

Caracterización y evaluación de cultivares de maíz en la localidad de Colón (Bs As). Campaña 2019/20

*Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris
Mayo 2020

Introducción

En el cultivo de maíz, son constantes los esfuerzos por reducir las brechas entre el rendimiento actual con el alcanzable a nivel de campo (máximo tecnológico) y el potencial (máximo fisiológico). El mejoramiento genético y el lanzamiento de nuevos cultivares es una herramienta insustituible en este progreso. La mejora incluye la selección por productividad y caracteres agronómicos deseables, estabilidad de rendimiento, tolerancia a estrés y un buen comportamiento frente a adversidades bióticas y abióticas. A causa de este trabajo, son constantes los avances en cuanto al entendimiento de los factores que determinan el rendimiento, y la respuesta a variables de manejo i.e. incrementos de producción debidos a la fertilización. Acompañando este progreso, el área de extensión de INTA Pergamino genera anualmente información a nivel regional que permite a productores y asesores orientar la elección, y así realizar recomendaciones válidas para todo el centro y norte de Buenos Aires.

El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización fenológica, morfológica y sanitaria, así como la evaluación de rendimiento y sus componentes, de diferentes híbridos comerciales de maíz en el área de influencia de la localidad de Colón, en el Norte de la provincia de Bs. As. Asimismo, relacionar el rendimiento con las variables agronómicas que lo explican y determinan. El experimento se desarrolló en un ambiente seco y frío durante la primavera, pero con una recomposición de las precipitaciones en el período crítico.

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

Materiales y Métodos

El experimento se instaló en el extremo este de la localidad de Wheelwright, lindero al partido de Colón, sobre un suelo Serie Hughes, Argiudol típico, clase I IP=100. El lote experimental tiene una historia de más de 30 años de agricultura continua y siembra directa. El antecesor fue soja de primera. Se implantó el día 21 de septiembre, en siembra directa a una densidad de 80000 semillas ha⁻¹ e hileras espaciadas a 0,525 m. Se sembraron 39 materiales diferentes en franjas con testigo apareado, siendo el testigo Dk 7210 VT3P.

De acuerdo con el diagnóstico realizado a partir del análisis de suelo, el cultivo fue fertilizado con una mezcla MAP-Mes Zn (12-17-10-Zn1) 120 kg/ha en línea de siembra y 120 kg/ha de urea granulada (46-0-0) + 30 kg/ha de fosfato monoamónico (11-23-0) incorporado en el entresurco, también en la siembra. Luego, en el estado V4 (Ritchie and Hanway, 1993) el día 22 de Octubre se aplican 150 kg/ha de urea granulada (46-0-0) + 50 kg/ha de sulfato de amonio (21-0-0-S24) en cobertura total.

Las unidades experimentales fueron recortadas en los extremos, cosechando una superficie de 1231 m² en cada una de ellas al momento de evaluar el experimento, el día 20 de Marzo.

Los rendimientos fueron corregidos por el testigo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento corregido híbrido A} = \text{rendimiento medio testigo} * \left(\frac{\text{Rendimiento híbrido A}}{(i/5 \text{ rtest}_j + j/5 \text{ rtest}_i)} \right)$$

donde i y j representan la distancia entre las parcelas del híbrido A respecto de los testigos i y j; y rtest_i y rtest_j representan el rendimiento de estos testigos.

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

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

Prof	Fósforo (ppm)	M.O. %	pH	N(NO3) (ppm) ss	N por capas	N total suelo kg/ha	Zinc (ppm)	Humedad suelo	Condición física
0-20 cm	11,1	3,18	5,5	19,9	51,7		1,2	buena	Muy buena
20-40 cm				10,5	27,3	92,7			
	bajo	medio	acido		13,7	muy alto			

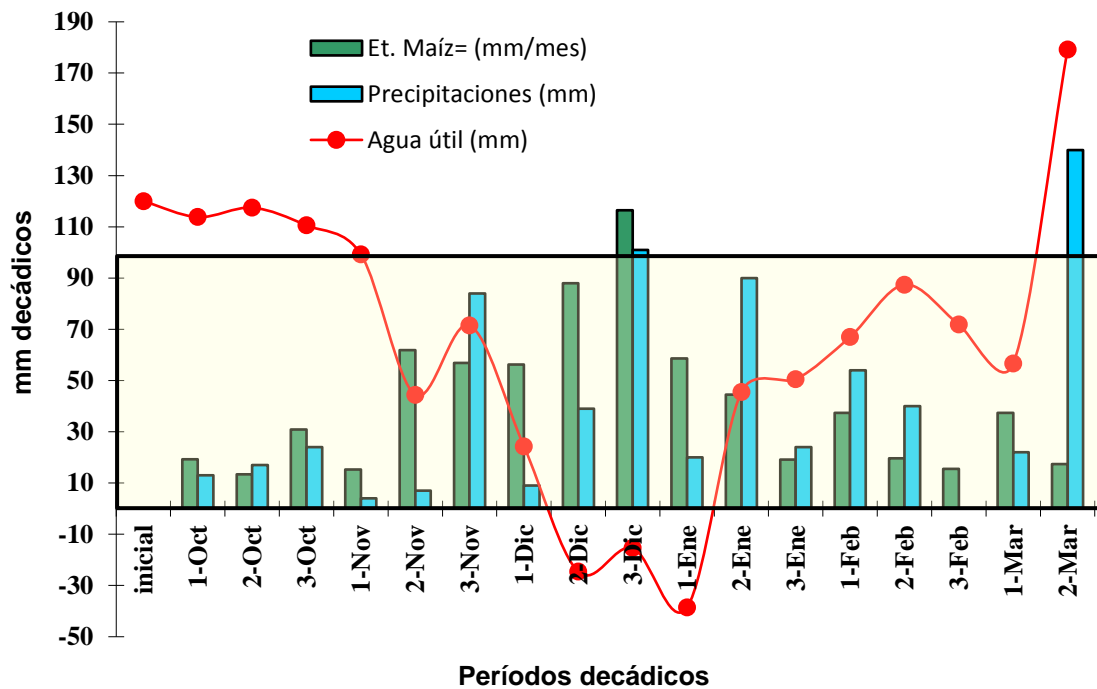
Dentro de las determinaciones realizadas, se evaluó el número de plantas a cosecha (PL), altura de planta (AP) e inserción de espiga (AIE), fecha de floración masculina y femenina, porcentaje de plantas quebradas (Q%), volcadas (V%). Para evaluar el comportamiento sanitario se midieron la severidad de 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

