



IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

INSTITUTO INTERNACIONAL
DE NUTRICIÓN DE PLANTAS

WWW.IPNI.NET

PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR



JUNIO
2009

CONTENIDO

- MAPA DE RENDIMIENTO EN CEBADA
- FERTILIZACIÓN EN CEBADA CERVECERA
- DOSIS ÓPTIMA ECONÓMICA DE NITRÓGENO EN TRIGO
- REMOVILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN PLANTAS DE TRIGO

ARCHIVO AGRONÓMICO #13:
MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO PARA LA
NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE COLZA-CANOLA

MAPEO DE RENDIMIENTO, PROTEÍNA Y EXPORTACIÓN DE NITRÓGENO EN UN LOTE DE CEBADA CERVECERA

José Massigoge¹, Andrés Méndez² y Diego Villaroel²

¹EEAI MAA-INTA Barrow - ²EEA INTA Manfredi

jmassigoge@correo.inta.gov.ar

Introducción

El contenido de proteína en la cebada cervecera destinada a industria es de gran trascendencia para la calidad del producto. Por esta razón, las cervecerías y malterías son muy exigentes en este parámetro, y el contenido proteico es uno de los principales problemas comerciales de la cadena de la cebada cervecera. Además, este parámetro es muy difícil de ajustar ya que depende de muchos factores entre los que tiene mucha importancia la fertilización nitrogenada. Por otra parte, el área de influencia de la EEAI Barrow (centro sur de la provincia de Buenos Aires) es una de las principales zonas productoras de cebada cervecera del país. Por esa razón, durante el año 2008 se realizó la primera prueba en el país de medición y mapeo de proteína de un lote de cebada cervecera en tiempo real, es decir, en el mismo momento que se está cosechando.

El objetivo de esta experiencia fue confeccionar mapas de rendimiento, proteína y exportación de nitrógeno (N) de un lote de cebada cervecera con el fin de identificar la relación espacial entre estas variables.

Materiales y métodos

Este trabajo fue realizado por un equipo de las EEA's Barrow y Manfredi en el marco de los proyectos nacionales Agricultura de Precisión y PRECOP II del INTA, en conjunto con técnicos de las empresas Vassalli Fabril e IGB.

La experiencia se llevó adelante en un lote franco arcillo arenoso de 25 ha, ubicado en el partido de Tres Arroyos, muy próximo a la localidad de Claromecó.



Cosecha de cebada con monitores de rendimiento en Tres Arroyos (Buenos Aires).

Director: Dr. Fernando O. García

INSTITUTO INTERNACIONAL DE NUTRICIÓN DE PLANTAS
PROGRAMA LATINOAMERICA - CONO SUR

Av. Santa Fe 910

(B1641ABO) Acassuso – Argentina

Tel/Fax (54) (011) 4798-9939

E-mail: fgarcia@ipni.net

Sitio Web: www.ipni.net/lasc

Propietario: International Plant Nutrition
Institute (IPNI)

ISSN 1666 - 7115

No. de Registro de Propiedad Intelectual: 687220

Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.

Diseño: www.agroeditorial.com.ar - amatthiess@amatthiess.com.ar

Impresión: Grancharoff Impresores



Contenido:

Mapeo de rendimiento, proteína y exportación de nitrógeno en un lote de cebada cervecera	1
Efecto ambiental y respuesta a la fertilización en cebada cervecera cv. Scarlet	5
Dosis Óptima Económica de Nitrógeno en Trigo según el Momento de Fertilización en el Sudeste Bonaerense	11
Removilización del nitrógeno en plantas de trigo como herramienta para el mejoramiento de la eficiencia de uso	16
Congresos	18
Publicaciones	19

Archivo Agronómico #13:

Mejores Prácticas de Manejo para la Nutrición del Cultivo de Colza-Canola: Una revisión

El lote es heterogéneo en topografía y profundidad de exploración de raíces, con un porcentaje de la superficie con costa de arroyo muy profunda y el resto con limitaciones de distinta severidad en el perfil del suelo.

El suelo del lote es predominantemente serie Tres Arroyos. Esta serie es un Paleudol petrocálcico con plancha de tosca a profundidad variable, no salino ni alcalino, bien drenado, no anegable, con escurrimiento rápido y ligeramente erosionado, con una capacidad de uso IIIes y un índice de productividad de 49 (Carta de Suelos de INTA 1:50.000).

El suelo tenía una disponibilidad de 16 kg/ha de $N-NO_3^-$ (0 a 40 cm) a la siembra y 10 mg/kg de P (0 a 20 cm; Bray-Kurtz), con un contenido de materia orgánica de 3.9%. La cebada variedad Scarlet se sembró en siembra directa (sembradora John Deere 750) el 27/6/08 a una densidad de 110 kg/ha, con una aplicación de 90 kg/ha de fosfato diamónico junto a la semilla. En macollaje temprano (5/8/08) se fertilizó con 180 kg/ha de urea al voleo con una distribución uniforme en todo el lote.

Desde la cosecha del cultivo anterior (trigo), hasta la recolección de la cebada, las lluvias totalizaron 776 mm (Tabla 1). En el ciclo del cultivo llovieron sólo 170 mm (49 mm en el período crítico) y 606 mm durante el barbecho.

La cosecha del lote de cebada se realizó el 5 y

6 de diciembre de 2008. Para ello se utilizó una máquina Don Roque 125 propiedad de la EEA Manfredi. Esta cosechadora está equipada con monitor de rendimiento marca Exactagro modelo 128A, de origen nacional, fabricado por IGB. Además posee un multianalizador de granos enteros Accu Harvest, fabricado por Zeltex Inc. en EEUU. Este dispositivo está instalado en la parte externa de la noria de la cosechadora, de donde toma una muestra de 300 g cada 15 segundos que es analizada por transmitancia difusa de la radiación infrarroja para determinar el contenido de proteína y humedad en el mismo momento que se está realizando la cosecha. Esta máquina también cuenta con GPS, lo que permite conocer el posicionamiento de cada valor generado por ambos instrumentos.

Previo a esta experiencia, el instrumento fue calibrado en EEA Anguil del INTA utilizando un conjunto de muestras con un amplio rango de proteína. El contenido proteico de estas muestras fue determinado previamente por el método Kjeldahl y corroborado con muestras patrón analizadas en el Laboratorio de la Cámara Arbitral de Cereales. Se utilizó una calibración de trigo pan con un ajuste para cebada.

Para el análisis de la información generada por el monitor de rendimiento y del medidor de proteína se utilizó el programa Case IH AFS Software.

Tabla 1. Precipitaciones durante el barbecho y ciclo de la cebada.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
mm	72	163	197	45	82	47	44	18	20	42	46	776

Resultados

Con los datos obtenidos con el medidor Accu Harvest se confeccionó el mapa de proteína. El valor de proteína varió entre 6 y 17 %, y el promedio fue de 10.2 %. Se identificaron 3 ambientes de aproximadamente la misma superficie de acuerdo al contenido proteico (Fig. 1).

Luego se analizó el comportamiento que tuvo el rendimiento. Para ello se elaboró el mapa de rendimiento con los datos generados por el monitor Exactagro. El rinde promedio del lote fue de 4900 kg/ha, variando de poco más de 0 a picos de casi 8.000 kg/ha. Con esa información se confeccionó el mapa de rendimiento y se dividió el lote en 3 ambientes (Fig. 2) de acuerdo a esta variable.

Al compararse visualmente el mapa de proteína con el de rendimiento, en primer lugar se puede observar una analogía entre ellos. Luego, es posible establecer claramente la relación espacial entre ambas

variables. Como se puede observar en el Tabla 2, y en coincidencia con la bibliografía, estos resultados confirman una asociación inversa entre proteína y rendimiento.

En el ambiente donde la proteína fue mayor (superior al 10.7 %) el rendimiento fue menor a 4300 kg/ha. El contenido de proteína medio (entre 9.8 y 10.7 %) se logró en el ambiente donde la cebada rindió entre 4300 y 5300 kg/ha. Por último, en el sitio donde la proteína fue más baja (menos de 9.8 %) el rendimiento fue mayor, con valores superiores a los 5300 kg/ha.

Posteriormente, a cada valor de proteína se lo multiplicó por el valor correspondiente de rendimiento, con lo que se obtuvo la proteína cosechada en cada punto. Como el contenido de N en la proteína se puede considerar constante (16 % para el caso de la cebada) es posible calcular el N exportado en cada punto. Con esa información, se elaboró el mapa de N exportado (Fig. 3) al cual también se lo dividió en 3 ambientes.

El N exportado con el grano varió desde valores muy bajos hasta extremos de 150 kg/ha con una media de 88 kg/ha. Como se puede observar en la Fig. 3, el N exportado fue mayor en el ambiente de alto rendimiento y baja proteína que en el sitio donde la proteína fue mayor pero la cebada rindió menos. Como es sabido, el rendimiento fue la variable de mayor peso sobre la cantidad de N exportado. Es decir, los sitios de mayor rinde (Fig. 2) y menor proteína

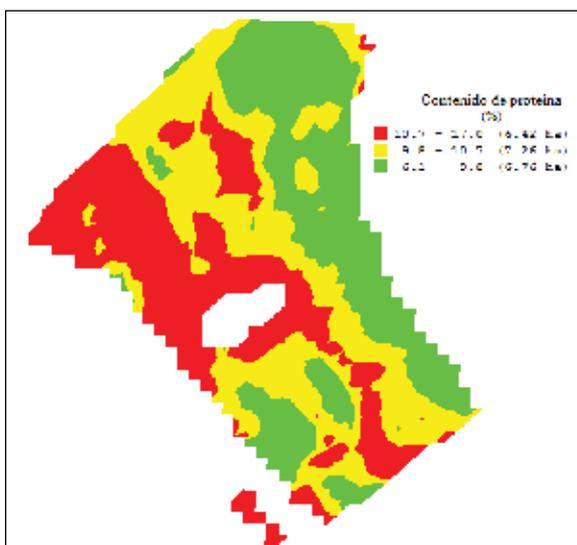


Figura 1. Mapa del contenido de proteína.

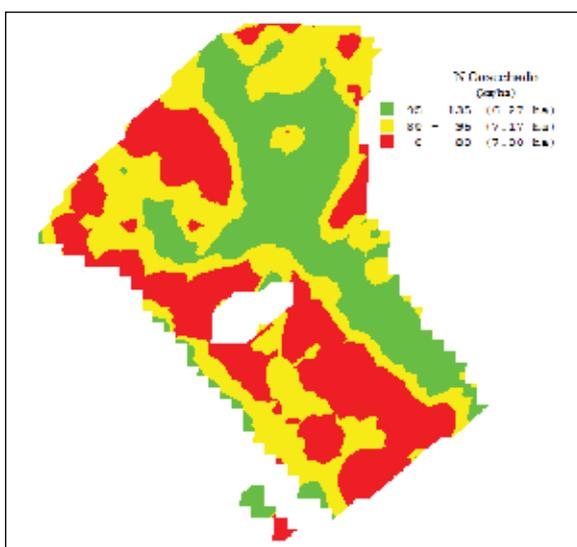


Figura 3. Mapa de nitrógeno (N) exportado.

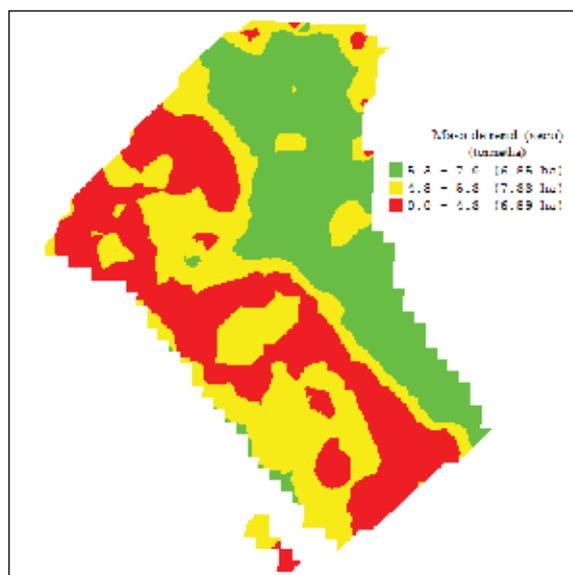


Figura 2. Mapa de rendimiento.

Tabla 2. Contenido de proteína y rendimiento por ambiente.

Proteína (%)	Rendimiento (kg/ha)
> a 10.7	< a 4.300
entre 9.8 a 10.7	entre 4.300 y 5.300
< a 9.8	> a 5.300

(Fig. 1) se relacionaron a un mayor N exportado (Fig. 3). En cambio, ocurrió lo contrario en las áreas de menor rendimiento donde el mayor % de proteína no determinó altos niveles de N exportados.

Conclusiones

En este trabajo nuevamente queda de manifiesto la gran variabilidad ambiental que puede existir dentro de un mismo lote, expresado no solo en el rendimiento de un cultivo (en este caso de cebada cervecera) si no también (y tal vez el aporte más valioso de esta experiencia) en su calidad, específicamente en el contenido de proteína para este caso.

Esta información generada permitiría en el futuro hacer un manejo por ambiente de este lote, por ejemplo, de fertilización variable de N. Así mismo, con la información generada durante varias campañas y en varios cultivos, se podrían implementar otras acciones de manejo como densidad de siembra.

Esta podría ser también una herramienta para cosechar por ambiente y segregar la producción, si la variabilidad del lote lo justificara. La segregación de la cosecha podría ser útil no solo para los productores agropecuarios sino también para otros actores de la cadena como los intermediarios y las malterías.

Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Agr. Néstor Juan de la EEA Anguil del INTA por la calibración del Accu Harvest; al Sr. Gastón Massigoge por permitir llevar adelante esta experiencia en su establecimiento y al Ing. Agr. Leonardo Elgart por la colaboración en el análisis de la información.

Bibliografía

Bragachini, M., A. Méndez, F. Scaramuzza, J. Vélez y D. Villarroel. 2008. Contenido de proteína en el grano de trigo en zonas de diferente potencial de rendimiento dentro del mismo lote. Resúmenes de trabajos presentados. 8° Curso Internacional de Agricultura de Precisión y 3° Expo de Máquinas Precisas. EEA Manfredi. Pág. 129-141.

Bragachini, M., A. Méndez, D. Villarroel, N. Juan, J. Otermín y H. Woycik. 2007. Agricultura de Precisión: hacia el manejo de la calidad de granos en el cultivo de trigo (Tandil, pcia. de Buenos Aires). Boletín de Divulgación Técnica N° 1: Trigo 2007. EEA Manfredi. Pág. 53-57. ■

SIMPOSIO FERTILIDAD 2009

MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO PARA UNA MAYOR EFICIENCIA EN LA NUTRICIÓN DE CULTIVOS

ACTAS DEL SIMPOSIO ORGANIZADO POR IPNI Y FERTILIZAR EN ROSARIO EL 12 Y 13 DE MAYO DE 2009

Para adquirirlo, comuníquese con la Sra. Laura Pisauri a Lpisauri@ipni.net o al (011) 4798-9939

EFECTO AMBIENTAL Y RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN EN CEBADA CERVECERA CV. SCARLET

Fernando Ross, José I. Massigoge y Martín Zamora
Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAA-INTA)
fross@correo.inta.gov.ar

Introducción

El cultivo de cebada es tradicionalmente un componente estratégico en la producción agropecuaria de los partidos del sudeste y sudoeste bonaerense. En los últimos años, este cultivo se ha desplazado hacia otras zonas, difusión que se favoreció porque permite anticipar la siembra de soja de segunda respecto a trigo. Sin embargo, ante condiciones ambientales limitantes, son las ventajas ecofisiológicas del cultivo de cebada las que le otorgan mayor productividad y fundamentalmente estabilidad respecto al cultivo de trigo (Zamora, 2001; Wehrhanhe, 2006).

Los nuevos cultivares de cebada poseen un mayor potencial de rendimiento asociado a una mayor fijación de granos por unidad de superficie. Esto tiene especial relevancia en las zonas subhúmedas, debido a que el llenado de granos está afectado de manera recurrente por condiciones de estrés. Esta limitación podría deteriorar la calidad del grano para ser malteado, perdiendo éste valor comercial.

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto del ambiente, la fertilización nitrogenada y su interacción sobre el rendimiento en grano, la calidad y las distintas variables ecofisiológicas del cultivo en el centro sur de la provincia de Buenos Aires.

Materiales y Métodos

Se evaluaron los efectos de la fertilización sobre el cultivo de cebada en dos niveles de agregación o escalas. En el primer nivel, se abarcó el amplio gradiente de precipitaciones y suelos del área de influencia de la CHEI Barrow, escogiéndose un lote para cada una de las siguientes localidades: Coronel Dorrego, Aparicio, Claromecó y San Francisco de Belloq. En el segundo nivel de agregación, se repitió el mismo ensayo en dos ambientes contrastantes dentro de lotes ubicados en una misma localidad para determinar el efecto de las propiedades edáficas bajo condiciones meteorológicas semejantes.

El ensayo experimental, en cada ambiente de las cuatro localidades, fue un diseño en bloques aleatorizado con 4 repeticiones. Cada ensayo incluyó 10 tratamientos asignados a parcelas de 2 x 5 m; los tratamientos consistieron de dosis crecientes de nitrógeno (N) y azufre (S) a la siembra y una fertilización foliar con N en espigazón (Tabla 1). Las fuentes de N fueron UAN para la primera aplicación de N y urea líquida de bajo contenido de biuret al 20% (Foliarsol U, PASA Fertilizantes de Petrobras) para las

aplicaciones foliares, mientras que la fuente azufrada fue tiosulfato de amonio (12% N y 26% S). Todas estas fuentes fueron aplicadas en forma líquida con mochila.

Se evaluaron las siguientes variables:

1-VARIABLES AMBIENTALES

- Profundidad de tosca.
- Determinaciones analíticas del suelo (MO, Nitratos).
- Precipitaciones y humedad del suelo.

2-VARIABLES DE CULTIVO

- Fenología.
- Evolución de la cobertura verde.
- Rendimiento y sus componentes (número y peso del grano), índice de cosecha.
- Proteína, calibre y proporción de granos bajo zaranda de 2,5 mm (cuarta categoría).

