	8.766	7.712	12.163	8.871
SRM6620MGRR	8.669	9.417	11.214	7.843	5.281	9.244	8.949	8.708	6.502	10.391	9.141
Promedio	9.495	10.136	11.181	7.587	6.663	11.607	9.469	9.265	7.461	12.540	9.041
CV	5,58	2,48	1,38	12,09	21,93	5,1	2,32	2,95	1,61	1,33	4,6
DMS	371	647	400	2.725	4.027	1.606	590	848	307	469	1.289
p-value	<0,01	<0,01	0,12	0,32	0,54	<0,01	<0,05	0,11	<0,01	<0,01	0,26

* Pujato, fue un maíz de segunda.

Red de híbridos de maíz en fecha tardía 2019/20

Tabla 8. Humedad a cosecha (%) de cada híbrido en los sitios analizados y el promedio de cada sitio. Se indican el coeficiente de variación (CV), la diferencia mínima significativa (DMS), y el p-value del análisis de los cuatro sitios analizados.

En color verde se muestran los híbridos de menor humedad en un rango de 1% para cada sitio particular.

	21/12	22/12	03/01	26/12	19/12	18/12	18/12	28/11	29/11	02/01	
Fecha de siembra											
Fecha de cosecha	28/07	18/05	14/07	01/07	18/06	20/06	20/06	05/07	18/05	07/07	
	Promedio	Alejo Ledesma	Ayerza	Centeno	El Fortín	Monte Maíz	Noetinger CF	Noetinger SF	Pujato*	Teodelina	Viamonte
SRM6620MGRR	15,2	15,2	13,8	15,5	16,3	14,6	14,6	14,3	14,8	15,9	17,2
EXP253 PWU	15,4	15,2	14,6	14,9	16,1	13,8	15,2	14,3	15,1	16,8	17,6
P2167VYHR	15,5	15,6	15,9	14,8	15,8	14,4	14,0	14,1	14,3	18,2	17,7
DK72-20VT3P	15,6	15,7	14,7	15,6	15,7	14,4	14,4	14,4	15,7	17,7	17,9
ACRUX PWU	15,8	15,6	15,3	15,8	16,0	15,1	15,1	14,9	15,0	17,5	17,0
NEXT22.6PWU	15,8	15,6	15,3	16,0	16,2	14,5	14,3	15,0	16,1	16,2	18,2
LT723VT3P	16,2	15,9	15,8	16,5	15,6	14,9	15,6	15,5	15,6	18,8	17,5
Promedio	15,6	15,6	15,1	15,6	16,0	14,5	14,8	14,7	15,2	17,3	17,6
CV	-	1,4	-	3,0	-	-	2,8	2,7	-	-	-
DMS	0,5	0,5	-	1,5	-	-	1,1	1	-	-	-
p-value	<0,01	<0,01	-	<0,01	-	-	<0,01	<0,01	-	-	-

* Pujato, fue un maíz de segunda.

Del análisis de la interacción híbrido x sitio se destacan los híbridos NEXT22.6 PWU y LT723 VT3P, con un alto rendimiento promedio y estabilidad promedio (b cercana a 1). El híbrido ACRUX PWU exhibió una mayor adaptabilidad ($b > 1$) con alto rendimiento promedio. En cambio, el híbrido DK72-20 VT3P mostró mayor estabilidad ($b < 1$) entre los híbridos más rendidores (Fig. 3).

