

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN COMPARATIVA DE CULTIVARES DE MAÍZ EN SIEMBRAS TARDÍAS. CAMPAÑA 2021/22

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

** Ing. Agr. Fernando J. Mousegne

Julio 2022

INTRODUCCIÓN

El maíz de siembra tardía o diferida ha ganado superficie año tras año en la Región Núcleo Pampeana, gracias a su singular estabilidad, tolerancia a elevadas temperaturas, bajas precipitaciones, y suelos de baja fertilidad. 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. Los altos rendimientos se suceden año tras año, con muy baja frecuencia de fracasos. Esto 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 permite 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. En la presente campaña, se registró esta tendencia, pero el cultivo debió sufrir un período con muy altas temperaturas y precipitaciones espaciadas en el mes de enero.

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.

Palabras clave: Maíz, siembras tardías, genética, interacción genotipo x ambiente, estrés hídrico, componentes de rendimiento, tolerancia a insectos y enfermedades.

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 30 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 MAP (0-23-0) a dosis de 100 kg/ha en línea de siembra y urea (46-0-0) incorporada en V5, a la dosis de 180 kg/ha. 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	2,12	0,106	16,7	6,0	18,8	5,6
0-20 cm	muy bajo	muy bajo	medio	lig. ácido	muy bajo	muy bajo
Prof	Potasio	Calcio	Magnesio	Zinc	Boro	Agua en suelo
				mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	150 cm - siembra
Pergam	325	1588	195	0,42	0,3	135 mm
0-20 cm	medio	alto	medio	muy bajo	bajo	medio

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).

Finalmente, se determinó el rendimiento (Rend), granos m⁻² (NG), Peso individual de granos (PG), número de granos m⁻² (NG), número de granos por espiga (GE) y Humedad a cosecha (H%). 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. La humedad fue muy limitada al momento de la siembra, apenas para implantar el cultivo. La primera parte del ciclo transcurrió en condiciones rigurosas (Figura 1), disminuyendo las reservas (Figura 2). Hasta mediados de enero las precipitaciones fueron muy escasas. La suma de la campaña estuvo por debajo de la media (Figura 1). Luego, la floración transcurrió en condiciones más favorables, y para la postfloración y llenado de granos el balance hídrico se normalizó. Los componentes del rendimiento se expresaron sin limitaciones graves, con espigas medianas, con granazón completa, normal número y alto peso de los granos.

