

Diagnóstico del manejo de la fertilización en cultivos de secano en Uruguay

NOTA TÉCNICA

Esteban Hoffman*, Oswaldo Ernst*

INTRODUCCIÓN

El manejo de las fertilizaciones fosfatada y nitrogenada es una práctica ampliamente adoptada en cultivos de invierno. Los resultados obtenidos de las encuestas anuales realizadas por DIEA muestran que ya a partir de 1975 se fertiliza más del 90% de la superficie de estos cultivos. Los registros de chacras de productores agrupados en CREA (1986) indicaban que la fertilización no era una variable de manejo que permitiera explicar la diferencia de rendimientos promedio obtenidos entre el tercio superior e inferior de las chacras. En cultivos de verano la situación era diferente. En girasol, el cultivo más sembrado hasta fines del siglo pasado, la superficie fertilizada era relativamente baja.

Un relevamiento de 600 chacras de trigo realizado en 1987 demostró que el 92% del área fue fertilizada con nitrógeno a la siembra (Guido e Ieudiukow, 1991), pero no existió relación entre la cantidad aplicada a cada chacra y la que recomendaba la Guía de Fertilización de Cultivos y Pasturas (Oudri *et al.*, 1976). El indicador utilizado en ese momento para definir la fertilización, resultaba de la consideración de la historia de chacra, materia orgánica del suelo y cultivo antecesor. Esta falta de relación entre lo recomendado y lo utilizado, sugirió la necesidad de generar una nueva propuesta, utilizando indicadores que sean más sensibles a las diferencias establecidas por el manejo de cada chacra y que contemplen la capacidad de aporte de nutrientes del suelo y la demanda del cultivo.

La propuesta actual para decidir la necesidad o no de fertilizar con nitrógeno en cultivos de invierno, el momento de agregarlo y la dosis, contempla:

✓ **A la siembra:** disponibilidad de N-NO₃ en los primeros 20cm del perfil (antecesor, textura y manejo del barbecho como criterios para definir grupos de alta o baja respuesta esperada al N) (Perdomo *et al.*, 1999; Perdomo y Bordoli, 1999; Hoffman *et al.*, 2001b).

✓ **A Zadok 22 (Z22):** disponibilidad de N-NO₃ en los primeros 20cm del perfil (Perdomo *et al.*, 1999; Hoffman *et al.*, 2001b).

✓ **A Zadok 30 (Z30):** concentración de N en planta (estimación del rendimiento potencial del cultivo) (Baethgen, 1992).

Para el caso de la fertilización fosfatada, el esquema ampliamente reconocido y utilizado, continúa siendo la estimación de disponibilidad de fósforo del suelo en sus primeros 20cm (Bray I) y el esquema de recomendación de dosis propuesta por Capurro *et al.* (1982).

La información presentada por Guido e Ieudiukow (1991) sobre el manejo de la fertilización fosfatada en un total de casi 600 chacras (15.000ha), puede resumirse de la siguiente forma:

- ✓ El 92% de las chacras se fertilizaron con P a la siembra.
- ✓ Casi todas las chacras llevaron al menos 30kg de P₂O₅/ha.
- ✓ Bajo ajuste entre el P agregado y el P necesario estimado a través de análisis de suelo (R²= 0,25). El principal problema del reducido ajuste observado, fue la menor cantidad de P agregado en situaciones de bajo P en suelo.

En el presente artículo se discute la fertilización y los criterios utilizados en la actualidad en base a registros de chacras obtenidos durante los años 2000, 2004 y 2006 en el Proyecto "Caracterización agronómica e industrial de las variedades de trigo más utilizadas en Uruguay. Identificación de paquetes tecnológicos asociados a rendimiento y calidad de grano", realizado en el marco de la Mesa Nacional de Trigo (Facultad de Agronomía/INIA LIA 021) y registros brindados por ingenieros agrónomos asesores que disponen de bases de datos sistematizadas por chacra (Mazzilli *et al.*, 2005 y Gianni, com.pers.).

