

## Ajuste de la fertilización nitrogenada en maíz tardío en la región Centro y Sudeste de Córdoba

**Pagnan, Luis<sup>1</sup>; Bertram, Juan<sup>2</sup>; Sánchez, Martín<sup>2</sup>; González, Roque<sup>3</sup>; Daniele, Carolina<sup>3</sup>**  
<sup>1</sup>INTA AER Justiniano Posse; <sup>2</sup>MAS Agroconsultores; <sup>3</sup>Coop. Agropecuaria Unión de Justiniano Posse. E-mail: [pagnan.luis@inta.gob.ar](mailto:pagnan.luis@inta.gob.ar)

Palabras clave: fertilización – maíz tardío - nitrógeno

### Introducción

En los últimos años, el atraso de la fecha de siembra del maíz desde el mes de septiembre a siembras tardías desde fines de noviembre, diciembre y hasta principios de enero, fue la práctica de manejo de mayor impacto sobre el rendimiento del cultivo, permitiendo alcanzar una mayor estabilidad, sosteniendo pisos de rendimiento mayores e incrementando la producción total de manera significativa a nivel provincial.

Después de la definición de la fecha de siembra, el ajuste de la dosis de nitrógeno (N) constituye la práctica agronómica de mayor impacto sobre el rendimiento. Considerando que el atraso en la fecha de siembra modifica las condiciones ambientales durante el ciclo de crecimiento y desarrollo del maíz, resulta de gran importancia contar con modelos de respuesta del rendimiento a la disponibilidad de N para fechas de siembra tardías calibrados a nivel zonal, considerando el contenido de N-nitratos en el suelo a 60 cm de profundidad previo a la siembra + el N del fertilizante.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta del rendimiento de maíz en siembra tardía, ante dosis crecientes de N en ambientes representativos del centro y sudeste de la provincia de Córdoba.

### Materiales y métodos

Se realizaron trece experimentos a campo durante ocho campañas de evaluación en las localidades de Justiniano Posse, Alejo Ledesma, Ausonia, Ordoñez, Idiazábal, Cayuqueo, La Laguna y Villa María provincia de Córdoba, Argentina (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Sitios experimentales**

Sitio	Campaña	Localidad	Coordenadas	Suelo	Clase
<b>JP12/13</b>	2012/2013	Justiniano Posse	32°46'50.14"S 62°38'6.51"O	Argiudol típico	IIc
<b>JP13/14</b>	2013/2014	Justiniano Posse	32°47'10.16"S 62°37'32.58"O	Argiudol típico	IIc
<b>AL13/14</b>	2013/2014	Alejo Ledesma	33°39'44.00"S 62°35'12.10"O	Haplustol udorténtico	IIc
<b>AL14/15</b>	2014/2015	Alejo Ledesma	33°39'21.22"S 62°36'55.17"O	Haplustol udorténtico	IIc
<b>AL15/16</b>	2015/2016	Alejo Ledesma	33°38'46.09"S 62°34'59.63"O	Haplustol udorténtico	IIc
<b>AU18/19</b>	2018/2019	Ausonia	32°42'8.89"S 63°16'25.26"O	Complejo	IIIsc
<b>OZ19/20</b>	2019/2020	Ordoñez	32°50'58.01"S 62°51'55.42"O	Hapludol típico	IIc
<b>ID19/20</b>	2019/2020	Idiazábal	32°52'4.81"S 63° 7'55.14"O	Haplustol entico	IIIc
<b>CA19/20</b>	2019/2020	Cayuqueo	32°51'42.58"S 63° 9'19.00"O	Haplustol entico	IIIc
<b>VM19/20</b>	2019/2020	Villa María	32°26'43.09"S 63°18'57.70"O	Haplustol entico	IIIc
<b>LL20/21</b>	2020/2021	La Laguna	32°44'39.32"S 63°14'50.47"O	Complejo	IIIsc
<b>VM20/21</b>	2020/2021	Villa María	32°26'19.50"S 63°18'20.66"O	Haplustol entico	IIIc
<b>JP22/23</b>	2022/2023	Justiniano Posse	32°52'52.36"S 62°41'47.59"O	Hapludol típico	IIc

