

Caracterización y evaluación comparativa de cultivares de maíz en siembras tardías. Campaña 2020/21

*Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

** Ing. Agr. Fernando J. Mousegne

Agosto 2021

INTRODUCCIÓN

Las siembras tardías han irrumpido en la Región Núcleo Pampeana, gracias a su singular adaptabilidad a condiciones de desfavorables de clima o suelo. La abundante reserva de agua y nitrógeno (N) en suelo al momento de la siembra, junto a la menor demanda ambiental en el período crítico permiten conformar una base de rendimiento superior a la observada en siembras tradicionales de fecha temprana. La estabilidad lograda ha favorecido una amplia difusión en el norte de los partidos de Pergamino, Arrecifes, Capitán Sarmiento o San Antonio de Areco, así como en la totalidad de los partidos linderos al río Paraná en Buenos Aires, y de los departamentos homólogos en el sur de Santa Fe.

Por otra parte, la baja correlación entre los rendimientos en siembras tempranas y tardías permitiría, al asignar una parte de la superficie a estas últimas, desarrollar una estrategia de diversificación productiva muy amplia dentro de un mismo cultivo y zona geográfica.

Los caracteres relevantes en siembras tardías son diferentes de aquellos obtenidos en sus pares tempranas. La fortaleza de raíz y caña podría ser el atributo más importante, ya que transcurre mucho tiempo entre madurez fisiológica y cosecha, mientras el grano pierde humedad en un ambiente otoño- invernal bajo días cortos, moderada insolación y elevada humedad relativa. La tolerancia a insectos, tizón, roya, velocidad de secado son propiedades también deseables, junto al potencial y estabilidad de rendimiento. El pronóstico climático de un ciclo acompañado por el fenómeno ENSO La Niña incentiva las siembras diferidas, ya que el pico de lluvias suele trasladarse desde la primavera hacia finales del verano. Sin embargo, la campaña 2020/21 presentó una distribución diferente a este patrón.

El objetivo de este trabajo de investigación fue realizar una caracterización morfológica y sanitaria, así como la evaluación de rendimiento y sus componentes, de diferentes híbridos comerciales de maíz en el área de transición entre el norte del partido de Pergamino y el sudeste de departamento constitución, Santa Fe. Asimismo, relacionar el rendimiento con las variables agronómicas que lo explican y determinan.

Palabras clave: Maíz, siembras tardías, genética, interacción genotipo x ambiente, relación rendimiento-variables agronómicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se instaló entre la localidad de El Socorro (Pergamino) y General Gelly (Santa Fe), perteneciendo formalmente a este último. El suelo del sitio corresponde a la Serie Py2, Argiudol vértico en fase por erosión, clase IIe. Se encuentra ubicado en la cuenca del Arroyo del Medio, y se caracteriza por su horizonte superficial adelgazado por erosión histórica, posición alta en el relieve y B textural muy potente. El antecesor fue soja de primera. Se implantó el día 26 de noviembre, en siembra directa a una densidad de 75000 semillas ha⁻¹ e hileras espaciadas a 0,525 m. Para ello, se utilizó una sembradora neumática de 12 surcos. Se implantaron 30 materiales diferentes en un diseño en bloques completos al azar con dos repeticiones.

De acuerdo con el diagnóstico realizado a partir del análisis de suelo, el cultivo fue fertilizado con una mezcla (70MAP – 30SPS) (8-16-0-53,6) a dosis de 120 kg/ha en línea de siembra y urea en cobertura total inmediatamente después de la siembra, a la dosis de 250 kg/ha de urea granulada (46-0-0) siendo incorporada por una lluvia inmediata. La cosecha se realizó en forma mecánica. Se aplicaron herbicidas en barbecho y preemergencia para prevenir

la emergencia de malezas. No se aplicaron tratamientos de protección durante el ciclo de cultivo, al no alcanzar ninguna adversidad biótica el umbral de control.

