

CONSIDERACIONES SOBRE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE TRIGO EN LA REGIÓN CENTRAL DE SANTA FE.

*Fontanetto, Hugo¹; Hugo Vivas¹, Oscar Keller¹,
Ricardo Albrecht³, Laura Gastaldi² y Horacio Castignani².*

- (1) Profesionales del Área de Investigación en Producción Vegetal, INTA EEA Rafaela.
(2) Profesionales del Grupo de Economía Agraria. INTA EEA Rafaela.
(3) Profesional del Área de Desarrollo Rural. INTA EEA Rafaela.

Los suelos de la zona central de Santa Fe tienen particularidades diferentes en cuanto a su fertilidad química y al comparar la región occidental con la oriental (Figura 1) se pueden apreciar los diferentes niveles de materia orgánica (MO) y de fósforo extractable del suelo (P, Bray I), que son

juntamente con el nitrógeno (N) y el azufre (S), los principales limitantes de la producción en la zona mencionada (Laboratorio de análisis químicos de suelos de la EEA Rafaela).

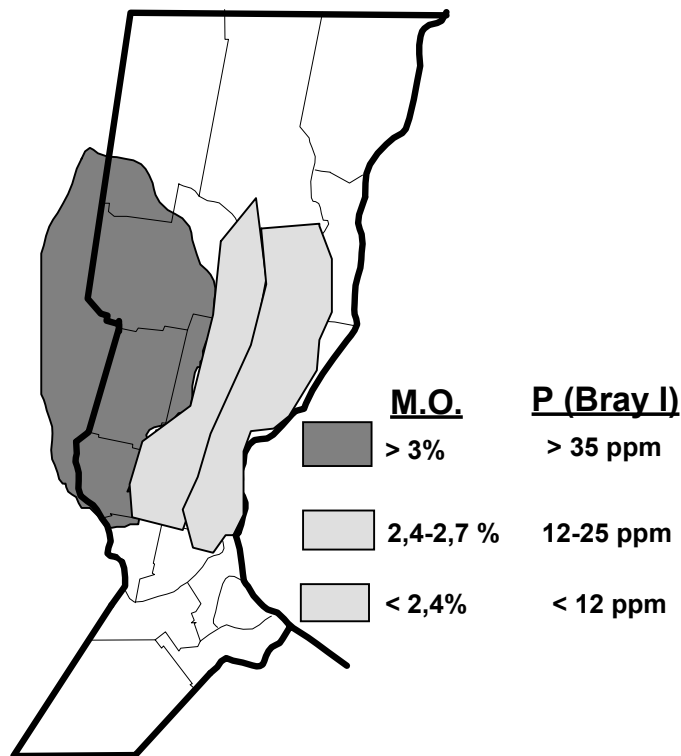


Figura 1. Tenores de materia orgánica (MO) y de P extractable en el suelo (0-20 cm) para el área central de la provincia de Santa Fe.

El área lindante con el río Paraná de aproximadamente 30 km de ancho que limita al norte con el Departamento General Obligado y al sur con el Departamento Rosario, presenta niveles deficientes a muy deficientes de MO y P extractable del suelo y además niveles de nitrógeno orgánico total (Nt) inferiores a 0,120 %. Las deficiencias de P fueron informadas por diversos investigadores (Vivas, 1996 ; Vivas y Fontanetto, 2000 ; Fontanetto et al, 2000 ; Albrecht et al, 2000), como asimismo la importante respuesta al

agregado de azufre (S) en cultivos agrícolas y pasturas (García et al, 2001; Albrecht et al, 2002; Vivas et al, 2002; Fontanetto et al, 2002).

En cambio la zona occidental presenta valores de MO y de P superiores a 3,0 % y a 35 ppm, respectivamente, por lo que hasta el presente tiene mayor fertilidad química en estos aspectos. Los dos nutrientes más limitantes de la producción son el N y el S. A pesar de lo mencionado, en esta área se produjo también un descenso marcado de los niveles de la MO y del Nt en todos los suelos

debido en parte al excesivo laboreo efectuado en los últimos 50 años, a la intensificación productiva, a la falta de rotaciones de cultivos y a una reposición escasa o nula de nutrientes.

Lo comentado se detalla en el Cuadro 1, donde se aprecian los resultados obtenidos en el INTA Rafaela (adaptados de Fontanetto y Keller, 2001) evaluando diferentes sistemas de labranzas y secuencias.

Cuadro 1. Niveles de MO, Nt, P extractable, pH, Ca y Mg intercambiables del suelo superficial (0-20 cm), evaluados al comienzo y luego de 12 años de agricultura continua con dos sistemas de labranzas y secuencias diferentes (Trigo/Soja-Maíz: T/S- M y Trigo/Soja: T/S).

Secuencia	Labranza	M.O	Nt	P extractable	pH	Ca	Mg
		----- (%) -----	-- (ppm) --		---	---	
Situación Inicial		4,72	0,172	54,8	6,2	10,2	1,6
T/S – M	SD	3,49	0,156	43,3	5,8	9,1	1,1
	LR	2,73	0,118	42,0	5,8	9,0	1,2
T/S	SD	3,36	0,153	38,6	5,8	8,7	1,1
	LR	2,62	0,108	40,8	5,8	8,7	1,0

SD: Siembra Directa; **LR:** Labranza Reducida (Rastra de Discos).

Del análisis del Cuadro 1 puede apreciarse la pérdida de fertilidad química del suelo con 12 años de agricultura, siendo más acentuada con LR que con SD. Con relación al pH, al P disponible y al Mg, se detectó un descenso de los mismos respecto a los niveles iniciales, el que fue similar con todos los tratamientos evaluados. Respecto al Ca, la secuencia T/S produjo mayores extracciones que T/S-M, posiblemente debido a la mayor frecuencia de soja.

Los resultados muestran el marcado descenso del Nt (11 y 35 % para SD y LR, respectivamente) y de la MO (28 y 44% para SD y LR, respectivamente), aún con la SD, indicando que los niveles de nitrógeno de nitratos (N-NO₃⁻) y los de azufre de sulfatos (S-SO₄⁻) que el suelo aporta para la nutrición de los cultivos, podrán ser menores especialmente para las gramíneas como el trigo.

El objetivo de este informe es considerar algunos aspectos relacionados con la fertilización nitrogenada del trigo en la región central de la provincia de Santa Fe, asumiendo niveles no limitantes para el P y el S.