Se tomaron dos muestras de suelo por ensayo para los análisis de suelo antes de la fertilización. Se cosecharon los dos surcos centrales a lo largo de la parcela. El índice de cosecha se calculó con la muestra total ya que la cosecha fue al ras del suelo. La cantidad de espigas se determinó con una submuestra de 60 tallos.

Para el análisis estadístico se empleó el programa SAS, evaluando los contrastes entre sitios experimentales, dosis de N a la siembra, dosis de S a la siembra y dosis de Nf en espigazón. Para el caso de ambiente, si bien la propuesta fue separar por escalas o niveles de agregación, en el análisis estadístico se contrastaron todos los ambientes entre sí.

Tabla 1. Dosis de nitrógeno y azufre aplicados a la siembra y en espigazón para cada tratamiento.

Tratamiento	Siembra (kg/ha)		Espigazón (kg/ha)
	Nitrógeno	Azufre	Nitrógeno
1	0	0	0
2	50	0	0
3	100	0	0
4	150	0	0
5	50	15	0
6	100	15	0
7	150	15	0
8	50	0	20
9	100	0	20
10	150	0	20

Características de los sitios experimentales

Los ensayos se realizaron en su totalidad en campo de productores durante la campaña 2008/09. En la Tabla 2 se detallan las ubicaciones y las características de manejo en cada una de las localidades experimentales. Se eligieron situaciones de manejo (antecesor, fertilización a la siembra, etc.) representativas, priorizando al cultivo de trigo como antecesor para las zonas de menor potencial ya que permite recomponer la humedad del perfil del suelo. Las fechas de siembra fueron semejantes, salvo en Aparicio, donde se sembró en el mes de mayo.

En la Tabla 3 se presentan las características de cada localidad y ambiente donde se realizaron los ensayos. Para las localidades de Dorrego, Aparicio y Claromecó, la elección de los dos ambientes contrastantes se realizó de acuerdo a la profundidad de tosca. En cambio, en Bellocq se escogió el contraste entre loma y bajo ya que en todos los ambientes la tosca se encontró a más de un metro de profundidad.

Resultados

Rendimiento

Las precipitaciones anuales fueron marcadamente diferentes entre las distintas localidades (Tabla 4). Estas diferencias se pusieron de manifiesto entre el mes de

enero y la siembra del cultivo de cebada (barbecho). Sin embargo, desde la siembra del cultivo y hasta la cosecha no hubo mayores diferencias entre localidades, siendo el total acumulado en este período muy inferior al promedio histórico (Tabla 10, Anexo).

Si bien las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron semejantes entre las localidades, los rendimientos mostraron grandes diferencias. La localidad de Dorrego, con el menor rendimiento promedio, recibió la misma cantidad de precipitaciones durante el ciclo del cultivo que la localidad con el mayor rendimiento (Tablas 4 y 5). Gran parte de este resultado estaría determinado por la cantidad de agua acumulada en el barbecho (Tabla 3), producto de diferencias en las precipitaciones y en la capacidad de almacenaje de los suelos (Tabla 4).

Además, se puede observar otro factor que afectó marcadamente al rendimiento, en este caso en Dorrego y Aparicio. A pesar de que no hubo grandes diferencias de precipitaciones entre localidades, en Aparicio se logró un mayor rendimiento, el cual se asociaría a la fecha de siembra notoriamente temprana en esta localidad (Tabla 2). Por otro lado, pese a las diferencias de precipitaciones durante el barbecho, el rendimiento en la localidad de Aparicio fue semejante al de la localidad de Claromecó (Tabla 4 y 5). Estos contrastes nos indican que la situación hídrica desfavorable en la localidad de Aparicio se compensó parcialmente por

Tabla 2. Características del manejo del cultivo de cebada en las localidades experimentales.

Localidad	Establecimiento	Cultivo Antecesor	Fecha de siembra	FDA a la siembra (kg/ha)	Aplicación de fertilizantes
Dorrego	La Reforma	trigo	26-Jun	60	30-Jun
Aparicio	El Surco	trigo	19-May	70	26-Jun
Claromecó	El Rincón	trigo	26-Jun	80	27-Jun
Bellocq	Dos Mechas	girasol	25-Jun	80	01-Jul

Tabla 3. Características del suelo en cada ambiente de experimentación. La humedad a la siembra se calculó según la profundidad de tosca indicada.

Localidad	Ambiente	Ubicación en el relieve	Profundidad de la tosca (m)	N-Nitratos	Humedad a la siembra		
				(0-60 cm) kg/ha	Total (mm)	AU1 (mm)	AU %
Dorrego	Somero	plano	45 (+/-15)	102	124	50	67
	Profundo	plano	68 (+/-36)	86	157	43	37
Aparicio	Somero	plano	48 (+/-22)	121	149	70	87
	Profundo	plano	78 (+/- 36)	107	194	62	47
Claromecó	Somero	loma	56.5 (+/-18)	70	195	102	108
	Profundo	bajo	> 1	87	337	167	97
Bellocq	Loma	loma	>1.2	88	308	161	83
	Bajo	bajo	>1.2	85	323	178	92

¹ Agua útil a la profundidad de la tosca.

Tabla 4. Precipitaciones anuales, enero a la siembra y siembra a madurez del cultivo para cada localidad.

Precipitaciones (mm)	Dorrego	Aparicio	Claromecó	Bellocq
Total del año	404	471	777	799
Enero-Siembra	235	275	606	636
Siembra-Madurez	148	180	170	146

la fecha de siembra temprana.

La profundidad del suelo afectó el rendimiento en forma diferente entre localidades. La misma se observa comparando los promedios por ambiente dentro de cada localidad (Tabla 6). Así, donde las precipitaciones en el barbecho fueron escasas (Dorrego y Aparicio, Tabla 4), el ambiente con mayor profundidad de suelo rindió menos que el ambiente somero (Tabla 6). Sin embargo, cuando las precipitaciones en el barbecho fueron suficientes para que el suelo logre valores cercanos a capacidad de campo (Claromecó, Tabla 4), el mayor rendimiento se obtuvo en el suelo profundo (Tabla 6). Este comportamiento, en las localidades de Dorrego y Aparicio, es lógico y esperable en aquellos casos en que en ningún momento del barbecho o ciclo del cultivo el suelo logre recomponer altos niveles de su capacidad de almacenaje. Es decir, si bien en los ambientes profundos de Dorrego y Aparicio el agua total a la siembra fue mayor que en los someros, el agua útil resultó levemente inferior a la del suelo somero (Tabla 3). Además, el agua en el suelo profundo quedó retenida con mayor presión (ver % de AU, Tabla 3), reflejándose en una menor disponibilidad hídrica para el cultivo. Además, esta menor disponibilidad posiblemente condicionó la exploración del suelo y la captura de otros recursos. No así en los ambientes someros, donde la humedad quedó concentrada en un menor volumen de suelo, con lo cual el contenido hídrico alcanzó valores cercanos a la capacidad de almacenaje, estando más disponible para el cultivo (ver % de AU, Tabla 3).

Dentro de cada localidad, salvo excepciones, el ambiente con mayor rendimiento tuvo mejor índice

Tabla 5. Rendimiento promedio (kg/ha) en función de la localidad.

Localidad	Rendimiento (kg/ha)
Bellocq	6399
Claromecó	5653
Aparicio	5408
Dorrego	2822

Tabla 6. Rendimiento (kg/ha), peso seco aéreo (kg/ha), índice de cosecha (IC), número de granos m⁻² (granos/m²), peso del grano (PG), espigas/m², granos por espiga y cobertura verde (Cob.) al inicio de llenado de granos para cada localidad y ambiente. S= somero, P= profundo, L= loma, B= bajo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Localidad	Am- biente	Rendimiento (kg/ha)	Peso Seco (kg/ha)	IC	granos/m ²	PG (mg)	Esp/m ²	Gr/esp	Cob.								
Bellocq	B	6717	a	1270	a	52.9	b	19221	a	39.9	c	835	b	23.1	a	82.9	a
	L	6080	b	1304	a	46.6	e	19187	a	36.2	de	913	a	21.1	b	82.1	a
Claromecó	P	6517	ab	1191	b	54.9	a	16352	b	40.6	bc	794	c	20.8	b	83.5	a
	S	4788	c	968	d	49.7	d	13671	c	35.2	e	711	c	19.3	c	73.9	c
Aparicio	P	4536	c	1089	c	34.0	g	14010	c	41.7	b	751	c	18.7	c	65.5	d
	S	6280	b	1285	a	38.1	f	17088	b	48.9	a	903	a	19.1	c	76.6	b
Dorrego	P	2514	e	494	f	51.0	c	7102	d	35.5	e	583	d	12.2	e	43.8	f
	S	3129	d	590	e	52.8	b	8620	e	36.4	d	606	d	14.3	d	48.8	e

cantidad de granos por espiga y mayor cobertura al inicio del llenado de granos (Tabla 6).

La fertilización con N aplicado a la siembra incrementó el rendimiento según $p=0.06$ (Tabla 7). Sin embargo, la respuesta por unidad de nutriente aplicado tuvo valores inferiores a lo normal. Entre otros factores, este comportamiento se debería a los altos niveles de N a siembra (Tabla 3). No obstante, el N produjo incrementos importantes en las variables peso seco aéreo total, número de granos por unidad de superficie, número de espigas por unidad de superficie y cobertura verde al inicio del llenado de granos (Tabla 7). Esto nos indica que la fertilización con N le otorgó al cultivo mayor potencial de rendimiento. No obstante, este no pudo expresarse producto de condiciones ambientales de alta temperatura y déficit hídrico durante el llenado de granos (+ 4°C en noviembre respecto al promedio histórico, ver Tabla 10 en el Anexo). Así, un mayor número de granos por incrementos en la dosis de N fue contrarrestado por una reducción en el peso por grano (Tabla 7).

En promedio y producto de las condiciones limitantes durante el llenado, la fertilización con N a la siembra disminuyó el IC (Tabla 7). A diferencia de lo que ocurrió entre ambientes, la aplicación de N modificó el número de espigas sin provocar cambios en la cantidad de granos por espiga (Tabla 7).

La aplicación de S y N foliar (Nf) en valor promedio no modificaron el rendimiento. No obstante, la aplicación de Nf presentó una interacción por ambiente; el rendimiento sólo aumentó en forma significativa con la aplicación de Nf en Dorrego Somero (+370 kg/ha con 20 kg/ha Nf, $p=0,008$).

El rendimiento se relacionó principalmente con el número de granos/m² ($r^2=0.93$; Fig. 1), con el peso seco total a cosecha ($r^2=0.90$) y con la cobertura verde al inicio del llenado de granos ($r^2=0.76$). A excepción de Bellocq, los ambientes con mayor potencial dentro de cada lote no solo lograron un mayor número de granos/m² sino que su peso individual también fue mayor (Tabla 6). Esto nos muestra que en los ambientes

con mayor potencial, el cultivo fijó más granos y tuvo mejores condiciones de crecimiento durante el llenado por cada unidad de grano fijado. Sin embargo, el peso por grano no tuvo asociación con el rendimiento ($y = 16.278x - 130.33$; $r^2=0.23$).

En la localidad de Dorrego, tanto la cantidad de espigas/m² como la cantidad de granos por espiga fueron significativamente menores que en el resto de las localidades (Fig. 2, Tabla 6). Teniendo en cuenta que las limitaciones comenzaron en las etapas iniciales y continuaron hasta el fin del ciclo, si comparamos el peso de granos respecto de las demás localidades, observamos que este no cayó en la misma medida que el número de granos (Tabla 6).

Para el resto de los sitios, el número de espigas/m² fue el principal determinante del número de granos por m² (Fig. 2, Tabla 6). Si bien dentro de cada localidad los ambientes con mayor número de granos tuvieron mayor número de granos por espiga (Tabla 6), en promedio esta variable afectó en menor medida al número de granos (Fig. 2). Desde un punto de vista práctico, podemos decir que valores de 800 a 900 espigas por metro cuadrado se asociaron a los mayores potenciales de rendimiento (Fig. 2, Tabla 6 y 7). Cabe aclarar que el número de espigas alcanzado en cada ambiente fue producto de sus condiciones ambientales y de la fertilización.

Calidad

Los parámetros que determinan la calidad comercial del grano de cebada tuvieron diferencias altamente significativas entre los distintos sitios experimentales (Tabla 8). A excepción de la localidad de Dorrego, el resto de las localidades alcanzaron los parámetros de calidad requeridos por la industria, aunque con diferentes castigos (Tabla 8).

Asociado a la productividad dentro de cada localidad, los ambientes con mayor rendimiento tuvieron menor proteína, mayor calibre y menor proporción de granos de cuarta categoría (Tabla 6 y 8). De acuerdo con esto, siguiendo una tendencia semejante en las cuatro localidades, la proteína se relacionó inversamente con el calibre (Fig. 3). Además, en las localidades

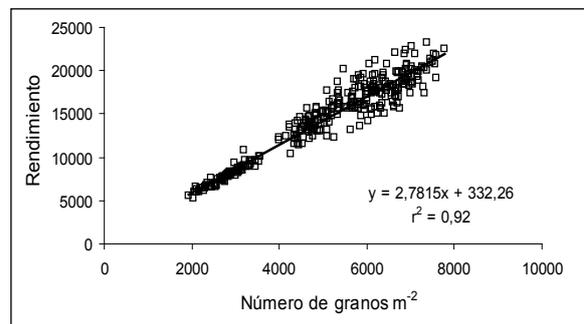


Figura 1. Rendimiento en función del número de granos/m².

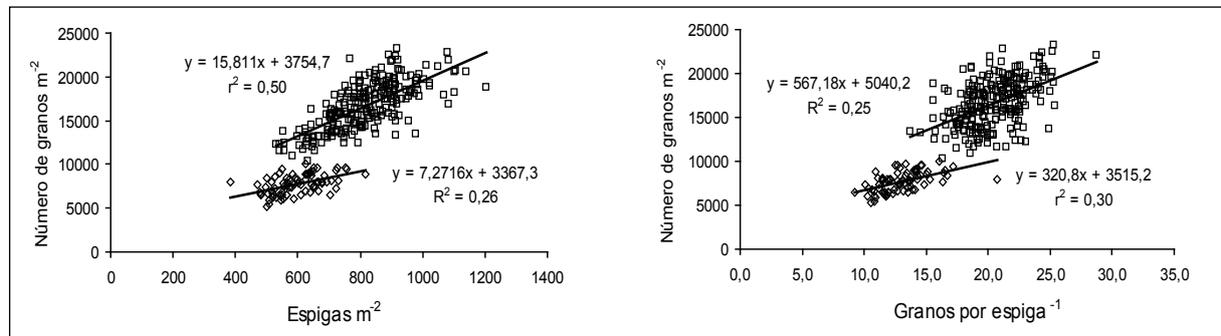


Figura 2. Número de granos/m² en función del número de espigas/m² y de los granos por espiga, para la localidad de Dorrego (rombos) y para el resto de las localidades (cuadrados).

Tabla 7. Rendimiento (kg/ha), peso seco aéreo (kg/ha), índice de cosecha (IC), número de granos/m² (Gr/m²), peso del grano (PG), espigas/m², granos por espiga y cobertura verde (Cob.) al inicio de llenado de granos en función del nivel de fertilización con nitrógeno (N) y azufre (S) en macollaje y nitrógeno foliar (Nf) en espigazón. Letras diferentes indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Factor	Dosis	Rendimiento (kg/ha)	Peso Seco (kg/ha)	IC	Gr/m ²	PG (mg)	Esp/m ²	Gr/esp	Cob.								
Nitrógeno	0	4888	b	959	c	48.8	a	13689	b	40.4	a	720	c	18.6	a	64.1	d
	50	5065	ab	1016	b	47.8	b	14123	b	39.8	a	753	b	18.4	a	68.6	c
	100	5152	a	1049	a	47.1	c	14747	a	38.9	b	784	a	18.5	a	72.1	b
	150	5176	a	1071	a	46.4	d	15067	a	38.2	c	791	a	18.7	a	73.8	a
Azufre	0	5040	a	1018	a	47.7	a	14269	a	39.3	a	754	a	18.6	a	69.3	a
	15	5100	a	1030	a	47.3	a	14544	a	39.3	a	770	a	18.6	a	70.0	a
Nitrógeno foliar	0	5018	a	1014	a	47.6	a	14208	a	39.4	a	746	b	18.7	a	70.0	a
	20	5122	a	1034	a	47.4	a	14605	a	39.2	a	778	a	18.4	a	69.3	a

con fecha de siembra semejante, se encontró que el calibre estuvo altamente asociado al peso por grano (Fig. 4). Pequeñas variaciones en el peso por grano determinaron grandes variaciones en el calibre (Fig. 4). Sin embargo, en Aparicio, con fecha de siembra muy temprana, el peso por grano tuvo que alcanzar valores muy superiores para entrar en un mismo rango de calibre (Fig. 4). Esta diferencia podría estar relacionada a variaciones en la morfología del grano. Además, en esta localidad, si bien los valores de calibre fueron de recibo, la proporción de granos de cuarta categoría en el ambiente profundo fue muy alta (Tabla 8), con lo cual el grano recibiría un fuerte castigo comercial. Esta alta proporción de granos de cuarta categoría (Tabla 8) se relaciona con un daño parcial por heladas en floración y explica en parte la diferencia de rendimiento con el ambiente somero.

La fertilización nitrogenada a la siembra afectó los tres parámetros de calidad (Tabla 9). Mayores dosis de N aumentaron el rendimiento (Tabla 6) y la proporción de proteína, reduciendo el calibre del grano (Tabla 9). Efec-

tos semejantes sobre la calidad tuvieron la aplicación de S a la siembra y el N en espigazón (Tabla 9).

Al igual que con S y N foliar, la respuesta en proteína según dosis crecientes de N a la siembra fue diferente entre ambientes. Dicha interacción se puede observar en el contraste entre la ausencia de respuesta en Bellocq bajo y la gran amplitud de respuesta en Claromecó somero (Fig. 5). Entre otros factores, esto se explica mediante el rendimiento alcanzado para cada ambiente y/o por variaciones en la respuesta en rendimiento a la aplicación de N entre ambientes, factores que actuaron diluyendo o concentrando la proteína en forma diferencial según lo ocurrido en cada ambiente. Es decir, los ambientes con menor rendimiento promedio (Tabla 6) o con menor respuesta en rendimiento a la aplicación de N, tendieron a incrementar el nivel de proteína a medida que se incrementó la dosis de N a la siembra (Fig. 5). En cambio, al comparar los tratamientos mediante la proteína cosechada (PC= % proteína por rendimiento) se observa una reducción en la magnitud de las interacciones (dato no mostrado).