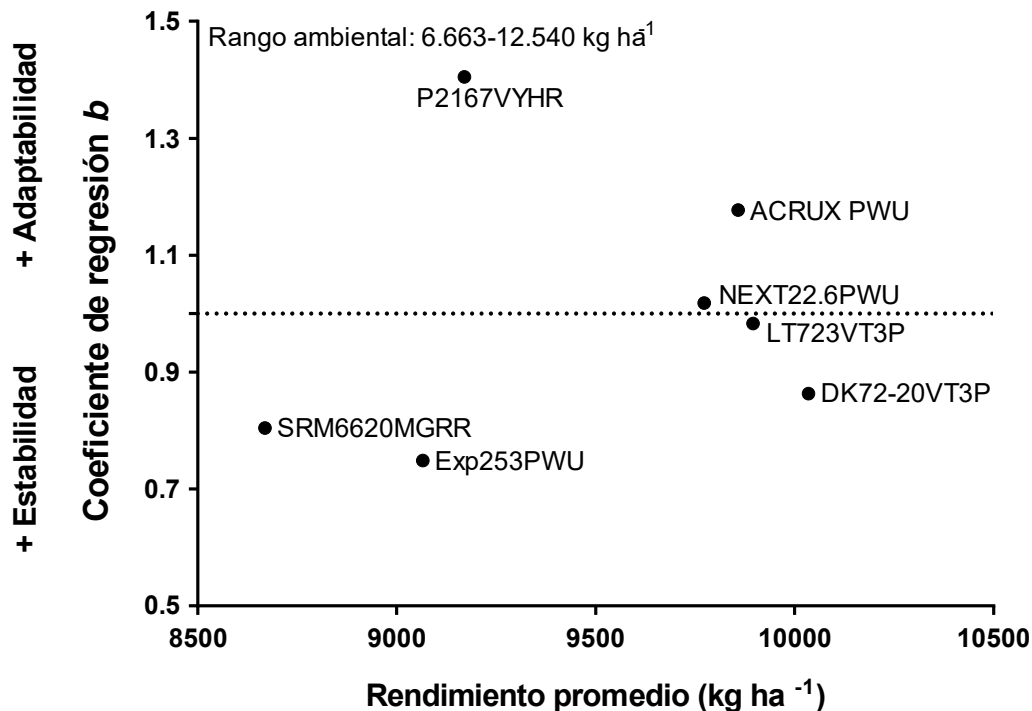


Fig. 3. Coeficiente de regresión b de los híbridos en función del rendimiento promedio de las variedades a través de los sitios. “ b ” representa la pendiente de la relación entre rendimiento de cada variedad y el índice ambiental ($b=1$ indica una estabilidad promedio, $b > 1$ indica mayor adaptabilidad, $b < 1$ indica mayor estabilidad). Todas las regresiones fueron significativas ($p < 0,05$) y con $r^2 > 0,75$.

Resultado del ensayo de aplicación de fungicida

En promedio de todos los sitios e híbridos evaluados, la aplicación de fungicida incrementó el rendimiento de maíz en 203 kg ha⁻¹, aunque la diferencia no fue significativa ($p < 0,10$; Fig. 4).

La interacción híbrido x tratamiento de fungicida no fue estadísticamente significativas ($p = 0,83$). Esto indica que la respuesta en rendimiento del uso de fungicida fue similar entre híbridos.

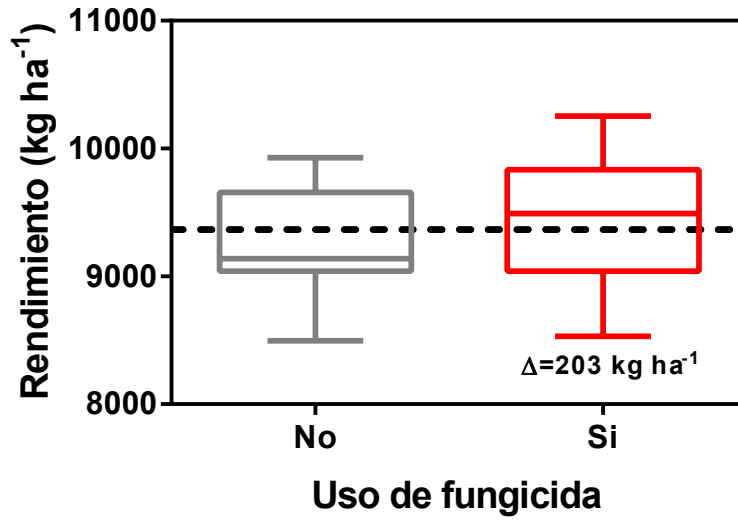


Fig. 4. Rendimiento (kg ha^{-1}) sobre el uso de fungicida para la campaña evaluada. La línea negra punteada indica la media de la localidad evaluada (9.367 kg ha^{-1}).