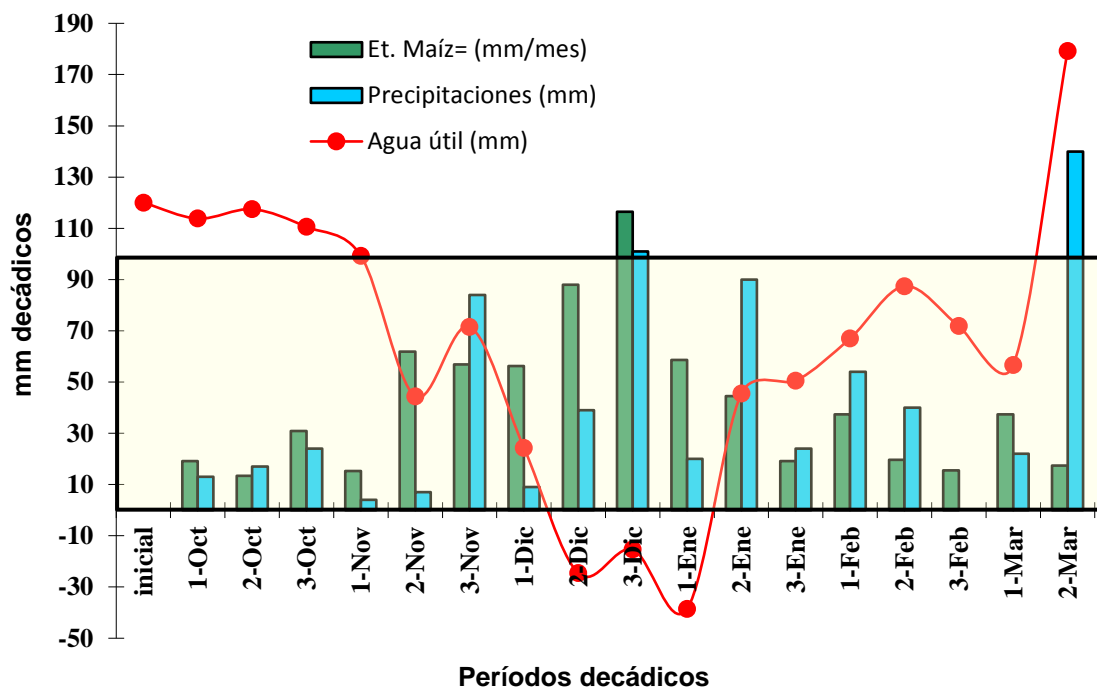
En la Figura 1 se presentan las precipitaciones del sitio durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 2 las temperaturas, horas de luz y el coeficiente fototermal (Q), con datos de la EEA Pergamino. Se consideró la etapa entre el 10 de diciembre y el 15 de febrero, la cual abarca el período crítico de floración y llenado de granos en todos los materiales. Por su parte, en la Figura 3 se comparan las temperaturas máximas de este ciclo con los anteriores.

La campaña fue mayormente seca, con baja acumulación de agua en el perfil. Sin embargo, las lluvias fueron muy oportunas. Se registró una reactivación de precipitaciones entre finales de noviembre y fines de diciembre, sumado a cierta regularidad durante el mes de enero (Figura 1). Esto permitió completar muy bien las espigas junto a un elevado peso de los granos (Tabla 5), aun en un cultivo de moderada altura y biomasa acotada. El cociente fototermal (Q) (11 dic-10 ene) fue de **1,60**, inferior al de los años (2017/18: **1,65**; 2015/16: **1,72**; 2014/15: **1,70**) pero sin embargo superior al de años cálidos (2013/14: **1,35**; 2016/17: **1,58**; 2018/19: **1,59**) (Figura 2). Las temperaturas medias fueron frescas e inferiores a los dos años precedentes (Figura 3).



Períodos decádicos

Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y nivel de almacenaje (valores positivos) o déficit (negativo) acumulados (mm) en el sitio experimental. Colón, Bs As, campaña 2019/20. Agua disponible inicial en el suelo (150 cm) 120 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 614 mm, 190 de ellos con el cultivo ya en madurez fisiológica. Déficit de evapotranspiración 79 mm. El cuadro marca el nivel hídrico debajo del cual el uso consuntivo podría estar debajo del óptimo.



Períodos decádicos

Figura 1.b: Precipitaciones, evapotranspiración y nivel de almacenaje (valores positivos) o déficit (negativo) acumulados (mm) en el sitio experimental. Wheeleright, Santa Fe. Campaña 2019/20. Agua disponible inicial en el suelo (150 cm) 120 mm. Precipitaciones totales en el ciclo 614 mm, 190 de ellos con el cultivo ya en madurez fisiológica. Déficit de evapotranspiración 79 mm. El cuadro marca el nivel hídrico debajo del cual el uso consuntivo podría estar debajo del óptimo.

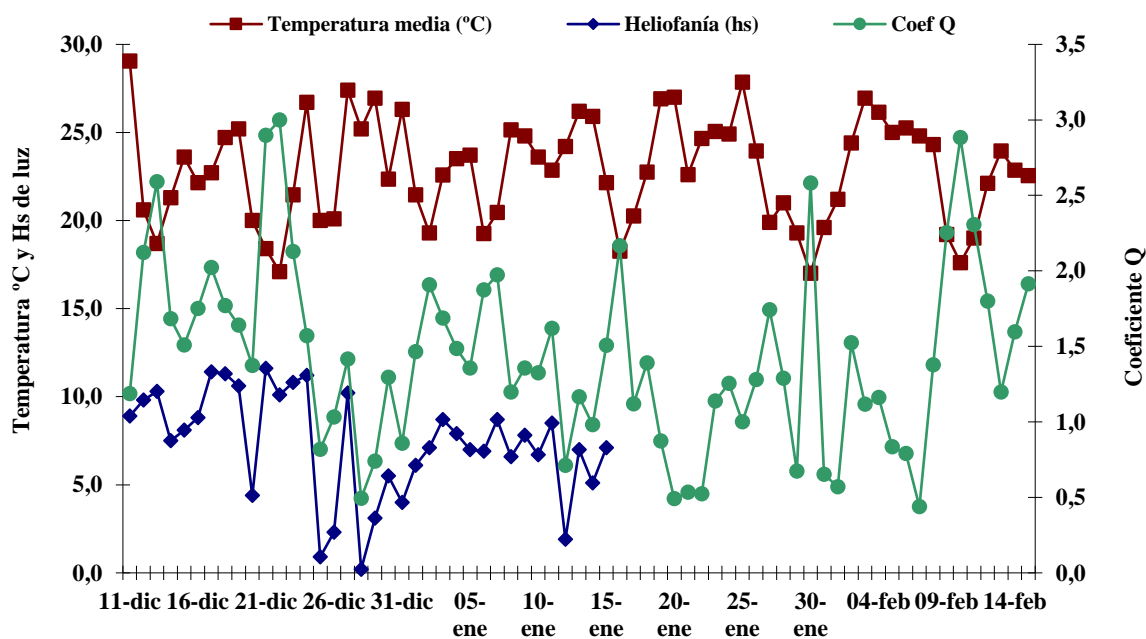


Figura 2: Insolación (en hs y décimas de hora) y temperatura media (°C) diaria para el período 10 de diciembre - 14 de febrero, en el transcurso del cual se ubicó la etapa crítica de la floración, e inicios de llenado de los granos. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As), campaña 2019/20.