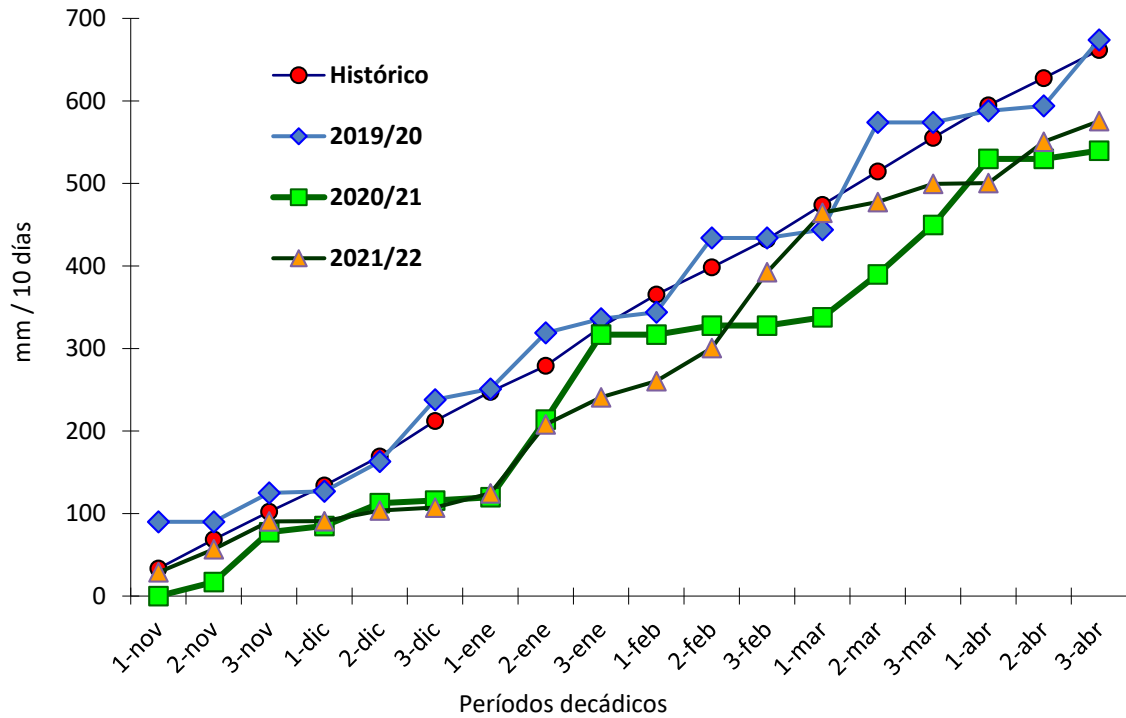


Figura 1: Precipitaciones acumuladas en el período noviembre-abril, comparando las tres últimas campañas y el promedio histórico. General Gelly, campaña 2020/21. Agua disponible inicial en el suelo (150 cm) 101 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 539 mm. Déficit de 122 mm con relación al mínimo histórico.

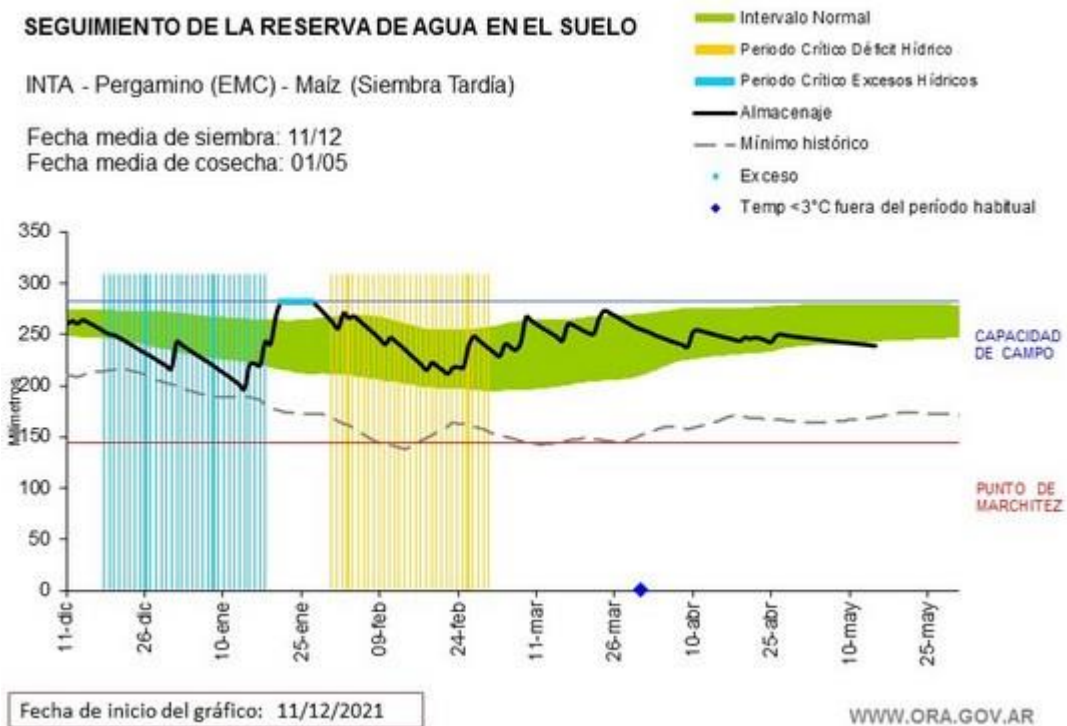


Figura 2: Evolución de la disponibilidad hídrica en el suelo en un cultivo de maíz durante la campaña 2020/21. El nivel de almacenaje fue muy restringido desde diciembre, cercano al mínimo histórico y sobrepasando el punto de marchitez permanente (PMP) a mediados de marzo. Elaborado por la Oficina de 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 altura y porte de la planta fue normal, a pesar de la escasez de precipitaciones (Tabla 2). La captura de radiación no habría sido limitante.

Asimismo, se presentan los datos de Roya común del maíz. La severidad fue muy leve. Por el contrario, se registró gran severidad de la isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*), la cual fue contrarrestada por los materiales con biotecnología Vip3, PWU, o VYHR (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 2021/22.

