

Informe campaña MAÍZ 2020

Valle de Lerma / Salta

Autores:

Ing. Agr. Gabriela Valdez Naval, Lic. Viviana Failde, Ing Agr. Mario De Simone y Téc. Carlos Renfijes, Ing. Flavio Speranza*

INTA EEA Salta, Grupo de Innovación en sistemas agrícolas.
*INTA EECT Yuto.

**Estación Experimental Salta
2021**



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

Introducción

La producción de maíz (Figura 1) ha cobrado importancia en el Valle de Lerma como cultivo de rotación de los cultivos de verano más importantes de la zona: tabaco y poroto, lo cual sumado a la necesidad de intensificar la producción por unidad de superficie y la integración con las actividades pecuarias intensivas (vacas, cerdo y aves), constituye un importante sistema de producción para los valles templados de Salta y Jujuy.

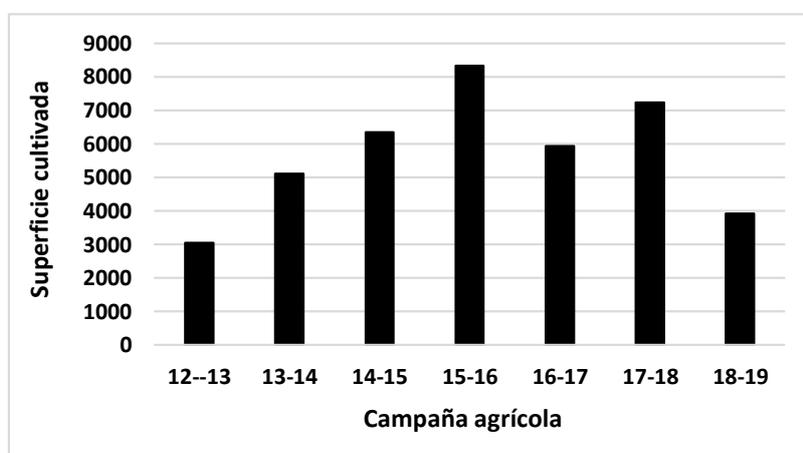


Figura1. Superficie cultivada con maíz en el Valle de Lerma, durante las últimas siete campañas. (elaborado con datos del laboratorio de teledetección de la EEA Salta)

El maíz se destina a la producción de granos o a la producción de forrajes conservados, ambas producciones requieren de cultivos bien implantados a la densidad correcta y en óptimas condiciones sanitarias.

El valle de Lerma presenta condiciones óptimas de temperatura y luz para que los híbridos empleados alcancen sus rendimientos potenciales, sin embargo, los lotes de producción no son uniformes, presentan variabilidad espacial debido a su posición en el relieve y los procesos formadores del suelo. Sumado a esta característica, los suelos muestran el efecto de la degradación ambiental (capas compactadas, menor infiltración de agua) por años de agricultura. En consecuencia, los rendimientos alcanzables de maíz son inferiores a los rendimientos potenciales. Por otro parte, los manejos agronómicos se realizan de manera uniforme para todo el lote y minimizando el empleo de insumos, lo cual contribuye a la brecha entre el rendimiento alcanzable con respecto al potencial y a que los Márgenes Brutos (MB) reflejen la variabilidad del lote, ya que los rendimientos no son uniformes y el empleo de insumos sí.

En ensayos anteriores realizados en la EEA Salta (Failde et al., 2018; Failde et al., 2019), se midieron diferencias entre híbridos de maíz, con respuestas diferentes a la población de plantas (densidad) y a los ambientes. De manera preliminar se concluyó que, en función a la respuesta, podían distinguirse híbridos plásticos y menos plásticos, los híbridos plásticos fueron los que mostraron capacidad de compensar rendimientos por aumento de la densidad de plantas y los menos plásticos fueron los que mostraron diferencias significativas al aumento de la densidad de plantas. Por lo tanto, los híbridos plásticos podrían emplearse en ambientes con más restricciones y los híbridos menos plásticos, mostrarían mejor respuesta al empleo de tecnología (fertilización, riego, manejo de enfermedades). La relación peso de grano/peso espiga que optimizó el rendimiento se obtuvo para la densidad de 67300 plantas. ha⁻¹ (D2), las diferencias estadísticamente significativas se observaron entre la D1 (48.000 plantas.ha⁻¹) y la D2, mientras que no hubo diferencias entre D2 y D3 (86500 plantas.ha⁻¹)

En la EEA Salta se trabajó por tercer año consecutivo en el cultivo de maíz. Los objetivos de trabajo para la campaña 2019-2020 fueron: evaluar la respuesta de rendimiento de distintos híbridos sembrados a tres densidades de siembra y realizar el análisis económico de las estrategias implementadas.

