

# **Respuesta sitio-específica del trigo al nitrógeno por zonas de manejo mediante regresión espacial de los datos del monitor de rendimiento**

***Mario Bragachini, Andrés Méndez,  
Rodolfo Bongiovanni y Fernando Scararamuzza***

## **Introducción**

Están demostrados en Argentina los beneficios que brindan el uso y manejo de los datos agronómicos que entrega la Agricultura de Precisión. En el área central de Córdoba el rendimiento del cultivo de trigo es muy dependiente del agua almacenada en el perfil del suelo en las lluvias de verano y otoño, debido a que las lluvias de invierno son muy escasas y erráticas. Por lo tanto, seguramente se van a expresar mejores condiciones respecto a la potencialidad de este cultivo en los ambientes de relieve bajo, donde se acumula más cantidad de agua debido al escurrimiento de las lomas.

La potencialidad de éxito del cultivo radica en realizar una buena selección de la información necesaria de los factores de manejo del cultivo para una explotación determinada y, de acuerdo a ello, diseñar ensayos en cultivos extensivos, teniendo en cuenta los ambientes, de manera de poder obtener respuestas variables que permitan en un futuro lograr ajustes con la mejor combinación de factores de manejo para cada ambiente. Al igual que en otro tipo de ensayos, los datos de Agricultura de Precisión se encuentran georeferenciados y deben tener una interpretación técnica interdisciplinaria correcta para transformando en información agronómica útil.

El cultivo evaluado es trigo en una secuencia donde el trigo sigue a una soja o maíz en siembra directa, la situación es seco, y la disponibilidad de agua para el trigo posee alta variabilidad por relieve a nivel del lote, sumado a la inducida por el cultivo anterior, soja o maíz. Con el dato de la variabilidad del agua útil disponible en el perfil, y una estimación de potencial recibido en el ciclo del cultivo, según los pronósticos climáticos extendidos, se puede estimar un rendimiento esperado según ambiente, con una fertilización de fósforo y azufre apropiada, queda como insumo importante de rendimiento y costo del cultivo, el nitrógeno disponible y el necesario como fertilizante de aplicar según ambientes.

Frente a esta problemática de diferentes respuestas al nitrógeno en trigo dentro de un mismo lote, se planteó un ensayo de diferentes dosis de nitrógeno, con análisis de respuesta según ambiente, estableciendo como objetivo determinar la curva de respuesta y dosis óptima económica de fertilización nitrogenada en trigo, a través de la regresión espacial de los datos del monitor de rendimiento, usando otro tipo de información que se poseía previamente de este lote: mapas de rendimiento anteriores, mapa topográfico del lote, muestreo en grilla del contenido de agua útil en diferentes épocas del año, fluctuación de la napa freática, cultivos antecesores, etc., e información recabada en el momento de la cosecha como muestras de grano para posteriormente obtener porcentaje de proteína (dichas muestras se obtuvieron de cada dosis de fertilización cada 100 m que recorría la cosechadora).

## **Metodología**

El ensayo se estableció en un lote de seco de la EEA INTA Manfredi con implementación de la siembra directa hace 5 años, lo que conlleva a la reestructuración del perfil suelo en forma laminar horizontal. La napa freática fluctúa a una profundidad aproximada entre los 6,5 m a 8 m. Presenta una rotación de doble cultivo maíz/soja en una mitad del lote y soja/maíz en la otra.

El cultivo antecesor maíz Dk 682 en la mitad del lote obtuvo un rendimiento promedio de 12.000 kg/ha de grano y 12.000 kg/ha de rastrojo. La otra mitad del lote viene de soja AW 4403 y AW 3982 de Monsanto, con un rendimiento promedio de 4.200 kg/ha de grano y 4.000 kg/ha de rastrojo.

Cada antecesor maíz y soja presentan dos situaciones diferentes para el cultivo de trigo: alto potencial de rendimiento (bajo) y bajo potencial de rendimiento (loma).

La siembra del trigo se realizó a 90° respecto de la siembra del maíz y soja anteriores con dos diferentes situaciones de relieve (bajo – loma) que cruzaba los antecesores (soja – maíz), esperando encontrar cuatro diferentes potencialidades de rendimiento del cultivo de trigo dada la mayor disponibilidad de nitrógeno que deja el antecesor soja con respecto al maíz, y las variaciones de agua en el perfil por antecesor y topografía.

En el lote evaluado existe una diferencia de aproximadamente 2 metros de altura de la loma respecto al bajo en un largo de 700 metros.

Las dosis de nitrógeno utilizadas fueron: 12 – 37 – 62 – 88 y 112 (unidades de nitrógeno) en cuatro ambientes distintos. El testigo posee una dosis de seis unidades de nitrógeno, debido a que se puso una dosis base de fósforo y azufre que poseen un porcentaje de nitrógeno.