Empresa	Híbrido	AP (cm)	Severidad Roya común (%)	Daño por Helicoverpa zea	Vuelco (%)	Quebrado (%)
Brevant	Next 22.6 PWU	265	trazas	muy leve	0	0
La Tijereta	LT 721 VTPro4	250	2-3	muy leve	0	0
Syngenta	Nk 890 Vip3	260	2-3	muy leve	0	0
Dekalb	Dk 7208 VT3P	265	trazas	moderado	0	1
DUO	225 PWU	272	3	muy leve	0	0
ACA	473 VT3P	240	2	moderado	0	0
Dekalb	DK7270 VT3P	260	trazas	moderado	0	0
Brevant	Brv 8472 PWU N	258	trazas	muy leve	1	0
ACA	484 VT3P	265	3	moderado	0	0
ACA	ExpMZ 227VT3P	240	2	moderado	0	0
Don Mario	DM 2712 VT3P	245	2	moderado	0	0
Don Mario	DM 2773 VT3P	265	2	moderado	0	1
Brevant	Brv 8421 PWU	250	trazas	muy leve	0	0
Pioneer	P 2167 VYHR	240	3	muy leve	0	1
ACA	481 VT3P	270	trazas	moderado	0	0
Dekalb	Dk 7303 VT3P	260	2	moderado	0	0
Stine	9910 -20 Vip3	245	trazas	muy leve	0	0
Nexsem	1122 PWU	250	trazas	muy leve	0	3
La Tijereta	LT 720 VT3P	252	trazas	moderado	0	0
Dekalb	Dk 7220 VTPro4	265	1	muy leve	0	0
Don Mario	DM 2789 Vip3	261	1	muy leve	0	0
ACA	476 VT3P	264	trazas	moderado	0	0
Pioneer	P 2021 PWU	230	3	muy leve	0	0
Nexsem	MS 7123 PW	265	1	moderado	0	1
Illinois	I 782 VIP3	260	2	muy leve	0	0
Stine	9820 - 20 Vip3	255	trazas	muy leve	1	0
Syngenta	SPS 2743 Vip 3	260	trazas	muy leve	0	0
Syngenta	NK 897 Vip3	245	2	muy leve	1	0
La Tijereta	LT 723 VTPro4	250	2	muy leve	0	0
Brevant	Brv 8380 PWU	240	trazas	muy leve	0	0

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 2021/22.

Empresa	Híbrido	Rendimiento 13,5 % ajustado	Componentes de rendimiento			Calidad grano		
			GE	NG	PG x 1000	Color	textura	Humed (%)
Brevant	Next 22.6 PWU	14325	702	5618	255	AN – AM	SD	15,1
La Tijereta	LT 721 VTPro4	14198	677	5419	262	AN Osc	SD	15,2
Syngenta	Nk 890 Vip3	14075	601	4511	312	AM	SD	17,0
Dekalb	Dk 7208 VT3P	13738	549	4361	315	AN Osc	SD	17,1
DUO	225 PWU	13363	753	5835	229	AN – AM	SD	15,4
ACA	473 VT3P	13188	594	4902	269	AN Osc	SD	14,9
Dekalb	DK7270 VT3P	12900	649	4868	265	AN	SD	16,4
Brevant	Brv 8472 PWU N	12863	758	4928	261	AN	SD	15,7
ACA	484 VT3P	12663	739	5025	252	C	SD	16,2
ACA	ExpMZ 227VT3P	12625	530	3713	340	AN	SD	15,9
Don Mario	DM 2712 VT3P	12450	603	4220	295	AN	SD	15,7
Don Mario	DM 2773 VT3P	12425	573	4438	280	AN	SD	16,3
Brevant	Brv 8421 PWU	12400	693	4679	265	AN – AM	SD	15,5
Pioneer	P 2167 VYHR	12300	732	4940	249	AN	SD	15,4
ACA	481 VT3P	12100	588	3967	305	AN Osc	SD	16,1
Dekalb	Dk 7303 VT3P	12088	542	4364	277	AN	SD	15,8
Stine	9910 -20 Vip3	12088	686	4460	271	AN	SD	14,9
Nexsem	1122 PWU	11938	745	5402	221	AN AM	SD	15,2
La Tijereta	LT 720 VT3P	11888	648	4699	253	AN	SD	15,3
Dekalb	Dk 7220 VTPro4	11838	622	4352	272	AN	SD	15,0
Don Mario	DM 2789 Vip3	11825	627	4548	260	AN	SD	14,3
ACA	476 VT3P	11738	621	4347	270	AN Osc	SD	15,8
Pioneer	P 2021 PWU	11400	652	4402	259	AN AM	SD	15,1
Nexsem	MS 7123 PW	11325	663	4476	253	AN	SD	16,1
Illinois	I 782 VIP3	11150	576	4322	258	AN	SD	14,5
Stine	9820 - 20 Vip3	11013	633	4747	232	AN	SD	16,7
Syngenta	SPS 2743 Vip 3	10788	555	3608	299	AN	SD	14,5
Syngenta	NK 897 Vip3	10675	670	4357	245	AN	SD	14,8
La Tijereta	LT 723 VTPro4	10663	536	4024	265	AN Osc	SD	15,0
Brevant	Brv 8380 PWU	10513	719	4672	225	AN AM	SD	15,3

