

# EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE LÍQUIDO NITRÓGENO-AZUFRAO COMO TRANSPORTADOR DE HERBICIDAS POSTEMERGENTES EN TRIGO.

## EFICIENCIA DE CONTROL, FITOTOXICIDAD Y RENDIMIENTO

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino,  
Proyecto Regional Agrícola, Campaña 2010.

**Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Lucrecia A. Couretot**

Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino 2.AER San Antonio de Areco.  
[nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)

### Introducción

En la Región Norte de Buenos Aires, nitrógeno (N) y azufre (S) son aportados por medio de fuentes líquidas o sólidas para cubrir las frecuentes situaciones de carencia nutricional. Los fertilizantes líquidos utilizados en la actualidad están formulados como soluciones miscibles con otros agroquímicos destinados a la protección del cultivo en etapas tempranas del ciclo, como los herbicidas postemergentes. Si bien se dispone de información que sugiere la posibilidad de asperjar la solución fertilizante-herbicida en forma segura sin riesgos de fitotoxicidad o pérdida de eficiencia de los herbicidas, en la actualidad se han incrementado las dosis de fertilizantes y existen nuevas moléculas herbicidas por lo que la compatibilidad de estas nuevas estrategias requiere ser evaluada.

El objetivo de este trabajo fue 1. Evaluar el efecto de tres herbicidas de uso actual, aplicados en forma separada o empleando como vehículo soluciones fertilizante nitrógeno-azufradas, sobre el control postemergente de malezas en trigo 2. Detectar posibles efectos fitotóxicos de alguna de estas mezclas y 3. Cuantificar los efectos de herbicida y fertilización sobre los rendimientos del cultivo.

**Palabras claves.** Trigo, fertilizantes líquidos, herbicidas, control, rendimiento.

### Materiales y métodos

Se realizó un experimentos de campo en la Escuela Agrotécnica Salesiana “Concepción G. de Unzué” situada en La Trinidad, partido de General Arenales. Los suelos del sitio corresponden al límite sur de la Serie Rojas, Argiudoles típicos transicionales a los Hapludoles, Clase de Uso I con un Índice de productividad=100. En el ensayo se evaluaron tres herbicidas de uso actual en trigo, aplicados usando como sustrato agua o el fertilizante líquido SolMix, (28-0-0-S5,2), a la dosis de 178 y 356 kg ha<sup>-1</sup>, ajustadas para aplicar 50 y 100 kg Nha<sup>-1</sup>, respectivamente. Cuando se aplicaron diluidos en agua, la dosis de NS fue equiparada pulverizando el mismo fertilizante al día siguiente.

El ensayo se sembró el día 13 de Julio, en siembra directa. La variedad fue Nidera Baguette 9. Todo el sitio fue fertilizado de manera uniforme con 100 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato triple (0-20-0), a la siembra de trigo. Los experimentos fueron conducidos con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La descripción de los tratamientos se presenta en la Tabla 1.

**Tabla 1: Tratamientos evaluados en el ensayo.**

Trat	Herbicida	Dosis (g - ml ha <sup>-1</sup> )	Aplicación de fertilizante-herbicida	Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> como fertilizante)	Momento de aplicación
T0				0	
T1	No			100	Zadoks 25
T2	Metsulfurón metil + Dicamba	6,7 g + 100 ml	Separada	50	Zadoks 25
T3	Metsulfurón metil + Dicamba	6,7 g + 100 ml	Separada	100	Zadoks 25
T4	Metsulfurón metil + Dicamba	6,7 g + 100 ml	Conjunta	50	Zadoks 25
T5	Metsulfurón metil + Dicamba	6,7 g + 100 ml	Conjunta	100	Zadoks 25
T6	Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil	400 ml + 6,7 g +	Separada	50	Zadoks 25
T7	Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil	400 ml + 6,7 g +	Separada	100	Zadoks 25
T8	Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil	400 ml + 6,7 g +	Conjunta	50	Zadoks 25
T9	Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil	400 ml + 6,7 g +	Conjunta	100	Zadoks 25
T10	Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba	10 g + 10g + 100 ml	Separada	50	Zadoks 25
T11	Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba	10 g + 10g + 100 ml	Separada	100	Zadoks 25
T12	Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba	10 g + 10g + 100 ml	Conjunta	50	Zadoks 25
T13	Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba	10 g + 10g + 100 ml	Conjunta	100	Zadoks 25

Previo a la siembra, se realizó un análisis químico de suelo por bloque, cuyos resultados promedio se expresan en la Tabla 2.

**Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra**

pH	Materia Orgánica	CE	N total	P-disp.	N-Nitratos 0-20, 20-40, 40-60 cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-40 cm
agua 1:2,5	%		(%)	ppm	ppm	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>
6,0	2,93	0,134	1,5	55,0	16-12-6	85	68

Las aplicaciones de fertilizante-herbicida fueron realizadas con mochila manual de presión constante. La misma contaba con un botallón aplicador de 200 cm provisto de 4 picos a 50 cm y pastillas de cono hueco 8003, permitiendo alcanzar así un alto caudal de aplicación. La dosis de NS y herbicida fue regulada realizando diluciones con agua. Cabe consignar que en el experimento se crearon condiciones para permitir la proliferación de malezas y su competencia con el cultivo, aunque esto no fuera agrónomicamente recomendable. Tales condiciones incluyeron la ausencia de barbecho

químico y la realización de los tratamientos recién a finales de macollaje. Las condiciones de cultivo y ambiente durante la aplicación se detallan en las Tablas 3 y 4.

**Tabla 3:** Estado del cultivo al momento de la aplicación.

Estadío de aplicación	Fecha de aplicación	Estado del cultivo	Altura (cm)	Cobertura (%)
Macollaje final	29-ago	Zadoks 25	35	80

**Tabla 4:** Condiciones ambientales durante la aplicación.

Momento de aplicación	Humedad de suelo (0-2 cm)	Humedad de suelo (3-18 cm)	Temperatura aire (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad. viento (km h <sup>-1</sup> )	Nubosidad	Ppciones 24 hs dda
Zadoks 25	Seco	Seco	11,0	55	13,3 S	3	0

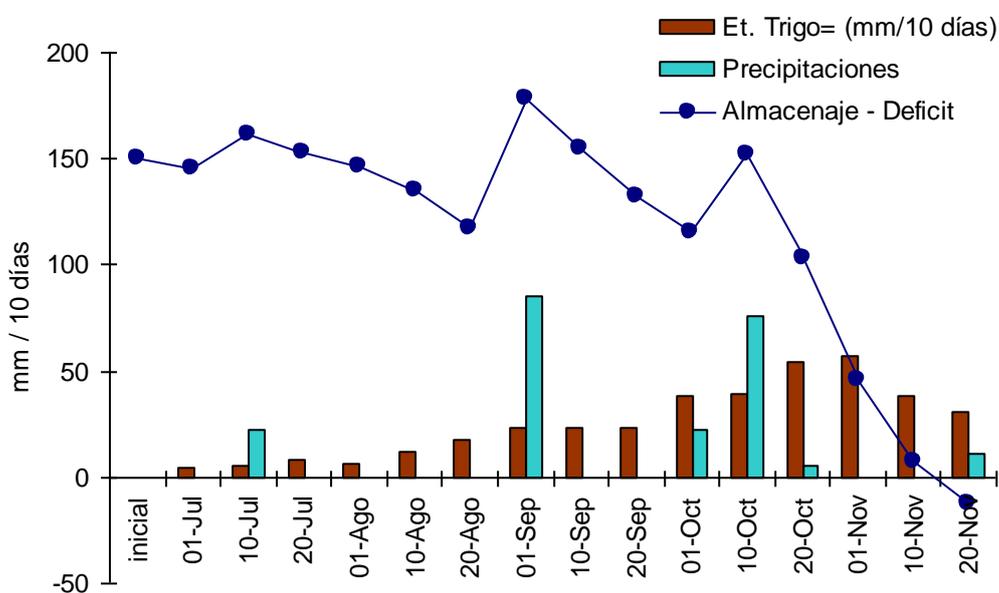
Escala de nubosidad: 0 completamente despejado, 9 completamente cubierto dda: después de aplicación.