Hipótesis de trabajo: la incorporación de estrategias de manejo mejora la expresión de respuesta de los híbridos, con distinto nivel de plasticidad, a los factores del ambiente en el cual se desarrollan.

Materiales y métodos

La evaluación de los híbridos de maíz se realizó en la EEA INTA Salta, en Cerrillos.

El tipo de suelo del lote de ensayo corresponde a la Consociación Cerrillos que se asocia a áreas llanas suavemente inclinadas, de origen aluvial con pendiente media del 0,7 %, con vocación agrícola. Está compuesta por la serie Cerrillos que es un suelo bien drenado, con limitaciones físico-químicas. Son suelos francos, con alto contenido de limo lo que les da la característica de plancharse y formar costra con facilidad. Son suelos de discreta fertilidad, pobres en MO (1.52%) y N (0.07%), con bajo contenido de fósforo disponible (7 ppm) y potasio intercambiable (0.66meq.100g⁻¹), con concreciones de Ca y Mg.

En el diseño utilizado la fuente principal de variación fue el híbrido y la fuente secundaria fue la población de plantas por unidad de superficie. Se lo repitió en cuatro ambientes diferentes originados en la combinación de dos factores de manejo: labranza y fertilización química.

Se evaluaron 11 híbridos, cuyas características se detallan en la Tabla 1, las densidades evaluadas fueron tres: D1= 2,5 semillas.m⁻¹ (48075 plantas. ha⁻¹), D2= 3.5 semillas.m⁻¹ (67300 plantas. ha⁻¹) y D3= 4,5 semillas.m⁻¹ (86500 plantas. ha⁻¹). La distancia entre surcos fue de 0.52 m. Los tratamientos de fertilización y labranza fueron: Tratamiento A con labranza vertical; Tratamiento B con labranza vertical y Fosfato Diamónico (FDA) a la siembra (80Kg.ha⁻¹); Tratamiento C sin labranza vertical y FDA a la siembra (80 kg. ha⁻¹) y Tratamiento D sin labranza vertical y sin fertilización a la siembra.

Tabla 1. Híbridos sembrados y características

Semillero	Híbrido	Característica	Ciclo	Color/Textura	Días a Madurez
Pioneer	2353	Tropical x templado	Intermedio	Anaranjado dentado	126
Pioneer	1804	Templado	Corto	Anaranjado dentado	118
Pioneer	2089 VYHR	Templado	Corto	Anaranjado dentado	117
Brevant	510	Templado	Intermedio	Anaranjado dentado	125
Brevant	Next 25.8	Tropical x Templado	Intermedio	Amarillo	123
Dekalb	7710	Tropical		Anaranjado dentado	127
Fornatec	Dúo 25	Templado x Tropical	Intermedio	Amarillo semidentado	
Fornatec	Dúo 30	Tropical x Templado	Largo	Amarillo semidentado	120-130
Syngenta	Syn 126	Templado x tropical	Intermedio	Semidentado	126
Nord-ALZ	Acis	Templado adaptado	Intermedio	Anaranjado semidentado	137
Nord-ALZ	Zefir	Subtropical (Tropical x templado)	corto	Anaranjado semidentado	120

Manejo del cultivo:

El ensayo se sembró el 20 de enero 2020, en macroparcels de 100 m de largo, el ancho de la macro parcela dependió de la disponibilidad de semilla, pero osciló entre 5.2 y 10.4 m. La siembra se hizo con sembradora VR Agrometal X N Mega 10/52.5.

Para el manejo de malezas se aplicó en V2, la mezcla de Atrazina (2 l. ha^{-1}) y Glifosato (3 l. ha^{-1}). Los maíces guachos se eliminaron manualmente. La fertilización se realizó en V6, con urea (200 kg.ha^{-1}).

Se registraron datos climáticos (precipitación, temperatura y ETo) y se calculó el balance hídrico ambiental como la diferencia entre precipitación y ETo.