Los datos de suelo correspondientes al ensayo se describen en la Tabla 1:

Tabla 1: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Prof	Materia Orgánica	N total	Fósforo extractable	pH	N-Nitratos suelo 0-60 (diciembre)	S-Sulfatos suelo
	%	%	mg kg ⁻¹	agua 1:2,5	kg ha ⁻¹	mg kg ⁻¹
Pergam	2,06	0,103	5,5	6,0	77,2	5,6
0-20 cm	muy bajo	muy bajo	muy bajo	lig. ácido	medio	muy bajo
Prof	Potasio	Calcio	Magnesio	Zinc	Boro	Agua en suelo
				mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	150 cm - siembra
Pergam	317	1605	204	0,7	0,3	101 mm
0-20 cm	medio	alto	medio	bajo	bajo	mod. seco

Dentro de las determinaciones realizadas, se evaluó el número de plantas a cosecha (PL), altura de planta (AP) porcentaje de plantas quebradas (Q%), volcadas (V%). Para evaluar el comportamiento sanitario se midieron la severidad de Roya común del maíz (Roya) y Tizón del maíz. En ambos casos, las observaciones se realizaron en las plantas después de antesis (Estado R2-R3). De igual manera se calificó el vigor de crecimiento y el nivel de cobertura a floración, en alto, medio y bajo.

Finalmente, se determinó el rendimiento (Rend), granos m⁻² (NG), Peso individual de granos (PG), número de granos por espiga (GE), número de hileras (Hil), Grado de llenado de la espiga (PE), Humedad a cosecha (H%) y el índice de prolificidad (IP). Se establecieron relaciones estadísticas entre rendimiento y las variables evaluadas mediante análisis multivariado –componentes principales y análisis de conglomerados- y análisis de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Condición climática de la campaña.

En la Figura 1 se presentan las precipitaciones, y en la Figura 2 el balance hídrico del sitio. Las lluvias fueron muy limitadas al momento de la siembra, con humedad apenas para implantar el cultivo. Luego, la floración transcurrió en condiciones favorables, pero pronto las precipitaciones se vieron interrumpidas hasta prácticamente la madurez. Los componentes del rendimiento se expresaron sin limitaciones graves, tanto el número como el peso de los granos.