MANEJO DEL NITRÓGENO EN CULTIVOS DE INVIERNO

El porcentaje de situaciones en las que se realizó muestreo de suelo en siembra y Z22, fue mayor que el de las situaciones en las que se tomaron muestras para estimar el estado nutricional del cultivo en Z30 (Cuadro 1).

Sólo un 8% de las situaciones fueron muestreados en los tres estadios propuestos por el esquema actual.

En cuanto a la cantidad de N agregada en cada chacra con relación a la dosis que debió agregarse en función de los modelos propuestos, a la siembra, no existió relación entre N agregado y N recomendado en las chacras en las que se realizó análisis

Cuadro 1. Proporción de las chacras de trigo relevadas en el 2000 con y sin análisis de N-NO₃ en suelo a la siembra y Z22, y planta a Z30, en distintos estadios (478 chacras, 14.480ha).

Estadios	Con Análisis % sobre total de chacras	Sin Análisis
Siembra	24	76
Z22	35	65
Z30	15	85
Siembra y Z22	22	78
Siembra, Z22 y Z30	8	92

*Ings. Agrs. Dpto. Producción Vegetal, EEMAC.

de suelo para determinar la concentración de $N-NO_3^-$. Se agregaron en promedio 30kg de N/ha en situaciones en las que, por recomendación debieron agregarse desde 0 a 50kg de N/ha. Claramente no se utilizaron dosis altas de N a la siembra y se siguió agregando N en torno a 30kg aun cuando no era necesario. El número de situaciones en las que se realizaron muestreos en macollaje temprano (Z22) y fin de macollaje (Z30) fue bajo, pero, en esas situaciones se observa un mejor ajuste entre las recomendaciones y la cantidad de N agregada.

Esta información podría considerarse como la situación inicial en el proceso de adopción de modelo propuesto, ya que el mismo se difundió masivamente recién a fines de los años 90.

Entre 2000 y 2006 existió claramente un incremento en el porcentaje de chacras muestreadas, sobre todo a la siembra; se mantiene relativamente bajo el de las que son muestreadas en dos momentos (Siembra y Z22) y muy bajo el de las que son muestreadas en los tres momentos (Cuadro 2).

Los resultados confirman la tendencia. Si bien se muestrearon las chacras a la siembra, la cantidad agregada realmente no se relaciona con la que debió agregarse utilizando los modelos propuestos. Existen 2 grupos de datos, uno con un promedio de 18kg/ha y otro de 25kg/ha. Estos grupos parecen estar más asociados al uso de cantidades fijas de fórmulas como fosfato diamónico (18-46-0) o una mezcla física de amplia difusión como el 25-33-0, que a la corrección de una deficiencia del nutriente (Figura 1).

A diferencia de lo observado en el año 2000, también a Z30 lo agregado fue independiente del resultado del contenido de N en planta. A Z22, el ajuste fue bueno, pero persiste la tendencia a mantener el agregado de dosis mayores que lo recomendable según análisis de suelo. Ésta podría ser la estrategia seguida por los

Cuadro 2. Proporción de chacras relevadas en 2000 y 2006 en las que se realizó análisis de suelo (Siembra y Z22) y planta (Z30) (175 chacras, 12.020ha).

Estadios	Con Análisis año 2000 % sobre total de chacras	Con Análisis año 2006 % sobre total de chacras
Siembra	24	51
Z22	35	40
Z30	15	11
Siembra y Z22	22	28
Siembra, Z22 y Z30	8	6