Se realizaron análisis de suelos previo a la siembra y fertilización. Los niveles de N de suelo variaron entre 64,7 y 174 kg ha<sup>-1</sup>, siendo el promedio de 114 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Parámetros de fertilidad química de los suelos.**

	MO (%)	pH (en agua 1:2,5)	P (ppm)	N suelo (kg ha <sup>-1</sup> , 0-60 cm)	S-SO <sub>4</sub> (ppm)
JP12/13	3,1	6,26	7,4	64,7	12,49
JP13/14	2,3	5,9	7,92	83,2	
AL13/14	2,56	5,87	25,3	140	
AL14/15	2,32	5,87	20,1	174	
AL15/16	2,35	5,88	24,6	173	14
AU18/19	2,67	6,82	12,5	98,3	42,1
OZ19/20	2,08	5,72	13	89	33
ID19/20	1,93	6,07	11	93	29
CA19/20	2,79	5,09	8	108	31
VM19/20	2,37	7,28	13	129	50
LL20/21	2,49	5,78	21,8	136	29,4
VM20/21	2,36	6,54	11	116	28,9
JP22/23	2,46	6,1	7,1	78,6	

En cada situación se establecieron cuatro o cinco tratamientos correspondientes a diferentes niveles de N inicial, considerando la disponibilidad del suelo hasta los 0,6 m de profundidad y el N aplicado como fertilizante. Los niveles de N total disponible se ubicaron en un rango de 89 a 302 kg ha<sup>-1</sup>.

En todos los casos la fuente de N fue urea (46-0-0) incorporada o al voleo sobre la superficie del suelo. En la mayoría la aplicación fue incorporada en el suelo con la sembradora al momento de la siembra y sólo en dos ocasiones con una fertilizadora en presiembra y en V6. En los casos en que se aplicó al voleo, se utilizó una fertilizadora marca Altina con distribución neumática mediante difusores ubicados sobre un botalón, garantizando una adecuada distribución espacial del fertilizante.

La siembra del maíz se realizó en los meses de noviembre y diciembre, se utilizaron híbridos de alto potencial rendimiento y la densidad de siembra se ajustó en cada caso a la recomendación del semillero. Se aplicaron fertilizantes fosforados incorporados en la línea de siembra, y en algunos casos con S y Zn (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Manejo agronómico de los sitios experimentales**

Sitio	Híbrido	Fecha de siembra	Arrancador (kg ha <sup>-1</sup> )			Aplicación de urea	
			P	S	Zn	Forma	Momento
JP12/13	AX 887 MG	22/12/2013	30,6			Incorporada	presiembra
JP13/14	ACA 468 RR	2/10/2014	24,4	8,6		Incorporada	a la siembra
AL13/14	DK 7210 VT3P	5/12/2013	20,75	16,8		Incorporada	a la siembra
AL14/15	DK 7210 VT3P	2/12/2014	20,75	16,8		Incorporada	a la siembra
AL15/16	DK 7210 VT3P	2/12/2015	20,75	16,8		Incorporada	a la siembra
AU18/19	AX 7784 VT3P	30/11/2017	14	6,7	0,9	Incorporada	a la siembra
OZ19/20	DK 7220 VT3P	27/11/2019	11,33			Al voleo	presiembra
ID19/20	AX 7761 VT3P	28/11/2019	11,33			Al voleo	presiembra
CA19/20	AX 7761 VT3PRO	27/11/2019	11,33			Al voleo	presiembra
VM19/20	DK 7220 VT3P	7/12/2019	11,33			Al voleo	presiembra
LL20/21	DK 7220 VT3P	28/11/2020	9,06			Incorporada	a la siembra
VM20/21	DK 7220 VT3P	8/12/2020	9,06			Incorporada	a la siembra
JP22/23	ACA 476 VT3P	17/9/2021	23,5	13,5	1,35	Incorporada	V6

El diseño empleado fue en bloques completos con dos o tres repeticiones según el sitio. La unidad experimental presentó entre 7,35 y 9,45 m de ancho y 400 m de largo. Las mismas se condujeron bajo un control total de malezas, plagas y enfermedades.

La cosecha de cada parcela se realizó con una cosechadora automotriz, se determinó rendimiento en grano y posteriormente fue corregido según la humedad de comercialización (14,5 %).