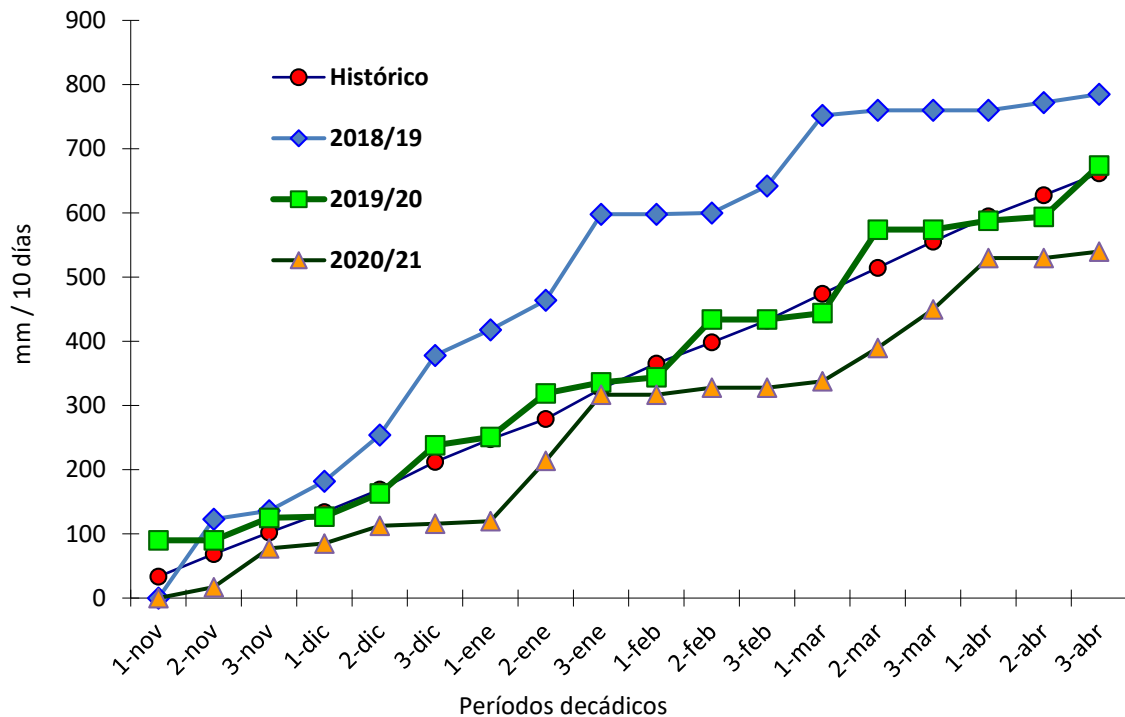


Figura 1: Precipitaciones acumuladas en el período noviembre-abril, comparando las tres últimas campañas y el promedio histórico. General Gelly, campaña 2020/21. Agua disponible inicial en el suelo (150 cm) 101 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 539 mm. Déficit de 122 mm con relación al mínimo histórico.

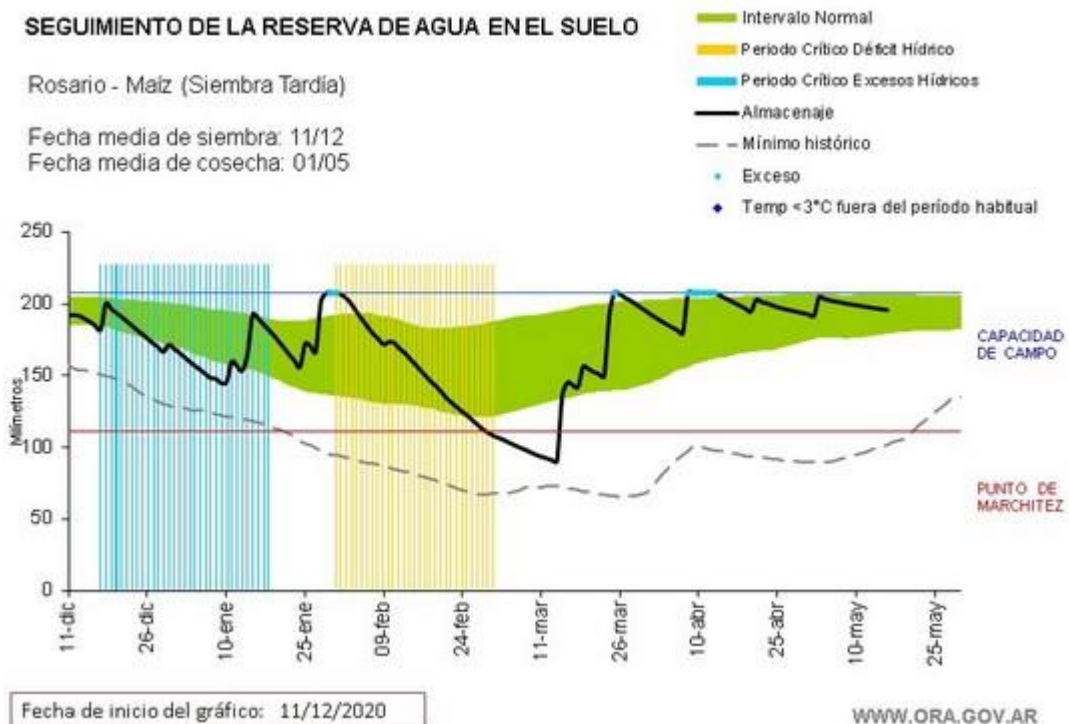


Figura 2: Evolución de la disponibilidad hídrica en el suelo en un cultivo de maíz durante la campaña 2020/21. El nivel de almacenaje fue muy restringido desde diciembre, cercano al mínimo histórico y sobrepasando el punto de marchitez permanente (PMP) a mediados de marzo. Elaborado por la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) a partir de datos de la EEA Pergamino.

b) Resultados del experimento.