Se evaluó fitotoxicidad de los tratamientos, 15 dda. A los 30 dda se evaluó control de malezas, y 80 dda el control final, expresado en ambos casos en porcentaje utilizando la escala visual propuesta por Alves et al., (1974). En esta segunda fecha se evaluó residualidad sobre nuevos nacimientos y vigor de cultivo. La cosecha se realizó en forma manual, con trilla estacionaria de las muestras. Para el estudio de los resultados se realizaron análisis de la varianza (ANVA), comparaciones de medias y análisis de regresión.

## Resultados y discusión

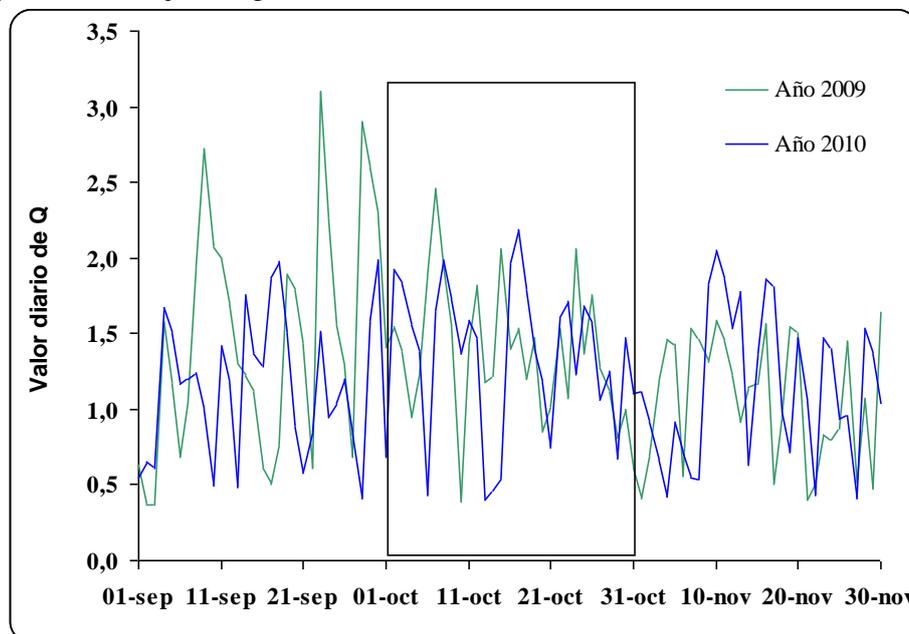
### A) Características climáticas de la campaña

En 2010, la reserva inicial de agua en el suelo fue muy adecuada, abasteciendo las necesidades del cultivo sin restricciones hasta la última etapa de llenado de los granos, cuando la escasez de lluvias provocó un déficit muy leve sin impacto en los rendimientos (Figura 1).



**Figura 1:** Evapotranspiración, precipitaciones y balance hídrico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos) para trigo en Pergamino. Valores acumulados cada 10 días en mm. Año 2010. Lámina de agua útil inicial (140 cm) 150 mm, déficit acumulado en el ciclo 13 mm.

En la Figura 2 se presenta el cociente fototermal ( $Q$ ) (Fisher, 1985), el cual representa la relación existente entre la radiación efectiva diaria en superficie y la temperatura media diaria, y es una medida del potencial de crecimiento por unidad de tiempo térmico de desarrollo. Sin alcanzar los valores excepcionales de 2009, este índice fue favorable durante el ciclo 2010 (Tabla 5). Los rendimientos superiores de 2010 con relación a 2009 se explican en una mejor condición hídrica, producto de mayor almacenaje de agua al momento de sembrar el cultivo.



**Figura 2:** Coeficiente fototermal ( $Q$ ) durante el ciclo de cultivo de trigo. La etapa abarcada por el rectángulo representa el período crítico para la definición del rendimiento. Pergamino, Años 2009 y 2010.

**Tabla 5:** Insolación efectiva (hs), Temperatura media ( $^{\circ}\text{C}$ ) y Cociente fototermal  $Q$  ( $T$  base  $0^{\circ}\text{C}$ ) para el período crítico del cultivo de Trigo en la localidad de Pergamino. Se tomó entre 15 de setiembre al 15 de Octubre durante los años 2005 a 2009, y del 1 al 30 de Octubre en 2010, por encontrarse las etapas desfasadas en el tiempo durante esta campaña.