1.- Agua útil disponible a la siembra.

En la región central de Santa Fe, al igual que en el resto de la región pampeana, la mayor parte de los cultivos agrícolas, entre ellos el trigo, se instalan mediante el sistema de siembra directa. Esto significa que la siembra se realiza con rastrojos en superficie y donde las condiciones físicas del suelo sufren mínimas alteraciones. Por tratarse de sistemas productivos de secano, el clima y en particular el factor hídrico constituyen el principal condicionante de los rendimientos. Posteriormente el factor nutricional toma relevancia pero con dependencia de un conjunto de nutrientes.

Como este cultivo desarrolla su ciclo durante el período del año (mayo-noviembre) en que las lluvias son las más escasas, lo esencial es determinar la cantidad de agua útil almacenada en el suelo hasta 1 metro de profundidad, ya que con esa información más las precipitaciones durante el macollaje se pueden predecir con relativa exactitud los rendimientos posibles; Cuadro 2).

Cuadro 2. Estimación de los rendimientos posibles en trigo para el área central de la provincia de Santa Fe en relación al agua útil almacenada en el suelo hasta 1 m de profundidad, más la precipitación durante el macollaje (Villar, 2000).

Agua Util hasta 1 m de profundidad. ------(mm)-----	Lluvias ocurridas desde junio hasta agosto		
	Media histórica: 75 mm (Rend. posibles - kg/ha)= -704 + 16,9*(Agua útil +lluvias junio-agosto)	+ del 25 %	- del 25 %
50	1.409	1.730	1.087
100	2.254	2.575	1.932
150	3.099	3.420	2.777
200	3.944	4.265	3.622

Luego de la estimación de los rendimientos posibles (Cuadro 2), se puede realizar el cálculo de la demanda de nutrimentos para alcanzar dichas

producciones mediante el uso de tablas como la que figura a continuación.

Cuadro 3. Requerimientos de seis nutrimentos (absorción total y extracción en grano) por cada tonelada de trigo (adaptado de García et al, 2001).

Nutriente	Trigo 1.000 kg/ha	
	Necesidad ¹	Extracción ²
Nitrógeno	30	20
Fósforo	5	3,7
Potasio	20	3,3
Calcio	3	0,3
Magnesio	3	1,7
Azufre	5	1,0

¹ Necesidad indica la cantidad total de nutriente absorbido.

² Extracción indica la cantidad total de nutriente exportada en grano.

2.- Dinámica del N en el sistema suelo-planta.

Cuando se utilizaba el sistema de labranza convencional las variaciones de N-NO₃⁻ al momento de la siembra eran muy altas dependiendo del cultivo antecesor, de la longitud del barbecho y del número de labores para el control de las malezas. Actualmente, con el sistema de siembra directa, no se observan tantas variaciones y en general, en los suelos franco limosos del centro de Santa Fe, el contenido de N-NO₃⁻ en la capa superficial, independientemente del cultivo antecesor, es inferior ó alrededor de 10 ppm,

indicando la necesidad de fertilizar puesto que corresponde a un valor menor a los 17-20 ppm considerado como bien provisto para trigo.

La importancia del N en la producción de trigo genera la necesidad de determinar la probabilidad de respuesta a la fertilización a partir de la disponibilidad de N en suelo y/o en la planta y el requerimiento previsto para un determinado nivel de rendimiento. La evolución del N en el sistema suelo-planta para la región central de Santa Fe sigue el esquema presentado en la Figura 2.

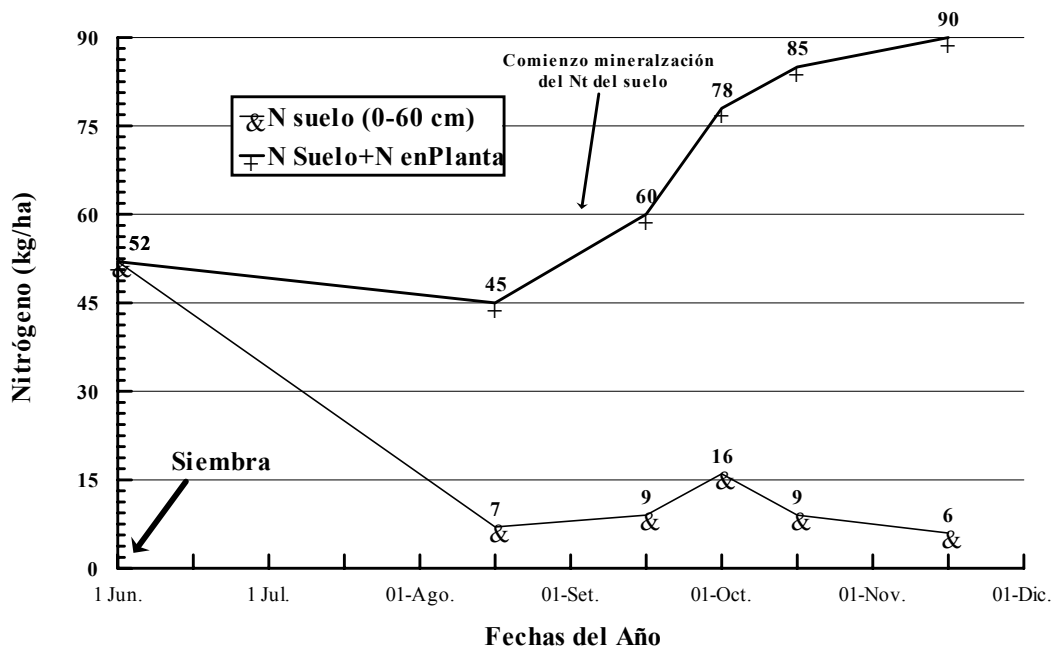


Figura 2. Evolución del N en el sistema suelo-planta para un cultivo de trigo en siembra directa en el área de la EEA Rafaela (promedio de 3 campañas: 2001/02, 2002/03 y 2003/04).

En el gráfico anterior se aprecia que el N disponible en el suelo va disminuyendo progresivamente desde la siembra y hasta el comienzo de la espigazón (fines de agosto-principios de setiembre), momento en que se registra un aumento del mismo debido al comienzo de la mineralización del Nt del suelo a una tasa significativa y que hasta ese momento no se producía debido a condiciones desfavorables de temperatura y humedad edáfica.

De acuerdo a la evolución del N en el sistema suelo-planta, la práctica de fertilización nitrogenada se debe realizar en el período comprendido entre preemergencia y pleno macollaje.