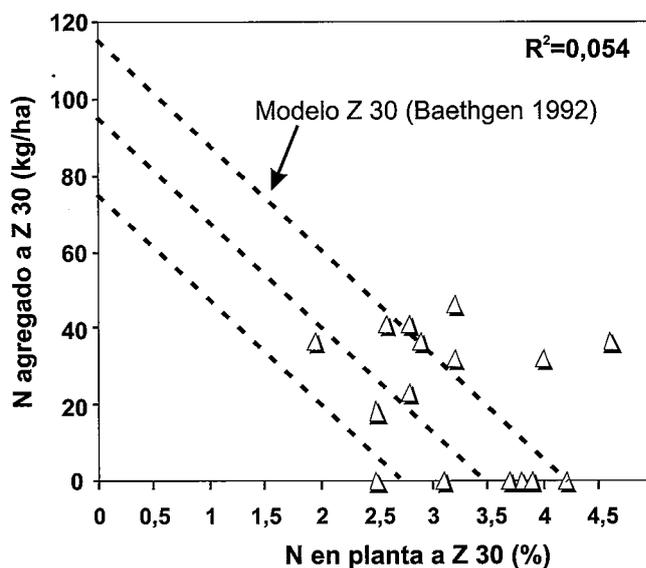
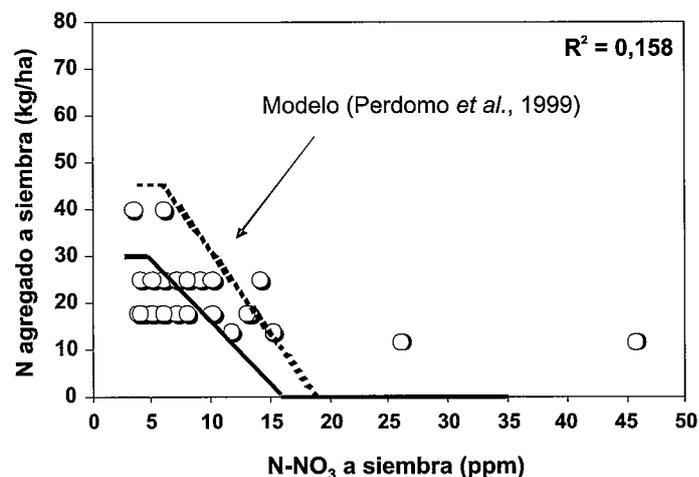
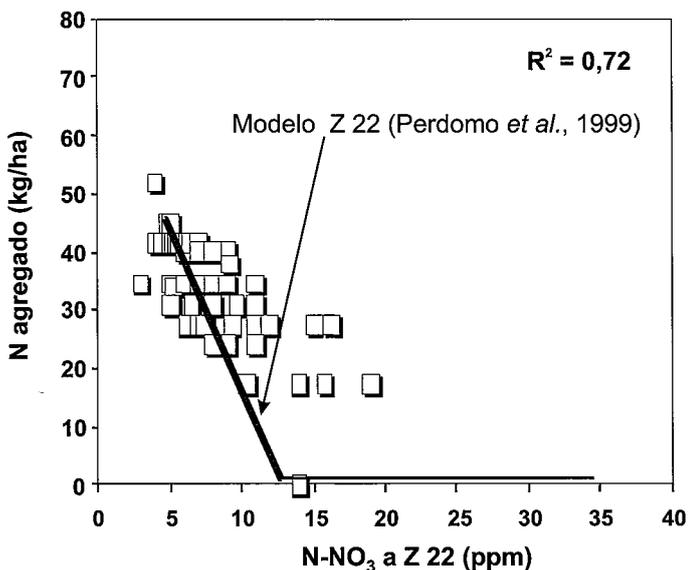


Figura 1. Nitrógeno agregado a siembra, Z22 y Z30 en función de los valores de análisis de N en suelo o planta para las chacras relevadas, muestreadas en 2006 (relevamiento de calidad trigo 2006-MNT). (Referencia de los Modelos de manejo de N propuesto por Perdomo *et al.*, 1999, para siembra y Z22 y el modelo de Baethgen, 1992, para Z30).

