

## VII. RESPUESTA DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ DE DISTINTO POTENCIAL DE RENDIMIENTO SEGÚN EL MANEJO DE NUTRIENTES EN DIVERSOS AMBIENTES PRODUCTIVOS DEL CENTRO-SUR DE SANTA FE.

'Cordone G.<sup>(1)</sup>, Salvagiotti F. <sup>(2)</sup>, Capurro J. <sup>(3)</sup>, Martínez F. <sup>(1)</sup>, Méndez J.<sup>(4)</sup> y Pagani R. <sup>(3)</sup>

La principal causa de la disminución del área sembrada con maíz es la alta inversión que necesitan hacer los productores para implantar este cultivo comparada con la soja, en particular el costo (le semilla y fertilizante. Por otro lado, se conoce la importancia de la rotación con maíz para conservar el recurso suelo; por lo tanto se plantea la necesidad de buscar alternativas que permitan alcanzar la máxima rentabilidad, posibilitando su cultivo en distintos ambientes. Existe abundante información sobre la respuesta del maíz a la fertilización, también del comportamiento de los híbridos según el potencial productivo del ambiente, así como del margen bruto diferencial según se utilice un material genético caro o barato dependiendo del ambiente (Prieto y Gelin, 2002). Sin embargo, la respuesta a la combinación de materiales genéticos de distinto potencial de rendimiento y de diversos criterios de fertilización según el ambiente, no ha sido suficientemente estudiada. El objetivo de éste trabajo fue evaluar a través del rendimiento de grano y de la rentabilidad, la respuesta de dos híbridos a diversas alternativas de fertilización según el ambiente productivo.

### Materiales y Métodos

En la campaña agrícola 2002/03 se experimentaron distintas alternativas tecnológicas consistentes en la combinación de 2 genotipos y 4 criterios de manejo nutricional del maíz. Se utilizó un híbrido de alto potencial de rendimiento y alto precio de la semilla (AX 882), y otro de mediano potencial y menor costo (Pucará TD). Las alternativas de manejo de nutrientes involucraron N, P y S y fueron las siguientes:

- 1) Testigo sin aplicación de fertilizante (T)
- 2) Fertilización usual aplicada por los productores de cada zona (TUA)
- 3) Fertilización según diagnóstico de suelo previo (DIAG): para obtener una disponibilidad de  $N=135 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a la siembra en los 0-60 cm de profundidad; para P no se fertilizó por encima de 15 ppm de P Bray 1, por debajo se fertilizó a razón de  $0.4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de P por cada quintal (le incremento en el rendimiento objetivo; y se agregaron  $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de S para cubrir los requerimientos.
- 4) Fertilización para obtener el rendimiento máximo probable en el lote según balance de N y S; y similar criterio que en el tratamiento 3) para P, pero con un rendimiento objetivo superior (MAX). La cantidad de N se calculó con un balance simplificado tomando en cuenta el contenido de  $\text{NO}_3$  a la siembra en los 0-60 cm y una tasa del 4% de mineralización neta sobre el N total. Para calcular la cantidad de S se utilizó el contenido inicial del análisis de suelo

más una mineralización estimada en base a una relación 12:1 respecto del N mineralizado.

(1): Técnicos AER Casilda, (2): EEA Oliveros, (3): **AER**Cañada de Gómez, (4) AER Totoras.

La fertilización se realizó a la siembra; las fuentes de fertilizantes y dosis de nutrientes aplicadas en cada sitio experimental se presentan en la Tabla 1. Se observa que las combinaciones y dosis de nutrientes son distintas para cada sitio. La fuente azufrada utilizada en el sitio Totoras estaba bajo la forma química de  $S^{\circ}$  y solo una pequeña proporción bajo la forma  $SO_4^{=}$ , el  $S^{\circ}$  debe ser oxidado antes de ser absorbido, por lo tanto la dosis aplicada no estuvo disponible para el cultivo en su mayor parte. El análisis de la respuesta se realizó comparando el comportamiento de los distintos criterios de fertilización experimentados y no las dosis de nutrientes.

El diseño experimental fue de parcelas divididas con dos repeticiones por sitio. La parcela principal fue el híbrido y la subparcela la alternativa de fertilización. Se establecieron 5 sitios experimentales ubicados en las siguientes localidades del Centro-Sur (le la provincia de Santa Fe: Los Molinos, Villada, Cañada de Gómez, Totoras y Oliveros. Para conocer el comportamiento de cada híbrido se ajustaron curvas de la respuesta de cada sitio considerando a las 4 alternativas de fertilización como una variable continua. Con el propósito de evaluar si existía interacción con el potencial productivo del ambiente, los resultados de cada alternativa se graficaron en función de un índice ambiental (IA), igual al rendimiento promedio de todos los tratamientos en cada sitio experimental.