Durante el ciclo de cultivo, también se registraron los estados fenológicos VE, VT, R1 y R6, según Ritchie y Hanway (1982). Las observaciones se hicieron sobre tres espigas en el tercer surco de la densidad D1. Se midieron plantas emergidas y previo a la cosecha se contaron el número de plantas a cosecha, ambas mediciones se realizaron en dos surcos paralelos de 5 m de longitud. Se tomaron muestras compuestas por 5 espigas para determinar el peso de 1000 granos y la humedad de grano por híbrido y densidad para corregir el rendimiento del grano, dato que se obtendría con monitor de rendimiento.

La cosecha se realizó el 18 de agosto de 2020. El mapa de rendimiento presentó errores, de manera que no se pudo contar con el dato confiable de rendimiento geoposicionado, para subsanar este inconveniente, se analizaron imágenes satelitales Planet Scope con resolución espacial de 3 metros, a partir de las cuales se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) que es un estimador de la productividad fotosintética de la vegetación (Rouse et al., 1974), siendo uno de los índices más utilizados para evaluar el crecimiento y el rendimiento de los cultivos (Peralta et al., 2016). Empleando un análisis de regresión lineal entre el NDVI medido al momento de floración (R1) y los datos de rendimiento calculados a partir de las 5 espigas y ajustando estos valores al rendimiento total del lote, se construyó una ecuación para la estimación del rendimiento para cada píxel de la imagen NDVI. El análisis de las imágenes se realizó con el software QGIS 2.18.26.

El análisis económico consistió en el cálculo del Margen Bruto (MB) en $\text{US}\$. \text{ha}^{-1}$ según el método de Massey et al. (2008), como el producto de rendimiento en grano (T. ha^{-1}) y el precio de grano ($\text{U}\$\$. \text{T}^{-1}$) menos el costo de producción que consideró el costo de las labores, mano de obra e insumos, donde no se incluyó la semilla porque la cedieron los semilleros. Los costos se calcularon a valor dólar (cotización oficial BN, precio de venta) y para el ingreso se consideró el Precio pizarra de Rosario al momento de la cosecha.

El análisis estadístico, se hizo con el software Infostat (2018) y se empleó análisis multivariado (Componentes principales).

Resultados

Las precipitaciones registradas durante el mes de diciembre sumaron sólo 38 mm, recién se generalizaron a partir de enero. El 16 de enero llovieron 71 mm luego de lo cual se realizó la siembra. Entre los meses de diciembre y mayo se registraron 612 mm.

El balance hídrico ambiental mostró que sólo hubo tres meses con exceso de humedad (enero, febrero y abril), mientras que el resto de los meses fueron deficitarios en humedad (Figura 2), en marzo, el déficit fue de 63 mm.

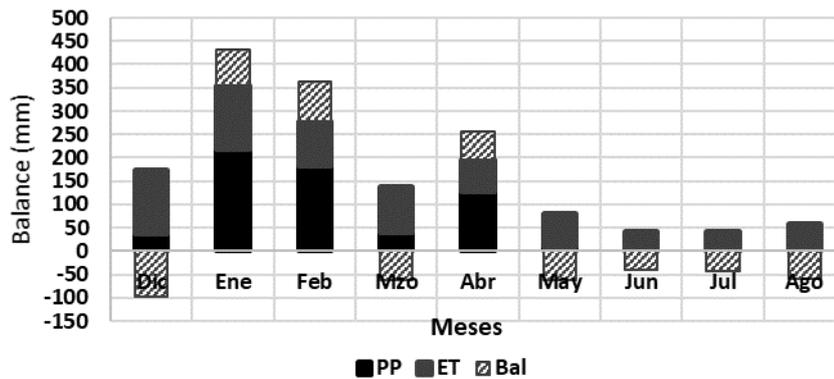


Figura 2. Balance hídrico ambiental (elaborado con datos de la EMA Cerrillos, del INTA). Campaña 2019/2020.

La floración del maíz comenzó el 19 de marzo, como se muestra en la figura 3, hubo precipitaciones alrededor de la fecha de floración, que fueron de poco volumen y no significativas para revertir el balance negativo del mes.