Condiciones ambientales	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008	Año 2009	Año 2010
Insolación Efectiva media (hs)	7,2	7,1	5,9	6,9	8,3	7,45
T media del período $^{\circ}\text{C}$	15,1	17,1	15,0	16,4	13,4	14,8
Cociente fototermal ( $Q$ ) ( $\text{Mj m}^{-2} \text{ día}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ )	1,24	1,10	1,12	1,10	1,56	1,34

### B) Fitotoxicidad, control de malezas y rendimiento

En la Tabla 6 se presenta la abundancia, nivel de crecimiento y cobertura de las malezas presentes en el ensayo. De igual modo, en la Tabla 7 se presentan los datos de fitotoxicidad, control y vigor de los diferentes tratamientos. Flor morada (*Lamium amplexicaule*) fue la maleza prevalente, de mayor abundancia y más dificultoso control.

**Tabla 6:** Desarrollo, crecimiento y cobertura de las malezas presentes en el ensayo. Valores promedio de cuatro repeticiones. Ensayo de fertilización y uso de herbicidas postemergentes en trigo. La Trinidad, General Arenales, campaña 2010/11.

Nombre común	Maleza	Código	Número de hojas/macollos	Altura – diámetro (cm)	Cobertura (%)
Flor morada	Lamium amplexicaule	LAAM	H10 +	10-15 cm d	32
Caapiquí	Stellaria media	STEME	H10 +	15-20 cm d	8
Verónica	Verónica pérsica	VERPE	H10 +	8-10 cm d	3
Quínoa	Chenopodium alba	CHEAL	H5 +	20-30 cm h	1

**Tabla 7:** Fitotoxicidad, control de malezas a los 30 dda, control de malezas, control residual sobre nuevos nacimientos y vigor de cultivo 80 dda. Todos los datos son promedio de cuatro repeticiones. Ensayo de fertilización y uso de herbicidas postemergentes en trigo. La Trinidad, General Arenales, campaña 2010/11.

Trat	Fitotoxicidad 10 dda	Control 30 dda	Control final 80 dda	Vigor final de planta	Residualidad 80 dda
T0	0	0	0	1,2	No
T1	0	0	0	1,6	No
T2	0	91	93	2,5	M
T3	0	96	97	2,3	M
T4	0	89	93	2,8	M
T5	0	93	97	2,3	M
T6	0	89	93	1,3	MA
T7	0	96	97	2,3	MA
T8	0	90	90	1,7	A
T9	0	75	78	1,0	A
T10	0	60	70	3,3	A
T11	0	63	83	2,7	A
T12	0	76	83	2,3	A
T13	0	69	78	1,8	A