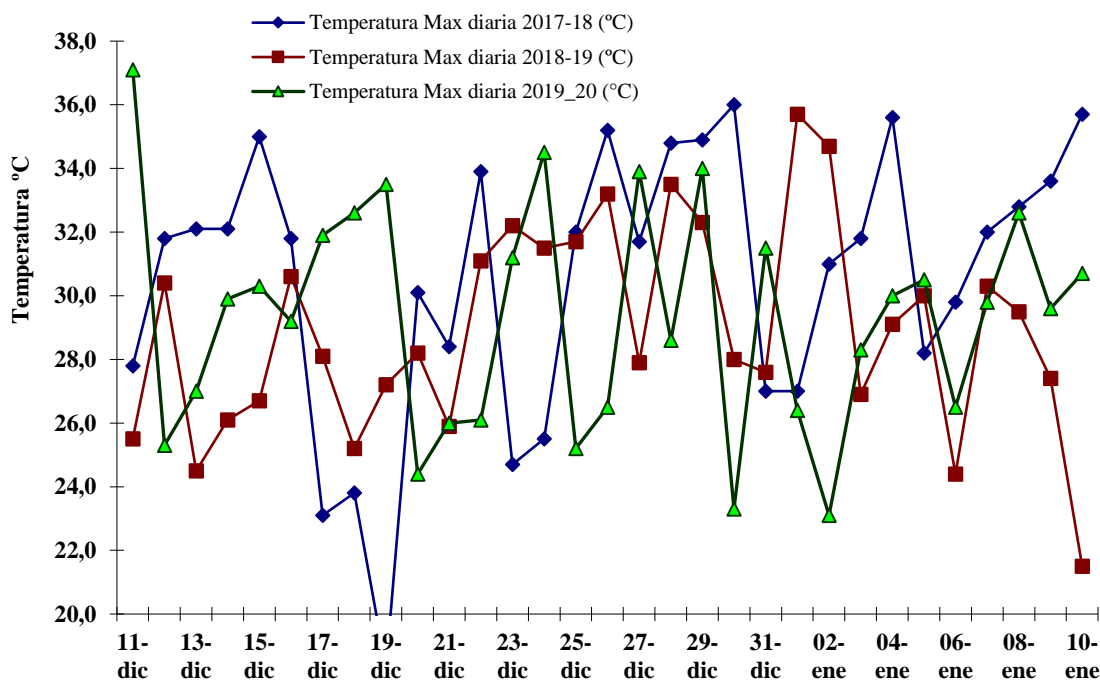


Figura 3: Temperaturas máximas diarias durante las campañas 2017/18, 2018/19 y 2019/20. Datos tomados de la estación meteorológica de la EEA INTA Pergamino, (Bs As).

Por su parte, en la Tabla 2 se presentan datos morfológicos y de fenología evaluados en el experimento, que permiten caracterizar a los diferentes materiales. La floración ocurrió en fecha normal. El porte y acumulación de biomasa fueron muy reducidos, como consecuencia de una primavera fría y seca (Tabla 2). Este es un aspecto que no se debe soslayar. Los materiales de porte bajo podrían no haber alcanzado el área foliar crítica. Por el contrario, los de mayor biomasa se habrían visto favorecidos y, en general, se destacaron por su rendimiento (Tabla 5).

Tabla 2: Densidad, fenología, altura de plantas, altura de inserción y fecha de floración masculina (Vt) y femenina (R1) en los cultivares evaluados. Ensayo Colón, red de ensayos comparativos de rendimiento, INTA Pergamino, campaña 2019/20.

Empresa	Híbrido	PL (plantas/ha)	AP (cm)	AIE (cm)	Fecha Fl Masculina (Vt)	Fecha Fl Femenina (R1)
La Tijereta	LT 721 VT3P	88889	210	85	15-dic	16-dic
Syngenta	Nk 979 Vip3	82540	230	105	19-dic	21-dic
ACA	M6	88889	200	90	17-dic	19-dic
ACA	480 VT3P	82540	225	80	18-dic	20-dic
Dow	NEXT 22.6 PW	85714	205	80	18-dic	20-dic
La Tijereta	LT 720 VT3P	82540	210	85	16-dic	18-dic
AFA	117 VT3P	79365	192	70	16-dic	18-dic
Pioneer	1815 VYHR	88889	205	85	17-dic	19-dic
Macroseed	MS 7123 PW	82540	230	95	18-dic	20-dic
Bayer	DK 7270 VT3P	76190	195	73	16-dic	17-dic
Bayer	DK 7227 VT3P	79365	195	82	15-dic	16-dic
ACA	473 VT3P	88889	195	80	17-dic	19-dic
Advanta	ADV 8112 VT3P	76190	220	97	17-dic	18-dic
Illinois	I 799 VT3P	82540	185	65	17-dic	19-dic
SRM	6620 MGRR2	76190	200	72	18-dic	20-dic
Monsanto	DK 7210 VT3P	79365	205	70	16-dic	17-dic
Illinois	I 695 MG	76190	220	80	14-dic	16-dic
KWS	4500 GL Stack	79365	205	78	18-dic	20-dic
Don Mario	DM 2772 VT3P	82540	215	70	16-dic	18-dic
La Tijereta	LT 723 VT3P	79365	195	75	16-dic	18-dic
ACA	481 VT3P	85714	215	90	18-dic	19-dic
Illinois	I 797 VT3P	82540	220	80	18-dic	19-dic
ACA	470 VT3P	88889	200	80	16-dic	18-dic
Bayer	DK 7220 VT3P	82540	185	73	15-dic	16-dic
Don Mario	DM 2738 MGRR2	82540	185	65	15-dic	16-dic
ACA	ExpMz 227 VT3P	63492	200	75	15-dic	16-dic
Syngenta	Nk 897 Vip3	90476	190	70	18-dic	20-dic
ACA	484 VT3P	73016	205	85	17-dic	19-dic
KWS	KM 3916 GL Stack	79365	220	70	17-dic	18-dic
ACA	ExpMz 228 VT3P	69841	185	75	17-dic	18-dic
Advanta	HAV I50357T	85714	240	100	16-dic	18-dic
AG Seeds	AG 9926	82540	210	85	19-dic	21-dic
Don Mario	DM 2742 MGRR2	73016	222	90	17-dic	19-dic
Syngenta	Nk 875 Vip3	76190	190	60	17-dic	19-dic
KWS	KM 3927 Vip3	73016	185	60	17-dic	18-dic
Illinois	I 767 VT3P	53968	185	65	17-dic	19-dic
ACA	ExpMz 224 VT3P	76190	197	75	16-dic	18-dic

No se observó incidencia de *Green Snap*, aún bajo buenas condiciones de crecimiento (Elmore et al., 2006; Ferragutti et al., 2010), algo propio de un año seco (Tabla 3). Se registró moderada presión de Roya común del maíz (*Puccinia sorghi*), con un comportamiento diferencial entre materiales (Tabla 4). La presencia de tizón y enfermedades de base de tallo fue prácticamente nula. En la mayoría de los cultivares se determinó una intercepción menor al 95 % de la radiación incidente hacia R1, valores de NDVI medios a bajos, pero un uso muy conservativo de nitrógeno (N) producto de la ausencia de precipitaciones copiosas, la bajante de napas y el balance hídrico ajustado. Esto se reflejó en valores sostenidos de Spad (datos no presentados) durante todo el ciclo: el crecimiento fue más limitante que el N.

Tabla 3: Porcentaje de Green Snap, vuelco y quebrado, vuelco de espiga, planta verde a cosecha y algunas características de conformación de la espiga de los materiales evaluados. Ensayo Colón, Red de ensayos comparativos de rendimiento de INTA Pergamino, campaña 2019/20.