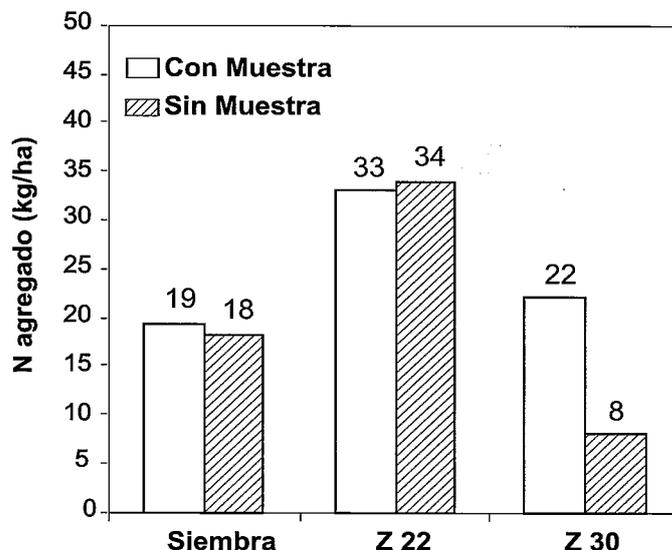
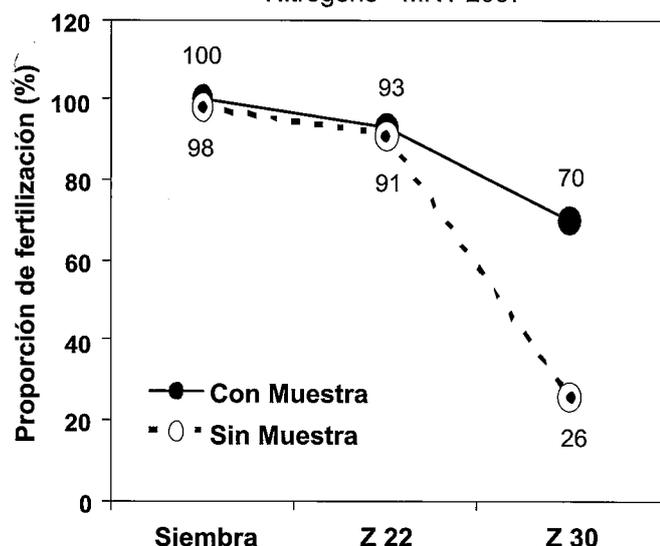


Figura 2. Proporción de chacras fertilizadas con y sin análisis de suelo (Siembra y Z22) y de planta (Z30) y cantidad media de N agregado en cada momento (Zafra 2006).

técnicos como forma de evitar el muestreo y una nueva aplicación en Z30 (Figura 2).

La estrategia utilizada determinó que tanto las chacras con análisis de suelo como las sin análisis recibieron, en promedio, una cantidad similar de N a siembra y Z22. En Z30, además de que la cantidad promedio de N utilizado fue baja, las chacras muestreadas en este estadio recibieron una mayor cantidad de N que las no muestreadas. Aparentemente quienes no muestrearon ya habrían decidido no refertilizar en ese estadio, utilizando, por tanto, un criterio diferente al propuesto.

FERTILIZACIÓN CON FÓSFORO EN CULTIVOS DE INVIERNO

Utilizando las mismas bases de datos, se presenta en la Figura 3 la cantidad de P agregado en función del valor de P (Bray I) de cada chacra, los que fueron ubicados sobre la figura de recomendación de dosis elaborada por Capurro *et al.*, 1982.

Tomando en cuenta que en el 64% de las chacras se disponía del análisis de suelo correspondiente, la pregunta a responder es ¿cuál es el criterio utilizado para decidir la dosis a agregar? El agregado de P fue independiente del valor de análisis de suelo y podría deducirse que se fertilizó con 100 kg/ha del fertilizante 25-33-0 o con 100 kg/ha de fosfato diamónico (18-46-0). Es este manejo, como se indicó anteriormente, el que terminaría definiendo la cantidad de N agregado a la siembra (Figura 1).