**Escala de fitotoxicidad:** 0-100. 0: Ausencia de daño-100: Completo quemado del área foliar.

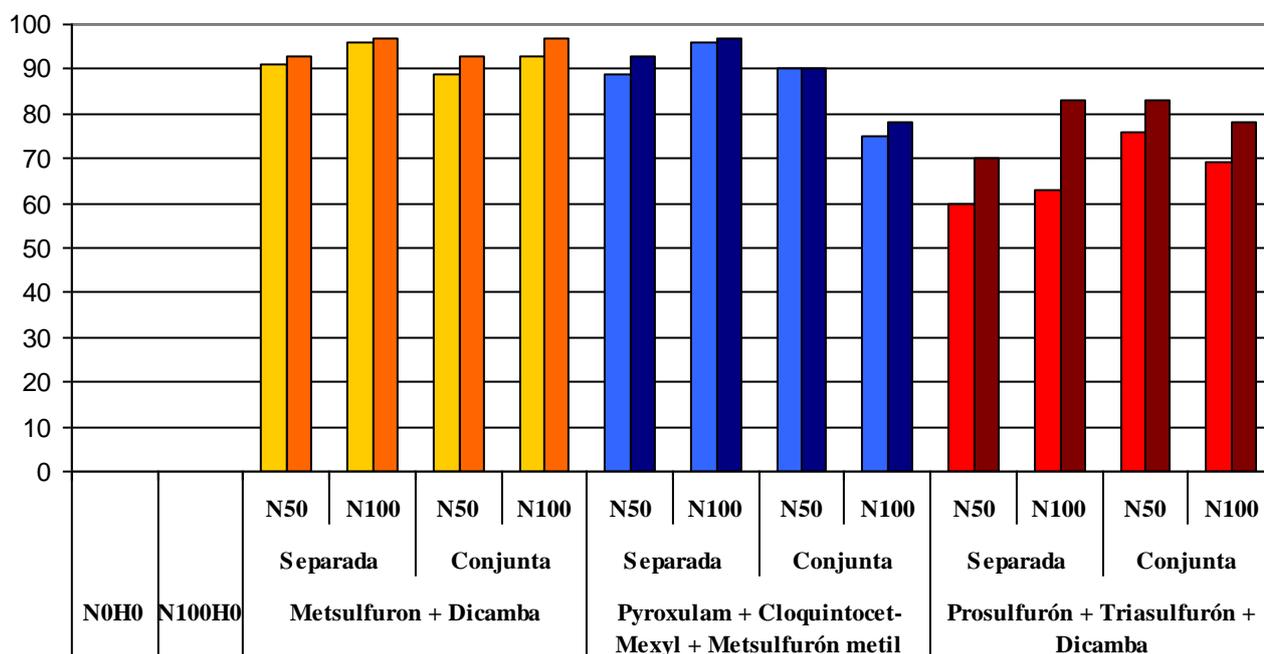
**Escala de control:** 0-100. 0: Ausencia de control-100: Control total de todas las malezas presentes.

**Índice de vigor:** 1: Malo 2. Regular 3.Buena 4 Muy buena 5: Excelente. Para elaborar el índice de vigor se tomó como base la cobertura, altura de la planta, intensidad de verde y uniformidad de la parcela.