3.- Fertilidad nitrogenada potencial del suelo.

La fertilidad nitrogenada potencial de un suelo es aquella debida a la cantidad de nitrógeno orgánico que posee y que puede mineralizarse y pasar a $N-NO_3^-$ para que el cultivo lo absorba a través del flujo masal. A mayor cantidad de materia orgánica del suelo, mayor es la fertilidad nitrogenada potencial, puesto que el mismo poseerá mayor cantidad de sustrato (Nt) que puede mineralizarse.

Cuanto mayor es la cantidad de Nt de un lote, mayores serán los rendimientos del trigo pero a su vez menor será la respuesta al agregado de fertilizantes nitrogenados. Esto se puede apreciar en la Figura 3.

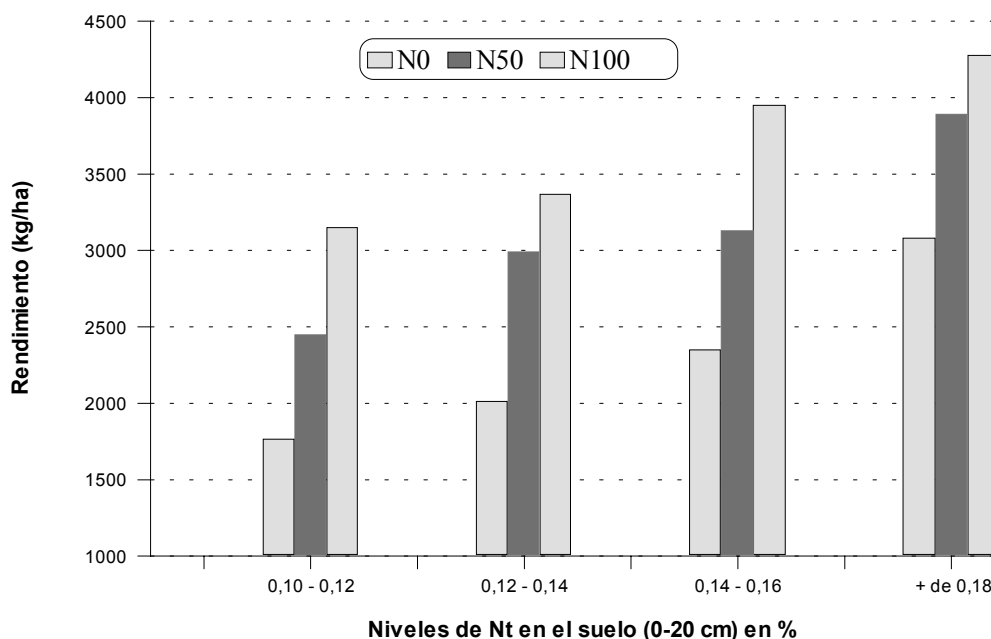


Figura 3. Niveles de Nt del suelo y rendimiento en grano del trigo en siembra directa con diferentes dosis de N aplicadas a la siembra (promedio de 3 campañas: 1999/00, 2000/01 y 2001/02).

En la Figura 3 se observa la asociación positiva entre el Nt y los rendimientos del trigo, especialmente los del tratamiento testigo (N0), pero asimismo se obtienen los menores incrementos del rendimiento con las mayores dosis de N (N100) a medida que el Nt es más alto.

4.- Cultivo Antecesor

El cultivo antecesor tiene una marcada influencia sobre los rendimientos del trigo y sobre la respuesta del mismo a la fertilización nitrogenada

El efecto se debe a la duración del período de barbecho (período de tiempo entre la cosecha del cultivo antecesor y la siembra del trigo) y a su influencia sobre la cantidad de agua almacenada en el suelo y de los $N-NO_3^-$ logrados a la siembra del trigo.

En la Figura 4 se observa la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada con diferentes cultivos antecesores.

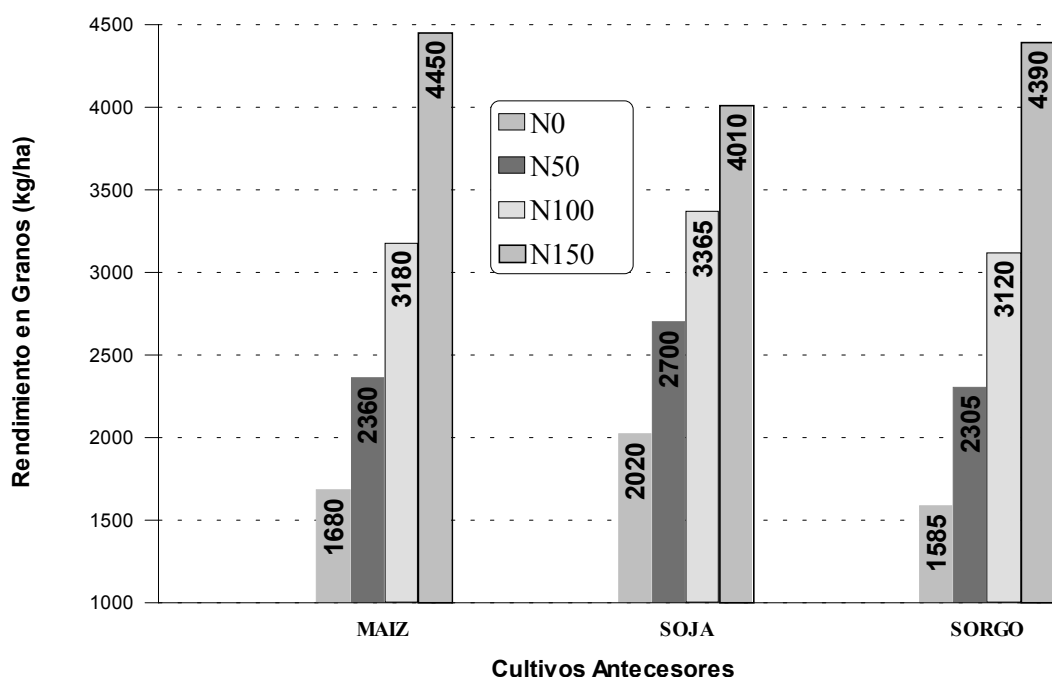


Figura 4. Respuesta del trigo a diferentes dosis de N con distintos cultivos antecesores

Sin el agregado de N, los mayores rendimientos se obtuvieron con el antecesor soja y los menores con el sorgo, debido a la gran fertilidad nitrogenada actual que provoca el primer cultivo. Con las dosis altas de N, las máximas producciones se lograron con el maíz y con el sorgo, por efecto de acumular más cantidad de agua en el suelo al momento de la siembra que provocaron estos cultivos.