Empresa	Híbrido	Green Snap (%)	Plantas volcadas a cosecha (%) ^(*)	Plantas quebradas a cosecha (%) ^(*)	Inclinación espiga a cosecha ^(**)	Planta verde (Stay green) ^(**)	Vigor planta	Cobertura
La Tijereta	LT 721 VT3P	0	0	0	no	no	medio	alta
Syngenta	Nk 979 Vip3	0	0	0	no	alto	alto	alta
ACA	M6	0	0	0	no	medio	medio-bajo	media
ACA	480 VT3P	0	0	0	no	medio	alto	media-alta
Dow	NEXT 22.6 PW	0	0	0	no	bajo	medio	media
La Tijereta	LT 720 VT3P	0	0	0	no	medio	alto	media
AFA	117 VT3P	0	0	0	no	bajo	medio-bajo	media
Pioneer	1815 VYHR	0	0	0	no	medio	alto	media
Macroseed	MS 7123 PW	0	2	0	no	alto	alto	media
Bayer	DK 7270 VT3P	0	0	0	no	bajo	medio	alta
Bayer	DK 7227 VT3P	0	0	0	no	no	medio	media
ACA	473 VT3P	0	1	0	no	medio	medio	media
Advanta	ADV 8112 VT3P	0	0	0	no	medio	alto	media
Illinois	I 799 VT3P	0	0	0	no	medio	medio	media
SRM	6620 MGRR2	0	0	0	no	bajo	alto	media
Monsanto	DK 7210 VT3P	0	1	0	no	bajo	medio	media
Illinois	I 695 MG	0	0	0	no	medio-bajo	medio	media
KWS	4500 GL Stack	0	0	0	no	medio	medio-alto	media
Don Mario	DM 2772 VT3P	0	0	0	no	alto	medio	media
La Tijereta	LT 723 VT3P	0	0	0	no	medio	bajo	media
ACA	481 VT3P	0	1	0	no	bajo	intermedio	baja
Illinois	I 797 VT3P	0	0	0	no	no	medio	alta
ACA	470 VT3P	0	0	0	no	medio	medio	alta
Bayer	DK 7220 VT3P	0	0	0	parcial	bajo	bajo	baja
Don Mario	DM 2738 MGRR2	0	0	0	no	medio-alto	bajo	media
ACA	ExpMz 227 VT3P	0	0	0	no	alto	medio	media
Syngenta	Nk 897 Vip3	0	0	0	no	medio	medio	alta
ACA	484 VT3P	0	0	0	no	alto	medio	media-baja
KWS	KM 3916 GL Stack	0	0	0	no	alto	medio	media-baja
ACA	ExpMz 228 VT3P	0	0	0	no	alto	bajo	media
Advanta	HAV I50357T	0	0	0	no	medio-bajo	alto	alta
AG Seeds	AG 9926	0	0	0	no	alto	medio-alto	alta
Don Mario	DM 2742 MGRR2	0	0	0	no	alto	medio	alta
Syngenta	Nk 875 Vip3	0	0	0	no	medio	medio-bajo	media
KWS	KM 3927 Vip3	0	0	0	no	alto	medio	alta
Illinois	I 767 VT3P	0	0	0	no	alto	medio	media-baja
ACA	ExpMz 224 VT3P	0	0	0	no	muy alto	medio	media

(*) Determinado a madurez, no se incluyen las plantas con Green Snap.

(**) Evaluado 15 días antes de cosecha, con testigo con 20 % de Humedad.

En la Tabla 4 se presentan los valores de severidad para Roya común del maíz (*Puccinia sorghi*). La enfermedad alcanzó niveles bajos a moderados, siendo como máximo un 5 %. La presencia de tizón foliar fue prácticamente ausente en esta fecha de siembra. La afectación por isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*) fue prácticamente ausente, la presencia de enfermedades vasculares que afectarían la médula, muy limitada.

Tabla 4: Comportamiento de los materiales a *Roya común del Maíz (Puccinia sorghi)*, *Tizón foliar (Exserohilum turcicum)*, deterioro de médula por enfermedades vasculares en R1 sumado a Índice de prolificidad (espigas / cien plantas). Ensayo Colón, Red de ensayos comparativos de rendimiento, INTA Pergamino, campaña 2019/20. *Roya y tizón están expresados como severidad %.*

Empresa	Hibrido	Roya común (severidad %)	Tizón foliar (severidad %)	IP	Características de espiga	
					N° hileras	Punta de espiga
La Tijereta	LT 721 VT3P	4	0%	1,00	16	LI
Syngenta	Nk 979 Vip3	2-3	0%	0,96	16-18	MI
ACA	M6	3	0%	1,00	12-16	C
ACA	480 VT3P	3-4	0%	1,00	16-18	LI
Dow	NEXT 22.6 PW	2	0%	1,00	16	LI
La Tijereta	LT 720 VT3P	1-2	0%	1,00	16	C
AFA	117 VT3P	3	0%	0,96	14 16	LI
Pioneer	1815 VYHR	1	0%	0,93	12-16	LI
Macroseed	MS 7123 PW	3	0%	1,00	14-16	LI
Bayer	DK 7270 VT3P	1	0%	0,88	14-16	LI
Bayer	DK 7227 VT3P	trazas-1	0%	1,00	14-16-18	LI
ACA	473 VT3P	3	0%	0,96	16-20	C
Advanta	ADV 8112 VT3P	1	0%	0,96	12-16	C
Illinois	I 799 VT3P	trazas-1	0%	0,96	12-16	C
SRM	6620 MGRR2	3-4	0%	1,00	16-18	MI
Monsanto	DK 7210 VT3P	1	0%	1,00	14-16	LI
Illinois	I 695 MG	2	0%	1,00	16	completa
KWS	4500 GL Stack	4	0%	1,00	12-14	LI
Don Mario	DM 2772 VT3P	4	0%	1,00	14-18	LI
La Tijereta	LT 723 VT3P	5	0%	1,00	14-16	C
ACA	481 VT3P	5	0%	1,00	16-18	C
Illinois	I 797 VT3P	2	0%	1,04	12-16	MI
ACA	470 VT3P	4-5	0%	1,00	12-14	LI
Bayer	DK 7220 VT3P	1	0%	1,00	16-18	LI
Don Mario	DM 2738 MGRR2	3	0%	0,96	12-16	C
ACA	ExpMz 227 VT3P	4	0%	1,00	16-18	C
Syngenta	Nk 897 Vip3	trazas	0%	0,95	16	MI
ACA	484 VT3P	2-3	0%	1,04	14	LI
KWS	KM 3916 GL Stack	3-4	0%	1,00	16-18	MI
ACA	ExpMz 228 VT3P	2	0%	1,09	14-16	LI
Advanta	HAV I50357T	1	0%	1,00	14-16	completa
AG Seeds	AG 9926	trazas	0%	1,00	18	LI
Don Mario	DM 2742 MGRR2	1	0%	1,00	14-16	LI MI
Syngenta	Nk 875 Vip3	2	0%	0,96	16 18	LI
KWS	KM 3927 Vip3	2	0%	1,00	18-20	LI MI
Illinois	I 767 VT3P	3	0%	1,00	14-18	LI
ACA	ExpMz 224 VT3P	4	0%	1,08	16-18	C

Punta espiga: C=Completa, Li=Ligeramente incompleta, Mi=Medianamente incompleta, Si Severamente incompleta.