**Residualidad:** B: Baja, M: Media, A: Alta

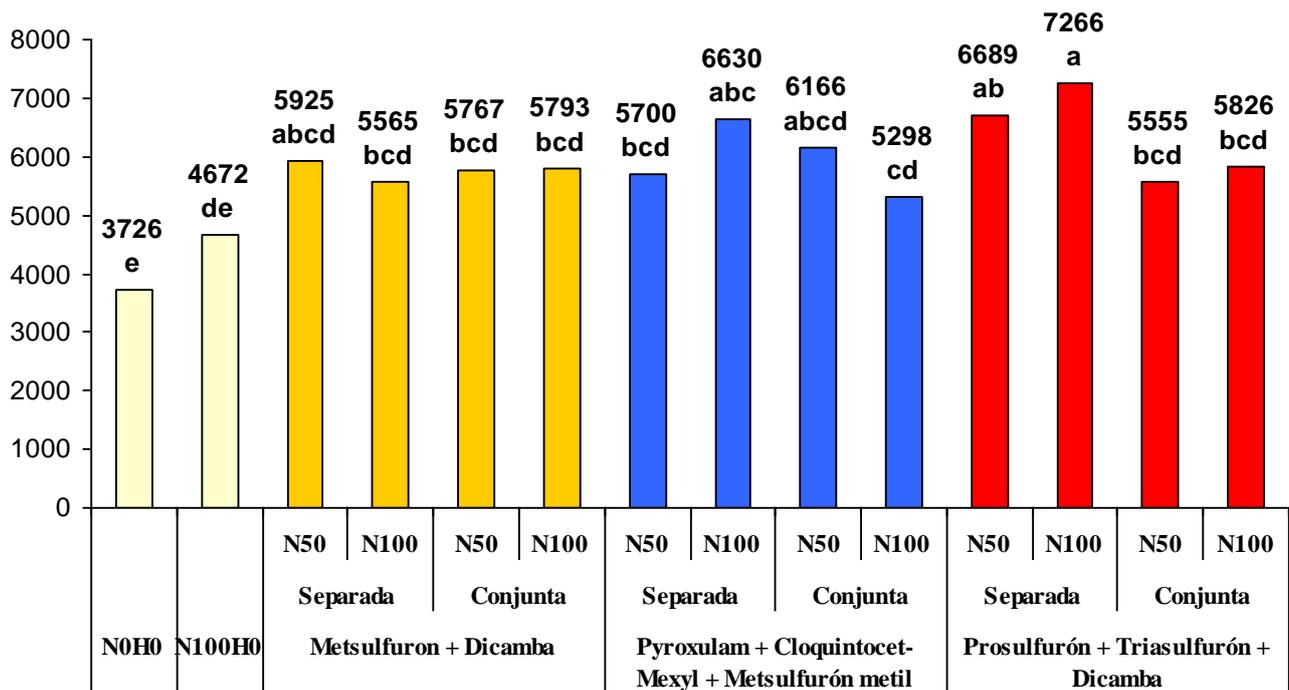
No se observaron efectos fitotóxicos para ninguno de los tratamientos, aún considerando aquellos con dosis máxima de fertilizante (N100-S18) o incluyendo el herbicida de contacto (**Pyroxulam**) (Tabla 7). El planteo del ensayo, dejando crecer las malezas para amplificar los efectos, perjudicó el control por parte de la mezcla de activos (**Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba**), los cuales ejercen buena parte de su efecto por medio de una acción preemergente de prolongada residualidad (Figura 3). Sin embargo, la persistencia de control sobre nuevos nacimientos fue alta y prolongada (Tabla 7). La maleza predominante, *Lamium*, es a su vez altamente susceptible al herbicida **Metsulfurón metil**, no incluido en esta mezcla y sí en las restantes. Las mezclas herbicida (**Metsulfurón Metil + Dicamba**) y (**Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil**) manifestaron un comportamiento similar entre sí (Figura 3). El control mejoró levemente en la dosis más alta de N, lo que podría atribuirse a un efecto indirecto producto de la mayor competencia de un cultivo en mejor estado nutricional. La aplicación conjunta de fertilizante y herbicida no afectó el control, a excepción del herbicida (**Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil**). El primero de estos activos ejerce acción de contacto sobre las malezas. Podría sugerirse que la actividad conjunta de un herbicida de

contacto habría estresado las malezas disminuyendo la sistemía del **Metsulfurón metil**, el activo más potente para el control de *Lamiun*. Apoyando esta hipótesis, el efecto fue más pronunciado en la dosis más elevada de fertilizante, de N100-S18 (Figura 3).



**Figura 3:** Control de diferentes tratamientos herbicidas sobre el total de malezas presentes en el ensayo, considerando las especies de manera conjunta. Las evaluaciones corresponden a 30 (columnas en tono claro) y 80 dda (tono oscuro). Ensayo de fertilización y uso de herbicidas postemergentes en trigo. La Trinidad, General Arenales, campaña 2010/11.

Los valores de rendimiento no deben tomarse como una valoración estricta de los diferentes herbicidas, ya que la producción es afectada no sólo por el control y su residualidad, sino también por la abundancia y tamaño de las malezas. Aun con estas consideraciones, se detectó efecto significativo de los tratamientos sobre rendimiento. La ausencia de control deprimió severamente los rendimientos, siendo parcialmente mitigada por el agregado de fertilizante. Todos los herbicidas presentaron un tratamiento que alcanzó el máximo control (Figura 4).



**Figura 4:** Producción de grano de trigo (kg ha<sup>-1</sup>) de estrategias combinadas de control de malezas y fertilización. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ). La Trinidad, General Arenales. Campaña 2010/2011.

Si se descartan los tratamientos testigo absoluto (NOH0) y testigo de control (N100H0) el experimento adquiere el diseño de un factorial completo, herbicida\*mezcla\*dosis N. De este modo, se detectó interacción entre herbicida y mezcla de productos, y efecto individual de ambos factores (Tabla 8). Los herbicidas (**Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba**) y (**Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil**) alcanzaron los mayores rendimientos, siempre que su aplicación se realizara en forma separada de los fertilizantes (Figura 5.a). Estrictamente, si se cotejan los tres herbicidas, sólo para (**Prosulfurón + Triasulfurón + Dicamba**) la aplicación separada del fertilizante representó una ventaja significativa en los rendimientos en comparación a su uso conjunto. Analizado en promedio de ambas dosis de N y formas de aplicación, las mencionadas mezclas fueron las más destacadas, la primera gracias a su residualidad y la segunda a partir de su buen control. Si bien no se observó fitotoxicidad sobre el cultivo, en promedio la aplicación separada ofreció ventajas sobre la mezcla fertilizante-herbicida (Figura 5.c), aunque como ya se mencionara, existió interacción entre ambos factores manifestándose esta ventaja sólo para algunos herbicidas (Figura 5.a).