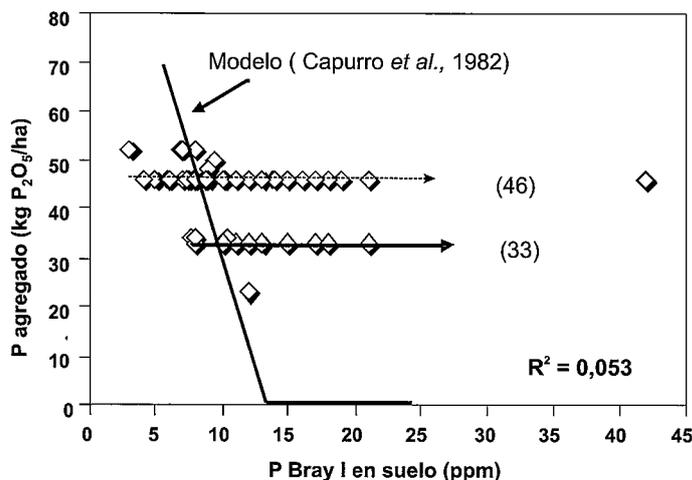


Figura 3. Agregado de P a la siembra en función del valor de análisis de suelo, para las chacras de trigo sembradas en el invierno del 2006 (relevamiento de calidad trigo-MNT) (Referencia del modelo de manejo de P a siembra propuesto por Capurro *et al.*, 1982).

EVOLUCIÓN DEL MANEJO DE NITRÓGENO Y FÓSFORO

En el Cuadro 3 se resume la información de 4 zafra de trigo tomadas como indicadores de una posible evolución del manejo de la fertilización del cultivo.

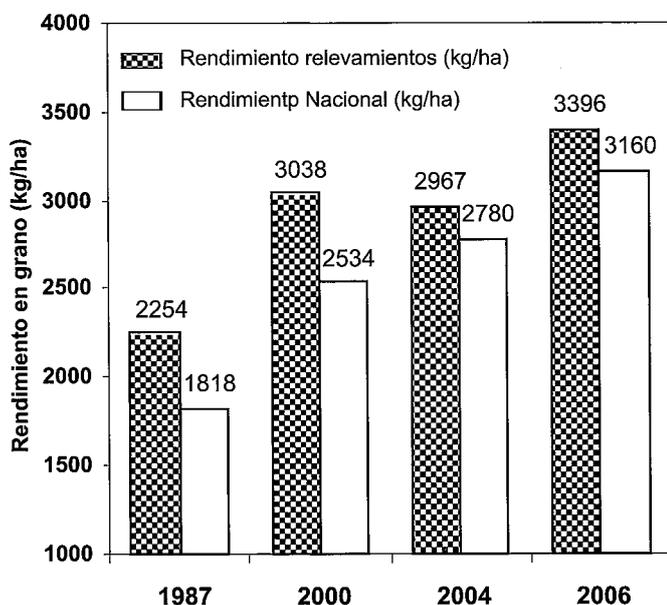
Cuadro 3. Manejo de P y N en trigo en 4 zafas de trigo (1987, 2000, 2004 y 2006).

	Guido- leudiukow (1991)			
	1987	2000	2004	2006
Área de trigo relevada (ha)	15.080	14.480	5.804	12.020
Nº de chacras	592	478	141	175
Tamaño de chacra promedio (ha)	25,5	30,3	41,2	68,7
Área fertilizada a la siembra (%)	92	94	99	98
Chacras con análisis de suelo a la siembra (%)	54	66	57	64
P Usado (Kg. P ₂ O ₅ /ha)	38	s/d	45	43
R ² entre P agregado y P en suelo	0,25	s/d	0,61	0,054
N total usado (kg/ha)	60	76	65	62

En base a esta información se pueden realizar las siguientes consideraciones:

- Se mantiene una alta proporción del área fertilizada a la siembra con N y P, pero aún existe un alto porcentaje de chacras que se fertilizan sin realizar el análisis de suelo correspondiente.
- A pesar de que se dispone de herramientas para mejorar y racionalizar el manejo de estos nutrientes, éstas se utilizan relativamente poco.
- Las dosis medias utilizadas por quienes hacen análisis prácticamente no han variado.