Los rendimientos alcanzados en el presente ciclo agrícola fueron de los más altos de la serie, y dentro de un rango estrecho: promedio 13857 kg ha⁻¹, máximo 15194, mínimo 11518 kg ha⁻¹. De este modo, la brecha de rendimiento fue de 3676 kg ha⁻¹, tan solo un 24,2 % del rendimiento máximo (Figura 4).

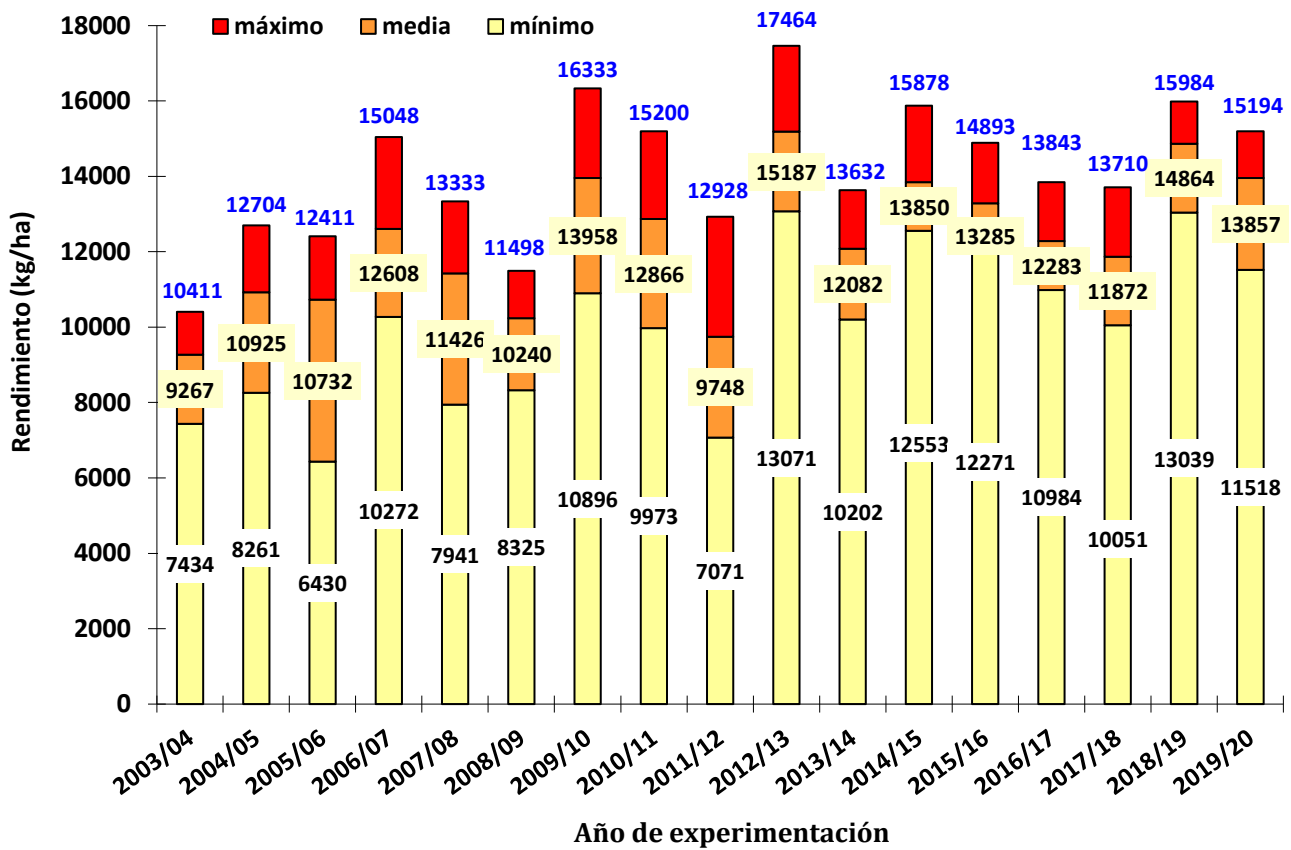


Figura 4: Rendimiento máximo, medio y mínimo según campaña agrícola en los ensayos de cultivares de maíz conducidos en el área de Colón, Buenos Aires entre los ciclos 2003/04 y 2019/20. INTA EEA Pergamino, localidad de Colón.

En la Tabla 5 se presentan los rendimientos, sus componentes, y algunos parámetros simples que hacen a la calidad de los granos cosechados.

Tabla 5: Rendimiento de grano ajustado por el testigo, número de granos por espiga y m², peso de granos, color, textura y peso hectolítrico, para los diferentes materiales evaluados. Ensayo Colón, Red de ensayos comparativos de rendimiento de INTA Pergamino, campaña 2019/20.

Empresa	Híbrido	Rendimiento 13,5 % ajustado	Componentes de rendimiento			Calidad grano	
			GE	NG	PG x 1000	Color	PH
La Tijereta	LT 721 VT3P	15194	473	4206	357,9	ANOs SD	74,5
Syngenta	Nk 979 Vip3	14959	562	4460	325,5	AN SD	72,7
ACA	M6	14948	437	3884	388,5	AN Os duro	79,2
ACA	480 VT3P	14770	538	4439	329,6	AN SD	73,1
Dow	NEXT 22.6 PW	14672	485	4161	341,1	AN SD	74,9
La Tijereta	LT 720 VT3P	14601	497	4103	345,8	AN SD	73,1
AFA	117 VT3P	14585	591	4505	336,8	AN SD	75,8
Pioneer	1815 VYHR	14554	480	3965	358,5	AN SD	78,1
Macroseed	MS 7123 PW	14489	506	4173	341,8	AN SD	74,3
Bayer	DK 7270 VT3P	14399	582	3882	368,4	AN SD?	75,0
Bayer	DK 7227 VT3P	14369	519	4122	345,4	ANOs SD	77,5
ACA	473 VT3P	14330	457	3920	358,3	ANOs SD	76,3
Advanta	ADV 8112 VT3P	14320	560	4089	347,0	ANOs SD	75,7
Illinois	I 799 VT3P	14216	547	4339	327,5	AN SD	77,0
SRM	6620 MGRR2	14195	538	4098	342,7	AN SD	72,2
Monsanto	DK 7210 VT3P	14068	525	4164	337,8	AN SD	76,9
Illinois	I 695 MG	14050	478	3644	367,0	C SD	74,0
KWS	4500 GL Stack	14044	538	4271	342,7	AN SD	72,2
Don Mario	DM 2772 VT3P	14006	541	4464	319,7	AN SD	76,8
La Tijereta	LT 723 VT3P	13969	517	4105	345,1	AN Os SD	78,1
ACA	481 VT3P	13962	467	4003	340,4	CD	74,2
Illinois	I 797 VT3P	13885	460	3943	344,4	ANOs SD	78,8
ACA	470 VT3P	13812	480	4268	312,4	ANOs SD	78,5
Bayer	DK 7220 VT3P	13811	452	3732	364,4	ANOs SD	77,5
Don Mario	DM 2738 MGRR2	13574	557	4423	319,4	AN SD	77,6
ACA	ExpMz 227 VT3P	13552	522	3317	418,5	AN SD	71,7
Syngenta	Nk 897 Vip3	13504	554	4750	296,9	AN Os SD	75,0
ACA	484 VT3P	13380	511	3894	340,3	CD	75,4
KWS	KM 3916 GL Stack	13351	469	3720	376,2	AN SD	75,9
ACA	ExpMz 228 VT3P	13346	494	3761	360,2	C SD	74,1
Advanta	HAV I50357T	13289	513	4393	291,7	AN SD	77,8
AG Seeds	AG 9926	13286	550	4543	305,3	AN duro	72,0
Don Mario	DM 2742 MGRR2	13095	454	3316	385,0	AN-Am SD	74,5
Syngenta	Nk 875 Vip3	12472	609	4448	288,4	AN Os SD	78,5
KWS	KM 3927 Vip3	12269	590	4307	297,9	AN Os SD	75,7
Illinois	I 767 VT3P	11886	656	3540	346,7	AN SD	78,7
ACA	ExpMz 224 VT3P	11518	366	3025	380,8	AN SD	77,9