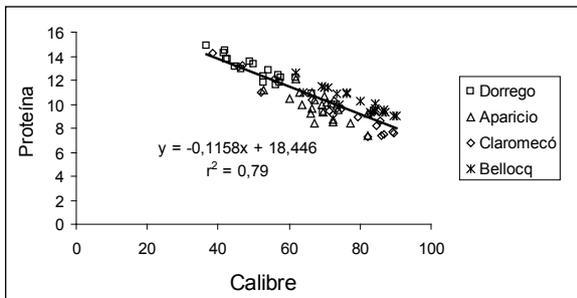


Figura 3. Proteína en grano (%) en función del porcentaje del calibre para las 4 localidades.

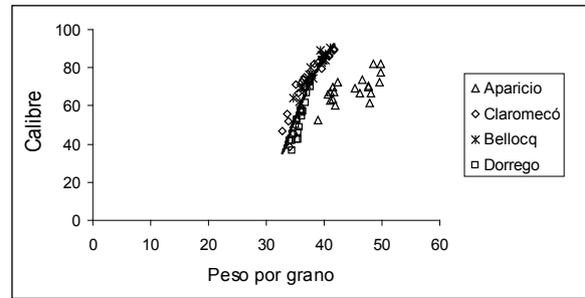


Figura 4. Calibre (%) en función del peso por grano (mg) para las 4 localidades.

Tabla 8. Proteína, calibre y cuarta categoría en función de cada localidad y ambiente. S= somero, P= profundo, L= loma y B= bajo.

Localidad	Ambiente	Proteína (%)		Calibre (%)		Cuarta categoría (%)	
Bellocq	B	9.4	d	86.8	a	0.78	cd
	L	11.4	b	70.1	b	2.95	b
Claromecó	P	8.5	e	84.7	a	1.13	c
	S	10.6	c	61.9	c	2.08	b
Aparicio	P	10.3	c	62.1	c	11.1	a
	S	9.5	d	74.2	b	0.68	d
Dorrego	P	12.5	a	51.9	e	2.28	b
	S	12.4	a	56.5	d	0.96	c

Tabla 9. Proteína, calibre y cuarta categoría en función del nivel de fertilización con nitrógeno (N) y azufre (S) en macollaje y nitrógeno foliar (Nf) en espigazón.

Factor		Proteína (%)		Calibre (%)		Cuarta Categoría (%)	
Nitrógeno	0 N	9.3	a	75.7	a	2.83	ab
	50 N	10.2	b	71.8	a	2.41	b
	100N	10.9	c	66.6	b	2.57	ab
	150N	11.9	d	59.9	c	3.16	a
Azufre	0 S	10.2	a	69.7	a	2.49	a
	15 S	10.9	b	67.4	b	3	b
Nitrógeno foliar	0 Nf	10.3	a	69.7	a	2.5	a
	20 Nf	10.8	b	67.4	b	2.98	b

Los efectos del N a la siembra sobre el calibre también fueron diferentes entre ambientes (Fig. 6). Aquí, los ambientes con menores problemas en el llenado (mayor potencial ambiente) presentaron pequeñas reducciones en calibre a medida que se incrementó la dosis de N (Fig. 6). En cambio, cuando el llenado tuvo limitaciones mayores (menor potencial ambiente) el calibre presentó una reducción marcada a medida que se incrementó la dosis de N (Fig. 6).

Consideraciones finales

Este trabajo permitió observar el comportamiento del cultivo de cebada a través de un amplio rango de sitios, poniendo de manifiesto los efectos del ambiente y el manejo en la determinación del rendimiento, sus componentes, la calidad y sus interacciones. Las condiciones de crecimiento hasta fines del período crítico fueron diversas y determinaron diferencias en la cantidad de granos fijados por unidad de superficie, variable que fue incrementada en cada sitio mediante la fertilización. Sin embargo, condiciones de alta temperatura y evapotranspiración durante el llenado limitaron la expresión en el rendimiento minimizando la respuesta a la fertilización. No obstante, los efectos de la interacción entre la fertilización y el ambiente se manifestaron en su plenitud sobre la calidad del grano. Refiriéndonos a las condiciones en las que se realizaron los ensayos podemos decir que:

- El ambiente afectó el rendimiento del cultivo de cebada principalmente a través de cambios en el número de granos por unidad de superficie.
- La aplicación de N incrementó el número de granos/m², espigas/m² y la cobertura verde post-floración, variables que se asociaron al número de granos/m² logrados.
- La respuesta a la fertilización nitrogenada estuvo condicionada por el alto nivel inicial de N en el suelo y por las condiciones ambientales limitantes de fin de ciclo.
- Dentro de cada localidad, los ambientes de mayor rendimiento se asociaron con mayor calibre, menor proteína y menor proporción de granos de cuarta categoría.
- Dentro de cada localidad, la fertilización con N aumentó el rendimiento, redujo el calibre e incrementó la proteína.

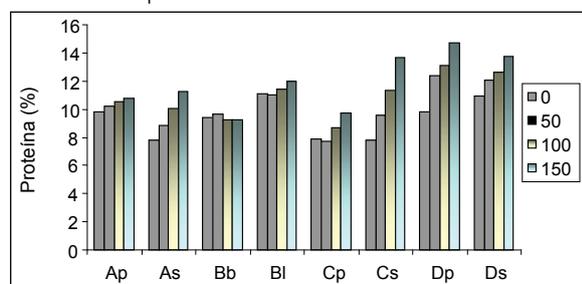


Figura 5. Proteína en grano en función de la localidad (A = Aparicio, B = San Francisco de Bellocq, C = Claromecó y D = Coronel Dorrego) y su ambiente (s = somero, p = profundo, l = loma, b = bajo) y la dosis de nitrógeno a la siembra en kg N/ha.

- A medida que el rendimiento alcanzado disminuyó por mayores limitaciones ambientales, los efectos negativos de la fertilización sobre la calidad fueron mayores.

Agradecimientos

Agradecemos a los productores Gastón Massigoge, Gregorio Ibarguren y Humberto Re por su predisposición y cooperación, a las empresas PASA S.A. y ASP S.A. por su colaboración, a los ayudantes de campo Adrián Regalía y Carlos Gutiérrez y a Pablo Abbate por sus comentarios.

Bibliografía

Wehrhanhe, L. 2006. Evaluación comparativa de cebada, avena y trigo. Página Web CHEI Barrow <http://www.inta.gov.ar/barrow/>.

Zamora, M. 2001. Comportamiento de Trigo y Cebada Cervecera ante condiciones de estrés hídrico. Página Web CHEI Barrow. <http://www.inta.gov.ar/barrow/>. ■

Anexo

Tabla 10. Precipitaciones, temperatura media y número de días con heladas para la localidad de Barrow durante el año 2008. Los valores normales representan el promedio de los últimos 70 años en la misma localidad.

	Lluvia		Temperatura media		Días con helada	
	2008	Normal	2008	Normal	2008	Normal
Enero	48.4	70.1	23.6	22.8	0	0.0
Febrero	57.8	71.7	21.8	21.7	0	0.0
Marzo	178.6	82.6	17.9	19.0	0	0.1
Abril	21.6	68.6	14.2	14.6	3	1.3
Mayo	20.3	54.4	11.1	11.1	3	4.4
Junio	27.5	42.3	7.6	8.1	9	8.6
Julio	30.3	40.5	8.7	7.5	6	10.0
Agosto	22.0	40.1	8.1	8.9	10	9.1
Setiembre	38.3	55.2	10.8	11.4	5	5.9
Octubre	22.4	72.5	14.9	14.5	3	2.2
Noviembre	20.5	78.0	21.6	17.8	0	0.7
Diciembre	51.9	79.5	22.4	20.9	0	0.1

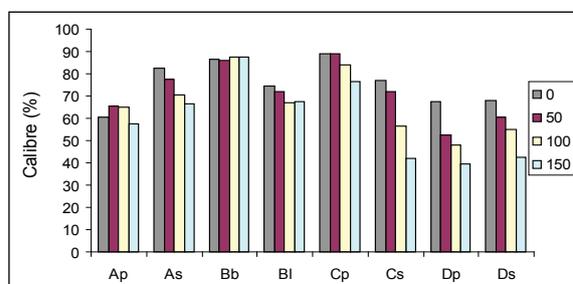


Figura 6. Calibre en función de la localidad (A = Aparicio, B = San Francisco de Bellocq, C = Claromecó y D = Coronel Dorrego) y su ambiente (s = somero, p = profundo, l = loma, b = bajo) y la dosis de nitrógeno a la siembra en kg N/ha.

MEJORES PRÁCTICAS DE MANEJO PARA LA NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE COLZA-CANOLA: UNA REVISIÓN

Juan Pablo Burzaco¹, Ignacio A. Ciampitti² y Fernando O. García²

¹Facultad de Agronomía, UBA, Buenos Aires, Argentina. ²IPNI Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

burzaco@agro.uba.ar, fgarcia@ipni.net

Introducción

Los incrementos sostenidos en los requerimientos de biocombustibles han llevado a un aumento en la demanda de aceites vegetales, mayoritariamente de soja, colza y palma aceitera, y se espera un incremento en la producción mundial del cultivo de colza para suplir la demanda creciente del mundo. Para la campaña 2007/08, la producción mundial de colza fue de 48.6 millones de toneladas, ocupando el segundo lugar en la producción de oleaginosas, después del cultivo de soja, el cual presentó una producción mundial de 222.5 millones de toneladas (FAO, 2009). En Argentina, en el año 2007, se cosecharon un total de 13766 ha de colza con una producción de 21240 tn en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y La Pampa (SAGPYA, 2009). Analizando el decenio 1998-2007, la superficie cosechada se ha incrementado un 625% (de 2200 ha a 13766 ha), aunque esta tendencia no fue sostenida año a año, sino que se registraron disminuciones de la superficie total cosechada con respecto al año anterior en los años 2001 y 2005 (SAGPYA, 2009). Por su parte, en Chile este cultivo reviste gran importancia en la producción agrícola y en su economía, destinándose 17250 ha para el cultivo de colza y obteniéndose una producción total de 66000 toneladas de grano (Casanueva, 2008). Dado que el cultivo de colza requiere elevadas cantidades de nitrógeno (N), azufre (S) y fósforo (P), siendo necesario a su vez, que exista un balance en los niveles de nutrientes aportados (Casala, 2008), la nutrición integra uno de los aspectos fundamentales para la producción exitosa de este cultivo.

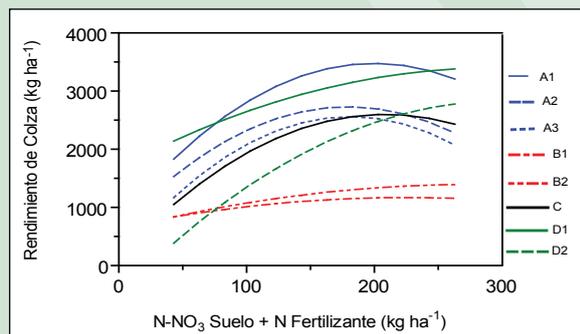


Figura 1. Rendimiento del cultivo de colza, expresado en kg ha^{-1} , en función del N de NO_3^- del suelo medidos hasta los 30 cm de profundidad (excepto para D1 y D2, con datos de N para una profundidad de hasta 15 cm) sumado al N aportado por el fertilizante. Cada letra o color representa la curva obtenida a partir de datos de un mismo trabajo A: Karamanos et al., 2005; B: Ozer, 2003; C: Jackson, 2000; D: Bullock y Sawyer, 1991.

En este artículo se realiza una revisión de la nutrición del cultivo de colza-canola para lograr una maximización de la eficiencia de uso de los nutrientes. En las próximas secciones se discutirán brevemente las mejores prácticas de manejo (MPM) en el uso de los nutrientes. Las MPMs en el uso de fertilizantes se basan en la aplicación de una dosis correcta con la fuente, momento y forma apropiados (Bruuselma et al., 2008).

Mejores Prácticas de Manejo de los Principales Nutrientes

1. Nitrógeno

1.1. Requerimientos de N y Dosis Correcta

El rendimiento y absorción de nutrientes de colza están altamente relacionados con la fertilidad nitrogenada (Jackson, 2000), como puede ser observado en la Figura 1 para distintos cultivares y situaciones detallados en la Tabla 1. A su vez, este cultivo posee una demanda elevada de N y un mayor umbral de requerimientos que los cereales (Colenne et al., 1998). Sin embargo, un aporte excesivo de N puede ocasionar un crecimiento vegetativo en exceso, haciéndolo más propenso al vuelco, alargamiento del ciclo, mayor susceptibilidad a enfermedades como *Phoma sp.* (Iriarte, 2002) y una disminución en el porcentaje de aceite (Agosti y Miralles, 2007; Agosti et al. 2008), además de los efectos nocivos que podrían ocasionar aplicaciones en exceso sobre el medio ambiente. Por tales motivos, escoger la dosis correcta y el momento de aplicación son aspectos de vital importancia

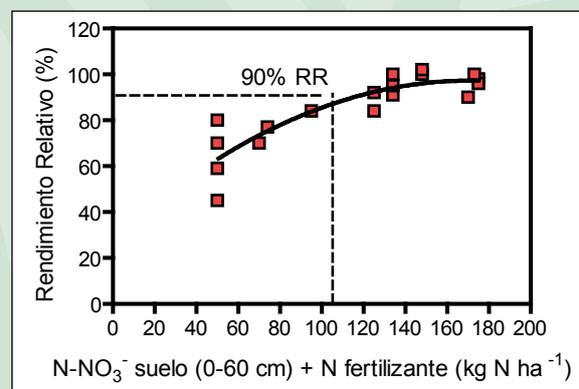


Figura 2. Rendimiento relativo del cultivo de colza en función del nivel de N disponible en suelo, en forma de N-NO_3^- de 0-60 cm del perfil, sumado al N aportado por el fertilizante. AACREA Zona Mar y Sierras. Adaptado de Gonzalez Montaner y Di Napoli (2009).

para lograr un cultivo de colza exitoso (Holmes, 1980). En cuanto a los requerimientos de N por parte del cultivo, se encuentran distintos valores en base a estimaciones realizadas a partir de la bibliografía que van desde 48 kg de N tn⁻¹ grano (Rubio et al., 2007) hasta 70 kg de N tn⁻¹ grano (Valetti, 1996). No obstante, los valores más frecuentes de requerimientos de N se hallan entre ca. 54 y 60 kg de N tn⁻¹ de grano (Rubio, 1996; Colenne, 2002; Karamanos et al., 2005; Ciampitti y García, 2007; Rubio et al. 2007; Scheiner, 2008).

En la Tabla 1 se presenta la bondad de ajuste en cada uno de los trabajos revisados de la bibliografía evaluada en la Fig. 1, así como las características de sitio, profundidad de muestreo, materia orgánica (MO), textura, pH, contenidos de N de nitratos (N-NO₃⁻) y S de sulfatos (S-SO₄²⁻) disponibles en el momento de siembra. Como se puede observar en la Figura 1, la variación del potencial de rendimiento del cultivo de colza no responde a ningún patrón específico de características de suelo. Sin embargo, las curvas B1 y B2 se corresponden con el menor rendimiento real alcanzado del cultivo de colza en estos ensayos (Fig. 1), y con los niveles de MO más bajos encontrados en los trabajos revisados (Tabla 1). Estos menores niveles de MO nos permiten hipotetizar una separación de ambientes, respondiendo a ambientes de menor productividad y consecuentemente, presentando menores rendimientos potenciales del cultivo. En este trabajo, Ozer (2003) sugiere además que los bajos rendimientos estuvieron determinados por la corta estación de crecimiento y la elevada altitud (1950 m.s.n.m.) a la que se sembraron los ensayos.

Información local obtenida a partir de los ensayos realizados por el grupo CREA en la zona de Mar y Sierras (sudeste de la provincia de Buenos Aires) permitieron observar que los modelos de fertilización nitrogenada para trigo muestran una respuesta similar al cultivo de colza, pero con rendimientos de este último cultivo de 40% respecto del rendimiento de trigo. Así, en la rotación trigo-colza, si en un ambiente se espera obtener un rendimiento promedio de 5.5 tn ha⁻¹ de trigo, el modelo de fertilización nitrogenada a utilizar para la colza sería de 150-x (donde x representa el N mineral disponible en el suelo de 0-60 cm de profundidad), obteniéndose rendimientos de 2.2 tn ha⁻¹ de colza (González Montaner, 2009).

En la Figura 2 se puede observar el rendimiento relativo (RR) del cultivo de colza en función de la disponibilidad de N al momento de la siembra (0-60 cm del perfil de suelo), sumado al N aportado mediante fertilizantes nitrogenados. Para este ensayo en particular, se puede observar que el 90% de RR se logra con una disponibilidad de N del suelo + N del fertilizante de entre 100-120 kg N ha⁻¹ (Fig. 2). Este rango umbral puede variar con el cultivar o variedad de colza utilizada y el rendimiento potencial del cultivo que dependerá de las condiciones climáticas, de manejo y la fertilidad natural de la región.

1.2. Momento Correcto

El máximo requerimiento de N en colza se produce cuando se alcanza el 50% de floración, por lo cual se recomienda aplicar este nutriente en estados vegetativos

Tabla 1. Bondad de ajuste encontrado en cada trabajo (r²), fuente, profundidad de muestreo y características del suelo al momento de la siembra del cultivo de colza.

Curva	Cultivar	R ²	Profundidad (cm)	MO (%)	Textura	pH	N-NO ₃ (kg/ha)	S-SO ₄ (kg/ha)	Fuente
A1	InVigor 2273	0.97	0-15 15-30	3.6	Franco	6.2 (1)	23	15	Karamanos et al, 2005
A2	InVigor 2153	0.79				6.7 (1)	20	13	
A3	Innovator	0.74							
B1	Tower & Lirawell	0.97	0-30	1.6	Franco	s/d	32.5	s/d	Ozer, 2003
B2	Tower & Lirawell	0.95							
C	Westar	0.99	0-30 30-60	2.2	Franco-fina	6.9 (2)	5 2	50 64	Jackson, 2000
D1	Lirabon	0.99	0-15	2.1	Franco-limoso	6.3 (1)	35	s/d	Bullock y Sawyer, 1991
D2		0.99		3.9		6.2 (1)	50		

¹pH medido en una suspensión 1:2 suelo:agua; ²pH medido en pasta. s/d= sin datos.