Las variables se analizaron utilizando el software estadístico Infostat (Di Rienzo, 2016), y se realizó el análisis de regresión entre el rendimiento del cultivo y la disponibilidad de N.

## Resultados y discusión

Al momento de la siembra en todos los sitios experimentales el contenido de agua útil fue superior al 75 % de capacidad de campo hasta los dos metros de profundidad y no presentaban influencia de napa freática. Las precipitaciones acumuladas entre noviembre y abril se ubicaron entre 376 mm en la campaña 2022/2023 y 1.019 mm en la campaña 2013/2014 (Cuadro 4).

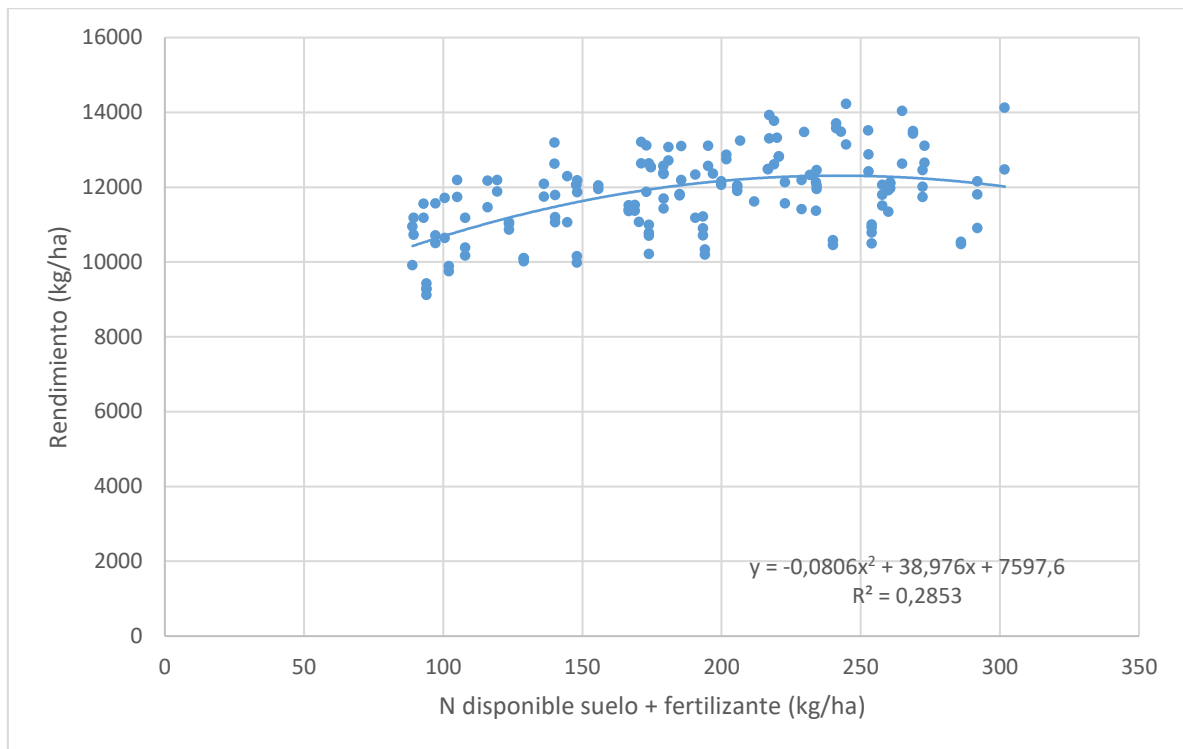
**Cuadro 4. Precipitaciones (mm) en el período noviembre-abril en cada sitio experimental.**

Sitio	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
JP12/13	88	125	72	72	75	113	545
JP13/14	162	73	176	209	123	95	838
AL13/14	244	65	123	307	117	163	1.019
AL14/15	129	137	53	133	193	113	758
AL15/16	137	102	226	217	83	147	912
AU18/19	307	153	94	20	130	73	777
OZ19/20	51	231	145	86	65	0	578
ID19/20	58	218	171	90	104	0	641
CA19/20	58	218	171	90	104	0	641
VM19/20	18	100	134	93	85	0	430
LL20/21	34	111	166	87	90	37	525
VM20/21	33	148	185	48	115	75	604
JP22/23	53	42	113	77	73	18	376

Las disponibilidades de N de suelo en los tratamientos testigos (sin aplicación de N) resultó elevada, siendo en promedio 51,8 kg ha<sup>-1</sup> superior al obtenido en experimentos similares en maíz temprano (Pagnan et al., 2023).