Del mismo modo, en la Figura 5 se presentan los rendimientos como porcentual respecto del testigo, y la humedad de cosecha del experimento. El rendimiento mínimo representó un 19,8 % del máximo.

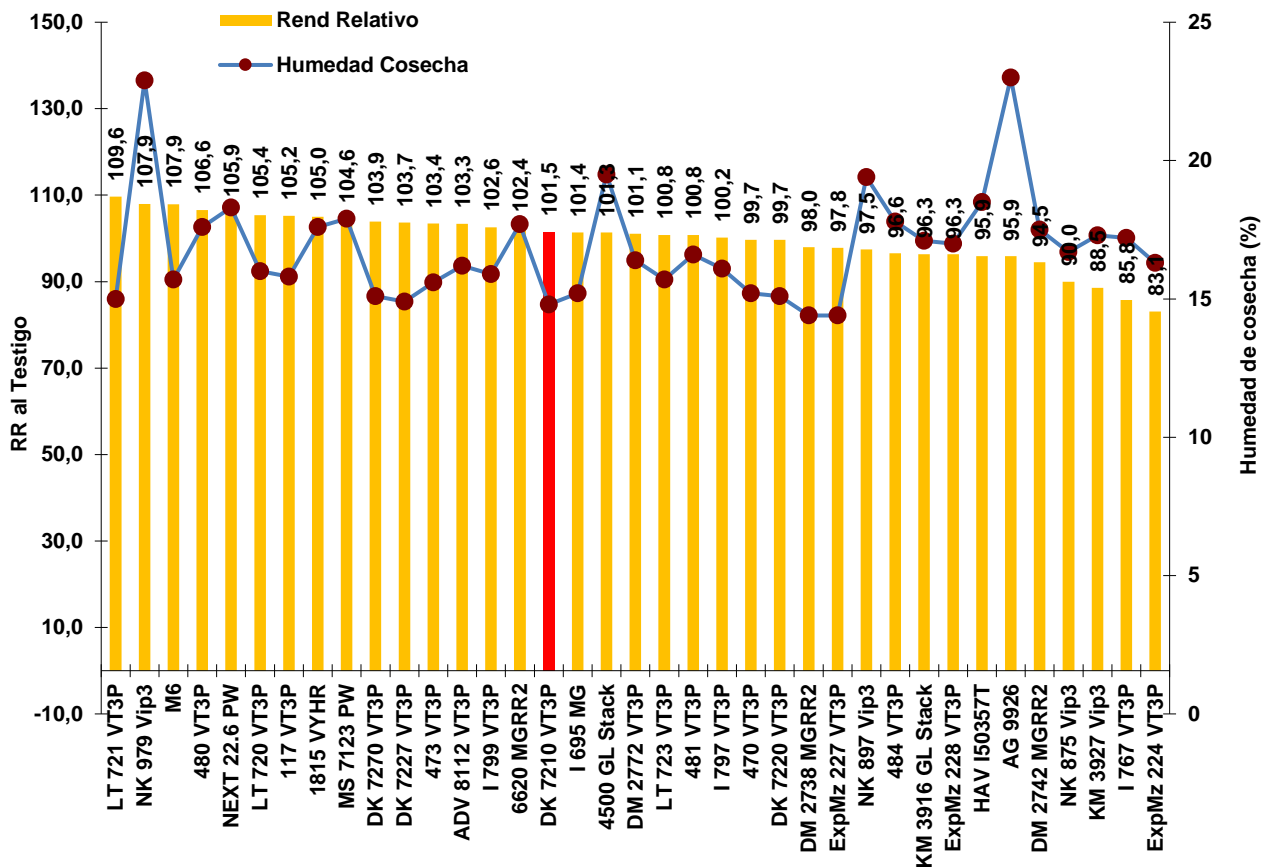


Figura 5: Rendimiento relativo al testigo (Rendimiento híbrido x 100/ rendimiento testigo) y humedad de cosecha de los híbridos evaluados. Ensayo Colón, red de ensayos comparativos de rendimiento de INTA Pergamino, campaña 2019/20.

En la Figura 6 se analizan las relaciones entre rendimiento y las variables cuantitativas de cada uno de los materiales evaluados. Los autovectores de la Figura 6 representan las variables y los puntos azules los cultivares. Cuanto más agudo es el ángulo entre 2 vectores, más fuerte es la asociación positiva entre las variables que representan. En cambio, si el ángulo es cercano a 180° la asociación es fuerte pero inversa. Ángulos rectos representan variables no relacionadas entre sí. La longitud del vector está asociado con la desviación standard de la variable: Cuando las longitudes de los vectores son equivalentes el gráfico sugiere contribuciones similares de las variables que representan. Igualmente, las observaciones (cultivares, puntos azules) que se grafican en una misma dirección que una variable (puntos amarillos) podría tener valores relativamente altos para esta y valores bajos en variables que se grafican en dirección opuesta.

En este gráfico, el eje horizontal discrimina los componentes y subcomponentes del rendimiento, mientras que el eje vertical clasifica sobre la base de humedad, ciclo, sanidad y calidad de grano. Los factores claves que definen los rendimientos varían entre campañas. Según este análisis, el rendimiento (Rend) se asoció positivamente con altura de plantas (AP), altura de inserción (AIE), número de plantas (NP), número de espigas (NE), vigor de crecimiento (vigor), cobertura y, finalmente, NG. Claramente, el rendimiento de los cultivares estuvo fuertemente asociado a su capacidad de crecer y cubrir el suelo.

Granos por espiga (GE), número de hileras (Hileras) y peso de granos (PG) presentaron correlación negativa, fruto de una compensación entre componentes. Finalmente, Vuelco (%), Quebrado (%), peso hectolítrico (PH), prolificidad (IP), severidad de Roya común de maíz (%),

el llenado de la espiga (PE), humedad (H) y fecha de floración (FF) mostraron una comportamiento neutral y baja correlación con rendimiento.