Tabla 2. Cultivar, bondad de ajuste de la regresión (r²), textura, porcentaje de materia orgánica (MO %), pH medido en una suspensión 1:2 suelo:agua, profundidad de muestreo, N-NO₃⁻ y S-SO₄²⁻ en kg ha⁻¹ medidos a la siembra y para los años 2003, 2004 y 2005.

Cultivar	R ²	Textura	MO (%)	pH 1:2	Años evaluados					
					2003		2004		2005	
					N-NO ₃ (kg/ha)	S-SO ₄ (kg/ha)	N-NO ₃ (kg/ha)	S-SO ₄ (kg/ha)	N-NO ₃ (kg/ha)	S-SO ₄ (kg/ha)
Arid	0.98				19	13	33	12	33	11
Amulet	0.98	Franca	3.1	6.6	36	13	65	8	9	7
InVigor 2663	0.97				23	22	26	18	13	18

tempranos (i.e. roseta de 4 a 6 hojas), para sincronizar la oferta del nutriente con la demanda del cultivo (Iriarte, 2002). Como se puede observar en la Figura 3, la fracción acumulada de N con respecto al N total absorbido oscila entre 0.58 y 0.78 hacia inicios de floración (IF) para dosis de 150 y 50 kg N ha⁻¹, respectivamente. En esa misma figura se puede observar que hacia IF, el cultivo de colza lleva acumulado un 30% de la materia seca total a cosecha. Esto nos permite concluir que la tasa de absorción de N presenta un desfase respecto al ritmo de acumulación de materia seca, presentando la acumulación de N una dinámica más rápida respecto a la tasa de acumulación de materia seca. Hacia fines de floración (FF), la materia seca acumulada alcanza aproximadamente el 80% respecto al total a cosecha, mientras que el N acumulado se encuentra en valores cercanos por lo cual, en el momento fenológico de FF, las tasas de acumulación de materia seca y N se igualan debido a un ritmo proporcionalmente mayor de acumulación de materia seca respecto a la absorción de N (Fig. 3).

En estudios en Argentina, para la zona del sudeste de la provincia de Buenos Aires, se observó que debe aplicarse un 60% del fertilizante a la implantación y el 40% restante en roseta, previo al estado fenológico de entrenudos visibles (C2) (Gonzalez Montaner, 2009), para obtener los mejores rendimientos del cultivo de colza y maximizar la eficiencia de uso del nutriente. Aplicaciones desbalanceadas hacia la siembra aumentan el consumo de agua en roseta, provocando un crecimiento exagerado que genera problemas de abastecimiento hídrico para las etapas finales (Fig. 4). Por otra parte, en la localidad de Mulchén de la VIII Región de Chile, en Grupos de Transferencia Tecnológica, se aplican 50 kg de N ha⁻¹ a la siembra, 50 kg de N ha⁻¹ dos meses posteriores a la siembra y 50 kg de N ha⁻¹ tres meses y medio luego de la siembra como práctica recomendada de nutrición nitrogenada del cultivo de colza (Zagal et al., 2001).

1.3. Forma Correcta

Si la fertilización se realiza en el momento de la siembra, no se debería ubicar el fertilizante en contacto directo con la semilla para evitar efectos de fitotoxicidad, sino que se recomienda aplicarlo en bandas o por lo menos a 5 cm de las semillas (Hocking et al. 2003; Johnston et al. 2003; Ciampitti et al. 2006; Alonso, 2007). Como se puede observar en la Figura 5, a medida que se incrementa la dosis de N colocada junto a la semilla, disminuyen los porcentajes de germinación y aumentan los días hasta emergencia,

debido a un retraso en la germinación de las semillas. Esta tendencia se ve agravada en condiciones de baja humedad, por lo cual se espera que el efecto negativo de la ubicación del fertilizante junto a la semilla sea mayor en suelos con baja capacidad de retención de humedad.

En experiencias con otros cultivos, se pudo observar que la textura del suelo es importante en la expresión del efecto de fitotoxicidad en las semillas, ocurriendo mayores pérdidas en suelos con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), relacionados con mayores porcentajes de arena en su composición textural, como los suelos franco arenosos a arenosos (Ciampitti et al., 2006).

1.4. Fuente Correcta

Las fuentes nitrogenadas disponibles se encuentran en forma sólida (ej. urea), líquida (ej. UAN) o gaseosa (ej. amoníaco anhidro). Experimentos que analizaron el efecto de distintas fuentes nitrogenadas sobre el rendimiento y la absorción de N por el cultivo, no mostraron diferencias significativas (Hocking et al., 1997; Behrens et al., 2001). Por lo tanto, se concluyó que es igualmente efectiva la utilización de urea, amoníaco anhidro o fuentes de nitrato (ej. nitrato de calcio), amonio (ej. sulfato amónico) o ambos (ej. nitrato de amonio) si la aplicación de fertilizantes nitrogenados se realiza correctamente, a la dosis, momento y ubicación correcta (IFA, 2009).

2. Azufre

2.1. Requerimientos de S y Dosis Correcta

Varios experimentos de campo han demostrado que la colza es uno de los cultivos más susceptibles a deficiencias de S (Aulakh et al., 1980; McGrath y Zhao, 1996; McGrath et al., 1996), encontrándose con frecuencia una respuesta positiva en rendimiento al agregado de S mediante la fertilización en suelos deficientes (Janzen y Bettany, 1984; Nuttall et al., 1987). En ensayos realizados por Mahli et al. (2007), dosis de 20 kg de S ha⁻¹ permitieron alcanzar el 90% del rendimiento máximo del cultivo de colza, independientemente del cultivar (Fig. 6). Por otro lado, un incremento en la disponibilidad de S se asoció con un mayor contenido de aceite en grano (Chaubey et al., 1992; Dubey et al., 1994; Aulakh et al., 1995; Asare y Scarisbrick, 1995; McGrath y Zhao, 1996; Ahmad y Abdin, 2000), aunque de menor calidad debido al incremento en el contenido de glucosinolatos en el aceite (Fismes et al., 2000; Szulc, 2003).

Respecto a los requerimientos de S del cultivo de colza,

Tabla 3. Nivel crítico para diferentes métodos de diagnóstico de S en colza, determinado en hojas jóvenes. Estados de crecimiento según la escala de Silvestre Bradley y Makepeace (1984). Tomada de Reussi Calvo y Echeverría (2009).

Índice	Estado de crecimiento			
	3.5-3.6	3.9-4.2	4.2-4.6	4.6-4.8
S total ($\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)	145	88	115	97
Sulfato ($\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)	36	19	35	24
Glutation ($\mu\text{mol g}^{-1}$ MS)	2.6	1.3	1.0	0.9
Relación N:S	10.0	9.6	7.8	7.2
Relación malato:sulfato	1.2	1.0	0.8	1.1

Escala: 3.6 = primera flor sobre el tallo, 4.1 = primeras flores abiertas, 4.2-4.6 = 20-60 % de brotación y 4.6-4.8 = 60-80 % de brotación.

un valor promedio es de 12 kg tn⁻¹ grano, que supera los requerimientos de los cereales (ej. trigo y cebada, cuyos requerimientos son de 5 y 4 kg S tn⁻¹ grano) (Ciampitti y García, 2007). Aunque un análisis de suelo puede aportar información sobre la disponibilidad de S para las plantas, no se han encontrado correlaciones elevadas entre el S extractable y el rendimiento obtenido (Jones, 1986, Zhao y McGrath, 1994), por lo cual el S extractable carece de valor como herramienta para diagnosticar la necesidad de fertilización azufrada. La misma baja correlación fue encontrada por Casala (2008), quien no obstante, observó una alta relación entre rendimiento y el cociente N:S aplicados, el cual debe ser en promedio 6:1, pasando de 5:1 en suelos

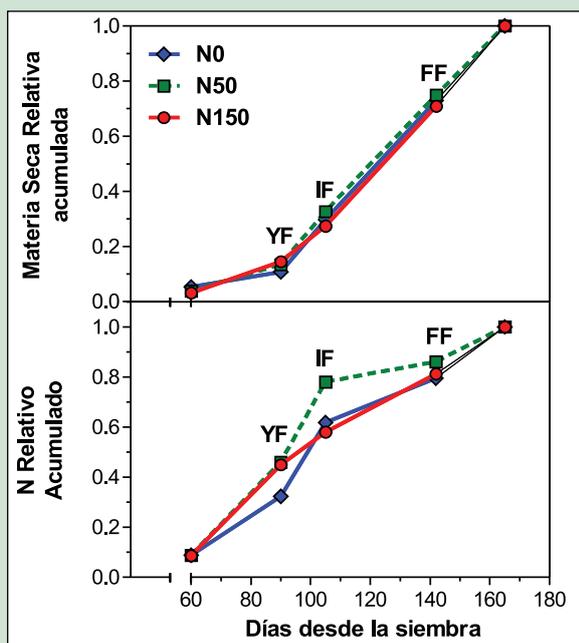


Figura 3. Materia Seca Relativa acumulada (materia seca acumulada al momento de muestreo / total acumulada a madurez fisiológica) (a) y N relativo acumulado (N acumulado al momento de muestreo/ total absorbido a madurez fisiológica) (b), en función de los días transcurridos desde la siembra. YF: Yema Floral; IF: Inicios de Floración; FF: Fin de Floración. Elaborado a partir de datos obtenidos de Hocking et al, 1997.

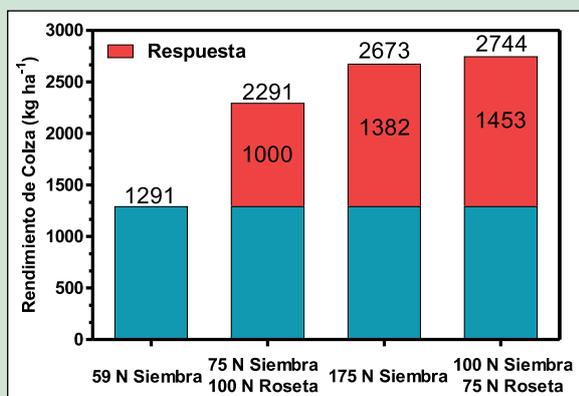


Figura 4. Rendimiento de colza para distintos niveles y momentos de aplicación de N. AACREA Zona Mar y Sierras. Adaptado de Gonzalez Montaner y Di Napoli (2009).

con mayores deficiencias de S (ej. lotes con muchos años de agricultura) o de 7:1 en suelos con buena provisión de S. Iriarte (2002) propone una relación de 5:1, y afirma que se podría esperar una respuesta a la fertilización azufrada en suelos con bajos contenidos de materia orgánica, menos de 6 ppm de S-SO₄²⁻ antes de la siembra (0-60 cm), textura arenosa y lotes provenientes de agricultura continua.

En la Tabla 2 se presenta la bondad de ajuste presentada en cada cultivar de colza evaluado en la Figura 6, y las características de sitio, profundidad de muestreo, materia orgánica (MO), textura, pH y contenidos de N-NO₃⁻ y S-SO₄²⁻ disponibles en el momento de siembra para los años 2003, 2004 y 2005.

En la Tabla 3 se presenta el nivel crítico para diferentes indicadores y momentos del ciclo del cultivo (Reussi Calvo y Echeverría, 2009). Como se mencionó, los niveles críticos para S total, sulfato y glutation son muy variables con el estado de crecimiento del cultivo, lo que limita su utilización en recomendaciones de rutina. La relación malato:sulfato mostró mayor estabilidad en su nivel crítico (Tabla 3) y por lo tanto, podría ser utilizada como método de diagnóstico de S. Blake Kalff et al. (2004) propusieron el uso de una relación malato:sulfato crítica de 1.5 para colza. No obstante, es necesario realizar la validación de esta metodología en suelos de la región pampeana para confirmar los resultados obtenidos por dichos autores.

En estudios realizados en nuestro país y llevados a cabo por la región CREA Mar y Sierras (Gonzalez Montaner, 2009), se evaluó la interacción del N y el S en el rendimiento del cultivo de colza (Fig. 7a). El S es un factor limitante decisivo; por lo tanto, en ausencia de S, el incremento en la disponibilidad de N a través de fertilizantes nitrogenados deprime el rendimiento del cultivo (Fig. 7a). La fertilización con 15 kg de S es imprescindible, aumentándose a niveles de 20 o 30 kg/ha en situaciones de estrés azufrado y mayores rendimientos potenciales, con valores de S-SO₄²⁻ < 8 ppm y S total < 260 ppm (Gonzalez Montaner, 2009). Por otro lado, podemos observar la respuesta del cultivo de colza a la aplicación de N combinada con 10 y 20 kg de S ha⁻¹ en la Figura 7b, que comprende 7 ensayos realizados en la zona de Tres Arroyos y 9 de Julio durante las campañas

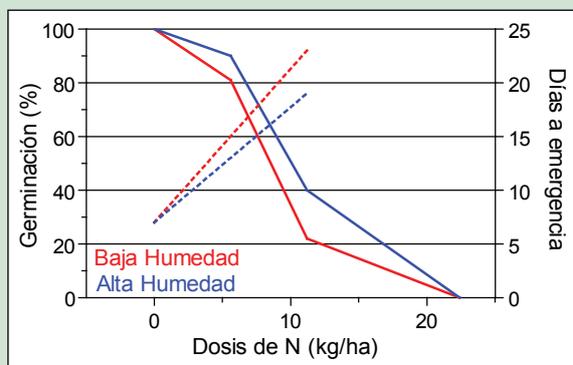


Figura 5. Porcentaje de germinación (línea llena) y días a emergencia (línea punteada) en función de la dosis de N aplicada junto a la semilla, expresada en kg N/ha, para un cultivo de colza sembrado en condiciones de alta (azul) o baja (rojo) humedad en el suelo. Elaborado en base a datos obtenidos de Canola Council (2009).

2005/06, 2006/07 y 2007/08 (Zamora y Massigoge, 2008). El efecto del agregado de N sobre la respuesta a la fertilización nitrogenada fue significativo. La respuesta se incrementó ante el agregado de N en todos los sitios y los mayores rendimientos se obtuvieron para las dosis de 120 kg N ha⁻¹ en dos sitios, 60-90 kg N ha⁻¹ en dos sitios y 30 kg N ha⁻¹ en los tres sitios restantes. Las respuestas fueron afectadas principalmente por la campaña agrícola evaluada y el contenido de nitratos a la siembra (potencial del sitio), y el N fue un nutriente clave para aumentar los rendimientos del cultivo de colza. En estos ensayos, la respuesta al agregado de S fue lineal y constante, pero no tuvieron correlación con los niveles de sulfato del suelo al momento de la siembra. En la Figura 7b se puede observar que cuando el N se utilizó solo, se alcanzaron respuestas positivas hasta el nivel de 150 kg N/ha (suelo + fertilizante), mientras que cuando se combinó con S se obtuvieron respuestas hasta el nivel de N de 200 kg N/ha (suelo + fertilizante) (Zamora y Massigoge, 2008).

2.2. Momento Correcto

El momento de aplicación del fertilizante azufrado dependerá de la fuente empleada, así, cuando se emplea S elemental, el mismo debe aplicarse con anticipación al momento de máximo requerimiento del cultivo, ya que debe oxidarse primero para que el cultivo lo pueda absorber en forma de sulfatos. El tamaño de las partículas del S elemental es de gran importancia en este proceso, ya que partículas de tamaño pequeño (< 150 micrones) se oxidan más rápidamente. Riley et al. (2000) encontraron que el S elemental con un tamaño de partícula de 5-8 μm puede ser utilizado como una fuente efectiva de S para disminuir los efectos de la deficiencia de este elemento dentro del año de aplicación en 6 tipos distintos de suelos en el Reino Unido. Por otra parte, aplicaciones de S en forma de sulfatos estarán inmediatamente disponibles para su absorción por parte del cultivo, por lo cual la ventana de aplicación de fertilizantes se puede extender hasta floración temprana si se detectan deficiencias en el cultivo. La International Fertiliser Association-IFA (2009) recomienda la utilización de S de SO₄²⁻ como forma de S inmediatamente disponible para el cultivo de colza-

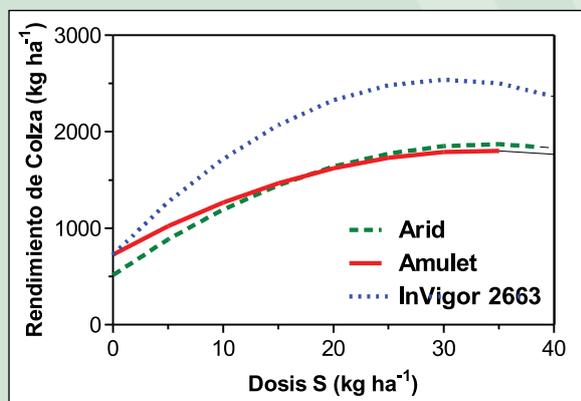


Figura 6. Rendimiento de colza para 3 cultivares (Arid, Amulet, InVigor 2663) en función de la dosis de S aplicada (kg ha⁻¹), promedio de 3 años (2003, 2004 y 2005). Elaborado en base a datos de Mahli et al. (2007).

canola, pero debe tenerse en cuenta que debido a la movilidad intermedia de los SO₄²⁻ en el suelo (respecto a los nitratos y fosfatos), la ocurrencia de precipitaciones elevadas en forma posterior a la fertilización puede ocasionar la lixiviación de los SO₄²⁻ y consecuentemente, incrementar el peligro de contaminación ambiental.

2.3. Forma Correcta

La ubicación del fertilizante azufrado está estrechamente relacionada con la fuente empleada. Cuando se emplea S elemental, se recomienda aplicarlo al voleo, mientras que cuando se emplea una fuente sulfatada (ej. sulfato de amonio) la eficiencia de absorción del fertilizante no difiere entre aplicaciones al voleo y/o posterior incorporación o aplicación en bandas. Aún así, la aplicación en bandas puede favorecer la competencia del cultivo sobre las malezas por aplicar el S cercano al espacio de suelo explorado por las raíces del cultivo (Hall, 2001).