Se realizaron franjas de 20 m, donde se reguló la concentración de nitrógeno y azufre (UAN y Tiosulfato), de tal manera que queden las unidades de nitrógeno programadas y el azufre constante en doce unidades del mismo. El fósforo también se aplicó constante y se incorporó con la sembradora en la línea a una dosis de 70 kg/ha de MAP (14 de P), teniendo en cuenta que el testigo apareado poseía la dosis uniforme de azufre y fósforo.

Ej:

20 m testigo	N 6.3	P 14	S 12
20 m tratamiento 1	N 12	P 14	S 12
20 m testigo	N 6.3	P 14	S 12
20 m tratamiento 2	N 37	P 14	S 12
20 m testigo	N 6.3	P 14	S 12
20 m tratamiento 3	N 62	P 14	S 12
20 m testigo	N 6.3	P 14	S 12
20 m tratamiento 4	N 88	P 14	S 12
20 m testigo	N 6.3	P 14	S 12
20 m tratamiento 5	N 112	P 14	S 12
20 m testigo	N 6.3	P 14	S 12

En el diagrama del ensayo se aplicó la metodología de testigo apareado para aislar el efecto ambiente. Se utilizó para la siembra una sembradora AGROMETAL MX33 a 21 cm entre hileras, con la aplicación del MAP en la línea (70kg/ha), la que se realizó entre el 26 y 30 de mayo de 2003. La incorporación de fertilizante se realizó siete días antes de la siembra.

La cosecha se hizo con monitor de rendimiento satelital y se analizaron los datos con programas GIS en forma sitio específico de los cuatro ambientes que poseíamos en el lote (bajo y loma para antecesor soja y bajo y loma para antecesor maíz).

Para tener un seguimiento de los parámetros del suelo, previo a la siembra se realizó un muestreo de humedad, de concentración de nitratos disponibles, el contenido de materia orgánica y fósforo de este lote, en un muestreo en grilla de 1 muestra cada dos hectáreas.

El muestreo de humedad del perfil se repitió en la época de cosecha para tener una idea cierta del consumo sitio específico del cultivo. Además se posee un registro pluviométrico.

## Materiales y métodos

Los fertilizantes utilizados fueron: Tiosulfato como fuente azufrada, UAN como fuente nitrogenada y Fosfato Monoamónico como fuente fosfatada.

La semilla utilizada fue la variedad Buck Arriero con un peso de 1.000 semillas de 34 gr, poder germinativo del 92 %, energía germinativa 91 %. Con estos datos se determinó la densidad de siembra, que fue de 120 kg/ha.

El barbecho químico se efectuó 30 días antes, con la aplicación de 2,5 l/ha de Roundup y 0,5 l/ha de 2,4D.

La sembradora utilizada fue Agrometal MX 33 a 21 cm, on doble disco sembrador a chorrillo (roldana), con fijador de semilla tipo lengüeta y control de profundidad por rueda trasera.

El suelo es un Haplustol típico A: 18-20 cm, AC: 40-60 cm aproximadamente y C. Estos horizontes varían respecto a la posición en el relieve, incrementándose levemente las profundidades del A y el AC.

Este lote cuenta con información de precisión, como ser mapas de rendimiento, mapas de elevación, de materia orgánica, de contenido de fósforo, fotografías aéreas, imágenes infrarrojas, índice verde, mapas de porcentaje de proteína, etc.

## Resultados

### Agua útil por zona

*Nitrógeno inicial y humedad medida al comienzo del ciclo:*

Cultivo antecesor	Sitios muestreados	Agua útil (mm) en 3 m de profundidad	Contenido de N en kg/ha en 3 m de profundidad
Soja	Loma	200	172
	Bajo	303	142
Maíz	Loma	223	97
	Bajo	434	133

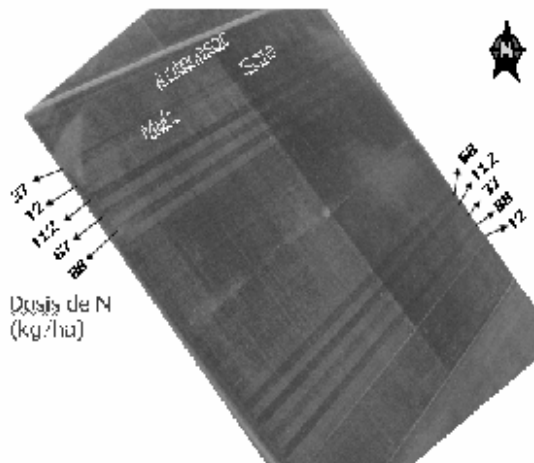
*Humedad medida a floración:*

Cultivo antecesor	Sitios muestreados	Agua útil (mm) en 3 m de profundidad
Soja	Loma	16
	Bajo	99
Maíz	Loma	31
	Bajo	258