En la Tabla 2 se presentan datos morfológicos, de sanidad y tolerancia a plagas que caracterizan a los diferentes materiales. La acumulación de biomasa fue relativamente normal, aunque limitada por la escasez de precipitaciones, pareciendo por su porte un maíz de siembra

tradicional más que tardío (Tabla 2). La captura de radiación no habría sido limitante. Asimismo, se presentan los datos de Roya común del maíz. Se observó una muy leve aparición de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en plantas refugio, y gran severidad de la isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*), según la botecnología que portara el material sembrado (Tabla 2).

Tabla 2: Densidad, altura de plantas, severidad de Roya común del maíz, vuelco (%) y quebrado (%). Red de ensayos comparativos de rendimiento, en fechas tardías. INTA Pergamino, campaña 2020/21.

Empresa	Híbrido	AP (cm)	Severidad Roya común (%)	Daño por <i>Helicoverpa zea</i>	Vuelco (%)	Quebrado (%)
Brevant	Next 22.6 PWU	260	trazas	muy leve	0	0
LG semillas	LG 30680 Vip3	255	trazas	leve	0	0
Forratec	Duo 225PWU	280	3	muy leve	0	2
ACA	481 VT3P	270	trazas	leve a moderado	0	1
Dekalb	AU7351MQKZ	270	trazas	leve a moderado	0	0
ACA	484 VT3P	255	2	leve a moderado	0	0
LG semillas	SRM 6620 VT3P	245	trazas	leve a moderado	0	0
ACA	473 VT3P	230	2	leve a moderado	2	1
ACA	476 VT3P	260	trazas	leve a moderado	0	0
Syngenta	NK 885 Vip3	240	trazas	muy leve	0	0
KWS	3916 Vip3	280	0	muy leve	0	0
Dekalb	DK 7270 VT3P	265	trazas	leve a moderado	0	1
Stine	Sti 9820 - 20 Vip3	250	trazas	leve a moderado	0	0
La Tijereta	LT 721 VT3P	240	2	leve a moderado	0	1
Don Mario	DM 2772 VT3P	280	trazas	leve a moderado	0	0
Syngenta	NK 890 Vip3	250	2	muy leve	0	0
La Tijereta	LT 723 VT3P	245	2	leve a moderado	0	0
Forratec	3190 MG RR	230	0	elevado	0	3
Syngenta	NK 897 Vip3	240	2	muy leve	0	0
KWS	3927 Vip 3	260	2	muy leve	0	0
Dekalb	Dk 7210 VT3P	260	3	leve a moderado	0	0
Stine	9734 -20 Vip3	240	trazas	muy leve	0	0
La Tijereta	LT 626 VT3P	260	2	leve a moderado	0	0
Pionner	P1815 VYHR	235	trazas	muy leve	0	0
ACA	MZ 237 VT3P	240	1	leve a moderado	0	0
Illinois	I 797 VT3P	225	trazas	leve a moderado	0	0
Macroseed	MS 7123 PW	260	1	moderado	0	0
Illinois	I 799 VT3P	235	2	leve	0	0
Pioneer	P 2021 VYHR	225	2	muy leve	0	0
ACA	470 VT3P	245	4	leve a moderado	0	1

En la Tabla 3 se describen los rendimientos, sus componentes, y algunos parámetros simples que hacen a la calidad de los granos cosechados.