Conclusiones

Los híbridos de mayor rendimiento dentro de la región sur de Santa Fe fueron: DK72-20 VT3P, LT723 VT3P, ACRUX PWU y NEXT22.6 PWU. Estos híbridos promediaron unos 9.890 kg ha⁻¹ a través de la red de híbridos de la región sur de Santa Fe.

Con respecto a la humedad a cosecha, se destacaron híbridos con alto rendimiento y baja humedad a cosecha como DK72-20 VT3P, ACRUX PWU y NEXT22.6 PWU. En cambio, el híbrido LT723 VT3PPWU se destacó por lograr un alto rendimiento, pero con una mayor humedad a cosecha.

Hubo una respuesta marginalmente positiva ($p < 0,10$) en el rendimiento a la aplicación de fungicida (203 kg ha⁻¹) como promedio de los híbridos. No se encontraron respuestas diferenciales entre híbridos en la aplicación de fungicida.

Se destacan los altos rendimientos en algunos sitios, superando los 11.000 kg ha⁻¹. Del total de diez sitios, cuatro presentaron un rendimiento mayor a los 10.000 kg ha⁻¹. Esto evidencia una optimización en términos de manejo x ambiente x híbridos para fechas de siembra tardías en la región sur de Santa Fe.

ANEXO

Tabla 1A. Densidad de plantas m^2 a cosechar en cada sitio y cada híbrido analizado. * simboliza los sitios con diferencias significativas entre híbridos ($p < 0.05$).

Híbrido	Alejo Ledesma	Ayerza	Centeno	El Fortín	Monte Maíz	Noetinger_CF	Noetinger_SF	Pujato*	Teodelina	Viamonte
ACRUX PWU	6,1	6,5	7,3	6,1	7,3	6,1	6,1	6,9	7,6	6,8
DK72-20VT3P	6,3	6,2	7,2	7,1	7,4	6,0	6,0	7,2	7,5	7,1
Exp253PWU	6,3	6,3	6,8	7,2	7,4	7,2	7,2	7,4	7,5	6,9
LT723VT3P	6,2	6,5	7,1	6,8	7,4	6,4	6,4	9,2	8,1	6,4
NEXT22.6PWU	6,3	6,2	6,8	6,1	7,7	6,7	6,7	7,1	7,9	6,3
P2167VYHR	6,4	6,2	7,9	6,7	7,3	6,1	6,1	8,1	7,2	6,7
SRM6620MGRR	6,3	6,1	7,6	7,1	7,6	6,4	6,4	7,4	7,5	6,8
Promedio	6,3	6,3	7,2	6,7	7,4	6,4	6,4	7,6	7,6	6,7
DMS	0,6	0,4	0,8	1,4	0,9	1,0	1,0	1,2	0,7	0,8

Tabla 2A. Porcentaje de quebrado (%). * simboliza los sitios con diferencias significativas entre híbridos ($p < 0,05$).

Híbrido	El Fortín*	Monte Maiz*	Viamonte
ACRUX PWU	1,0	1,0	2,0
DK72-20VT3P	14,0	0,0	1,0
Exp253PWU	2,0	14,0	0,0
LT723VT3P	5,0	1,0	0,0
NEXT22.6PWU	3,0	0,0	1,0
P2167VYHR	0,0	13,0	1,0
SRM6620MGRR	11,0	4,0	0,0
Promedio	5,1	4,7	0,7
DMS	6,7	7,0	3,3