5.- Modelos de diagnóstico y Recomendación.

En la región pampeana argentina se han desarrollado distintos métodos de diagnóstico para determinar las necesidades de fertilización nitrogenada del trigo:

- Balances de N simplificados:* a escala regional y/o zonal que incluyen la evaluación de niveles de N disponible en pre-siembra, la fertilidad potencial del suelo (niveles de nitrógeno total: Nt), el manejo previo del lote, las precipitaciones y el rendimiento objetivo (Sbaraglia, 1988; Loewy, 1990; Gambaudo y Fontanetto, 1994; Berardo, 1994; Salvagiotti et al, 2002).

- Evaluación de N disponible en pre-siembra:* en la zona sudeste se determinaron umbrales de 110-130 kg/ha de N disponible ($N-NO_3^-$ del suelo + N fertilizante) a la siembra para alcanzar rendimientos de 4000-5000 kg/ha (González Montaner et al, 1991; García et al, 1998). Para la zona sur de Santa Fe, se ha reportado un umbral de 70 kg/ha de N disponible a la siembra (González Montaner et al, 1997) y necesidades de absorción de 140 kg/ha de N para producciones de 5.000 kg/ha (Salvagiotti et al, 2002).

- Análisis de plantas:* presentan la ventaja, sobre los análisis de suelo, de integrar los efectos de factores meteorológicos y edáficos sobre el estado nutricional del cultivo. González Montaner et al, (1987) reportan un umbral crítico de 1200 mg NO_3^- /l en “jugo” de tallos al macollaje del cultivo. Vigliezzi et al, (1996) encontraron umbrales de 4,47 g $N-NO_3^-$ kg^{-1} y 1.25 g $N-NO_3^-$ kg^{-1} enseudotallos de trigo (base muestra seca) para los estados de “doble arruga” y espiguilla terminal, respectivamente.

Estas diferencias indican la importancia de la determinación del estado fenológico del

cultivo para la utilización de este análisis.

Estimación del rendimiento de trigo en base a información recolectada en la región.

En la zona centro-oeste de la provincia de Santa Fe las necesidades de N para diferentes niveles de rendimiento en granos del trigo se detalla en la Figura 5.

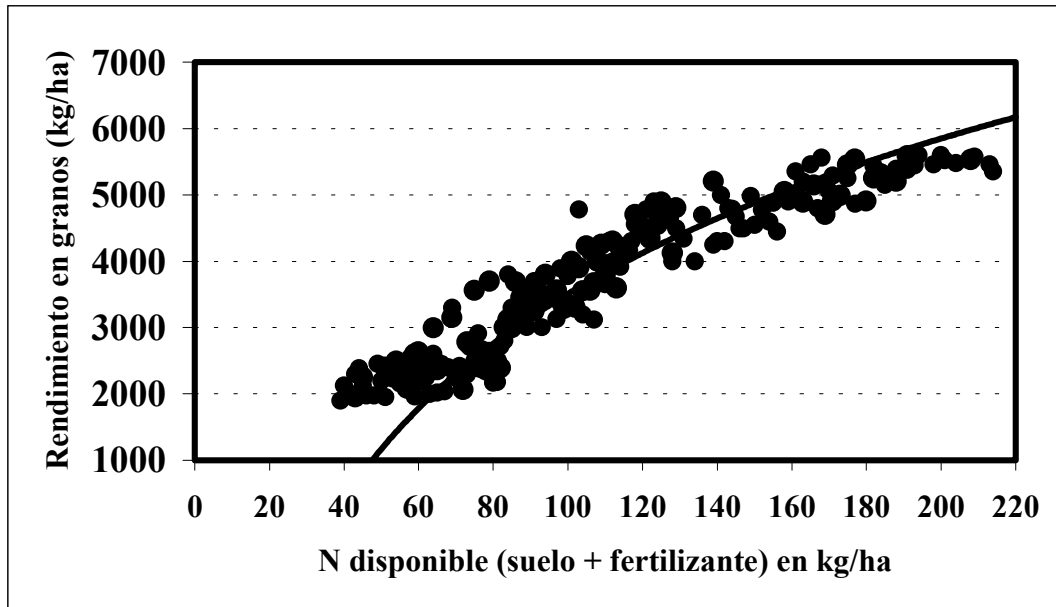


Figura 5. Rendimientos de trigo en función de la disponibilidad de N ($N-NO_3^-$ del suelo 0-60 cm + N del fertilizante) a la siembra (n: 200) en 10 ensayos de fertilización nitrogenada realizados en las campañas 2001, 2002 y 2003 en la zona centro-oeste de Santa Fe para cultivos bajo siembra directa.

Con respecto a los niveles de $N-NO_3^-$ en planta, en la Figura 6 se muestran los resultados obtenidos en la zona centro-oeste de Santa Fe.

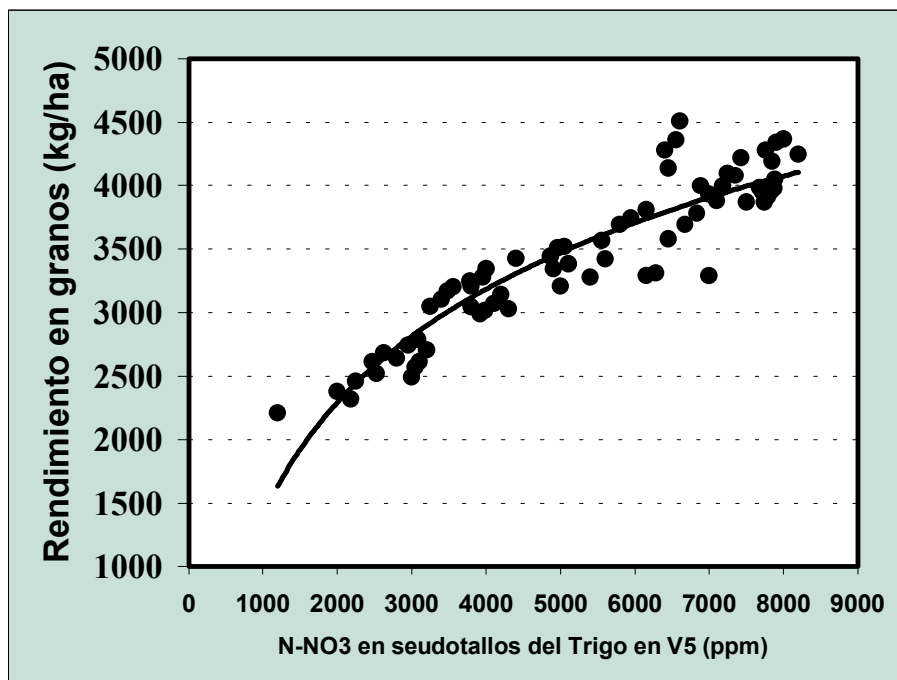


Figura 6. Niveles de nitratos ($N-NO_3^-$) en seudotallos de trigo en el estadio V5 y rendimientos en granos durante tres campañas agrícolas (2002/03, 2003/04 y 2004/05) en la región centro-oeste de Santa Fe.