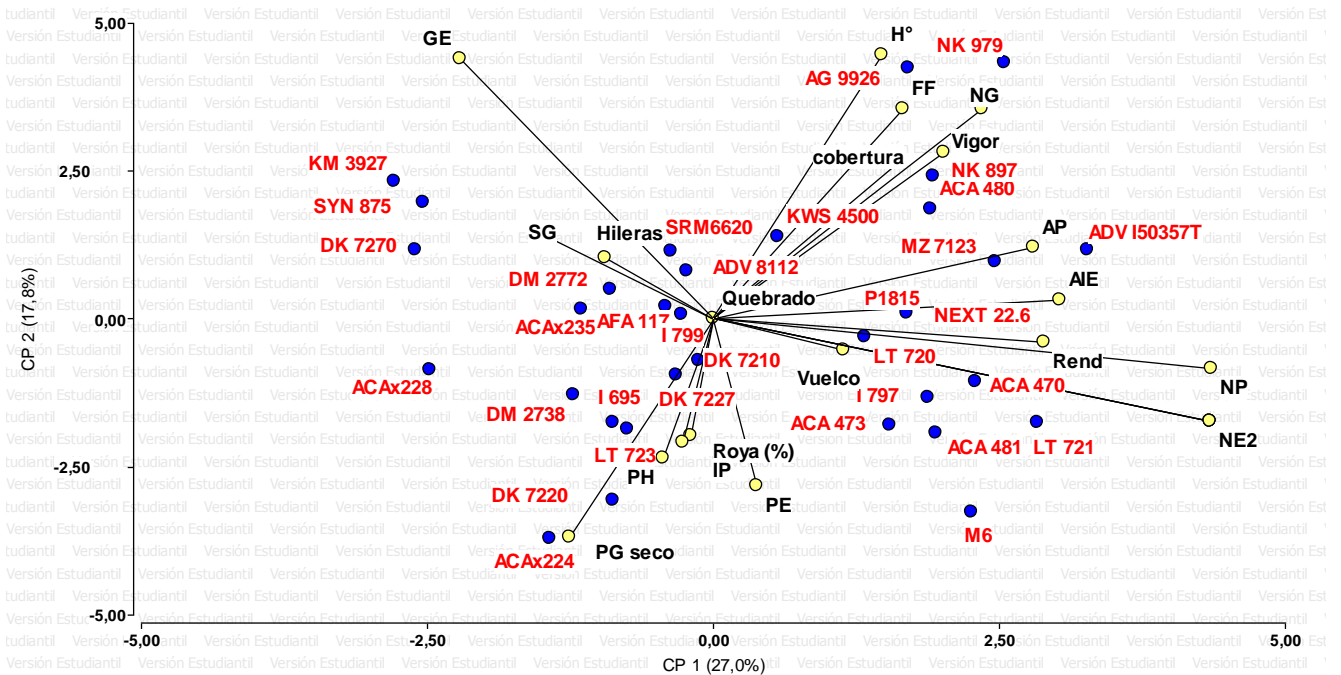


Figura 6: Relación entre variables cuantitativas evaluadas en el ensayo. PL=densidad, AP= Altura de plantas, AIE= altura de inserción de espiga, Rend=Rendimiento kg ha⁻¹, Prolif= Índice de prolificidad, NG=granos m², PG=Peso individual de granos, GE= granos espiga, Humedad= Humedad a cosecha (%), Royalty=Severidad de Royalty, V%=Vuelco, FVT= Fecha de floración masculina, FR1= Fecha de floración femenina.

Un agrupamiento por *clusters* o *conglomerados* destaca las estrategias diferenciales entre cultivares ya mencionadas en la Figura 6. Se agrupan cultivares prolíficos, otros de alto PG y los que generan un elevado número de GE (Figura 7). La Figura 8 agrupa los cultivares por niveles de rendimientos diferenciando cinco agrupamientos, desde los de mayor a menor productividad. Se diferencia un grupo de 3 cultivares de rendimiento superior, encadenado a otro grupo de 20 cultivares que le siguen. Todos ellos consiguen rendimientos iguales o por arriba de la media del experimento (Tabla 5). Finalmente, la Figura 9 muestra la proximidad de los componentes del rendimiento entre sí.

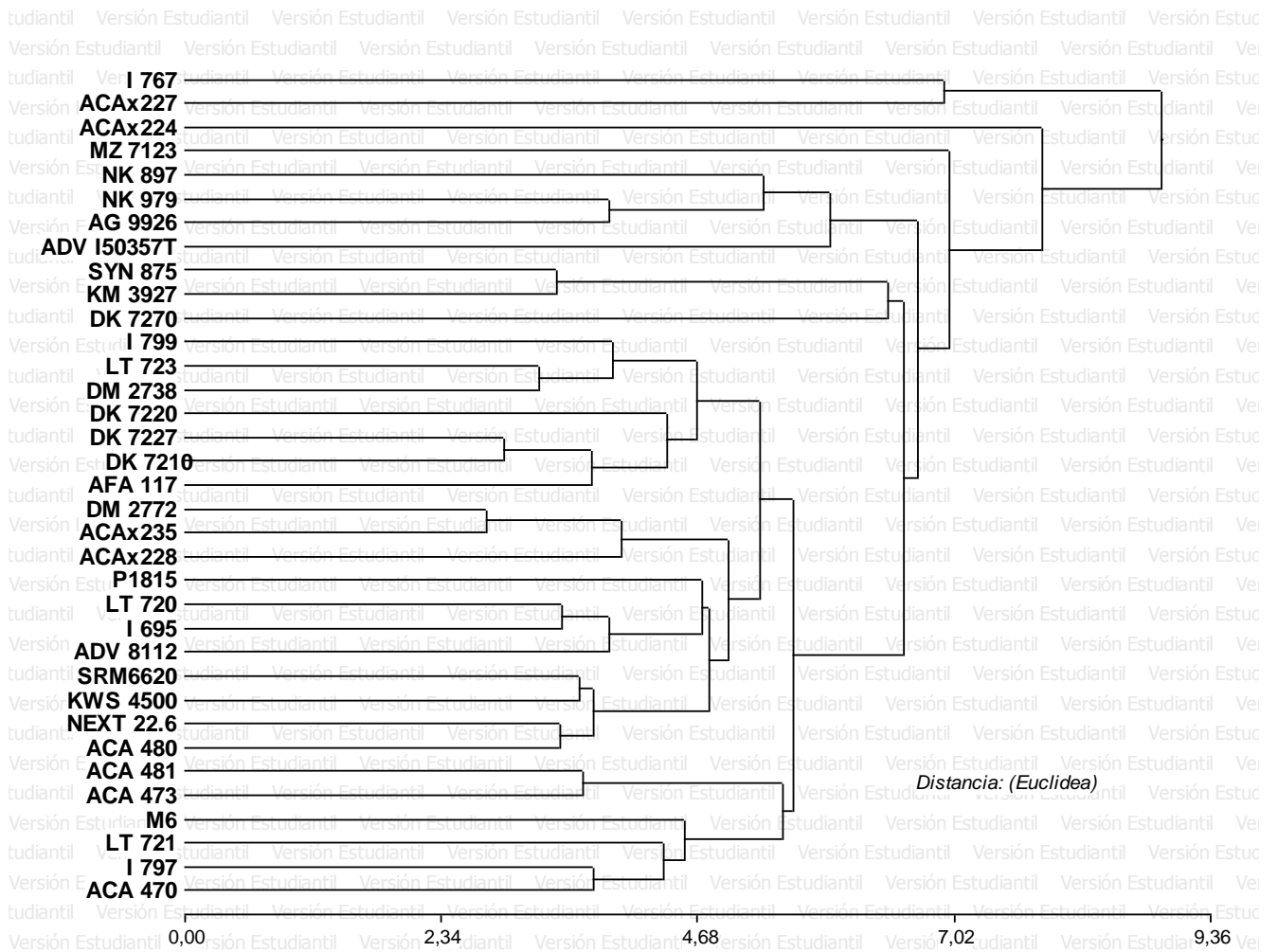


Figura 7: Análisis de conglomerados analizando la distancia Euclídea entre diferentes cultivares considerando todas las variables agronómicas evaluadas en el experimento. A mayor proximidad, mayor similitud en la comportamiento agronómica de los cultivares involucrados.