Como contraposición, los rendimientos medios de trigo se siguen incrementando, con lo que se mejora la eficiencia de uso de los nutrientes agregados, pero se estaría reduciendo la reposición de los nutrientes extraídos (Figura 4).



Entre 1987 y el 2006 se pasó de agregar casi 27kg/ha de N/tonelada de grano producida, a aproximadamente 18kg/ha. Como contrapartida, se producían 38kg de grano/kg de N agregado, y en 2006 se produjeron 55kg de grano/kg de N agregado.

En la Figura 5 se presenta un balance aparente de nitrógeno para la superficie relevada en cada zafra, considerando una concentración de proteína en el grano de trigo de 11,5% base 13,0% de humedad.

Los resultados muestran un balance aparente para el cultivo cada vez más ajustado. El mismo es el resultado de una estrategia de manejo de la fertilización con N que al menos en un 40% de la superficie no se realizan los análisis correspondientes para tomar la decisión, y que dentro de los que muestrean, un porcentaje relevante no los utilizan para definir la dosis a agregar. El 11% fertiliza con una dosis superior a la necesaria y un 74% una dosis inferior a la recomendada.

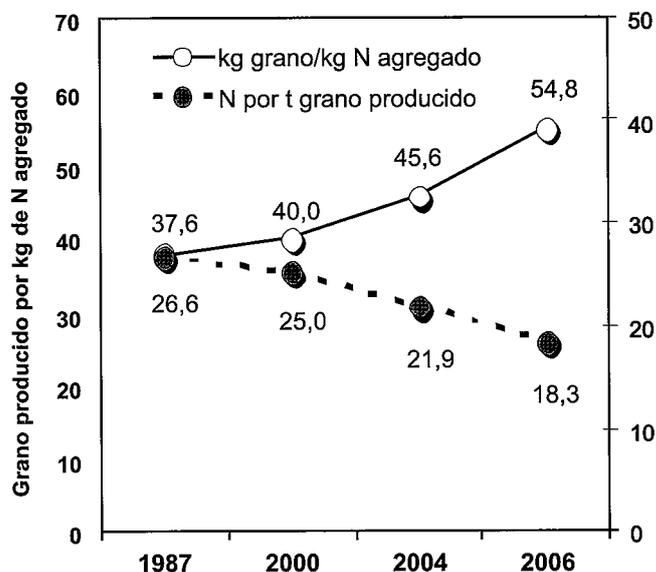


Figura 4. Rendimiento en grano de trigo a nivel nacional y del área relevada (a) Grano de trigo producido por quilogrammo de N agregado. (b) N agregado por cada tonelada de grano producida.

MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA EN LA SECUENCIA AGRÍCOLA

Para tratar de entender algunos de los resultados anteriores, y buscando conocer el manejo actual, sobre todo del P, en cultivos de verano (fundamentalmente, de segunda), se realizó entre marzo y abril del 2007 una consulta a técnicos como informantes calificados que trabajan en el área agrícola del Litoral.

Existen disparidad de opiniones en cuanto al manejo del N, pero con relación al P podrían ser resumidas en:

- Simplificar el manejo de la fertilización, como consecuencia de usar cantidades similares de fertilizantes a la siembra.
- Fosfato de amonio y mezclas como el 25-33-0, son los fertilizantes que los agentes comerciales tienen disponibles.
- El fósforo en cultivos de invierno “siempre va”, aunque la frecuencia de muestreo chacra a chacra, cultivo a cultivo, todos los años, es baja. Consideran que en muchos casos están agregando P, y que si bien para el cultivo de invierno no sería necesario, se estaría contribuyendo a generar un “banco de Pen suelo”.