Puede apreciarse una alta correlación entre los contenidos de $N-NO_3^-$ en seudotallos y los rendimientos del trigo, demostrando la necesidad de contar con más de 5.000 ppm para alcanzar

producciones superiores a los 3.500 kg/ha. En la Figura 7 se muestra la respuesta obtenida como resultado de la aplicación de N en relación al nivel de $N-NO_3^-$ hallado en seudotallos.

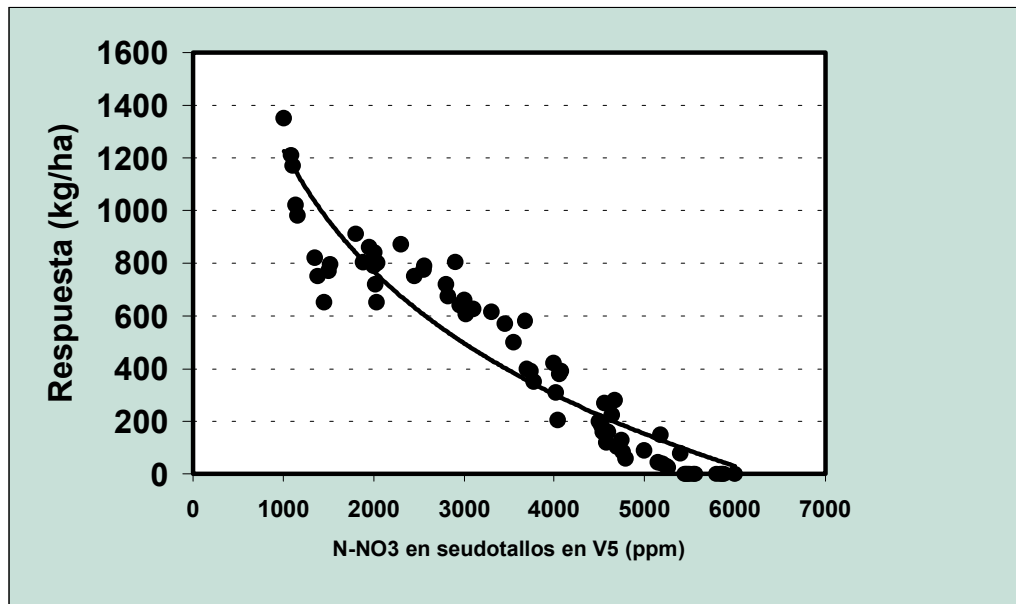


Figura 7. Niveles de nitratos ($N-NO_3^-$) en seudotallos de trigo en el estadio V5 y respuesta en granos respecto al testigo sin aplicación de N durante tres campañas agrícolas en la región centro-oeste de Santa Fe.

Se verificó un rango de 4.000 a 5.000 ppm de $N-NO_3^-$ en seudotallos en el que la respuesta es mínima (<300 kg) al agregado de N. Asimismo, contenidos menores a

3.000 ppm provocan respuestas a la fertilización nitrogenada superiores a los 500 kg/ha (Figura 7).

En la Figura 8 se presenta la relación entre los valores de eficiencia de la fertilización nitrogenada y los niveles de $N-NO_3^-$ en seudotallos.

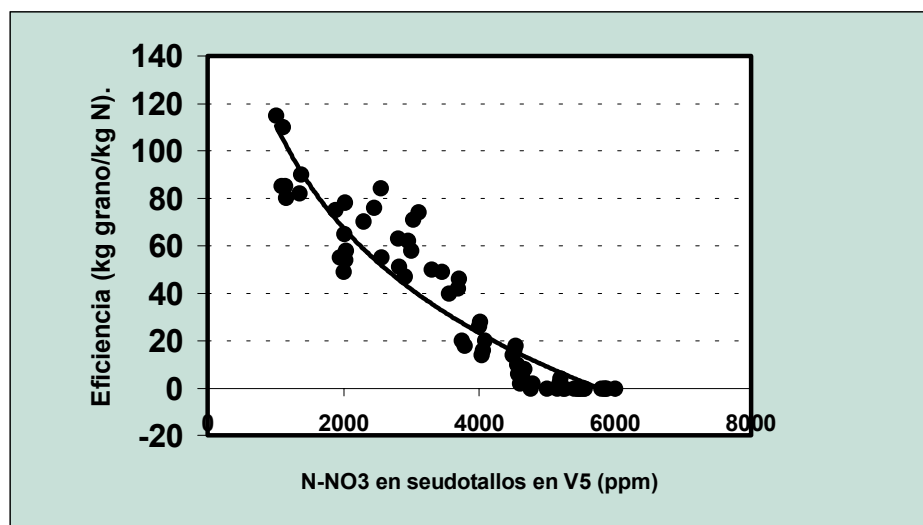


Figura 8. Niveles de nitratos ($N-NO_3^-$) en seudotallos de trigo en el estadio V5 y eficiencia de la fertilización (kg grano/kg de N) durante tres campañas agrícolas en la región centro-oeste de Santa Fe.

Los niveles de $N-NO_3^-$ en seudotallos inferiores a 4.000 ppm provocaron eficiencias de 20 a 110 kg de granos de trigo/kg de N aplicado, por lo que permiten anticipar respuestas seguras y altas eficiencias a la fertilización nitrogenada por debajo de los niveles mencionado y escasa o nula respuesta por encima de esos valores.

6.- Análisis Físico Económico de la Fertilización.