Tabla 3: Rendimiento de grano ajustado por el testigo, número de granos por espiga y m², peso de granos, color y textura, para los diferentes materiales evaluados. Red de ensayos comparativos de rendimiento en fechas de siembra tardía. INTA Pergamino, campaña 2020/21.

Empresa	Híbrido	Rendimiento 13,5 % ajustado	Componentes de rendimiento			Calidad grano		
			GE	NG	PG x 1000	Color	textura	Humed (%)
Brevant	Next 22.6 PWU	14527	583	4608	315,3	AN	SD	16,8
LG semillas	LG 30680 Vip3	14282	702	5403	264,3	AN	SD	18,7
Fornatec	Duo 225PWU	14200	618	4710	301,5	AM	SD	19,7
ACA	481 VT3P	13499	474	3811	354,2	AN Osc	SD	18,8
Bayer	AU7351MQKZ	13288	517	3940	337,3	AN	SD	21,0
ACA	484 VT3P	13166	552	4397	299,4	AN Osc	SD	20,0
LG semillas	SRM 6620 VT3P	13125	502	3609	363,7	AN	SD	18,6
ACA	473 VT3P	12965	463	3737	346,9	AN	SD	17,6
ACA	476 VT3P	12766	426	3536	361,0	AN	SD	16,8
Syngenta	NK 885 Vip3	12758	627	3453	369,5	AN	SD	19,2
KWS	3916 Vip3	12645	504	3414	370,5	AN	SD	19,2
Bayer	DK 7270 VT3P	12569	469	3378	372,1	AN Osc	SD	18,0
Stine	Sti 9820 - 20 Vip3	12404	468	3787	327,5	AN	SD	16,9
La Tijereta	LT 721 VT3P	12206	490	3321	367,6	C	SD	17,3
Don Mario	DM 2772 VT3P	12173	537	4089	297,7	AN	SD	19,2
Syngenta	NK 890 Vip3	12149	544	3683	329,9	AN	SD	20,1
La Tijereta	LT 723 VT3P	11962	487	3508	341,0	C	SD	21,2
Fornatec	3190 MG RR	11896	422	3396	350,4	AN Osc	SD	14,9
Syngenta	NK 897 Vip3	11649	577	3417	340,9	AN Osc	SD	23,1
KWS	3927 Vip 3	11583	500	3899	297,1	AN	SD	17,8
Bayer	Dk 7210 VT3P	11514	473	3206	359,2	AN Osc	SD	19,4
Stine	9734 -20 Vip3	11489	646	4648	247,2	AN	SD	15,8
La Tijereta	LT 626 VT3P	11488	440	3540	324,6	AN	SD	19,8
Pionner	P1815 VYHR	11487	610	4649	247,1	AN Osc	SD	16,5
ACA	MZ 237 VT3P	11449	476	3426	334,2	AN Osc	SD	16,7
Illinois	I 797 VT3P	11045	417	2823	391,2	AN	SD	17,2
Macroseed	MS 7123 PW	10935	494	3343	327,1	AN	SD	18,7
Illinois	I 799 VT3P	10356	402	2893	358,0	AN Osc	SD	18,8
Pioneer	P 2021 VYHR	10284	393	2828	363,7	AN	SD	17,3
ACA	470 VT3P	9751	441	3044	320,4	C	SD	17,0

En la Tabla 4 se presenta el ANOVA y comparación de medias para rendimiento. Las diferencias entre cultivares fueron estadísticamente significativas ($P < 0,0001$; $cv = 6,2$ %). Se identificaron 7 cultivares de rendimiento superior, integrando un cluster de mayor rendimiento.