**Tabla 8:** Significancia estadística del efecto sobre rendimiento para las variables evaluadas en el experimento y sus interacciones. En negrita se señalan los efectos estadísticamente significativos ( $P < 0,10$ ).

Efecto	Significancia estadística
Bloque	
<b>Herbicida</b>	<b>0,09</b>
<b>Mezcla</b>	<b>0,01</b>
Dosis N	0,71
<b>Herbicida * Mezcla</b>	<b>0,06</b>
Herbicida * Dosis N	0,58
Mezcla * Dosis N	0,17
Herbicida*Mezcla* Dosis N	0,13
CV (%)	<b>10,7</b>

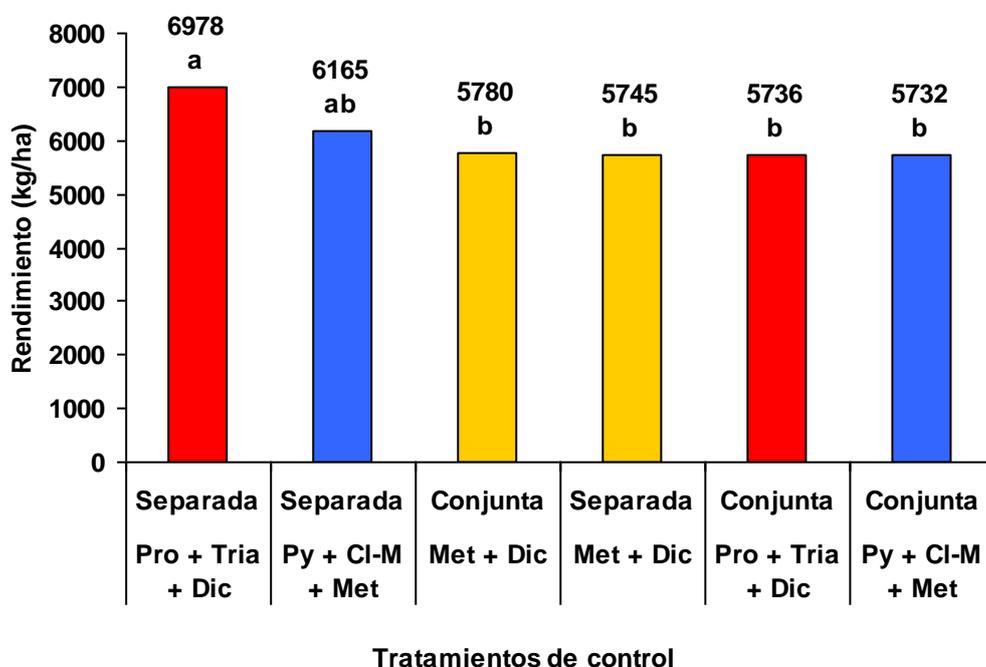


Figura 5.a

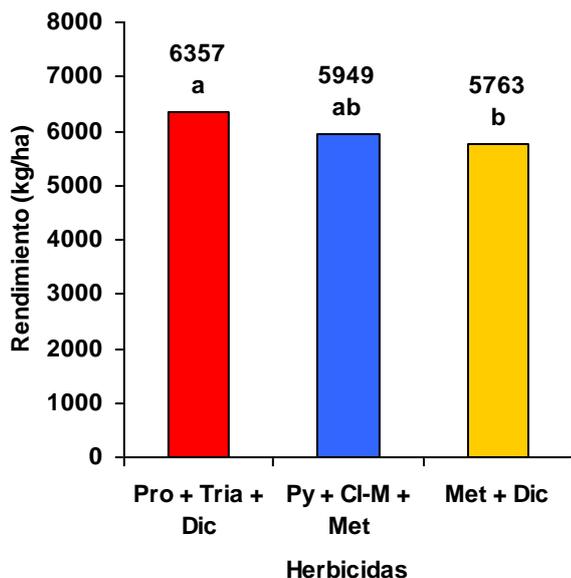


Figura 5.b

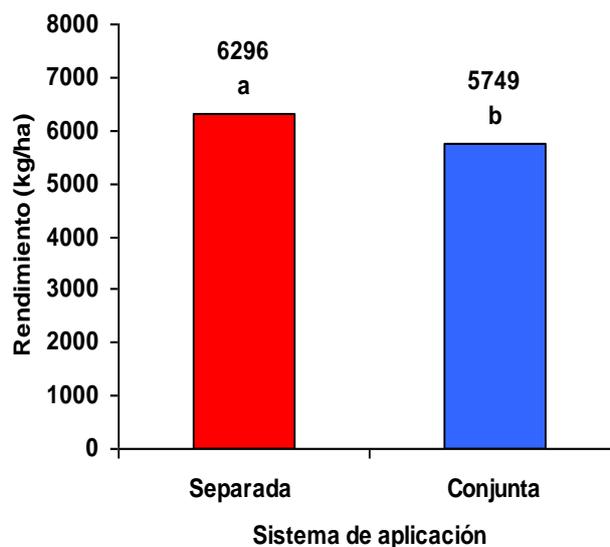


Figura 5.c

**Figura 5:** Producción de grano de trigo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de la interacción entre herbicidas y su forma de aplicación, en forma separada o conjunta con los fertilizantes. a) Interacción herbicida\*sistema de aplicación b) comparación de herbicidas c) comparación de sistemas de aplicación. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,10$ ). La Trinidad, General Arenales. Campaña 2010/2011.

## Conclusiones

- La presencia de malezas de invierno hacia finales de macollaje comprometió severamente el rendimiento, aunque esto fue parcialmente mitigado por una adecuada fertilización nitrógeno-azufrada. Se evidencia la necesidad de un control preemergente o postemergente muy temprano, ya que hacia finales de macollaje el daño por competencia no puede ser revertido.