En ambientes del centro de Santa Fe la producción de trigo es muy variable, con dependencias importantes de la disponibilidad hídrica, de las condiciones nutricionales y de las enfermedades fúngicas. Con incidencia de roya y alguna restricción hídrica, aunque se utilice una buena fertilización N-P-S, solo pudieron lograrse rendimientos promedio de 2344 kg/ha (Años 2000, 2001 y 2002 en la Unidad Demostrativa Agrícola-UDA - de Bernardo de Irigoyen). En cambio, con similares condiciones de fertilidad, suficiencia de agua y sin enfermedades fúngicas fue posible

alcanzar rendimientos promedio de 3247 kg/ha (UDA 2003 y 2004).

En Bernardo de Irigoyen -datos promedio de dos campañas agrícolas 2003-04 y 2004-05- se realizó una experiencia con fertilización compuesta de N (0, 30, 60 y 90 kg/ha), P (0, 15 y 30 kg/ha) y S (0, 15 y 30 kg/ha) en condiciones de buena distribución hídrica y sin influencia de enfermedades fúngicas. La práctica permitió alcanzar rendimientos de trigo superiores a 3500 kg/ha. Para los años 2003 y 2004, la materia orgánica (MO) del suelo fue 2,72% y 2,77%, el nitrógeno de nitratos ($N-NO_3^-$) 4,9 ppm y 10,8 ppm y el P extractable 17,9 ppm y 9,7 ppm, respectivamente.

En estas condiciones se obtuvieron respuestas significativas a los factores N, P y S ($Pr < 0,05$), interacción significativa de $P \times S$ ($Pr < 0,05$) e interacción no significativa $N \times P \times S$ y $N \times S$ ($Pr > 0,05$). La información permitió evaluar la producción de trigo con dosis crecientes de N cuyos resultados se observan en la Figura 9.

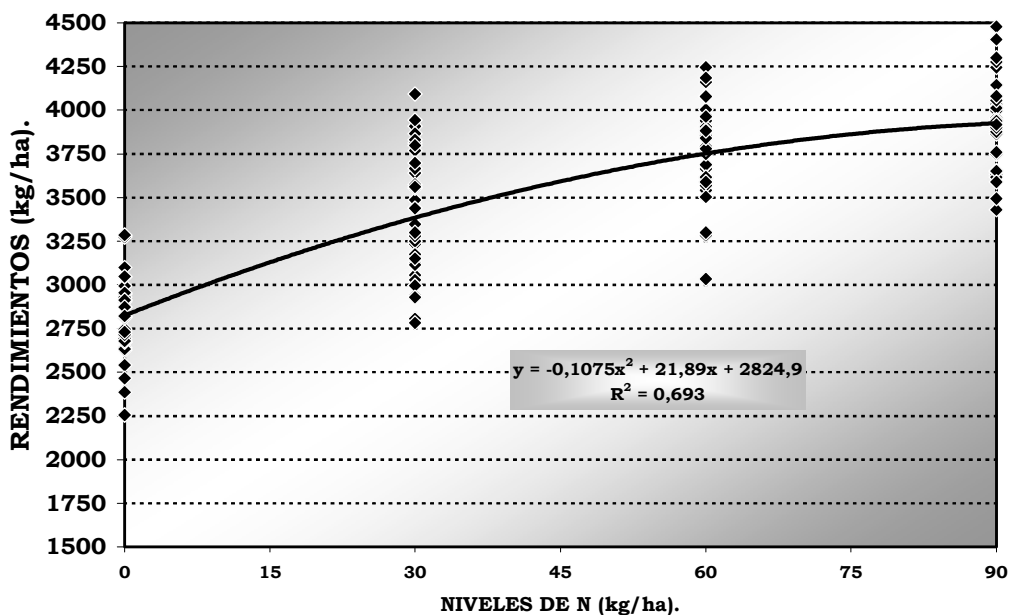


Figura 9. Producción de trigo con dosis crecientes de nitrógeno, promedio de dos campañas agrícolas. Bernardo de Irigoyen, 2003 y 2004.

La gran respuesta a N se relacionó con el bajo valor de $N-NO_3^-$ al momento de la siembra en las dos campañas que fue bastante inferior al nivel deseable (17 ppm). La respuesta del rendimiento fue de tipo cuadrática donde el máximo de

producción teórica alcanzado hubiera sido de 3939 kg/ha con la dosis 101,4 kg/ha de N que estuvo fuera del rango experimental de 90 kg/ha. Los incrementos marginales fueron decrecientes y se aprecian en el Figura 10.

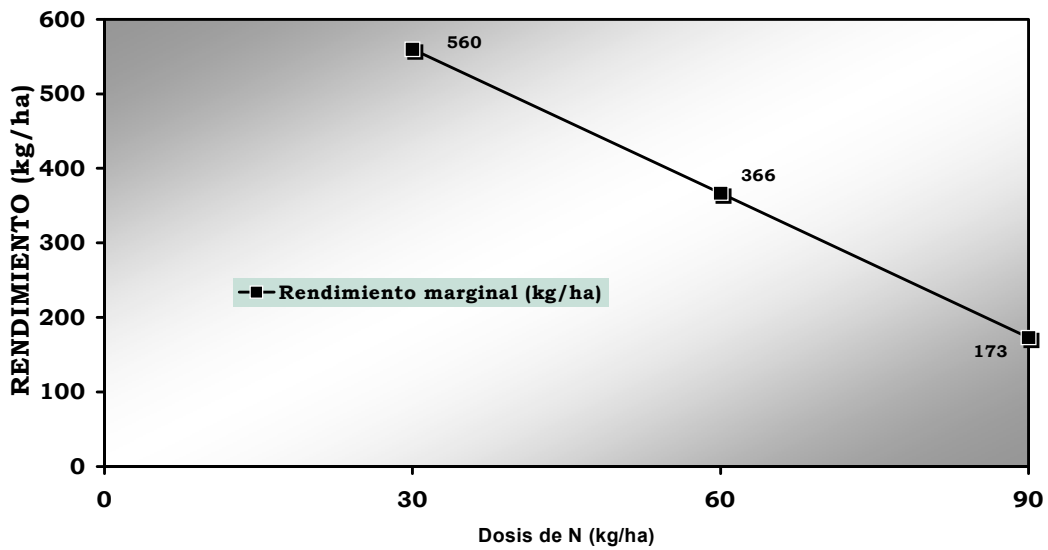


Figura 10. Rendimientos marginales de trigo con sucesivas dosis de nitrógeno promedio de dos campañas. Bernardo de Irigoyen, 2003 y 2004.