**Tabla 1: Tratamientos de fertilización experimentados en cada ambiente.**

SITIO	TRAT	NUTRIENTES (KG.HA <sup>-1</sup> )			PRODUCTO COMERCIAL (KG.HA <sup>-1</sup> )
		N	P	S	
Los Molinos	T	-	-	-	-
	TUA	61	11	8	Urea 105 + MAP 50 + SA 33
	DIAG	38	11	12	Urea 48 + MAP 50+ SA 50
	MAX	108	1 P	24	Urea 177 + MAP 50 + SA 100
Villada	T	-	-	-	--
	TUA	61	11	8	Urea 105 + MAP 50 + SA 33
	DIAG	50	11	12	Urea 74 + MAP 50 + SA50
	MAX	140	11	24	Urea 246 + MAP 50 + SA100
Oliveros	T	-	-	-	--
	TUA	42	11	-	Urea 70 + DAP 55
	DIAG	54	-	12	Urea 95 + SA 50
	MAX	95	-	46	Urea 120 + SA 190
Cañada Gómez	T	-	-	-	--
	TUA	53	8	-	Urea 100 + PDA 40
	DIAG	75	26	12	Urea 90 + PDA 130 + SA 50
	MAX	42	26	35	Urea 62 + PDA 130 + SA 145
Totoras	T	-	-	-	
	TUA			-	Urea 50 + Mezcla 50

	DIAG	85	18	16	Urea 170 + DAP 40 + Fertisas 20
	MAX	140	18	16	Urea 290 + DAP 40 + Fertisas 20

Observaciones: PDA: Fosfato diamónico; MAP: Fosfato monoamónico; SA: Sulfato de amonio. La fuente azufrada se aplicó en la forma química de  $\text{SO}_4^{=}$  excepto en Totoras que fue  $\text{S}^{\circ}$ .

## Resultados y discusión

### 1. Análisis del rendimiento de grano

Las favorables condiciones climáticas de la presente campaña permitieron expresar el potencial de rendimiento del cultivo, por lo tanto los distintos manejos nutricionales mostraron diferencia de comportamiento. Las abundantes precipitaciones y altas temperaturas estimularon la mineralización del N del suelo, esto puede observarse por los altos rendimientos de los testigos (Figuras 1 a y 1 b). El híbrido de alto potencial alcanzó rendimientos máximos más altos que los del de potencial medio en 4 de los 5 sitios experimentales, mostrando una tendencia a mayor respuesta a los criterios de fertilización aplicados. Si se comparan los testigos de ambos híbridos, se observa que el de alto potencial rindió más solo cuando las condiciones edafo-climáticas del lote permitieron niveles de rendimiento superiores a los  $9000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

La aplicación de la dosis según recomendación por  $\text{NO}_3^-$  a la siembra (0-60 cm) aumentó los rendimientos comparado con la TUA en ambos híbridos y en casi todos los ambientes, excepto en los sitios en los que el nivel de fertilización de la TUA es más alto que en los otros ambientes y es similar a las dosis del criterio DIAG (Figuras 2a, y 2b).

La diferencia entre el método de diagnóstico por  $\text{NO}_3^-$  a la siembra y el de balance de N y S para máximos rendimientos se manifestó solo en el híbrido de alto potencial y en los ambientes con  $\text{IA} > 9000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (Figura 2b). Esto estaría mostrando que cuando se combina un ambiente edafo-climático y material genético de alto potencial, la disponibilidad de  $135 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de N a la siembra puede limitar el rendimiento.

El mayor incremento de rendimiento se produjo entre el Testigo y la TUA, mostrando una mayor eficiencia marginal de utilización del fertilizante; la magnitud de esta respuesta fue mayor en el híbrido de alto potencial que en el de potencial medio en casi todos los ambientes (Figura 2a y 2b).

El rango de rendimiento de los testigos de los sitios experimentales es representativo del rango observado en los lotes de producción de la zona para la campaña agrícola 2002/03, pero se necesita corroborar estos comportamientos evaluando estas alternativas bajo distintas condiciones ambientales.

### 2. Análisis económico

En la Figura 3a y 3b se presentan los márgenes brutos (MB) para cada híbrido según el criterio de fertilización. Para las condiciones climáticas y ambientes experimentados, el maíz resultó un cultivo económicamente atractivo con MB superiores a 350 dólares por hectárea cuando se lo fertilizó con algunos de los criterios presentados.