2.4. Fuente Correcta

Las fuentes azufradas disponibles se encuentran en forma sólida (ej. S elemental, yeso) y líquida (ej. tiosulfato de amonio). Es posible que la respuesta del cultivo por kg de nutriente aplicado no varíe sustancialmente ante aplicaciones de formas sólidas o líquidas realizadas en el momento de la siembra del cultivo o en estadios tempranos del mismo. Tal como fue mencionado con antelación, aplicaciones de

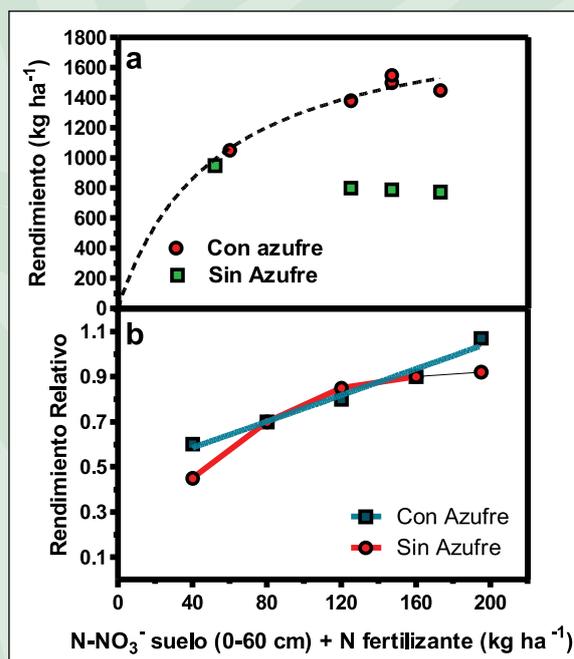


Figura 7. Rendimiento relativo de colza en función del nivel de N-NO₃⁻ en suelo + N fertilizante, con y sin aplicación de S, (a) Tres Arroyos, Pedersen 2005. S-SO₄²⁻ = 4,6 ppm; CREA Zona Mar y Sierras (Adaptado de Gonzalez Montaner y Di Napoli, 2009) y (b) Promedio de 3 ensayos campaña agrícola 2007/08, Tres Arroyos y 9 de Julio, los niveles de S-SO₄²⁻ fueron menores a 14 ppm para los primeros 0-20 cm del perfil de suelo (Adaptado de Zamora y Massigoge, 2008).

Se elemental se deben realizar con una mayor anticipación al momento de siembra del cultivo para garantizar que alguna proporción del S contenido en el fertilizante pueda estar disponible para el cultivo, por lo cual se recomiendan aplicaciones con una anticipación de un año previo al momento de planificación de siembra de cultivo.

3. Fósforo

3.1. Requerimientos de P y Dosis Correcta

La colza posee elevados requerimientos de P que oscilan entre 13 y 17 kg de P tn⁻¹ grano, calculados a partir de información de diversos autores (Rubio 1996; Ciampitti y García, 2007; Rubio et al. 2007; Scheiner, 2008). Dichos requerimientos son superiores a los de otras oleaginosas como soja y girasol, y promedian entre 7 y 11 kg de P tn⁻¹ grano según información reportada por Ciampitti y García (2007). En experimentos realizados por Lewis (1987) en los que se analizó el efecto del nivel de P extractable (obtenido mediante el análisis de Colwell, 1963) sobre el rendimiento del cultivo de colza (Fig. 8), se encontró que el valor crítico de P fue de 20 ppm para el sitio Mundulla; mientras que para el otro sitio, Millicent, fue de ca 45 ppm, siendo la diferencia entre ambos sitios el tipo de suelo, Hapludol para Mundulla y Argiudol para Millicent. De lo anterior se desprende que el nivel de P extractable en el suelo se puede emplear para determinar la probabilidad de respuesta a la fertilización fosforada, pero el valor umbral puede variar ante modificaciones en el tipo de suelo y clima. A su vez, hay que tener en cuenta que los valores obtenidos de P extractable difieren de acuerdo al método empleado para su estimación.

En estudios realizados por los grupos CREA de Mar y Sierras, en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, Gonzalez Montaner y Di Napoli (2009) observaron que la fertilización fosforada en colza se puede manejar de igual manera que para el cultivo de trigo, pero con niveles umbrales de P extractable Bray-1 mayores a 15 ppm. Debajo de estos niveles umbrales, la probabilidad de respuesta a la fertilización fosfatada se incrementa y, por encima del mismo, la probabilidad disminuye, en términos de respuesta física (ej. rendimiento) y retorno económico del cultivo. Con valores superiores a 15 ppm de P Bray-1 se recomienda fertilizaciones de arranque (ej. 60 kg de FDA o Superfosfato Simple, SFS) por su importancia en el desarrollo inicial, limitando los daños de helada en implantación (Gonzalez Montaner, 2009).

Tabla 4. Requerimientos de los nutrientes potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn), boro (B) y cobre (Cu) (Ciampitti y García, 2007).

Nutrientes	Requerimientos (kg nutriente/tn grano)
K	65
Ca	33
Mg	10
Mn	0.43
Fe	0.21
Zn	0.15
B	0.09
Cu	0.05

3.2. Momento Correcto

Aplicaciones al cultivo: En general, los fertilizantes fosfatados se aplican inmediatamente antes o al momento de la siembra del cultivo (ver Forma de aplicación).

Aplicaciones al suelo: En situaciones de manejo de la fertilización según el criterio de construcción y mantenimiento del nivel de P extractable del suelo, las aplicaciones pueden hacerse en años anteriores dada la elevada residualidad del P aplicado en condiciones de suelos no fijadores (Ciampitti et al., 2009). Esta estrategia permite:

- Construir niveles adecuados de P extractable,
- Aprovechar una oportunidad cuando las condiciones económicas sean favorables: precios bajos de fertilizantes y/o de alta rentabilidad de los cultivos,
- Omitir aplicaciones de P en momentos de condiciones económicas desfavorables, alto precio de fertilizante y/o baja rentabilidad de los cultivos.

3.3. Forma Correcta

Si la fertilización se realiza en el momento de la siembra, no se debería ubicar el fertilizante en contacto directo con la semilla para evitar efectos de fitotoxicidad, sino que se recomienda aplicarlo en bandas o por lo menos a 5 cm de las semillas, y con buenas condiciones de humedad (Ciampitti et al., 2006). La colocación del fertilizante fosfatado junto a la semilla, a razón de 50 kg de P₂O₅ ha⁻¹, redujo significativamente el establecimiento de plantas en un 40 a 65%. Y si bien las plantas restantes compensaron esta reducción mediante una mayor producción de materia seca y ramas, el rendimiento obtenido en tres de cuatro sitios fue inferior al compararlo con fertilizaciones al voleo o en bandas, mientras que en uno de cuatro sitios fue similar (Hocking, 2003). El mismo autor, al comparar aplicaciones al voleo contra aplicaciones en banda, detectó diferencias significativas en rendimiento de acuerdo a la combinación año x sitio x tratamiento (i.e. voleo o bandeado) a favor de una u otra práctica; mientras que Ventimiglia (1992) en la localidad de 9 de Julio (provincia de Buenos Aires), obtuvo 2% más de rendimiento en aplicaciones de 20 kg de P₂O₅ ha⁻¹ bandeadas comparadas con aplicaciones de 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹ al voleo para niveles de rendimiento que alcanzaron aproximadamente los 2500 kg ha⁻¹ de colza.

3.4. Fuente Correcta

La disponibilidad de fuentes de fertilizantes fosfatadas en el mercado argentino es amplia y permite la elección de la misma según el precio por unidad de P, la eficiencia de cada fuente según la condición ambiental de aplicación, el abastecimiento y la logística de almacenaje y de aplicación (Ciampitti et al., 2009). La roca fosfórica puede ser utilizada como fertilizante fosfatado, pero se debe tener en cuenta su limitada solubilidad comparada con los fertilizantes comerciales. Usualmente no es efectiva en suelos alcalinos o cercanos a la neutralidad. La solubilidad en agua de los fertilizantes SFT, SFS, FDA y FMA es del 85-95%, del 100% para el PFA y del 0-10% para la roca fosfórica. Las fuentes líquidas de P podrían presentar una ventaja potencial sobre la presentación sólida en suelos calcáreos y alcalinos donde se pudo observar una mayor

difusión y disponibilidad (Ciampitti et al., 2009). Las compatibilidades de mezclas físicas son limitadas entre la urea y los superfosfatos o entre el FDA y los superfosfatos (incompatibles con elevado contenido de humedad libre). Cuando la humedad de la urea y de los superfosfatos es baja y/o se embolsa la mezcla, la reacción ocurre más lentamente y no representa un problema grave. Una recomendación práctica es procurar que las mezclas sean aplicadas lo antes posible luego de la recepción en el campo, evitando que el producto se humedezca, alterando sus propiedades y funcionamiento agronómico. Se debe considerar que las fuentes fosfatadas disponibles en el mercado presentan una eficiencia de uso similar cuando son aplicadas a dosis equivalentes y métodos comparables de aplicación; la mejor fuente es determinada por factores como contenido de otros nutrientes, disponibilidad del producto, preferencia, servicio de venta y por supuesto, precio por unidad de P (Ciampitti et al., 2009).

4. Potasio, Calcio, Magnesio y Micronutrientes

4.1. Requerimientos Nutricionales

En la Tabla 4 se presentan los requerimientos nutricionales para el cultivo de colza de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn), boro (B) y cobre (Cu).

Conclusiones

El máximo requerimiento de N del cultivo de colza se produce cuando se alcanza el 50% de floración, por lo cual se recomienda aplicar este nutriente en estados vegetativos tempranos (i.e. roseta de 4 a 6 hojas), para sincronizar mejor la oferta del nutriente con la demanda del cultivo. En sistemas donde las precipitaciones entre la siembra y el estado de roseta del cultivo son escasas, se recomiendan aplicaciones divididas para evitar generar plantas exuberantes que promuevan un gran consumo de agua en las etapas iniciales del cultivo.

En cuanto al S, la colza es uno de los cultivos más susceptibles a deficiencias de S, y suele encontrarse una respuesta positiva en rendimiento al agregado de S. Dosis de 20 kg de S ha⁻¹ permiten alcanzar el 90% del rendimiento relativo del cultivo. Por otro lado, se debe considerar la fuerte interacción entre el N y el S, ya que la aplicación de la dosis mencionada podría incrementar en forma significativa los rendimientos a medida que se incrementa la disponibilidad de N en el suelo.

Para P, es escaso el conocimiento de umbrales de P extractable en suelo a escala nacional, pero se puede tomar como umbral de referencia valores de 15-20 ppm P Bray, a partir de los cuales la probabilidad de respuesta se incrementa con valores inferiores y disminuye con valores superiores a este umbral.

Para todos los nutrientes presentados en esta revisión, si la fertilización se realiza en el momento de la siembra, no se debería ubicar el fertilizante en contacto directo con la semilla para evitar efectos de fitotoxicidad, sino que se recomienda aplicarlo en bandas o por lo menos a 5 cm de las semillas, y con buenas condiciones de humedad. La implementación de las mejores prácticas de mane-

jo de los nutrientes para el cultivo de colza permitirá alcanzar rendimientos cercanos a la potencialidad de los sitios y realizar un manejo eficiente y racional de los nutrientes para el sistema productivo, en particular, y el medio ambiente, en general.

Referencias bibliográficas

- Agosti M.B. y D.J. Miralles.** 2007. Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento y la calidad de canola. Workshop Internacional de Ecofisiología. 6 y 7 de Septiembre de 2007, Mar del Plata, Argentina. pp. 102-103
- Agosti M.B., D.P. Rondanini y D.J. Miralles.** 2008. Interacción nitrógeno x azufre sobre la calidad en canola (*Brassica napus*). XXVII Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 21 al 24 de Septiembre de 2008, Rosario, Argentina. PI 003. pp.52.
- Ahmad A. y M.Z. Abdin.** 2000. Effect of sulphur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Plant Science* 152: 71-76.
- Alonso M.** 2007. Manejo del cultivo. *Agromercado*, Revista. Cuadernillo temático de Colza. N° 137. Abril 2007. p. 5-9.
- Asare E. y D.H. Scarisbrick.** 1995. Rate of N and S fertilisers on yield, yield components and seed quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Field Crops Research* 44: 41-46.
- Aulakh M.S., N.S. Pasricha y K.L. Ahuja.** 1995. Effect of N and S application on grain, oil yield, nutrient uptake and protein content in transplanted gobhi sarson (*Brassica napus* subsp. *oleifera* var. *annua*). *Indian Journal of Agricultural Science* 65: 478-482.
- Aulakh M.S., N.S. Pasricha y N.S. Sahota.** 1980. Yield, nutrient concentration and quality of mustard crops as influenced by nitrogen and sulphur fertiliser. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 94: 545-549.
- Behrens T., W.J. Horst y F. Wiesler.** 2001. Effect of rate, timing and form of nitrogen application on yield formation and nitrogen balance in oilseed rape production. *Plant nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems*. 800-801 p.
- Blake Kalff M.M.A., F.J. Zhao, S.P. McGrath y P.J.A. Withers.** 2004. Development of the malate:sulfato ratio test for sulphur deficiency in winter wheat and oilseed rape. Project report N° 327. Home-Grown Cereals Authority, London. 45 p.
- Bruulsema T., C. Witt, F. García, S. Li, T. N. Rao, F. Chen y S. Ivanova.** 2008. A global framework for fertilizer BMPs. *Better Crops* 92(2): 13-15.
- Bullock D.G. y J.E. Sawyer.** 1991. Nitrogen, Potassium, Sulphur, and Boron Fertilization of Canola. *Journal Production of Agriculture* 4(4): 550-555.
- Canola Council.** 2009. Disponible en: <http://www.canola-council.org>. Consultada el 31 de Marzo, 2009.
- Casala P.** 2008. Colza, una nueva oportunidad. XVI Congreso de AAPRESID. Bolsa de Comercio de Rosario, Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Chaubey A.K., K.N. Dwivedi y R.S. Yadav.** 1992. Effect of N, P and S on linseed. *Journal of Indian Society of Soil Science* 40: 758-761.
- Ciampitti I. A., F.G. Micucci, H. Fontanetto y F.O. García.** 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos fitotóxicos. *Archivo agronómico* 10. Disponible en: <http://www.ipni.net/lasc>
- Ciampitti I.A. y F.O. García.** 2007. Requerimientos Nutricionales. Absorción y Extracción de Macronutrientes y Nutrientes Secundarios. I. Cereales, Oleaginosos e Industriales. *Archivo agronómico* 11. Disponible en: <http://www.ipni.net/lasc>
- Ciampitti I.A., F.O. García, G. Rubio y L.I. Picone.** 2009. El Fósforo en la Agricultura: Mejores Prácticas de Manejo (MPM). En: Simposio de Fertilidad 2009 "Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos". F.O. García e I.A. Ciampitti (eds.). IPNI Cono Sur y Fertilizar. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Colnenne C., J.M. Meynard, R. Roche y R. Reau.** 2002. Effects of nitrogen deficiencies on autumnal growth of oilseed rape. *European Journal of Agronomy* 17: 11-28.

Colwell J.D. 1963. The estimation of phosphorus fertilizer requirements of wheat in southern New South Wales by soil analysis. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 3: 190-7.

Dubey O.P., T.R. Sahu y D.C. Garg. 1994. Response and economics in relation to N and S nutrition in Indian mustard (*Brassica juncea*). *Indian Journal of Agronomy* 39: 49-53.

FAO. 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/ah876e/ah876e06.htm>. Consultada el 21 de Abril, 2009.

Fismes J., P.C. Vong, A. Guckert y E. Frossard. 2000. Influence of sulphur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy* 12: 127-141.

Gonzalez Montaner y M. Di Napoli. 2009. Manejo de la fertilización en cultivos de cosecha fina en el contexto actual de relaciones de precios y situación financiera de las empresas en la zona Mar y Sierras. En: Simposio de Fertilidad 2009 "Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos". F.O. García e I.A. Ciampitti (eds.). IPNI Cono Sur y Fertilizar. Rosario, Santa Fe, Argentina.

Hall M. 2001. Sulphur Fertilizer Application in Crop Production. Agri-Facts. Practical Information for Alberta's Agriculture Industry. Agdex 542-10 <http://www1.agric.gov.ab.ca>

Hocking P.J., J.A. Mead, A.J. Good y S.M. Diffey. 2003. The response of canola (*Brassica napus* L.) to tillage and fertilizer placement in contrasting environments in southern New South Wales. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43: 1323-1335.

Hocking P.J., P.J. Randall y D. DeMarco. 1997. The response of dryland canola to nitrogen fertilizer: partitioning and mobilization of dry matter and nitrogen, and nitrogen effects on yield components. *Field Crops Research* 54: 201-220.

Holmes M.R.J. 1980. Nitrogen. In: Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publication, Barking Essex, England. p. 21-67.

IFA. 2009. Disponible en: <http://www.fertilizer.org>. Consultada el 31 de Marzo, 2009.

Iriarte B. L. 2002. Colza: Cultivares, Fecha de Siembra, Fertilización. INTA. Chacra Experimental Integrada Barrow. 4 pp.

Jackson G.D. 2000. Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake. *Agronomy Journal* 92: 644-649

Janzen H.H. y J.R. Bettany. 1984. Sulfur nutrition of rapeseed. I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates. *Soil Science Society of America Journal* 48: 100-107.

Johnston A.M., E.N. Johnson, K.J. Kirkland y F.C. Stevenson. 2002. Nitrogen fertilizer placement for fall and spring seeded *Brassica napus* canola. *Canadian Journal of Plant Science* 82: 15-20.

Jones M.B. 1986. Sulfur availability indexes. Sulfur in Agriculture. Volume 27. Ed. M.A. Tabatabai. pp 549-566. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.

Karamanos R.B., T.B. Goh y D.P. Poisson. 2005. Nitrogen,

Phosphorus, and Sulfur Fertility of Hybrid Canola. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 1145-1161.