En general las condiciones ambientales durante el desarrollo del cultivo fueron buenas, obteniéndose un rendimiento promedio de todos los sitios y tratamientos de 11.808,7 kg ha<sup>-1</sup>, con rendimientos mínimos superiores a los 9.000 kg ha<sup>-1</sup>, asociados a los niveles de N más bajos y rendimientos máximos cercanos a los 14.000 kg ha<sup>-1</sup>. En este sentido, el rango de variación del rendimiento resultó más estrecho al obtenido en experimentos similares desarrollados en fechas de siembra temprana, en los que se obtuvieron rendimientos más bajos en los tratamientos testigos (sin aplicación de N), y rendimientos máximos superiores, siendo a su vez el promedio también más elevado (Pagnan et al., 2023).

La variación del rendimiento ante incrementos en la disponibilidad de N se ajustó a una relación cuadrática, logrando explicar este factor, sólo el 28,5 % de la variación del rendimiento (Gráfico 1).



**Gráfico 1. Rendimiento del cultivo de maíz de siembra tardía en función de la disponibilidad de N (suelo + fertilizante) en la región centro y sudeste de la provincia de Córdoba.**

Considerando el modelo obtenido, la respuesta a la fertilización nitrogenada fue de  $1.881,5 \text{ kg ha}^{-1}$ , la disponibilidad óptima agronómica fue de  $242 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , permitiendo obtener un rendimiento máximo de  $12.309,5 \text{ kg ha}^{-1}$ . Mientras que, considerando una relación de precios entre el costo por kg de N y el costo por kg de maíz de 9, la disponibilidad óptima económica resultó de  $186 \text{ kg de N por ha}^{-1}$ . En este sentido, la respuesta a la fertilización resultó sólo de un 40 % a la obtenida en maíz temprano en la misma región, asociada a una mayor disponibilidad inicial de N, y rendimientos alcanzables menores. La disponibilidad óptima económica fue menor en  $32 \text{ kg de N ha}^{-1}$  respecto al maíz temprano, esto, sumado a los mayores niveles de N de suelo iniciales, determina que las dosis necesarias para alcanzarla resulten significativamente menores en relación a siembras tempranas (Pagnan et al. 2023).

## Conclusiones

El cultivo de maíz en siembras tardías obtuvo rendimientos muy estables en los ambientes en que se desarrollaron estos experimentos. Los menores rendimientos sin aplicación de N resultaron superiores a los  $9000 \text{ kg ha}^{-1}$ .

La disponibilidad de N de suelo al momento de la siembra fue alta, mientras que, la respuesta a la fertilización nitrogenada resultó más baja a la obtenida en maíz de siembras tempranas en la misma región, asociada también, a rendimientos alcanzables menores.

La disponibilidad de N permitió explicar sólo el 28,5 % de la variación del rendimiento del cultivo. La disponibilidad óptima agronómica fue de  $242 \text{ kg de N ha}^{-1}$ , mientras que, considerando una relación de precios entre el maíz y el N frecuente, la disponibilidad que permitió maximizar el margen económico fue de  $186 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

## Agradecimientos

Se agradece a las empresas M. y M. Ricciardi S.R.L., Ortega Hnos. S.A., Cooperativa Agropecuaria Unión de J. Posse y a Mignacco S.A. quienes facilitaron las maquinarias, insumos y personal necesarios para la ejecución de los ensayos.

## Bibliografía

- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1988. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-15 Etruria.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1978. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-16 Justiniano Posse.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 1986. Carta de suelos de la República Argentina, hoja 3363-29 Arias.
- Pagnan, L.; Bertram, J.; Sánchez, M.; Maccellari G.; Crescimbeni, A.; Pesaola G. 2023. Ajuste de la fertilización nitrogenada en maíz temprano en el sudeste de Córdoba. INTA EEA Marcos Juárez. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/handle/20.500.12123/15897> ; activo en noviembre de 2023.