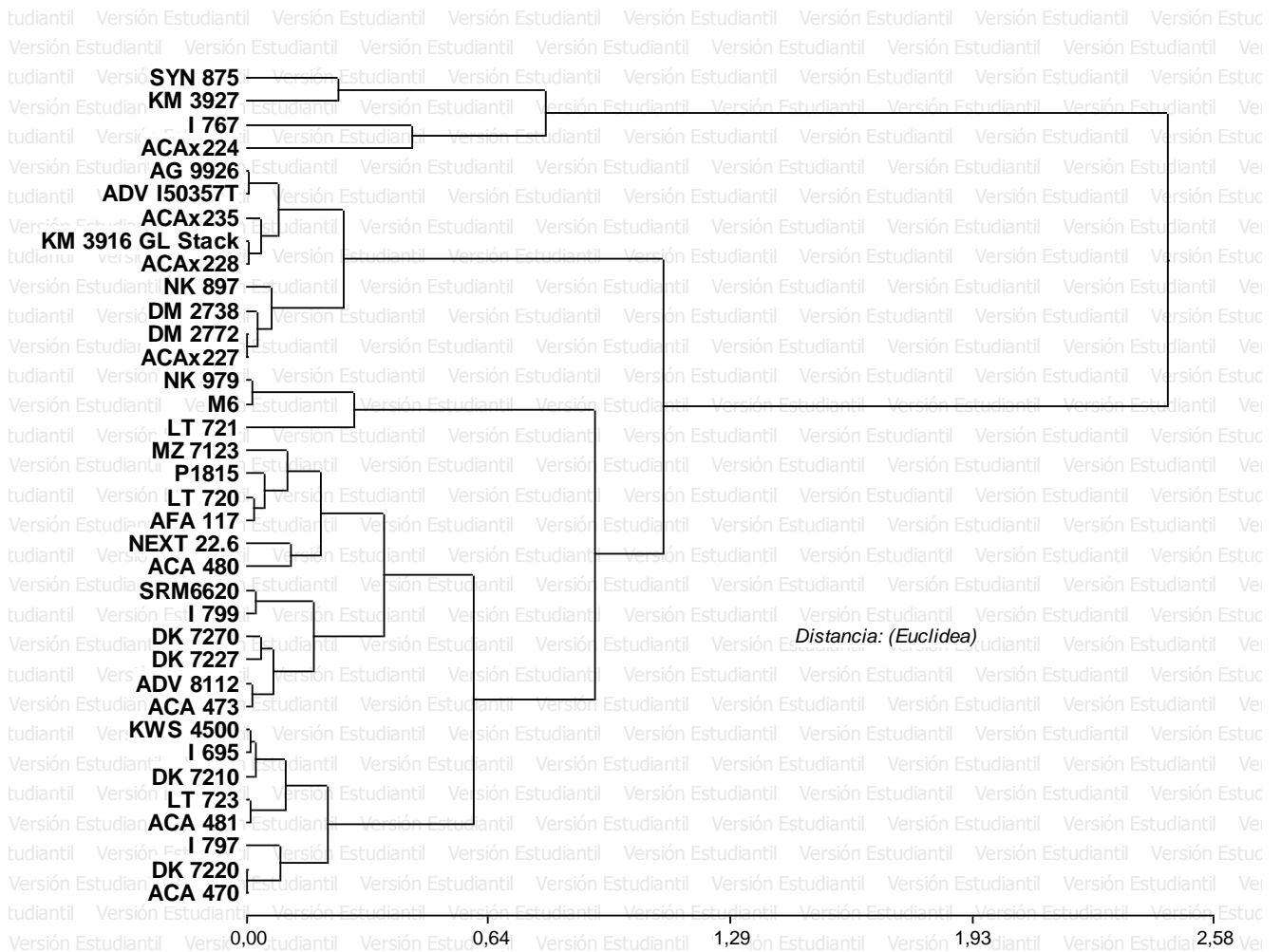


Figura 8: Análisis de conglomerados analizando la distancia Euclidea entre diferentes cultivares en función de su rendimiento. Los cultivares del agrupamiento superior integran un conjunto de mayor rendimiento.



Figura 9: Análisis de conglomerados relacionando el rendimiento y sus componentes, promedio de todos los cultivares, en función de su proximidad.

Consideraciones finales

- En el área de influencia de la localidad de Colón (BA), el ciclo agrícola 2019/20 presentó precipitaciones ajustadas, y un clima favorable poco favorable al crecimiento. Buenas condiciones alrededor del período crítico permitieron una rápida y favorable construcción del rendimiento.
- El rendimiento medio del experimento fue de 13857 kg ha⁻¹ con un máximo de 15194 kg ha⁻¹ y un rango de 3676 kg ha⁻¹ entre máximo y mínimo. Estos representan valores altos en comparación con la serie histórica, y ligeramente por encima de la media de la localidad, para la presente campaña.
- La presencia de adversidades bióticas alcanzó valores bajos. La presencia de *Helicoverpa* fue de baja a moderada. La severidad de Roya común fue también baja. En la región bajó la presencia y daño de *Diatraea saccharalis* en cultivares sin protección genética. Tampoco se observó tizón, ni otras enfermedades o plagas.
- Bajo diferentes aproximaciones, la obtención de altos rendimientos estuvo asociado con la capacidad de crecimiento, interceptación de radiación y capacidad de generar granos. Esto se logró con un gran número de plantas productivas, sin expresar prolificidad, con espigas completas con granos de buen peso. Estas relaciones fueron diferentes a la de las campañas húmedas, donde el cultivo encuentra condiciones favorables para el crecimiento desde las primeras etapas del ciclo.

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.
- Duvick, D. N. (2005). Genetic progress in yield of United States maize (*Zea mays* L.). *Maydica*, 50(3/4), 193.
- 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. y F. Mousegne. 2017. Caracterización y evaluación comparativa de cultivares de maíz en la localidad de Colón (BA). pp 14-19. *Revista de Tecnología Agropecuaria: Vol. 10 N° 33*. Agosto 2017.
- 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 Produccion, *INTA EEA Oliveros*. 44: 53-57
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.
- 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
- Xu, H., Twine, T. E., & Girvetz, E. (2016). Climate change and maize yield in Iowa. *PloS one*, 11(5), e0156083.

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.