Mahli S.S., Y. Gan y J.P. Raney. 2007. Yield, Seed Quality, and Sulfur Uptake of Brassica Oilseed Crops in Response to Sulfur Fertilization. *Agronomy Journal* 99: 570-577

McGrath S.P. y F.J. Zhao. 1996. Sulphur uptake, yield response and the interactions between N and S in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 126: 53-62.

McGrath S.P., F.J. Zhao y P.J.A. Withers. 1996. Development of sulphur deficiency in crop and its treatment. *Proceedings of the Fertiliser Society*, No. 379. pp. 257-268. (The Fertiliser Society: Peterborough).

Nuttall W.F., H. Ukrainetz, J.W.G. Stewart y D.T. Spurr. 1987. The effect of nitrogen, sulphur and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L. and *B. campestris* L.). *Canadian Journal of Soil Science* 67: 545-559.

Ozer H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. *European Journal of Agronomy* 19: 453-463.

Reussi Calvo N. y H. Echeverría. 2009. Azufre: Marco conceptual para definir las mejores prácticas de manejo en los cultivos. En: Simposio de Fertilidad 2009 "Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos". F.O. García e I.A. Ciampitti (eds.). IPNI Cono Sur y Fertilizar. Rosario, Santa Fe, Argentina.

Riley N. G., F.J. Zhao y S.P. Mc Grath. 2000. Availability of different forms of sulphur fertilisers to wheat and oilseed rape. *Plant and Soil* 222: 139-147.

Rubio G., J.D. Scheiner, M.A. Taboada y R.S. Lavado. 2007. Distribución de Nitrógeno, Fósforo y Azufre en un cultivo de Colza: Efectos sobre el ciclado de nutrientes. *Ciencia del Suelo* 25(2): 189-194.

SAGPyA. 2009. Disponible en: www.sagpya.gov.ar. Consultada el 21 de Abril, 2009.

Scheiner J.D., F.H. Gutierrez-Boem y R.S. Lavado. 2008. Fertilización en Colza-Canola.

Szuc P.T., L. Drozdowska y P. Kachlicki. 2003 Effect of sulphur on the yield and content of glucosinolates in spring oilseed rape seeds. *Electronical Journal of Polish Agricultural Universities*. Vol. 6. Issue: 2.

Valetti. 1996. INTA Chacra Experimental Barrow. Material de divulgación N°2, 32 pp.

Ventimiglia L., Noli A. y J. Basail. 1992. Colza: Aplicación de fertilizante fosforado: Voleo vs. Banda. Boletín de extensión N°3 (Junio de 1992). Proyecto mixto del Centro (Promix). Centro Regional Buenos Aires Norte. EEA Pergamino. Área de desarrollo Rural. Pág. 13-15.

Zagal E.V., Hizrel J.C. y Vidal I.P. 2001. Evaluación de la recomendación de fertilización nitrogenada para cultivos anuales en suelos de origen volcánico usando un modelo de simulación. Disponible en <http://www.inia.cl>. Consultado el 25 de Abril, 2009.

Zamora M. y J. Massigoge. 2008. Colza: fertilización con nitrógeno y azufre. *Visión Rural Año XV N° 72*. Mayo-Junio, 2008. Pág. 5-9.

Zhao F.J. y S.P. McGrath. 1994. Soil extractable sulphate and organic sulphur and their availability to plants. *Plant and Soil* 164: 243-250. ■

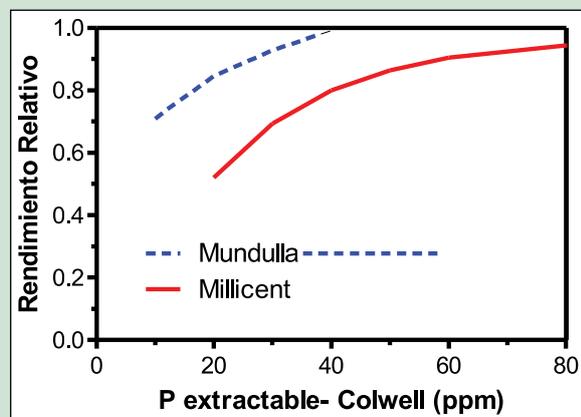


Figura 8. P extractable medido con el método de Colwell (1963) para 0-20 cm del perfil de suelo, y dos tipos de suelos Mundulla (línea azul punteada) y Millicent (línea roja llena).



DOSIS ÓPTIMA ECONÓMICA DE NITRÓGENO EN TRIGO SEGÚN EL MOMENTO DE FERTILIZACIÓN EN EL SUDESTE BONAERENSE

Pablo A. Barbieri, Hernán E. Echeverría y Hernán R. Sainz Rozas
Unidad Integrada (UIB) EEA INTA Balcarce – Facultad de Ciencias Agrarias (UNMP)
CC. 276, (7620), Balcarce, Argentina.
pbarbieri@balcarce.inta.gov.ar

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum* L) es el cultivo de invierno más importante en los sistemas productivos del sudeste Bonaerense, en donde la intensificación de la agricultura en los últimos años ha producido una disminución de la materia orgánica (MO) del suelo (Sainz Rozas et al., 2008). Por lo tanto, es frecuente encontrar una respuesta generalizada al agregado de nitrógeno (N) (Calviño et al., 2002), particularmente bajo siembra directa (SD) (Falotico et al., 1999).

En la actualidad, la metodología más difundida de diagnóstico de N para el cultivo de trigo se basa en la determinación del contenido de nitrato en el suelo (0-60 cm de profundidad) al momento de la siembra (González Montaner et al., 1997; Calviño et al., 2002). Se han reportado distintos umbrales de nitrato (N-NO_3^-) a la siembra según la zona, el rendimiento objetivo del cultivo y el sistema de labranza. Estos umbrales varían entre 150 kg N ha^{-1} (N en el suelo de 0 a 60 cm + N del fertilizante) para variedades tradicionales con rendimientos de aproximadamente 5000 kg ha^{-1} y 170 kg N ha^{-1} para variedades francesas con rendimientos superiores a 6000 kg ha^{-1} , ambos con antecesor soja bajo SD (Calviño et al., 2002).

En el sudeste Bonaerense, existe una elevada probabilidad de ocurrencia de excesos hídricos al comienzo de la estación de crecimiento del trigo (Reussi Calvo y Echeverría, 2006). En este contexto, la aplicación de N de base a la siembra puede resultar en mayores pérdidas de N; reportándose menores rendimientos, eficiencias de uso de N (EUN) del fertilizante y de N en planta, respecto de la fertilización al macollaje (Melaj et al., 2003; Barbieri et al., 2008). En consecuencia, el diagnóstico de requerimiento y la aplicación de N al estadio de macollaje es una estrategia de manejo apropiada que permite incrementar la EUN respecto de la aplicación del fertilizante al momento de la siembra (Barbieri et al., 2009).

La aplicación de los métodos de diagnóstico comentados no contempla la incidencia del costo de los insumos y de su relación con el precio del trigo (relación insumo-producto). Alvarez (2008), analizando redes de ensayos de fertilización, reportó que la utilización de umbrales de N fijos permitió lograr márgenes netos positivos de la inversión en fertilización solo en años con relaciones de precios favorables. Dado que en el último año se ha incrementado significativamente dicha relación, es necesario evaluar la incidencia de dichos cambios sobre la dosis óptima económica (DOE). La

fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo es una práctica habitual en el SE Bonaerense. Sin embargo, la información local para definir la dosis de N que responde al máximo beneficio económico es escasa. El objetivo de este trabajo fue determinar la DOE del fertilizante nitrogenado para el cultivo de trigo en función de la variedad (tradicional o francesa) y el momento de aplicación del N (siembra o macollaje).

Materiales y Métodos

En este trabajo se realizaron estimaciones del N disponible (ND) óptimo económico basado en funciones de respuesta del cultivo de trigo a la disponibilidad de N al momento de la siembra o al macollaje y la relación de precios N-grano de trigo. El ND se define como los kg N ha^{-1} presentes en el suelo más los aplicados en forma de fertilizante. La DOE se determina como la diferencia entre el ND óptimo económico y la disponibilidad de N en el suelo en los 0-60 cm de profundidad para el momento de la siembra y del macollaje. La información utilizada provino de 19 ensayos de fertilización nitrogenada realizados en el SE Bonaerense (Otamendi, Mar del Plata, Balcarce y Tandil) por el grupo de Suelos de la Unidad Integrada (INTA-FCA) Balcarce, entre los años 2002 y 2007 (Tabla 1). Las poblaciones de datos cubrieron una amplia gama de condiciones meteorológicas y de fertilidad de suelos con el fin de contemplar diversos escenarios productivos. Los sets de datos obtenidos representan un abanico de respuestas en rendimiento a la disponibilidad y aplicación de N, no siendo otros nutrientes como fósforo y azufre limitantes, ya que se aseguró adecuada disponibilidad de los mismos. Se efectuaron aplicaciones preventivas de herbicidas y funguicidas.

Para ambas variedades, se ajustó el modelo matemático de respuesta cuadrático-plateau dado que el mismo describe en forma adecuada el rendimiento de los cultivos en función del N, ya que aporta un ND óptimo aparentemente insesgado y agrónomicamente aceptable (Cerrato y Blackmer, 1990). Luego se realizó la derivada de dicho modelo y se graficó la eficiencia agronómica ($\text{kg grano kg N disponible}^{-1}$) en función del nivel de N disponible. El ND óptimo económico se determinó en la intersección de la recta proveniente de la derivada primera y la línea horizontal correspondiente a diferentes relaciones insumo-producto. Todos estos análisis fueron llevados a cabo utilizando el Software Table Curve (Jandel Scientific, Corte Madera, CA).

La relación de precios entre el N y el grano de trigo se calculó de manera análoga a la realizada por Pagani et al. (2008):

$$\text{Relación de precios} = \frac{\text{Precio N (\$/kg N)} + \text{interés}}{\text{Precio bruto grano (\$/kg)} - \text{gastos}}$$

A su vez, el precio del N depende del precio del fertilizante y de su concentración de N:

$$\text{Precio del N (\$/kg N)} = \frac{\text{Precio fertilizante (\$/ton)}}{\text{kg N/ton fertilizante}}$$

En el cálculo de la relación de precios, se consideró como costo del fertilizante el precio del mismo puesto en el campo, más el costo financiero (en el caso de existir éste) por haber usado crédito para adquirirlo. Se utilizó el valor neto del grano, luego de descontados los gastos de cosecha, flete, secado y comercialización. Para el cálculo del interés, se consideró la tasa mensual y el período de inmovilización (generalmente 6-8 meses).

Resultados y Discusión

Los rendimientos del cultivo de trigo variaron según el nivel de disponibilidad de N; las variedades tradicionales (sitios 1 a 9) rindieron entre 3114 y 5092 kg ha⁻¹, mientras que las variedades francesas (sitios 10 a 19) rindieron entre 4370 y 6834 kg ha⁻¹. Los rendimientos obtenidos resultaron similares a los reportados por Calviño y Sadras (2002) para suelos de similares características y con elevada disponibilidad de N.

Para la totalidad de los ensayos, el rendimiento de las variedades tradicionales y francesas de trigo se relacionó con el ND (N mineral en suelo + fertilizante) al momento de la siembra y al macollaje (Fig. 1). Cuando no se discriminó por momento de fertilización, los coeficientes de determinación (*r*²) de dicha relación fueron de 0.50 y 0.54, para las variedades tradicionales y francesas, respectivamente. Cuando el ajuste de las variedades se realizó para cada momento de fertilización (Fig. 2), se determinó que en ambas variedades el muestreo al momento del macollaje mostró mayor coeficiente de correlación, indicando una relación más estrecha respecto del muestreo a la siembra, y por consiguiente mayor confiabilidad (Barbieri et al., 2009). Por otra parte, el menor umbral de ND determinado para la aplicación de N al macollaje se explica en parte por la existencia de menores pérdidas de N, particularmente por lavado de nitratos (Barbieri et al., 2008), como consecuencia de la elevada probabilidad de excesos hídricos durante los estadios iniciales del ciclo del cultivo (Calviño y Sadras 2002; Reussi Calvo y Echeverría, 2006).

Las variedades tradicionales mostraron un umbral de ND superior al determinado para las variedades francesas (Fig. 2). El menor umbral de ND para las variedades francesas sería explicado por la mayor EUN (kg grano kg ND⁻¹) determinada para máximos rendimientos, la cual fue de 30 y 40 grano kg ND⁻¹ (promedio de los dos momentos de fertilización), para variedades tradicionales y francesas, respectivamente. Esta diferencia en la EUN sería debida a que para las dosis más

elevadas de N, las variedades tradicionales presentaron mayores concentraciones de proteína en grano que las variedades francesas (13 vs 10%, promedio de años y momentos de fertilización). Estos resultados coinciden con lo reportado por Fowler (2003) quien determinó una relación inversa entre nivel de rendimiento y proteína, aún en suelos con elevada disponibilidad de N.

Una vez obtenidas las ecuaciones de respuesta de rendimiento a la disponibilidad de N, momentos de muestreo-fertilización y variedades, se procedió a derivar la ecuación cuadrática con el fin de obtener nuevas funciones que fueron graficadas utilizando el ND como variable independiente y la eficiencia agronómica (kg grano kg ND⁻¹) como variable dependiente (Fig. 3). Esto permitió desarrollar tablas de recomendación de fertilización nitrogenada en trigo en función de la variedad tradicional (Tabla 2) o francesa (Tabla 3) y dentro de cada variedad, el momento de fertilización (siembra o macollaje). Así, previa selección de la tabla a utilizar, puede ingresarse a la misma con una relación de precios y disponibilidad de N determinada y de esta manera obtener la DOE para la condición seleccionada. Cuando se fertilice con fosfato diamónico o monoamónico con posterioridad a la determinación del contenido de N, se deberá descontar a la DOE los kg de N aportados por el fertilizante fosforado. Es válido mencionar que ante una elevada disponibilidad de N, generalmente no es rentable la aplicación de dosis menores a 30 kg N ha⁻¹. Por lo tanto, en estas situaciones no es recomendable la fertilización, si se incluye el costo de la aplicación. Debido a esto, es que no se consideran en las Tablas 2 y 3 valores de DOEs menores a 30 kg N ha⁻¹.

En la Figura 4 se presenta la evolución de la relación de precios N-grano de trigo durante 1990-2008. En dicho período el menor y mayor valor determinado para la relación fue de 4:1 y 13:1, respectivamente. Este último valor corresponde a setiembre del 2008, mientras que el valor promedio hasta el 2007 fue de 5.9:1. Para las variedades tradicionales, utilizando la relación 5.9:1, el modelo determinó ND óptimo económicos más bajos para la fertilización al macollaje respecto de la fertilización a la siembra (134 y 170 kg ND ha⁻¹), mientras que para la relación de 13:1 estos valores fueron de 108 y 125 kg ND ha⁻¹ (Fig. 3). Este comportamiento es debido a que el umbral físico de respuesta a la fertilización fue menor para la fertilización y el muestreo al macollaje (Fig. 2). Un comportamiento similar fue observado en las variedades francesas en donde para la relación de 5.9:1 el ND óptimo económico fue de 138 y 152 kg ha⁻¹ para la fertilización y muestreo al macollaje y a la siembra, respectivamente. Para la relación de 13:1 el ND óptimo económico fue de 113 y 118 kg ha⁻¹ para la fertilización al macollaje y a la siembra, respectivamente (Fig. 3). Estos resultados ponen de manifiesto la importancia de retrasar la aplicación de N como medio para incrementar la EUN y, por ende, la rentabilidad de la fertilización.

Para ambas variedades, los resultados de esta experiencia indican que en años con relaciones de precios de 5.9:1, los umbrales de ND óptimos económicos oscilaron entre 134 a 170 kg ha⁻¹, mientras que para relaciones de precios

N-grano de 13:1 los niveles de ND óptimos económicos se ubicaron entre 108 y 125 kg ha⁻¹. Los niveles de ND óptimos económicos para bajas relaciones de precio entre N-grano fueron similares a los umbrales físicos de ND en suelo determinados a partir de balances de N simplificados reportados para el sudeste bonaerense (García et al., 1998; Calviño et al., 2002; Barbieri et al., 2008). Sin embargo, estos resultados ponen de manifiesto la inconveniencia de llevar el suelo a un umbral fijo de N cuando las relaciones de precios N-grano son elevadas, lo que coincide con lo reportado por Alvarez (2008).

En síntesis, los resultados de esta experiencia permiten concluir que para ambas variedades, el estadio de macollaje permitió determinar DOE menores que al momento de la siembra. Sin embargo, para altas y bajas relaciones de precios la diferencia en la DOE entre momentos de fertilización fue menor para las variedades francesas que para las tradicionales, lo que sería explicado por una mayor EUN de las primeras.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Proyecto Específico INTA 5656, el AGR 261/08 de la UNMP y del Convenio INTA-PROFERTIL SA.

Bibliografía

Alvarez, R. 2008. Análisis de la conveniencia económica de utilizar umbrales fijos para recomendar la fertilización nitrogenada y fosforada de trigo. VII Congreso Nacional de trigo, Santa Rosa, La pampa, 2-4 julio. Conferencia en CD.
 Barbieri, P.A., H.R. Sainz Rozas y H.E. Echeverría. 2008. Time of nitrogen application affects nitrogen use efficiency of wheat in the humid pampas of Argentina. Canadian Journal of Plant Science. 88: 849-857.