En el tratamiento sin fertilizar, el MB fue superior (o en algún caso similar) sembrando el híbrido de potencial medio; esto presenta la ventaja de gastar menos en semilla, lo que significa tener menos dinero inmovilizado. Para la TUA, ninguno de los 2 híbridos presentó una tendencia definida, sino que fue una zona gris, pero para similar MB se gastó menos en implantar el cultivo con el material genético más barato, sobretodo en los ambientes de menor potencial productivo. Cuando se fertilizó con mayores dosis y otra combinación de nutrientes (criterios DIAG y MAX) el MB fue superior con el híbrido de alto potencial, excepto en el ambiente de rendimiento promedio menor a 9000 kg.ha<sup>-1</sup>.

Se calculó la tasa de retorno marginal (TRM) para los distintos criterios de fertilización utilizados (Tabla 2); en todas las alternativas se recuperó lo invertido, siendo la menor del 32%, o sea que por cada peso invertido se recuperó 1.32. En general se observa que el híbrido de alto potencial tuvo mayor TRM que el de potencial medio y que las menores TRM se presentan para el tratamiento de máximos rendimientos. Este resultado determina que el maíz fertilizado, para los ambientes experimentados y las condiciones climáticas del año, se presente como un excelente negocio financiero.

**Tabla 2: Tasa de retorno marginal (%) de los distintos criterios de fertilización calculada sobre el tratamiento sin fertilizar.**

TRATAMIENTO LOCALIDAD/HIBRIDO	TUA		DIAGNOSTICO		MÁXIMO	
	POTENCIAL	POTENCIAL	POTENCIAL	POTENCIAL	POTENCIAL	POTENCIAL
Los Molinos	53.81	202.16	76.59	186.64	31.79	130.11
Villada	91.31	362.29	67.66	486.89	81.88	262.74
Cañada de Gómez	273.01	195.88	170.43	138.62	146.26	107.42
Totoras	80.20	429.49	182.58	233.41	85.44	173.35
Oliveros	209.05	667.64	498.87	948.16	104.02	502.95

### Consideraciones finales

1. Los distintos manejos de nutrientes experimentados mostraron diferencia de comportamiento, las favorables condiciones climáticas de la presente campaña permitieron expresar el potencial de rendimiento del cultivo.
2. Se observaron altos rendimientos de los testigos; las abundantes

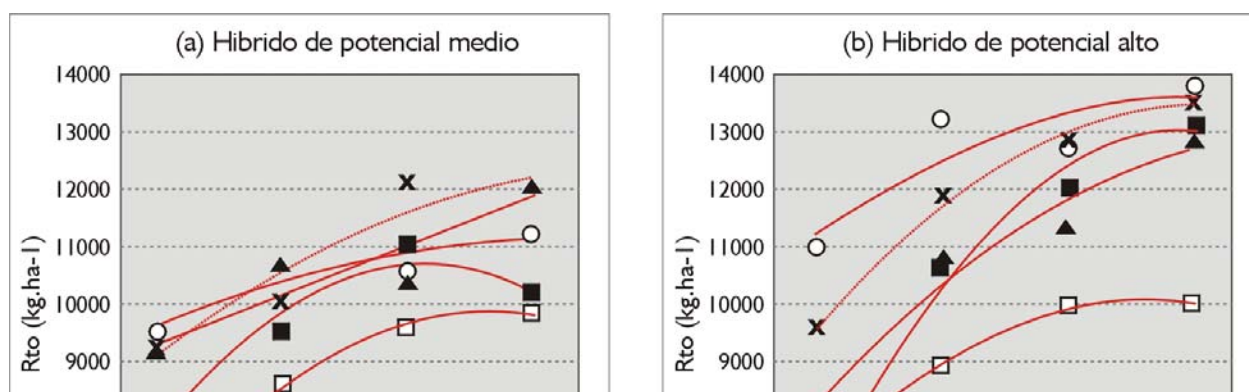
precipitaciones y altas temperaturas estimularon la mineralización del N del suelo aumentando la disponibilidad de este y otros nutrientes.