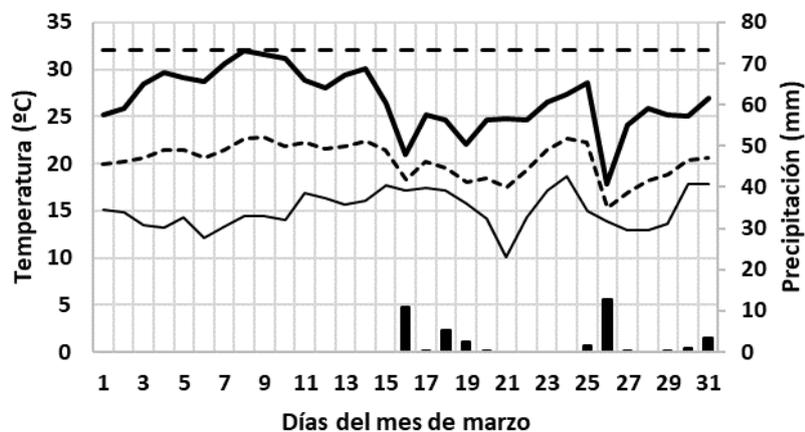


Figura 3. Temperaturas y precipitaciones registradas durante el mes de marzo (elaborado con datos de la EMA Cerrillos, del INTA). Campaña 2019/2020.

Las temperaturas descendieron a partir del mes de marzo, registrándose días con temperaturas máximas superiores a la temperatura crítica del maíz en los meses de enero, febrero y marzo

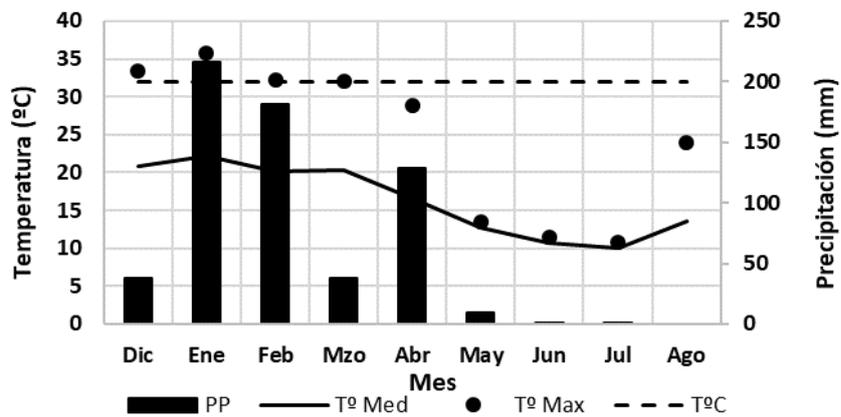


Figura 4. Variación de temperatura y precipitaciones entre enero y agosto (elaborado con datos de la EMA Cerrillos, del INTA). Campaña 2019/2020.

El análisis de regresión entre el NDVI en el momento R1 y los valores de rendimiento calculados a partir de las 5 espigas fue significativo, obteniendo de esta manera la ecuación 1, para la transformación de los valores NDVI de cada píxel a valores de rendimiento. En la Figura 5 se aprecia el mapa de rendimiento obtenido empleando la ecuación 1. El promedio de rendimiento estimado fue 9.58 Ton.ha⁻¹ y el rendimiento promedio obtenido en el lote fue de 10.84 T.ha⁻¹

$$\text{Rendimiento} = ((\text{NDVI_R1} * 34712 - 13124) * 9 / 10000) + 1.6319 \text{ (Ecuación 1)}$$



Figura 5. Mapa de rendimiento estimado a partir del NDVI en el momento de floración (R1)

En la tabla 3, se muestran la duración promedio de los estados fenológicos y la suma térmica del ciclo para la densidad D1 de cada híbrido. También se expresan los valores promedios de plantas a cosecha (PC), NDVI en R1 con su respectivo coeficiente de variación, el rendimiento promedio (Rto) obtenido por estimación de NDVI y el peso de 1000 granos obtenido de la muestra de 5 espigas.

El número de plantas logradas a cosecha fue inferior al número de semillas emergidas (estos valores no se indican en la tabla), sin embargo, guardó relación con las densidades planteadas D1: 2.7; D2: 3.6 y D3: 4.5 plantas.m⁻¹.

Tabla 3. Comportamiento de los híbridos evaluados (densidad), PC (plantas a cosecha), Estados fenológicos, Grados Días (G^oD), NDVI en floración (VT-R1), rendimiento promedio (Rto), peso de 1000 semillas (P1000).