Tabla 5: ANOVA y comparación de medios (LSD $\alpha=0,05$). Letras distintas representan diferencias significativas en los rendimientos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend seco	60	0,84	0,68	6,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	83400981	30	2780032,7	5,11	<0,0001
cultivar	78771166	29	2716247,1	4,99	<0,0001
bloque	4629814,8	1	4629814,8	8,51	0,0068
Error	15783272	29	544250,75		
Total	99184253	59			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1508,83405
 Error: 544250,7477 gl: 29

cultivar	Medias	n	E.E.													
Next22.6	14527	2	521,66 A													
LG30680	14282	2	521,66 A	B												
Fornatec225	14199,5	2	521,66 A	B	C											
ACA481	13499,5	2	521,66 A	B	C	D										
BayerAU73E	13288	2	521,66 A	B	C	D	E									
ACA484	13166	2	521,66 A	B	C	D	E									
SRM6620	13125	2	521,66 A	B	C	D	E	F								
ACA473	12964,5	2	521,66	B	C	D	E	F	G							
ACA476	12766	2	521,66		C	D	E	F	G	H						
Syn885	12757,5	2	521,66		C	D	E	F	G	H						
KWS3916	12645	2	521,66			D	E	F	G	H						
DK7270	12568,5	2	521,66			D	E	F	G	H						
Sti9820-20	12403,5	2	521,66			D	E	F	G	H	I					
LT721	12205,5	2	521,66			D	E	F	G	H	I					
DM2772	12172,5	2	521,66			D	E	F	G	H	I					
Syn890	12149	2	521,66			D	E	F	G	H	I					
LT723	11962,5	2	521,66				E	F	G	H	I					
Fornatec319	11896,5	2	521,66					E	F	G	H	I				
Syn897	11649,5	2	521,66						F	G	H	I	J			
KWS3927	11582,5	2	521,66							G	H	I	J			
Dk7210	11514,5	2	521,66							G	H	I	J			
Stine9734-2	11489,5	2	521,66							G	H	I	J			
P1815	11488	2	521,66							G	H	I	J			
LT626	11487	2	521,66							G	H	I	J			
I797	11449	2	521,66								H	I	J			
ACAMZ237	11044,5	2	521,66									I	J	K		
MS7123	10935	2	521,66										I	J	K	
I799	10356,5	2	521,66											J	K	
P2021	10284,5	2	521,66												J	K
ACA470	9751	2	521,66													K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

CONSIDERACIONES FINALES

- El sitio experimental representa un ambiente típico donde las siembras tardías prevalecen. El índice ambiental fue inferior al sitio utilizado para el experimento comparativo en siembra temprana.
- El rendimiento medio del experimento fue de 12187 kg ha⁻¹ con un máximo de 14527 kg ha⁻¹ y un rango de 4726 kg ha⁻¹ entre máximo y mínimo. Los rendimientos son elevados, y reflejan la buena performance del maíz tardío en la región, durante la campaña 2020/21. Posiblemente haya sido el cultivo de mayor adaptación a la sequía que le tocó atravesar.
- La brecha de rendimiento entre cultivares, una vez más, es mayor a la registrada en fecha temprana. La elección del cultivar demuestra ser una decisión relevante. .
- El diferimiento de la fecha de siembra afectó muy poco el rendimiento potencial. La productividad del sitio no se hubiera igualado en una fecha temprana, aun con alta provisión de insumos i.e. fertilizantes.
- La presencia de adversidades bióticas alcanzó valores dispares. La presencia de *Spodoptera* fue muy baja, y en cambio *Helicoverpa* afectó fuertemente el extremo de la espiga, con diferencia entre eventos. moderada. La severidad de Roya común fue baja, ligeramente superior a la registrada en el ensayo de siembra temprana.
- La siembra en fechas tardías se encuentra aún en una etapa de expansión y ajuste. Se han desarrollados genotipos y perfiles genéticos apropiados a este sistema, con foco en

velocidad de secado, tolerancia a adversidades específicas y fortaleza de raíz y tallo. Este último factor, tal vez el más determinante. La mejora torna al sistema como muy productivo además de su consagrada estabilidad, facilitando su adopción en la región.