Cuando a la primera derivada de la función cuadrática se la igualó a la relación insumo producto se obtuvo la máxima dosis económica de N (55,1 kg/ha) para la situación que se discute, correspondiéndose con un margen bruto de \$ 411,38 (Figura 11).

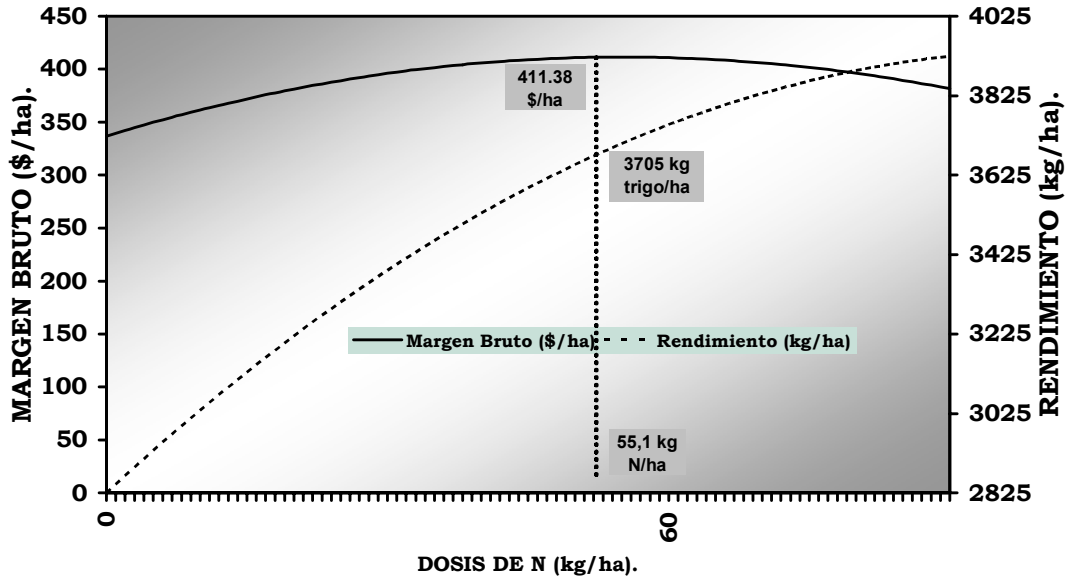


Figura 11. Dosis conveniente de nitrógeno relacionada con la producción de trigo y el margen bruto. Bernardo de Irigoyen, 2003 y 2004.

Con niveles superiores a 55,1 kg/ha de N adicionados se podrían lograr mayores rendimientos pero con una disminución de los beneficios.

El mayor margen bruto se correspondió con la dosis óptima de N pero además con el valor cero de la diferencia “ingreso marginal menos costo marginal” (Figura 12).

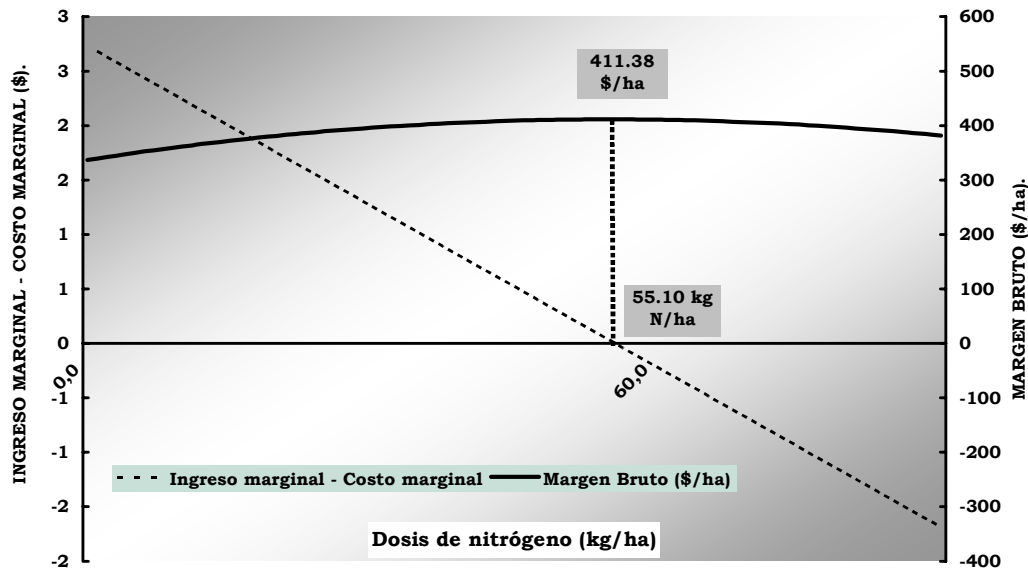


Figura 12. Dosis económica para la producción de trigo asociado al margen bruto y a la diferencia ingreso marginal menos costo marginal. Bernardo de Irigoyen, 2003 y 2004.

Finalmente, de la relación de precios de insumos y productos y para un valor dado del dólar se construyó una matriz que permite la obtención de márgenes brutos/ha, según la relación de precios N-Trigo (Cuadro 4)

Cuadro 4. Relación de precios y alternativas para lograr los mayores márgenes brutos de una fertilización con nitrógeno.

US\$ = 2,92 \$		\$ /kg trigo (descontados los gastos de comercialización)						
Urea	N	0,192	0,200	0,216	0,220	0,224	0,232	0,240
US\$/t	\$/kg	N (kg/ha)						
350	2,22	48,0	50,1	53,9	54,8	55,7	57,3	58,8
360	2,29	46,5	48,7	52,6	53,5	54,4	56,0	57,5
370	2,35	44,9	47,2	51,2	52,2	53,0	54,7	56,3
380	2,41	43,4	45,7	49,8	50,8	51,7	53,5	55,1
390	2,48	41,8	44,2	48,5	49,5	50,4	52,2	53,8
400	2,54	40,3	42,8	47,1	48,1	49,1	50,9	52,6
410	2,60	38,8	41,3	45,7	46,8	47,8	49,6	51,4
420	2,67	37,2	39,8	44,4	45,4	46,5	48,4	50,1
430	2,73	35,7	38,3	43,0	44,1	45,1	47,1	48,9
440	2,79	34,2	36,9	41,6	42,8	43,8	45,8	47,7

En el ejemplo se destaca que para un costo de \$ 2,54/kg de N y \$ 0,216/kg de trigo el mayor margen bruto se obtuvo fertilizando con 47,1 kg/ha de N. De igual modo, otras dosis podrían surgir de las combinaciones de distintos valores de N y del grano de trigo. Sin alcanzar lo que sería un

método de diagnóstico, la matriz del Cuadro 4 representa un conjunto de alternativas económicas posibles de fertilización nitrogenada para el Centro de Santa Fe, bajo condiciones sin restricciones importantes de agua, con baja incidencia de enfermedades fúngicas y con la provisión natural adecuada de P y S.