Híbrido	D	P C	VT (DDS)	R1 (DDS)	R6 (DDS)	G ^o D (°C)	NDVI	R1 CV %	Rto (T.ha ⁻¹)	P1000 (g)
2353	1	2.4	61	63	137	944	0.59	3	9.1	295
	2	3.5					0.60	2	9.3	267
	3	4.1					0.59	2	9.2	227
1804	1	2.5	62	65	146	961	0.60	3	9.4	269
	2	3.2					0.62	3	9.8	247
	3	4.3					0.63	3	10.1	226
2089 VYHR	1	2.9	60	62	135	942	0.59	3	9.3	239
	2	3.6					0.61	3	9.7	258
	3	4.5					0.63	2	10.1	229
510	1	2.5	60	64	149	966	0.58	4	8.8	274
	2	4.1					0.62	3	9.9	261
	3	4.5					0.61	3	9.6	170
Next 25.8	1	2.7	64	66	145	958	0.60	2	8.9	252
	2	3.8					0.61	3	9.8	241
	3	3.6					0.62	3	9.7	217
7710	1	2.5	62	64	139	943	0.61	3	9.8	277
	2	3.4					0.62	3	10.1	268
	3	4.1					0.63	3	10.2	255
Dúo 25	1	2.5	62	63	143	949	0.59	3	9.2	243
	2	3.5					0.61	3	9.7	227
	3	4.5					0.63	2	10.1	212
Dúo 30	1	2.7	63	64	148	963	0.59	3	9.3	280

	2	3.5					0.62	3	10.1	265
	3	4.5					0.63	2	10.3	232
Syn 126	1	2.5	60	62	149	966	0.60	3	9.3	310
	2	3.6					0.61	3	9.8	303
	3	4.5					0.62	2	9.9	281
Acis	1	2.2	60	62	145	946	0.60	2	9.33	245
	2	2.9					0.61	2	9.64	217
	3	3.7					0.61	3	9.67	227
Zefir	1	2.9	60	66	140	942	0.61	3	9.64	296
	2	3.9					0.62	2	9.89	237
	3	4.9					0.62	2	9.89	257

El rendimiento correlacionó positivamente con las variables NDVI y densidad, siendo muy fuerte la correlación con el NDVI en R1 y se asoció negativamente con el tratamiento. Estas variables explicaron el 79 % de la variabilidad observada.

Hubo seis híbridos que en el conjunto del lote superaron la media del rendimiento estimada a partir de NDVI, ellos fueron DK 7710, D 30, Zefir, P 1804, P 2089, muy próximos al promedio se ubicaron D 25 y Syn 126 (Figura4).

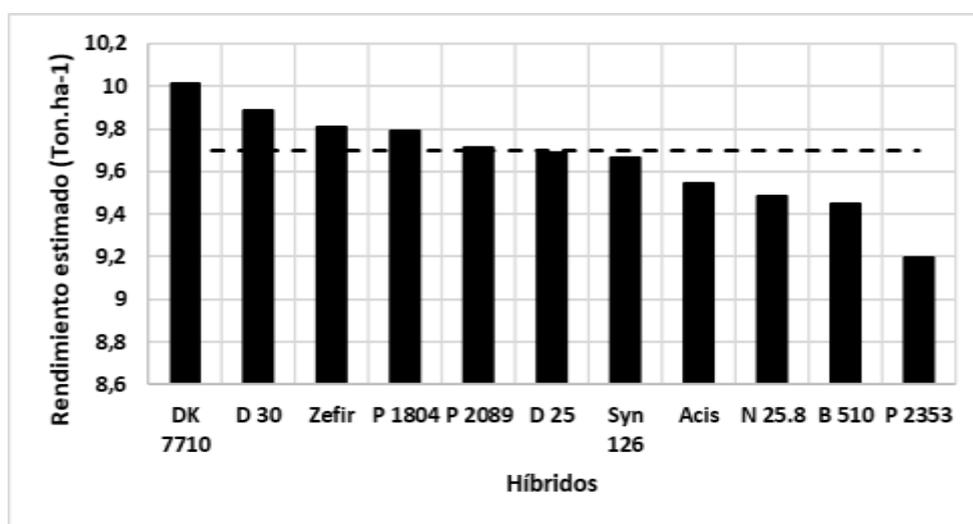


Figura 5. Rendimiento promedio de los híbridos ensayados. INTA EEA Salta.