Bibliografía consultada

- Bleicher, J. Níveis de resistência a *Helminthosporium turcicum* Pass. Em três ciclos de seleção em milho pipoca (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1988. 130p. Tese (Doutorado) - ESALQ – SP, 1988.
- Chen, K., Camberato, J. J., Tuinstra, M. R., Kumudini, S. V., Tollenaar, M., & Vyn, T. J. (2016). Genetic improvement in density and nitrogen stress tolerance traits over 38 years of commercial maize hybrid release. *Field Crops Research*, 196, 438-451.
- Elmore R., L. Abendroth and G. Cummins. 2006. "Green Snap in Iowa". *Integrated Crop Management (ICM) N° 496 (19): 199 – 200*. Iowa State University.
- Fawcett, J., Weaver, A., Koopman, Z., Schnabel, M., & Rogers, J. (2018). On-Farm Corn and Soybean Variety Demonstration Trials. *Farm Progress Reports*, 2017(1), 7.
- Ferraris, GN & FJ Mousegne. Caracterización y evaluación comparativa de cultivares de maíz en la localidad de Colón (Bs. As). Campaña 2020/21. EEA Pergamino, INTA, 2021.
- Ferraris, GN. y F. Mousegne. 2021. Caracterización y evaluación comparativa de cultivares de maíz en fecha temprana en la localidad de Colón (BA). AAPRESID. Maíz en Siembra directa. AAPRESID. En prensa.
- Ferraguti, F., J. Castellarín, J.C. Papa y D. Rubin. 2010. ¿Qué es el Green Snap o quebrado en verde del tallo del maíz? Para mejorar la Producción, INTA EEA Oliveros. 44: 53-57
- Ferraguti, F. J., Sanmarti, N., Widmer, T., Vita Larriou, E. A., Palu, E. M., Prieto, G. M., ... & Malmantile, A. (2020). Red de maíz de primera de la EEA INTA Oliveros y sus Agencias de Extensión Rural (AERs). Campaña 2019-20. EEA Oliveros, INTA.
- González, M. 2000. First Report of Virulence in Argentine Populations of *Puccinia sorghi* to Rp Resistance Genes in Corn. *Plant Diseases* Vol 84:921.
- Grassini, P., Specht, J. E., Tollenaar, M., Ciampitti, I., & Cassman, K. G. (2015). High-yield maize-soybean cropping systems in the US Corn Belt. In *Crop Physiology (Second Edition)* (pp. 17-41).
- Gholamin, R., & Khayatnezhad, M. (2020). Assessment of the Correlation between Chlorophyll Content and Drought Resistance in Corn Cultivars (*Zea Mays*). *Helix*, 10(05), 93-97.
- Ioele, J. P., Videla Mensegue, H., Salafia, A., Genero, M., Segura, L., Balbi, E., ... & Salomon, A. Red de evaluación de híbridos de maíz de fecha de siembra temprana del Centro Sur de Córdoba Campaña 2019-20.
- Lobell, D. B., Roberts, M. J., Schlenker, W., Braun, N., Little, B. B., Rejesus, R. M., & Hammer, G. L. (2014). Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the US Midwest. *Science*, 344(6183), 516-519.
- Odemba, M., & Young, S. L. Drought Tolerant Corn Hybrids and Weed Interactions. In *ASA, CSSA and SSSA International Annual Meetings (2020) | VIRTUAL*. ASA-CSSA-SSSA.
- Peterson, R.F.; F.A. Campbell; A.E. Hannah. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal Research* 26: 496-500.
- Rienzo, J. A. D., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2016). InfoStat versión 2016. Córdoba, InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. URL <http://www.infostat.com.ar>, 30.
- Ritchie, S. and J. Hanway. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Report No. 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Disponible on line www.iastate.edu

Agradecimientos:

A los criaderos participantes por el interés demostrado y su confianza en nuestro trabajo.
A los contratistas que colaboraron con la siembra, protección y cosecha del experimento.