3. Para esas condiciones climáticas y ambientes experimentados, el maíz resultó un cultivo económicamente atractivo con márgenes brutos superiores a 350 dólares por hectárea cuando se lo fertilizó con algunos de los criterios presentados.
4. El método de diagnóstico por  $\text{NO}_3^-$  a la siembra produjo incrementos de rendimiento comparado con la fertilización usual del productor en ambos materiales genéticos y en casi todos los ambientes, excepto en aquellos en los que la fertilización que aplica el productor fue similar o superior a la recomendada por este método.
5. El método de balance de N y S para un rendimiento máximo produjo incrementos solo en el híbrido de alto potencial y en los ambientes con  $\text{IA} > 9000 \text{ kg.ha}^{-1}$ .
6. La elección del material genético no puede hacerse independientemente de la elección del nivel de fertilización que se aplicará y del potencial productivo del sitio en el que se sembrará.
7. Para ambientes pobres o medianos (ya sea pobres naturalmente o porque se los va a fertilizar con bajas dosis) y ante la necesidad (de disminuir el gasto en semilla, es conveniente elegir un híbrido de mediano potencial y más barato, que tendrá un margen bruto similar a la genética de alto potencial con menor inversión, pero también con menor tasa de retorno.
8. Para sembrar en buenos ambientes naturalmente fértiles, o por alta fertilización, es conveniente elegir genética de alto potencial.
9. Producir maíz fertilizado, sobretodo con un material genético de alto potencial, es un excelente negocio financiero por las altas tasas de retorno marginal.

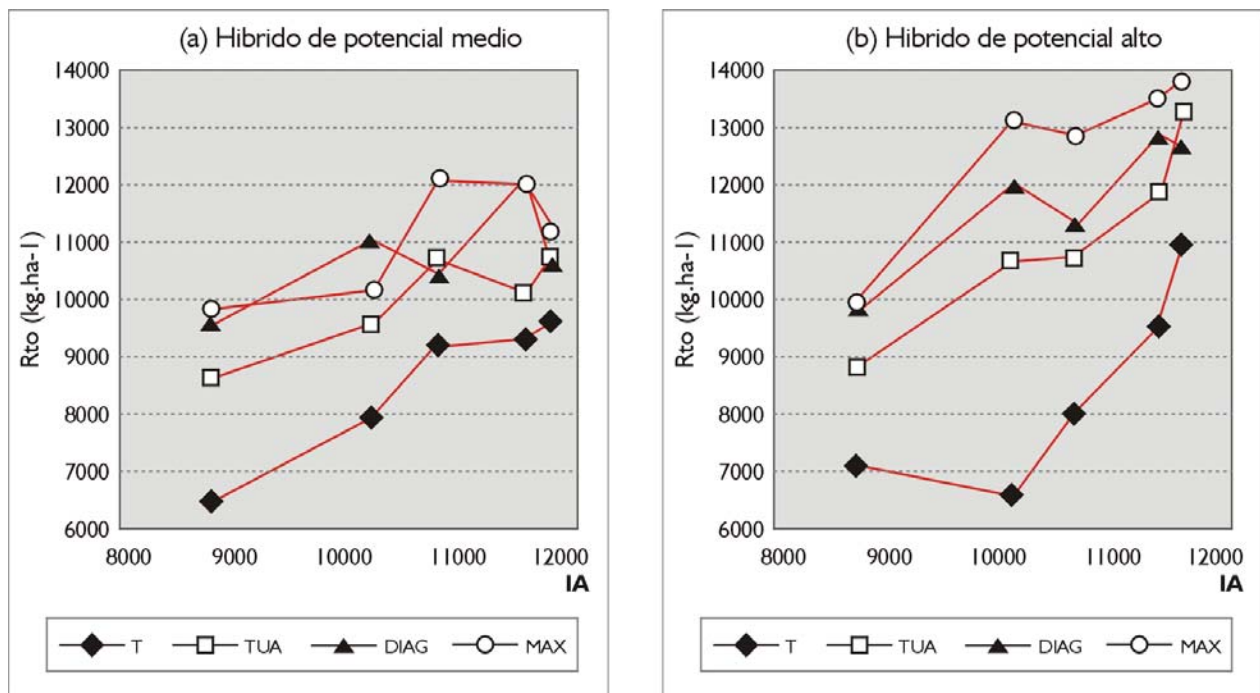
## Referencias

Prieto G. y Gelin A. 2002. Relación entre los márgenes y retornos para diferentes híbridos en Cnel Bogado, campaña 2001/02. *In*: Maíz, campaña 2001/02. Para mejorar la producción N° 20. EEA INTA Oliveros pág. 13-16.

**Figura 1:** Rendimientos obtenidos en cada localidad para ambos materiales genéticos.



**Figura 2:** Rendimientos según el criterio de fertilización utilizado y el potencial productivo del ambiente



**Figura 3:** Margen bruto en U\$\$.ha-1 según el criterio de fertilización y el potencial productivo del ambiente.