Se observó tendencia a mayor rendimiento en los tratamientos A y B, que tuvieron como factor común la labranza vertical. El rendimiento fue 0.52 Tn más elevado en el tratamiento B, que además fue fertilizado a la siembra con FDA (Tabla 4).

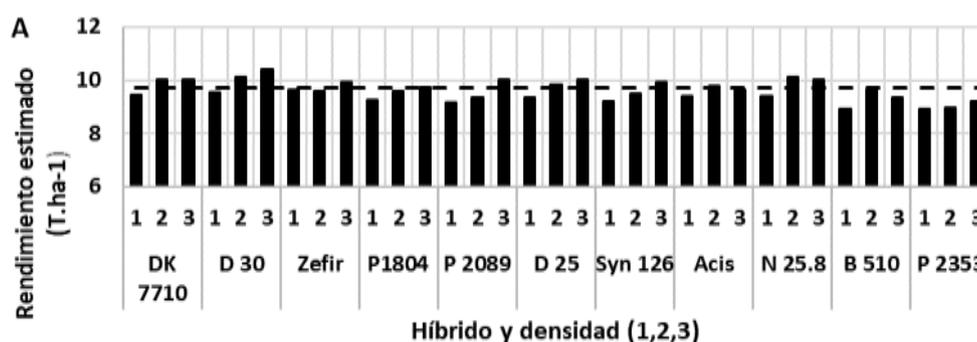
Tabla 4. Variación del rendimiento estimado promedio por tratamiento.

Tratamiento	n	Media	CV	Mín	Máx
A	33	9.61	3.95	8.92	10.4
B	33	10.13	3.22	9.39	10.61
C	32	9.56	4.34	8.55	10.26
D	33	9.3	6.64	7.83	10.11

En la figura 6 se grafica el comportamiento de cada híbrido y cada densidad en cada uno de los tratamientos. Se observó que los rendimientos obtenidos en el tratamiento B, fueron los más elevados, mientras que en el tratamiento D fueron más bajos, con una diferencia de 0.83 Ton.ha-1.

En términos generales se observó el incremento del rendimiento con el aumento de la densidad, siendo más marcado, en el incremento de la densidad de D1 a D2. El incremento del rendimiento en función de la densidad coincide con lo observado en los antecedentes de ensayos locales. La respuesta a la densidad se asocia con los diferentes híbridos y en los tratamientos.

Los menores rendimientos observados en el tratamiento D, de los híbridos D30, D25 y Brevant 510 a la densidad D1, se debió a problemas operativos.