Barbieri, P.A., H.R. Sainz Rozas y H.E. Echeverría. 2009. Nitratos en el suelo a la siembra o al macollaje como diagnóstico de la nutrición nitrogenada en trigo en el sudeste bonaerense. Ciencia del suelo (enviado).
 Blackmer, A.M. y J.J. Meisinger. 1990. Re-examination of the methodology used for selecting nitrogen inputs into crop production. J. Contam. Hydrol. 78: 571-575.
 Calviño, P.A., H.E. Echeverría y M. Redolatti. 2002. Diagnóstico de nitrógeno en trigo con antecesor soja bajo siembra directa en el sudeste Bonaerense. Ciencia del suelo 20: 36-42.
 Calviño, P.A. y V.O. Sadras. 2002. On-farm assesment of constraints to wheat in relation to different previous crops. J. Agric. Sci. Cambridge. 118: 157-163.
 Cerrato, M.E. y A.M. Blackmer. 1990. Comparison of models for describing corn yield response to nitrogen fertilizer. Agron. J. 82:138-143.
 Falotico, J.L., G.A. Studdert y H.E. Echeverría. 1999. Nutrición nitrogenada del trigo bajo siembra directa y labranza convencional en condiciones de agricultura continua. Ciencia del Suelo 17: 15-27.
 Fowler, D.B. 2003. Crop Nitrogen Demand and Grain Protein Concentration of Spring and Winter Wheat. Agron. J. 95:260-265.
 García, F, K. Fabrizi, A. Berardo y F. Justel. 1998. Fertilización de trigo en el Sudeste Bonaerense: respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 109-110.
 González Montaner J.L., G.A. Maddoni y M.R. Di Napoli. 1997. Modeling grain yield and grain yield response to nitrogen in spring wheat crops in the Argentinean Southern Pampa. Field Crop Research 51: 241-252.
 Melaj, M.A., H.E. Echeverría, S.C. López, G. Studdert, F.H. Andrade y N.O. Bárbaro. 2003. Timing of nitrogen fertilization in wheat under conventional and no-tillage system. Agron. J. 95: 1525-1531.
 Pagani, A., H.E. Echeverría, H.R. Sainz Rozas y P.A. Barbieri. 2008. Dosis óptima económica de nitrógeno en maíz bajo siembra directa en el sudeste bonaerense. Ciencia del Suelo (en prensa).
 Reussi Calvo, N. y H.E. Echeverría. 2006. Estrategias de fertilización nitrogenada en trigo: balance hídrico para el sur bonaerense. Ciencia del Suelo 24 (2): 115-122.
 Sainz Rozas, H.R. y H.E. Echeverría. 2008. Relevamiento del contenido de material orgánico y pH en suelos agrícolas de la región Pampeana y extrapampeana. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Potrero de los Funes, San Luis, 13-16 mayo. Actas en CD 6 p. ■

Tabla 1. Variables edáficas y de manejo y precipitaciones durante la estación de crecimiento del trigo para los diferentes años y localidades. MO: materia orgánica, P-Bray: fósforo disponible por el método de Bray I, N-NO₃⁻: nitrógeno como nitrato.

Sitio	Año	Localidad	Variedad	Antecesor	MO (%)	pH	P-Bray (mg kg ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻		Precipitaciones jun-dic mm
								Siembra	Macollaje	
								kg ha ⁻¹		
1	2002	Otamendi	Tradicional	Girasol	5.1	6.2	19.7	19.2	13.4	581
2	2002	Balcarce	Tradicional	Soja	5.7	6.0	14.3	20.7	44.1	731
3	2002	Tandil	Tradicional	Maíz	5.3	6.0	20.3	10.7	28.2	660
4	2003	Otamendi	Tradicional	Girasol	5.1	6.2	19.7	26.2	52.3	666
5	2003	Tandil	Tradicional	Maíz	5.8	6.0	25.9	45.4	28.8	302
6	2004	Balcarce	Tradicional	Soja	5.7	6.1	11.0	67.8	23.1	450
7	2004	Tandil	Tradicional	Maíz	6.1	6.2	12.0	63.6	42.2	288
8	2004	Mar del Plata	Tradicional	Maíz	5.6	5.9	13.0	92.5	26.6	452
9	2005	Balcarce	Tradicional	Girasol	5.3	6.0	8.2	52.2	27.7	397
10	2002	Otamendi	Francesa	Girasol	5.1	6.2	17.9	21.0	7.9	581
11	2002	Balcarce	Francesa	Soja	5.7	6.0	14.3	29.1	34.7	731
12	2002	Tandil	Francesa	Maíz	5.3	6.0	20.3	7.7	42.1	660
13	2003	Otamendi	Francesa	Girasol	5.1	6.2	19.7	24.3	69.7	666
14	2003	Balcarce	Francesa	Girasol	4.2	6.2	17.1	26.2	44.5	618
15	2003	Tandil	Francesa	Maíz	5.8	6.0	25.9	25.1	22.1	302
16	2005	Mar del Plata	Francesa	Soja	5.9	5.6	13.8	35.8	36.5	512
17	2006	Mar del Plata	Francesa	Trigo/Soja	5.2	6.2	17.2	123.8	122.3	471
18*	2007	Mar del Plata	Francesa	Soja	5.4	6.1	40.0	65.0	-	416
19§	2007	Mar del Plata	Francesa	Soja	5.4	6.1	40.0	-	67.0	416

* Experimento fertilizado y muestreado a la siembra. § Experimento fertilizado y muestreado al macollaje.

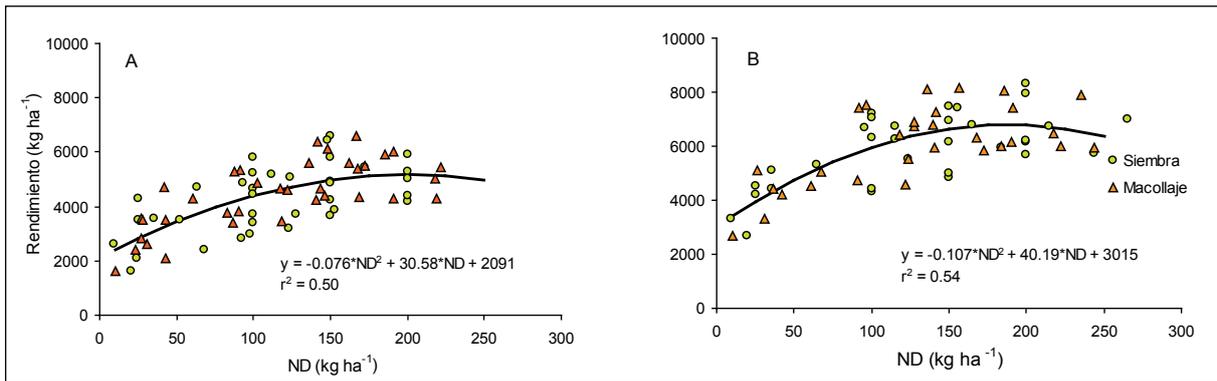


Figura 1. Relaciones entre el rendimiento de trigo de variedades tradicionales (A) y francesas (B) y el N disponible (ND) a la siembra y al macollaje en función de la variedad en el SE Bonaerense.

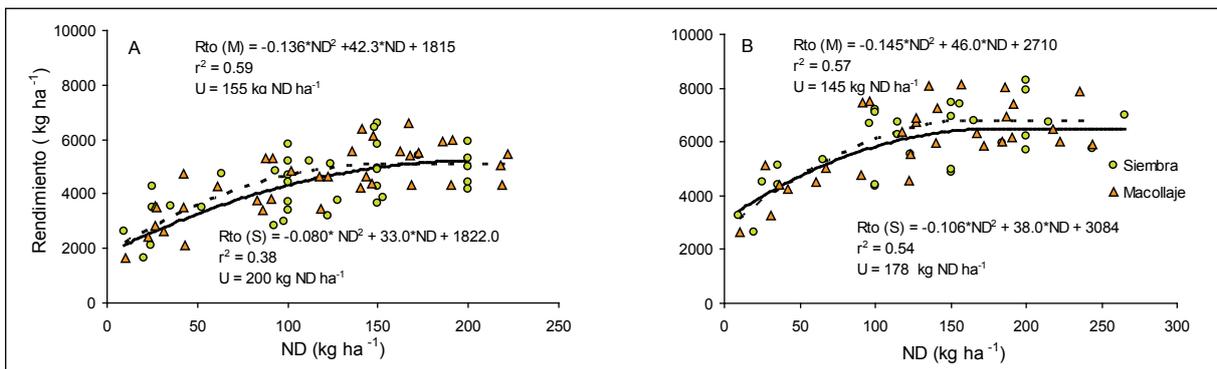


Figura 2. Relaciones entre el rendimiento de las variedades de trigo tradicionales (A) y francesas (B) y el N disponible (ND) a la siembra (línea llena) y al macollaje (línea punteada) en el SE Bonaerense U= umbral.

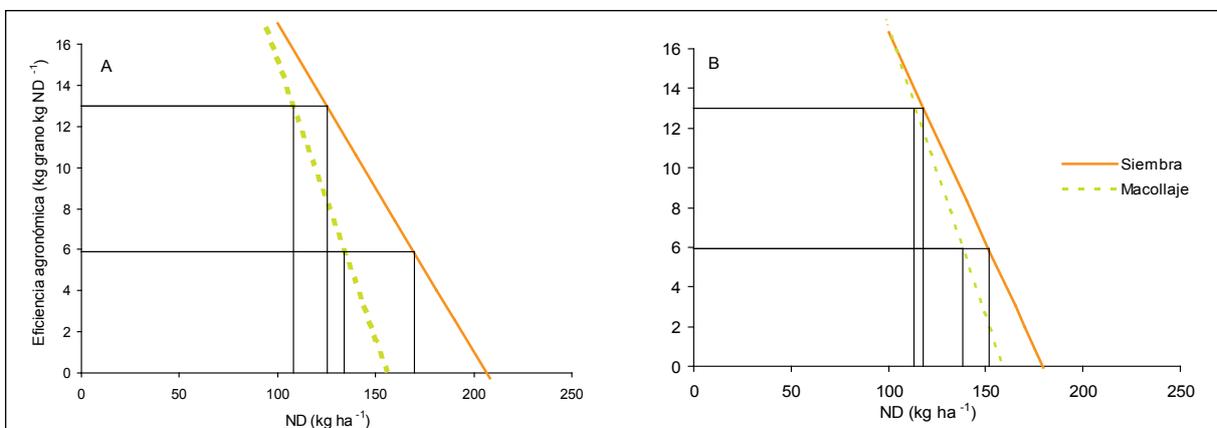


Figura 3. Relaciones entre el rendimiento de las variedades de trigo tradicionales (A) y francesas (B) y el N disponible (ND) a la siembra y al macollaje en el SE Bonaerense.

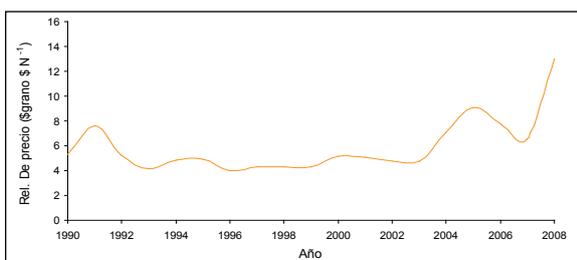


Figura 4. Relación de precios N-grano de trigo durante el período 1990-2008 en Argentina. Fuente: Series de precios AACREA.

Tabla 2. Dosis óptimas económicas (DOE) de fertilización nitrogenada favorables para las variedades tradicionales en función de la relación de precios kg de trigo/N fertilizante y el contenido de N mineral en el suelo (0-60 cm) para la fertilización al momento de la siembra o macollaje.

Fertilización Siembra	Relación de precios (kg grano kg N ⁻¹)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N suelo (kg ha ⁻¹)	kg N ha ⁻¹										
20	149	143	136	130	124	118	111	105	99	93	86
30	139	133	126	120	114	108	101	95	89	83	76
40	129	123	116	110	104	98	91	85	79	73	66
50	119	113	106	100	94	88	81	75	69	63	56
60	109	103	96	90	84	78	71	65	59	53	46
70	99	93	86	80	74	68	61	55	49	43	36
80	89	83	76	70	64	58	51	45	39	33	0
90	79	73	66	60	54	48	41	35	0	0	0
100	69	63	56	50	44	38	31	0	0	0	0
110	59	53	46	40	34	0	0	0	0	0	0
120	49	43	36	30	0	0	0	0	0	0	0
Fertilización Macollaje	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N suelo (kg ha ⁻¹)	kg N ha ⁻¹										
20	114	110	107	103	99	96	92	88	84	81	77
30	104	100	97	93	89	86	82	78	74	71	67
40	94	90	87	83	79	76	72	68	64	61	57
50	84	80	77	73	69	66	62	58	54	51	47
60	74	70	67	63	59	56	52	48	44	41	37
70	64	60	57	53	49	46	42	38	34	31	0
80	54	50	47	43	39	36	32	0	0	0	0
90	44	40	37	33	0	0	0	0	0	0	0
100	34	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 3. Dosis óptimas económicas (DOE) de fertilización nitrogenada favorables para las variedades francesas en función de la relación de precios kg de trigo/N fertilizante y el contenido de N mineral en el suelo (0-60 cm) para la fertilización al momento de la siembra o macollaje.

Fertilización Siembra	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N suelo (kg ha ⁻¹)	kg N ha ⁻¹										
20	131	127	122	117	112	108	103	98	94	89	84
30	121	117	112	107	102	98	93	88	84	79	74
40	111	107	102	97	92	88	83	78	74	69	64
50	101	97	92	87	82	78	73	68	64	59	54
60	91	87	82	77	72	68	63	58	54	49	44
70	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34
80	71	67	62	57	52	48	43	38	34	0	0
90	61	57	52	47	42	38	33	0	0	0	0
100	51	47	42	37	32	0	0	0	0	0	0
110	41	37	32	0	0	0	0	0	0	0	0
120	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fertilización Macollaje	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
N suelo (kg ha ⁻¹)	kg N ha ⁻¹										
20	118	115	111	108	104	101	97	94	91	87	84
30	108	105	101	98	94	91	87	84	81	77	74
40	98	95	91	88	84	81	77	74	71	67	64
50	88	85	81	78	74	71	67	64	61	57	54
60	78	75	71	68	64	61	57	54	51	47	44
70	68	65	61	58	54	51	47	44	41	37	34
80	58	55	51	48	44	41	37	34	31	0	0
90	48	45	41	38	34	31	0	0	0	0	0
100	38	35	31	0	0	0	0	0	0	0	0
110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

REMOVILIZACIÓN DEL NITRÓGENO EN PLANTAS DE TRIGO COMO HERRAMIENTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE USO

Carla Caputo, M. Victoria Criado e Irma N. Roberts
IBYF (CONICET-Facultad de Agronomía-UBA)
caputo@agro.uba.ar

Información parcialmente publicada en *Plant Physiology and Biochemistry* 47(2009): 335-42.

Introducción

La concentración proteica en el grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) es de gran interés agronómico ya que el contenido de proteínas es uno de los determinantes del precio del grano. Esto es debido a su influencia tanto en la calidad panadera como en el valor nutricional. En nuestro país, el tenor proteico descendió en las últimas décadas al límite aceptable para poder ser trigo panificable. Este descenso ocurrió principalmente debido a que se priorizó el aumento del rendimiento a expensas de la calidad, dificultando la exportación del cereal. En los últimos tiempos la fertilización nitrogenada contribuyó a ir resolviendo esta dificultad, pero trajo otros problemas. El cultivo requiere actualmente grandes dosis de fertilizantes nitrogenados, pero una alta proporción del nitrógeno (N) permanece en los rastrojos al momento de la cosecha o en el suelo. Por ello, resulta de la mayor importancia identificar los pasos limitantes en el control de la absorción, asimilación y removilización del N durante el desarrollo del cultivo, tanto para mejorar la calidad panadera de nuestros trigos, como para aumentar la eficiencia de la fertilización.

El N requerido para la síntesis de proteínas que se acumulan en el grano de trigo en desarrollo proviene mayormente de la removilización del N previamente asimilado y acumulado en las hojas. Esta removilización tiene lugar por el floema (sistema de conducción activo) mayormente en la forma de aminoácidos (Feller y Fischer, 1994). De esta forma, la eficiencia de la removilización del N desde las hojas se convierte en el principal determinante de la concentración de proteínas del grano al final del ciclo del cultivo. Pese a la importancia del tema, es muy poco lo que se conoce sobre la regulación de este proceso. Se conoce que el proceso de removilización está regulado tanto por factores internos como externos. Entre los factores internos, la familia de enzimas de la glutamina sintetasa (GS) juega un rol central en el metabolismo del N en el trigo y otros cultivos (Hirel y Lea, 2001). Numerosos estudios han sido llevados a cabo para definir cuál es la participación de cada uno de los integrantes de esta familia de enzimas (Mifflin y Habash, 2001; Bernard y Habash, 2009), pero aún no se ha podido dilucidar completamente. Por lo tanto, el conocimiento del mecanismo de regulación de GS1 (una de las isoenzimas) y su relación con el transporte de N en la planta significa un aporte de relevancia al conocimiento del metabolismo del N en trigo. Este conocimiento proporcionará una nueva herramienta para el mejoramiento de la eficiencia en el uso del N por parte del cultivo.

En las investigaciones referentes a la regulación del trans-

porte de N desde los órganos fuente (hojas) a los órganos destino (granos, por ejemplo), pudimos observar que los aminoácidos destinados al transporte por floema en las plantas jóvenes de trigo cultivadas bajo un adecuado suministro lumínico y de N provendrían del N recientemente asimilado. En cambio, en situaciones de estrés (por ej. déficit de N o falta de luz), serían los aminoácidos almacenados previamente en las hojas los que se movilizarían por el floema (Caputo y Barneix, 1997 y 1999). Por otro lado, la concentración de la mayoría de los aminoácidos encontrados en el floema es proporcional a su concentración en las hojas. Sin embargo, algunos aminoácidos resultan favorecidos mientras que otros son discriminados a la hora de ser conducidos por el sistema de conducción, sugiriendo la existencia de al menos un paso de regulación en el proceso de removilización del N en la planta (Caputo y Barneix, 1997, Caputo et al., 2001)

Materiales y Métodos

Trabajamos con plantas de trigo (*Triticum aestivum* L. var. Pro INTA Isla Verde) que sembramos en macetas con vermiculita y regamos con solución nutritiva suplementada con 10 mM KNO_3 . Las plantas fueron cultivadas en cámara de cultivo a 25°C, con un fotoperíodo de 16 h luz y una densidad de flujo de fotones de 300 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Cuando la tercer hoja estuvo completamente expandida (15 días), las plantas fueron sometidas por 48 hs a los siguientes tratamientos: **Control**, continuaron bajo las mismas condiciones nutritivas; **N-**, plantas regadas con solución nutritiva carente de fuente de N; **BAP**, plantas suplementadas con 20 μM BAP (hormona sintética, 6-bencilaminopurina) en la solución nutritiva; **MSX**, plantas rociadas con 5 $\mu\text{mol MSX/maceta}$ (un inhibidor de la enzima GS, metionina sulfoximida); **N-/MSX**, plantas privadas de N y rociadas con 5 $\mu\text{mol MSX/maceta}$ o **BAP/MSX**, plantas suplementadas con 20 μM BAP y rociadas con 5 $\mu\text{mol MSX/maceta}$. En otro ensayo, las plantas de 15 días fueron rociadas con diferentes dosis del inhibidor de GS (0, 1, 5 o 10 $\mu\text{mol MSX/maceta}$). El rociado del inhibidor se realizó 24 hs antes del muestreo en todos los casos. Se tomaron muestras de los tejidos vegetales y de los exudados floemáticos (por la técnica del EDTA). Se determinó la concentración de aminoácidos totales por el método de la Ninhidrina; la actividad enzimática de GS (según Nesselhut y Harnischfeger, 1991) y la abundancia relativa de la isoenzima GS1 por inmunodetección utilizando anticuerpos específicos. Los resultados fueron analizados mediante un ANOVA y las comparaciones entre las medias

(5 repeticiones cada una) se realizaron por el método de Scheffé. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa Statistica R.