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

Cultivar	Medias	n	E.E.	LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1321,66393																			
Next 22.6 PWU	14325	2	457	A																			
LT 721 VTPro4	14198	2	457	A	B																		
Syn 890 Vip3	14075	2	457	A	B	C																	
Dk 7208 VT3P	13738	2	457	A	B	C	D																
Ftec Duo 225PWU	13363	2	457	A	B	C	D	E															
ACA 473 VT3P	13188	2	457	A	B	C	D	E	F														
DK7270 VT3P	12900	2	457		B	C	D	E	F	G													
Brv 8472 PWU N	12863	2	457			C	D	E	F	G													
ACA 484 VT3P	12663	2	457				D	E	F	G	H												
ACA ExpMZ 227VT3P	12625	2	457				D	E	F	G	H	I											
DM 2712 VT3P	12450	2	457				D	E	F	G	H	I	J										
DM 2773VT3P	12425	2	457				D	E	F	G	H	I	J										
Brv 8421 PWU	12400	2	457					E	F	G	H	I	J										
P2167VYHR	12300	2	457					E	F	G	H	I	J	K									
ACA 481 VT3P	12100	2	457					E	F	G	H	I	J	K	L								
Dk 7303 VT3P	12088	2	457					E	F	G	H	I	J	K	L								
Stine 9910 -20 Vip3	12088	2	457					E	F	G	H	I	J	K	L								
Nexsem 1122 PWU	11938	2	457						F	G	H	I	J	K	L	M							
LT720 VT3P	11888	2	457						F	G	H	I	J	K	L	M							
Dk 7220 VTPro4	11838	2	457							G	H	I	J	K	L	M							
DM 2789 Vip3	11825	2	457							G	H	I	J	K	L	M	N						
ACA 476 VT3P	11738	2	457							G	H	I	J	K	L	M	N						
P2021PWU	11400	2	457								H	I	J	K	L	M	N						
MS 7123 PW	11325	2	457									I	J	K	L	M	N						
I 782 VIP3	11150	2	457										J	K	L	M	N						
Sti9820 - 20 Vip3	11013	2	457											K	L	M	N						
SPS 2743 Vip 3	10788	2	457												L	M	N						
Syn 897 Vip3	10675	2	457													M	N						
LT 723 VTPro4	10663	2	457													M	N						
Brv 8380 PWU	10513	2	457														N						

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. Sin embargo, el rendimiento medio superior, por la sequía y granizo que afectara aquel experimento.
- El rendimiento medio del experimento fue de 12218 kg ha⁻¹ con un máximo de 14325 kg ha⁻¹ y un rango de 3813 kg ha⁻¹ entre máximo y mínimo. Los rendimientos son elevados, con una diferencia contundente respecto de las siembras tardías. El perfil de suelo prácticamente a capacidad de campo explica la tolerancia y performance del cultivo. Posiblemente haya sido el cultivo de mayor adaptación a la sequía que le tocó atravesar.
- El maíz presentó además tolerancia a baja disponibilidad de N, tanto en suelo (Tabla 2) como por vía de la fertilización. Esto se debe a la buena sincronía entre la demanda del cultivo y la curva de mineralización de N y S.
- 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 Roya común del maíz y *Spodoptera* fue muy baja, y en cambio *Helicoverpa* afectó severamente el extremo de la espiga, con diferencia entre eventos.
- 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. La mejora torna al sistema como muy productivo además de su consagrada estabilidad, facilitando su adopción en la región.

Bibliografía consultada

- Aktas, B., & Ure, T. (2021). Evaluation of multi-environment grain yield trials in maize hybrids by GGE-Biplot analysis method. *Maydica*, 65(3), 9.
- 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.
- Dias, V. C., Paluzio, J. M., Afféri, F. S., Lima, M. D., Santos, D. D., Benko, G., ... & Faria, L. D. (2021). Efficiency and response of corn cultivars to nitrogen, associated or not with *Azospirillum brasilense*. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 8, 217-224.
- 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., 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.
- 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 diagramatic 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.