Conclusiones

-La región centro de Santa Fe presenta limitantes de nitrógeno para el trigo que deben corregirse con el agregado de fertilizantes.

- El contenido de agua edáfica a la siembra, el nivel de Nt y los cultivos antecesores permiten estimar producciones probables y planificar dosis de N para el cultivo.

-La dinámica del N en el sistema suelo-planta determina el período de aplicación del fertilizante nitrogenado.

-El N disponible mostró una asociación positiva con las producciones de trigo.

-Los contenidos de N en seudotallos permiten efectuar ajustes en postemergencia de la fertilización nitrogenada.

-Es posible calcular los mayores márgenes brutos combinando la respuesta a la fertilización con los valores de los insumos y los productos.

Bibliografía

- Albrecht, R. H. Vivas ; H. Fontanetto y J. L. Hotian. 2000. Resultados preliminares de la fertilización compuesta de trigo sobre diferentes cultivos antecesores. Campaña 1999/2000. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela; Macrorregión Pampeana Norte. Publicación Miscelánea N° 91, N° 6 : 1-4.
- Albrecht, R. ; H. Vivas ; H. Fontanetto y J. Hotián. 2002. Franjas de evaluación exploratorias de fertilización en trigo y su residualidad en soja, en dos secuencias de cultivo. Bernardo de Irigoyen. Santa Fe. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2002. Publicación Miscelánea N° 97, N° 10: 1-4.
- Berardo A. 1994. Aspectos generales de fertilización y manejo del trigo en el área de influencia de la Estación Experimental INTA-Balcarce. Boletín Técnico N° 128. EEA INTA Balcarce. Buenos Aires, Argentina.
- Fontanetto, H. ; H. Vivas ; O. Keller ; J. Alesso ; J. Borsarelli y C. Grosso. 2000. Hacia una Fertilización balanceada en trigo. Resultados de la campaña 1999/2000. Agricultores (AFA), N° 49:16-20. Julio de 2000.
- Fontanetto, H. y O. Keller. 2001. Efecto de diferentes secuencias de cultivos en siembra directa continua sobre propiedades edáficas de un Argiudol en la región pampeana norte de Argentina. En: Siembra Directa en el Cono Sur. PROCISUR. IICA. Documentos: 269-273.
- Fontanetto, H. ; H. Vivas ; O. Keller ; R. Albrecht ; J. Hotian y J. Borsarelli. 2002. Fertilización en el doble cultivo trigo/soja. Resultados de Franjas exploratorias en tres sitios en la región central de Santa Fe. 2002. INPOFOS Cono Surr. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2002": 51-52.
- Gambaudo, S. and Fontanetto, H. 1994. Fertilization in the Central Part of Santa Fe Province. Better Crops with Plant Food. June 1994: 14-15.
- García, F. ; H. Fontanetto y H. Vivas. 2001. La Fertilización del doble cultivo Trigo-Soja. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Publicación Miscelánea N° 94, N° 11: 1-6.
- García F. O., K. P. Fabrizzi, A. Berardo y F. Justel. 1998. Fertilización nitrogenada de trigo en el sudeste bonaerense: Respuesta, fuentes y momentos de aplicación. XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. AACCS. Carlos Paz, Córdoba.
- González Montaner J., J. M. Meynard y B. Mary. 1987. Controle de la nutrition azotee du blé par l'analyse des teneurs en nitrates dans la plante. C.R. Acad. Agric. Fr. 73 (3):105-115.

- González Montaner J., G. Maddonni, N. Mailland y M. Posborg. 1991. Optimización de la respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de trigo a partir de un modelo de decisión para la Subregión IV (Sudeste de la Provincia de Buenos Aires). *Ciencia del Suelo* 9 (1-2):41-51.
- González Montaner J., A. Von Buch, M. Di Napoli, S. Gambaudo, H. Fontanetto, R. Pozzi, E. Teco y E. Gasparotti. 1997a. Fertilización en trigo. *Revista CREA*. Año XXXII. No. 199. pp. 64-70.
- Loewy T. 1990. Fertilización nitrogenada del trigo en el Sudoeste bonaerense. I. Respuesta física y diagnóstico. *Ciencia del Suelo* 8:47-56.
- Salvagiotti, F. ; J. Castellarín ; H. Pedrol y E. Satorre. 2002. Utilización del modelo de simulación de cultivo CERES como herramienta en el diagnóstico de la fertilización nitrogenada en trigo. INTA, EEA Oliveros. *Trigo: para mejorar la producción/19 - Campaña 2001/2002*: 57-61.
- Sbaraglia M. 1988. Guía practica para la interpretación de los análisis de suelo. INTA-SAGYP-ENICHEM Italia.
- Vigliezzi A., H. Echeverría y G. Studdert. 1996. Nitratos en seudotallos de trigo como indicador de la disponibilidad de nitrógeno. *Ciencia del Suelo* 14 (2):57-62.
- Villar, J. 2000. Economía del agua en el cultivo de trigo. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. *Información Técnica de Trigo. Campaña 2000*. Publicación Miscelánea N° 92.
- Vivas, H. S. 1996. Corrección del fósforo edáfico en una rotación agrícola del centro-este de la provincia de Santa Fe. II. Residualidad del fósforo en la producción de soja. Campaña 1995/96. INTA, EEA Rafaela. *Información Técnica N°202*. 6 p.
- Vivas, H. y H. Fontanetto. 2000. Fertilización azufrada, fosfatada y enmienda cálcica en dos suelos del centro de la provincia de Santa Fe. INTA Rafaela. *Anuario 1999; Agronomía, Suelos*:65-68.
- Vivas, H. ; H. Fontanetto ; R. Albrecht ; J. L. Hotián y M. Vega. 2002. Fósforo y azufre en la secuencia trigo-soja en la región central de Santa Fe. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. *Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2002*. Publicación Miscelánea N° 97, N° 11: 1-4.