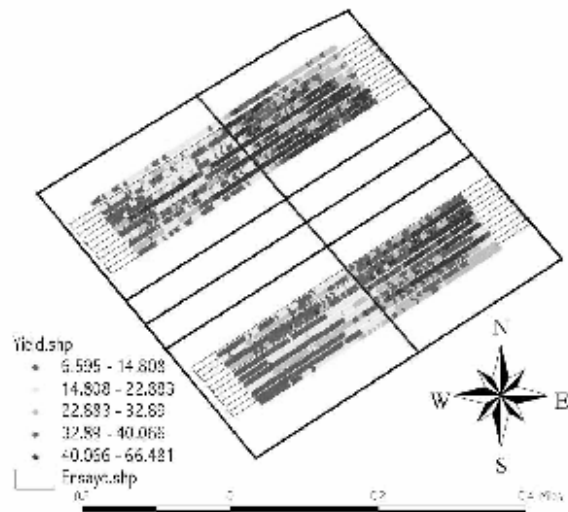
*Humedad medida al final del ciclo:*

Cultivo antecesor	Sitios muestreados	Agua útil (mm) en 3 m de profundidad
Soja	Loma	2
	Bajo	41
Maíz	Loma	40
	Bajo	215

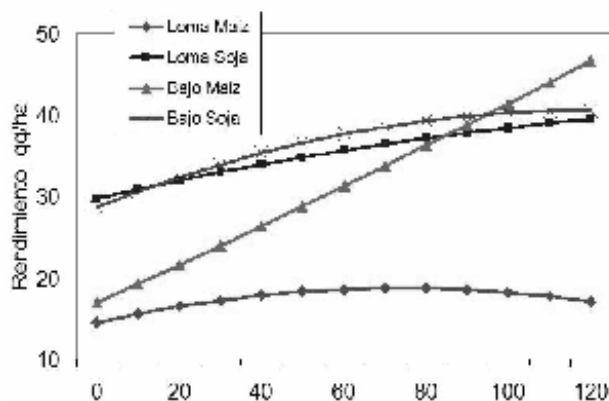
Fotografía aérea del lote donde se realizó el ensayo



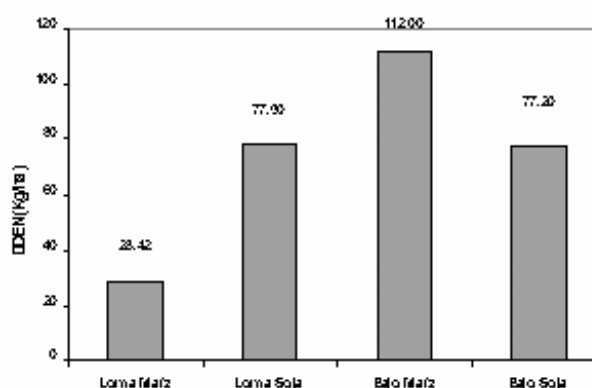
Mapa de rendimiento del ensayo realizado



Rendimiento en qq/ha en función del contenido de N kg/ha.



Dosis óptima económica por cultivo antecesor y por zona



## Conclusión

A partir de los resultados de este trabajo podemos concluir en forma preliminar que un cultivo de trigo implantado sobre antecesor maíz en presencia de buena disponibilidad de agua en el perfil del suelo (bajo - serie de suelo Manfredi), obtuvo un beneficio económico utilizando la dosis más alta (112 unidades de N), mientras que con el mismo antecesor, y en presencia de menor disponibilidad de agua en el perfil (loma - serie de suelo Oncativo), la mayor rentabilidad se encontró con dosis muy inferiores (28 unidades de N). Esto se debe, justamente, a que la disponibilidad de agua en el perfil del suelo es limitante del aprovechamiento de los nutrientes por parte del cultivo para transformarlo en producto, ya que las precipitaciones en esta región son escasas y frecuentemente erráticas.

En el caso del trigo con antecesor soja, la respuesta al incremento de la dosis de N es menor, debido a que este antecesor tiene la bondad de fijar el N atmosférico dejando en el suelo mayor disponibilidad de este nutriente, con lo que hace que la dosis económicamente rentable sea menor; además, el contenido de agua del suelo y las precipitaciones limitaron la absorción de dicho nutriente, impidiendo su expresión.

Es de tener en cuenta en este caso los beneficios del mapa de rendimiento para la determinación de ambientes y la ubicación de los muestreos georreferenciados, que nos ayudarán a la toma de decisiones para un posterior manejo de la variabilidad del sector.

Este tipo de manejo de los factores del rendimiento mediante datos georreferenciados, poseen un alto potencial de análisis; los datos expresados en forma preliminar en este trabajo, reflejan sólo una parte de su potencialidad, estando en proceso de análisis una buena cantidad de datos que pueden ayudar al conocimiento del manejo sitio específico de los factores de rendimiento variables dentro de un lote, como así también aportar información fresca para los consejos de extensión de una amplia zona que reflejen la variabilidad de suelo dentro del lote, donde los bajos reflejen la serie de suelo Manfredi y las lomas la serie de suelo Oncativo, situación que se repite en una amplia zona de influencia del EEA Manfredi, ubicado en el centro de la provincia de Córdoba.

**Agradecimiento:**

Los autores agradecen la colaboración de: Ings Agrs Axel von Martini, Julio Dardanelli (M.Sc.), Pedro Salas, Eraldo Grosso, y José Peiretti.