Resultados y discusión

Cuando las plantas son sometidas a cambios en sus condiciones de crecimiento, reaccionan modificando una variedad de parámetros. Nosotros observamos que al someterlas tanto a una deficiencia de N como al agregado de BAP, se producía una disminución en la cantidad de aminoácidos transportados por el floema y un aumento en la abundancia de la enzima glutamina sintetasa 1 (GS1) (Tabla 1). Entre estos dos parámetros se encontró una fuerte correlación (Figura 1), sugiriendo la participación de esta enzima en el mecanismo de regulación de la cantidad de N que viaja por el floema en las plantas de trigo. A partir de estos resultados se decidió estudiar si era posible regular el transporte de aminoácidos por el floema produciendo cambios en la actividad de GS. Para esto se rociaron las plantas con diferentes dosis de un inhibidor de esta enzima (MSX). Con este ensayo observamos que cuanto menor era la actividad de la enzima GS, mayor era la concentración

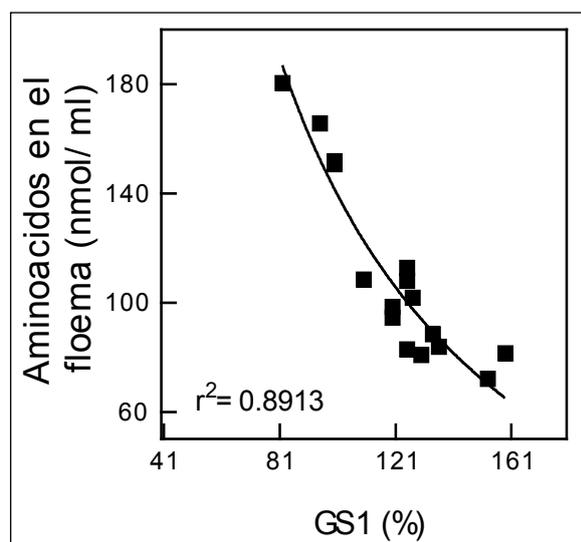


Figura 1. Correlación entre la concentración de aminoácidos en el floema y la abundancia de la enzima GS1. Cada punto representa una muestra individual analizada en la tabla 1. El r^2 indica la bondad de ajuste de la regresión que utiliza como ecuación al inverso de X.

de aminoácidos movilizados al floema (Figura 2). También observamos que cuando se trató con MSX a las plantas sometidas a deficiencia de N o al agregado de BAP, la cantidad de aminoácidos transportados por el floema no se encontraba inhibida (Tabla 1). Esto estaría indicando que los cambios en el transporte de aminoácidos por floema

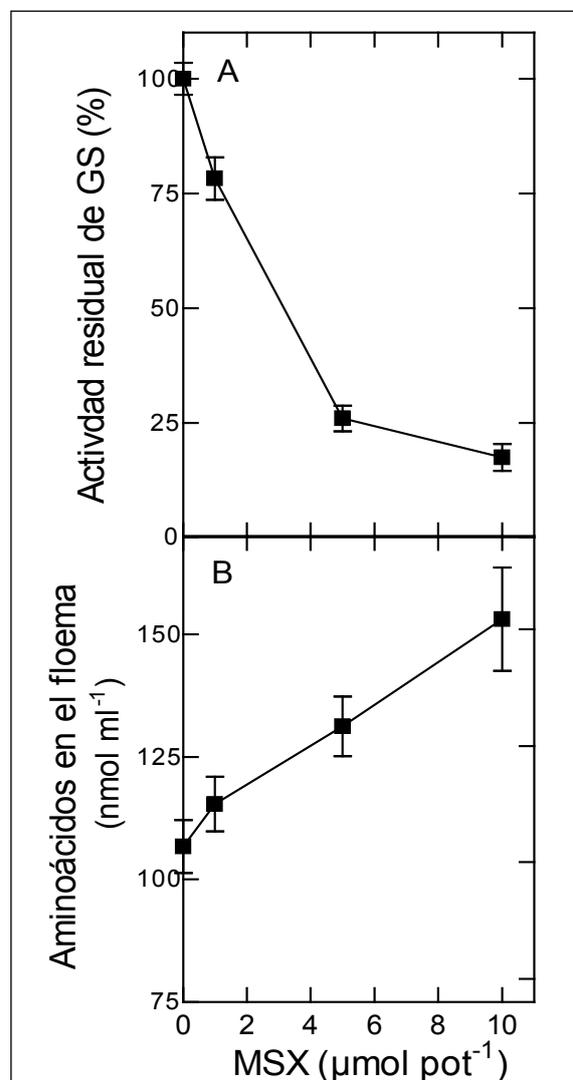


Figura 2. Variación de la actividad enzimática total de GS y de la tasa de pasaje de aminoácidos al floema en función de diferentes dosis del inhibidor de la enzima. Cada valor es la media \pm error estándar de 5 repeticiones.

Tabla 1: Variación de la actividad enzimática total de GS, la abundancia relativa de la isoenzima GS1 y la tasa de pasaje de aminoácidos al floema en función de diferentes condiciones de cultivo. Distintas letras indican diferencias significativas entre las medias ($p < 0.05$).

Tratamientos	Actividad GS		Expresión GS1		Aminoácidos en floema	
	(%)		(%)		(nmol ml ⁻¹)	
Control	100	A	100	C	172.5	B
N-	79.9	B	126	B	112.2	C
BAP	102.2	A	172	A	126.4	C
MSX	32.5	C	ND		213.3	A
N-/MSX	29.8	C	ND		175.1	B
BAP/MSX	23.6	C	ND		226	A

ocurridos en las plantas con deficiencia de N o suplemento de BAP se encuentran regulados por el cambio de actividad de la enzima GS1.

El aumento de la actividad de la enzima GS1 trae aparejado un incremento de la concentración del aminoácido glutamina y una disminución de glutamato, lo que altera el balance entre ellos dentro de la hoja (datos no mostrados). El glutamato es el aminoácido más abundante en el floema de las plantas de trigo en el estado vegetativo (Caputo y Barneix, 1997), mientras que la glutamina es el aminoácido que predomina durante la etapa de llenado del grano (Simpson y Dalling, 1981). En conjunto, estos conocimientos nos llevan a sugerir que la enzima GS1 actuaría como represora del transporte de compuestos nitrogenados en la etapa vegetativa, y contrariamente como promotora en la reproductiva. Este efecto promotor tendría una consecuencia positiva en la acumulación de proteínas en el grano. De hecho, estudios sobre el comportamiento de plantas de trigo transgénicas que presentan una mayor actividad de GS1 en hojas mostraron una mayor capacidad para acumular N en el grano que cultivares tradicionales (Habash et al., 2001).

Conclusión

El estudio de la acción de la enzima glutamina sintetasa 1 (GS1) permite avanzar en el conocimiento de los factores internos y externos que afectan la dinámica del N y el contenido de proteínas en el grano de trigo, e incluye a la manipulación de esta enzima como una nueva herramienta para aumentar la removilización del N en el cultivo de trigo.

Bibliografía

- Bernard, S.M. y D.Z. Habash.** 2009. The importance of cytosolic glutamine synthetase in nitrogen assimilation and recycling. *New Phytology* 182:608-620.
- Caputo, C. y A.J. Barneix.** 1997. Export of amino acids to the phloem in relation to N supply in wheat. *Physiologia Plantarum* 101: 853-860.
- Caputo, C. y A.J. Barneix.** 1999. The relationship between sugar and amino acid export to the phloem in young wheat plants. *Annals of Botany* 84: 33-38.
- Caputo, C., N. Fatta y A.J. Barneix.** 2001. The amino acid export to the phloem is altered in wheat plants lacking the short arm of chromosome 7B. *Journal of Experimental Botany* 52(362): 1-8.
- Feller, U. y A.M. Fischer.** 1994. Nitrogen metabolism in senescing leaves. *Critical Review of Plant Science* 3:241-273.
- Habash, D.Z., A.J. Massiah, H.L. Rong, R.M. Wallsgrove y R. Leigh.** 2001. The role of cytosolic glutamine synthetase in wheat. *Annals of Applied Biology* 138: 83-89.
- Hirel, B. y P.J. Lea.** 2001. Ammonium assimilation. En: P.J. Lea, J.F. Morot-Gaudry (Eds.), *Plant Nitrogen*, INRA Springer-Verlag Inc., Berlin, 2001, pp. 79-99.
- Mifflin, B.J. y D.Z. Habash.** 2002. The role of glutamine synthetase and glutamate dehydrogenase in nitrogen assimilation and possibilities for improvement in the nitrogen utilization of crops. *Journal of Experimental Botany* 53:979-987.
- Nesselhut, T. y G. Harnischfeger.** 1981. Characterization of glutamine synthetase from *Beta vulgaris*. *Physiologia Plantarum* 51: 329-334
- Simpson, R.J. y M.J. Dalling.** 1981. Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Planta* 151:447-456. ■

CONGRESOS, CURSOS Y SIMPOSIOS

Esta sección presenta eventos futuros en el ámbito regional e internacional que pueden ser de interés para los lectores

1

Soil organic matters - Reunión de Materia Orgánica Rothamsted Research

Lugar y fecha: Harpenden, Inglaterra, Reino Unido. 23-25 Junio 2009.

Información: <http://www.rothamsted.ac.uk/bbsrc/Research/SoilOrganicMatters/>

VII Reunión Científico Técnica de Biología del Suelo y Fijación Biológica del Nitrógeno (REBIOS 2009)

Lugar y fecha: Centro Cultural Eugenio Flavio Virla (Universidad Nacional de Tucumán), San Miguel de Tucumán, Argentina. 1-3 Julio 2009.

Información: chbellone@yahoo.com.ar

XI Simposio Internacional de Análisis de Suelos y Plantas

Lugar y fecha: Santa Rosa, California, EE.UU. 20-24 Julio 2009.

Información: <http://www.isspa2009.com>

XVII Congreso Nacional de AAPRESID

Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe. 18-21 Agosto 2009.

Información: www.aapresid.org.ar

Congreso Chileno de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: Chillan, Chile. 24-26 Agosto 2009

Información: www.schcs.cl/

Simposio Nacional de Agricultura

Lugar y fecha: Paysandú, Uruguay. 17-18 Septiembre 2009

Información: Estación Experimental "Dr.Mario A.Cassinoni" (FAGRO) - www.eemac.edu.uy

XIII Congreso Forestal Mundial 2009

Lugar y fecha: Buenos Aires, Argentina. 18-25 Octubre 2009.

Información: www.cfm2009.org

XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: San José, Costa Rica. 16-20 Noviembre 2009.

Información: www.clacs2009.com

VI Congreso Internacional de Ingeniería Agrícola - CIACH 2010

Lugar y fecha: Chillan, Chile. 11-13 Enero 2010.

Información: www.udec.cl/ciach - ciach@udec.cl

XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo

"El Suelo, Pilar de la Agroindustria en la Pampa Argentina"

Lugar y fecha: Rosario, Santa Fe. 31 Mayo - 4 Junio 2010.

Información: www.suelos.org.ar

XIX Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo

Lugar y fecha: Brisbane, Australia. 1-6 Agosto 2010.

Información: www.19wcsc.org.au

PUBLICACIONES DE IPNI

Las siguientes publicaciones se encuentran disponibles con un costo nominal



Título de la Publicación (Vea el catálogo completo de publicaciones de IPNI en www.ipni.net/lasc)	Costo U\$S	Costo \$ arg.
NUEVO. Manual de manejo del cultivo de soja. Aborda temáticas de fenología, manejo, nutrición y fertilidad, malezas, enfermedades y plagas del cultivo.	16	60
NUEVO. Simposio Fertilidad 2009. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2009.	16	60
Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Este libro, editado por INTA (Argentina) con la colaboración de IPNI, contiene los principios y conceptos fundamentales de la fertilidad de suelos y del manejo de fertilización para numerosos cultivos.	14	50
Simposio Fertilidad 2007. Actas del Simposio organizado por IPNI y Fertilizar en Rosario en Mayo de 2007.	8	30
La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe: Resultados y conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. Resumen y discusión de los principales resultados obtenidos en la Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe (Argentina).	3	10
Nutrición y fertilización potásica en frutales y vides. Publicación de INIA La Platina (Chile) que discute los principales aspectos del manejo de potasio en frutales y vides, con énfasis en la situación del centro de Chile.	16	60
Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdeos en la región pampeana argentina. (Nueva edición en CD).	3	12
Simposio Fertilidad 2005. Nutrición, Producción y Ambiente. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2005.	4	15
Síntomas de deficiencias nutricionales de trigo, maíz y soja. Set de tres posters que muestran y describen los síntomas de deficiencia de nutrientes en los tres cultivos.	4	15
Como se desarrolla una planta de soja. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	4	15
Como se desarrolla una planta de maíz. Edición en español de la guía fenológica y de manejo publicada por Iowa State University.	4	15
Simposio Fertilidad 2004. Fertilidad de Suelos para una Agricultura Sustentable. Actas del Simposio organizado por INPOFOS y Fertilizar en Rosario en Abril de 2004.	4	15
Simposio El Fósforo en la Agricultura Argentina. Actas del Simposio efectuado en Rosario en Mayo de 2003 (98 pág.)	4	15
Fertilidad 2002. Trabajos presentados en la Cuarta Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Rosario (Argentina) en Mayo de 2002.	2	7.5
Fertilidad 2001. Trabajos presentados en la Tercera Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Julio de 2001.	2	7.5
Fertilidad 2000. Trabajos presentados en la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales realizada en Abril de 2000.	2	7.5
Manual de Fertilidad de Suelos. Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes.	12	45

Formas de pago de publicaciones

Argentina

- Giro Postal o Telegráfico, a través de Correo Argentino o Envío de dinero a través de Western Union.

Los datos para realizar su envío son los siguientes:

DESTINATARIO: Sra. Laura Nélica Pisauri - DNI: 17.278.707

DIRECCION: Av. Santa Fe 910 (B1641ABO) Acassuso – Buenos Aires – Argentina

AGENCIA DE CORREOS DE DESTINO: Sucursal Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

- Depósito Bancario en Banco Galicia, Cta.Cte. N° 3856/4 053/5 Sucursal Olivos a nombre de INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE.

- Transferencia Bancaria a INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Banco Galicia, Suc. Olivos, Cta.Cte. N° 3856/4 053/5, CBU 007005352000003856451 CUIT 30-70175611-4.

Solicitamos nos haga saber por teléfono, fax o e-mail, la opción elegida y nos envíe los datos para acreditar su pago (No.de giro y fecha, o datos de depósito o transferencia bancaria).

Otros Países

Envío de dinero a través de Western Union, según instrucciones para el envío indicadas más arriba.

Para adquirir las publicaciones de IPNI Cono Sur:

1. Además del costo de la/s publicaciones, deberá tener en cuenta los gastos de envío, que son variables de acuerdo al peso en gramos (g): hasta 100 g (equivale a 1 publicación) \$ 5.-; entre 100 - 500 g (equivalen a 3/5 publicaciones) \$ 15.00; entre 500 - 1000 g \$ 30; y de 1000-2000 g \$ 50.00.

2. Deberá enviarnos el comprobante de pago a nuestra oficina de IPNI Cono Sur por Fax: 011-4798-9939 o por mail a Lpisauri@ipni.net

3. Indicar si solicita Factura A ó B, a nombre de quien extenderla, dirección completa y CUIT.

Ante cualquier consulta enviar mail a: Lpisauri@ipni.net o llame al (54 - 011) 4798 9939

NUEVA PUBLICACIÓN DE IPNI CONO SUR

MANUAL DE MANEJO DEL CULTIVO DE SOJA



El manual de manejo del cultivo de soja aborda las temáticas de fenología, manejo, nutrición y fertilidad, malezas, enfermedades y plagas del cultivo. Profesionales de reconocida trayectoria tales como Juan C. Papa (EEA INTA Oliveros, Santa Fe, Argentina), Marcelo Carmona y colaboradores (Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires), Daniel Igarzabal y colaboradores (Liderlab, Córdoba, Argentina), Hector Baigorri (Planeta Soja), y Fernando O. Garcia e Ignacio A. Ciampitti (IPNI Cono Sur), presentan y discuten los principales aspectos de estas temáticas. El manual consta de 150 páginas en seis capítulos y un anexo de 42 páginas con información útil para el manejo del cultivo, plagas, malezas, enfermedades, nutrición de cultivos y fertilidad de suelos en general.

**El costo del manual es de \$60.- (sesenta pesos)
más gastos de envío de \$16.- (dieciseis pesos)
Total del pago \$76.- (setenta y seis pesos)**

Para adquirirlo, comuníquese con la Sra. Laura Pisauri a Lpisauri@ipni.net o al (011) 4798-9939



Ver Formas de Pago en pagina 27.

Suscripción



www.ipni.net/lasc

Si Ud. desea recibir Informaciones Agronómicas del Cono Sur, por favor complete el cupón y envíelo por correo, fax o correo electrónico a:

IPNI Cono Sur, Av. Santa Fe 910, (B1641ABO) Acassuso, Argentina

Tel./Fax: (54) 011-4798-9939 Correo Electrónico: Lpisauri@ipni.net

Nombre y Apellido:

Institución o Empresa:

Actividad principal:

Calle: Nro.: C.Postal:

Localidad: Provincia:

E-mail: Teléfono:

¡MUCHAS GRACIAS!