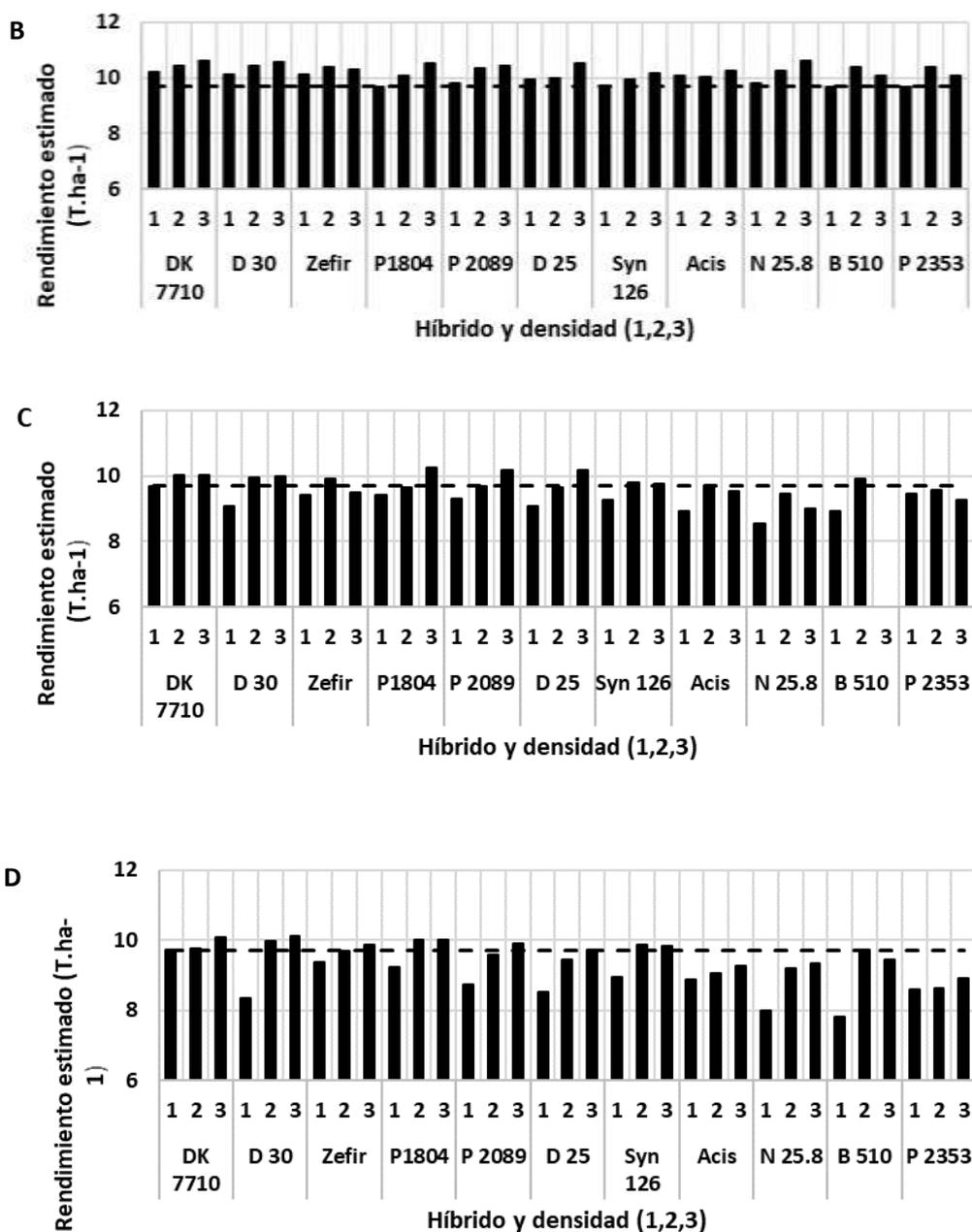


Figura 6. Variación del rendimiento en función de las densidades de cada híbrido para los distintos tratamientos A, B, C y D.

El comportamiento del P1000 mostró en el promedio del ensayo que tendía a disminuir con el aumento de la densidad de plantas, sólo en los híbridos: Zefir y Acis se observó un comportamiento diferente. Y al observar el peso promedio de mil semillas por tratamiento, se observó la misma tendencia que con el rendimiento, las semillas más pesadas correspondieron a los tratamientos A y B (Figura 7).

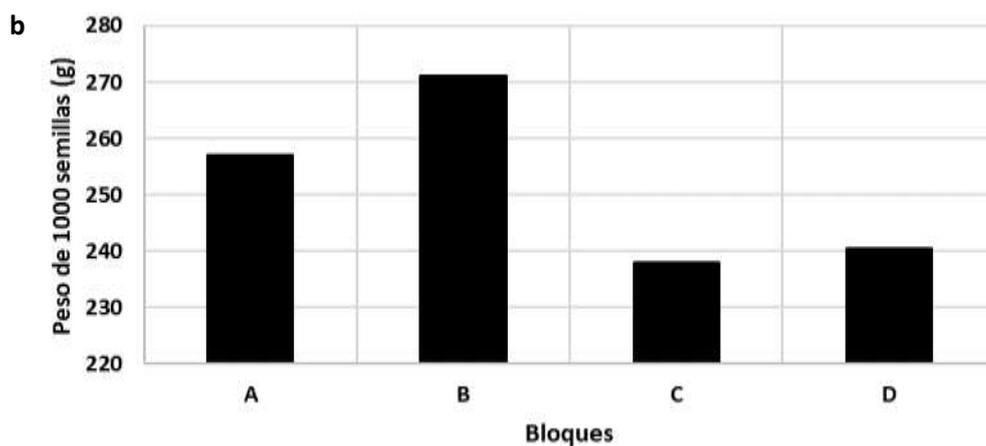
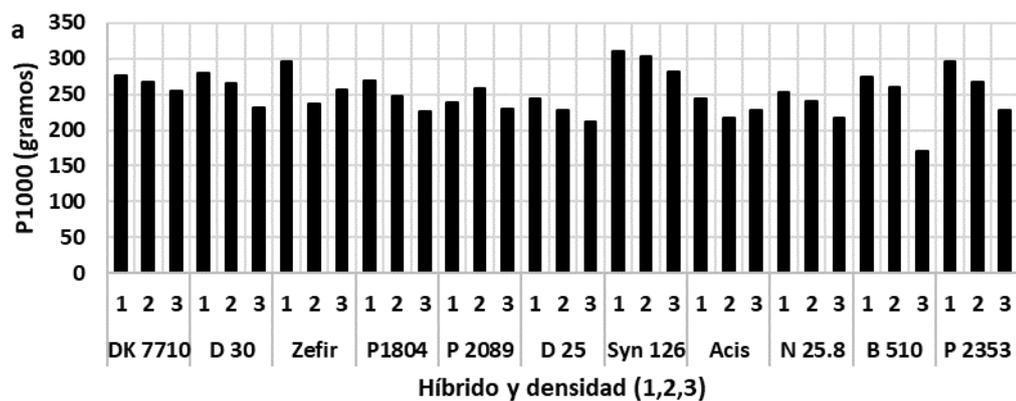