- Los resultados obtenidos sugieren la factibilidad de realizar aplicaciones conjuntas de herbicidas y fertilizantes en forma segura, sin efectos fitotóxicos ni depresión de control, aunque este efecto se modifica según el herbicida utilizado. Con este fin, (**Metsulfurón + Dicamba**) parece ser el menos afectado por aplicaciones conjuntas de herbicida y fertilizante, mientras que (**Pyroxulam + Cloquintocet-Mexyl + Metsulfurón metil**) se ubica en el extremo contrario, especialmente cuando se lo combina con altas dosis de N.
- El rendimiento de los tratamientos es resultado de diferentes factores: presión inicial de malezas en la parcela, herbicida utilizado y su control y residualidad, aplicación conjunta o no con fertilizantes, dosis de N. Para este experimento, dada la presión de malezas y su avanzado estado al momento de control, la competencia fue un factor más importante que la nutrición en la determinación del rendimiento final del cultivo.
- La versatilidad de los fertilizantes líquidos permite diseñar innumerables estrategias conjuntas de nutrición y protección del cultivo. Este experimento resulta una primera aproximación, siendo relevante evaluar estos herbicidas bajo diferentes condiciones de año, humedad, temperatura y especie de maleza predominante, combinaciones con otros principios activos y trasladar la comparación a barbechos químicos y diferentes cereales de invierno, con el objetivo de realizar recomendaciones flexibles y seguras para su implementación a nivel productivo.

**Bibliografía**

ALVEZ, A., W. PIEDRACHITA., H. LÓPEZ, M. KOGAN, E. ESPINOSA, S. HELFGOTT Y R. HANSEN. Recomendaciones sobre unificación de los sistemas de evaluación de ensayos de control de malezas. II Reunión de ALAM, Cali, Colombia. 1974. Rev. ALAM I(I): 35-38 Rev ALAM (I): 35-38).