Figura 7. Variación del P1000 en función de la densidad en cada híbrido (a) y en función del tratamiento (b).

Los datos de rendimiento, costos y MB se resumieron en la tabla 5. El rendimiento promedio del tratamiento B fue 8 % más elevado que en el tratamiento D, considerado como testigo, se invirtieron U\$S 93 más por hectárea con una diferencia de MB de U\$S 68 favor del Tratamiento B.

Tabla 5. Margen Bruto por tratamiento (U\$S).

Tratamiento	Rendimiento	Costo	MB
A	9.6	223	1698
B	10.13	265	1760
C	9.3	244	1617
D	9.3	172	1692

El incremento del rendimiento en el tratamiento que recibió labranza vertical y fertilización de base, significó un incremento del costo de las labores que fue compensado por el MB, con una mínima diferencia de ganancia

Consideraciones finales

La incorporación de estrategias de manejo mejoró la respuesta de los híbridos evaluados, sin embargo, es difícil concluir sobre los efectos de la plasticidad con los datos disponibles. La labranza vertical y la fertilización de base influyeron en la mejor respuesta de los híbridos.

Es de resaltar que la situación particular del año 2020, en plena pandemia de covid19, dificultó muchas labores de campo y los muestreos para componentes de rendimiento.

Tal como se mencionó en Materiales y métodos, no se logró un mapa de rendimiento confiable obtenido mediante monitor de rendimiento, sin embargo, el empleo de las imágenes satelitales y su análisis permitió inferir los resultados expuestos. Es conveniente seguir evaluando esta metodología, correlacionada con los datos de componentes de rendimiento y factores bióticos y abióticos. Es una metodología que además puede brindar información útil cuando se trata de maíz para silo.

Se recomienda el planteo de ensayos en micro parcelas para evaluar con mayor detalle el efecto de la densidad sobre la expresión de los rendimientos de los híbridos y de otras variables que permitan entender el comportamiento de los mismos.

Agradecimientos

A los semilleros participantes que proporcionaron la semilla y a la Asociación Cooperadora INTA Salta.

Referencias bibliográficas

- Failde V., De Simone M., Valdez Naval G. 2018. Evaluación de sistemas de producción intensiva en el Valle de Lerma. Híbridos de maíz/ Agricultura por ambientes.
- Failde V., De Simone M., Valdez Naval G., Rivadeneira M., Renfijes, C. 2019. Ensayo de intensificación productiva en maíz. Campaña 2018-2019-
- Peralta N.R., Assefa Y., Du, J., Barden Ch.J., Ciampitti, I.A. (2016). Mid-Season High-Resolution Satellite Imagery for Forecasting Site-Specific Corn Yield. Remote Sens. 8, 848. doi:10.3390/rs8100848
- Ritchie S W, J J Hanway (1982) How a corn plant crop develops. Special Report 48. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service, Ames, IA.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., y Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Proc. Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symp., Goddard Space Flight Center, NASA SP-351, Science and Technical Information Office, NASA, Washington, D. C.