La mayoría de los técnicos consultados no disponían de información sistematizada o rápidamente disponible, lo que limitó las posibilidades de hacer un diagnóstico sobre el manejo de nutrientes en la secuencia anual o para la rotación.

Como forma de avanzar en el diagnóstico, se seleccionaron un conjunto de situaciones de producción, en las que el P estaba siendo manejado sistemáticamente en base a la información de análisis de suelo.

Las principales características de la información relevada son las siguientes:

- 10.473 ha cultivadas.
- 8 empresas (4 en el Norte y 4 en el Sur).
- 5 cultivos consecutivos para cada chacra, en los mismos periodos (verano 2004-05, invierno 2005, verano 2005-06, invierno 2006 y verano 2006-07).
- 100% de las chacras con muestreos de suelo.
- En el 100% de las situaciones, las recomendaciones de fertilización con P se realizaron tomando como referencia el valor de análisis y las tablas de referencia actuales.

En el Cuadro 4 se presenta la superficie sembrada con cada cultivo durante este período.

En la superficie considerada en el norte no se sembró maíz y es mayor el balance de área sembrada con trigo y cebada en invierno y girasol, soja y sorgo en verano. En la superficie considerada en el sur domina la cebada en invierno, soja en verano y fue muy baja el área sembrada con sorgo.

En la Figura 6, se presenta la relación entre el P agregado a la siembra de cada chacra y su correspondiente resultado de análisis de suelo, para todos los cultivos sembrados en las diferentes zafras.

A diferencia de lo discutido anteriormente para los relevamientos de trigo y como consecuencia del criterio de selección de las empresas consideradas, el ajuste general del P agregado a la siembra está de acuerdo con los valores de análisis de suelo. Esto permite analizar el resultado de esta estrategia sobre la cantidad de P agregada y la disponibilidad de P en el suelo.

El área analizada está dentro de un sistema de doble cultivo anual con alta producción de grano, donde los cultivos de verano

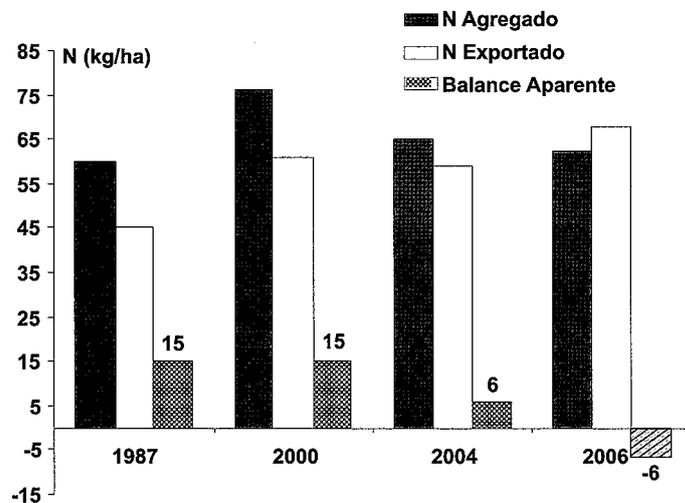


Figura 5. Nitrógeno agregado (como fertilizante), N exportado (2% del grano producido) y balance aparente para las 4 zafras consideradas.

Cuadro 4. Superficie y cultivos sembrados en las 10.473 ha durante zafras consecutivas (Verano 2004-05 a verano 2006-07).

Cultivos sembrados para toda la secuencia	NORTE		SUR	
	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Cebada	1347	24,6	1544	30,9
Trigo	1034	18,9	355	7,1
Girasol	972	17,7	279	5,6
Maíz	0	0,0	512	10,3
Soja	979	17,9	2227	44,6
Sorgo	1150	21,0	74	1,5
TOTAL	5482	100	4991	100

Nota: Información zona Norte- Unicampo Uruguay, zona Sur. Ing. Agr. Gonzalo Gianni.

Cuadro 5. Número de cultivos por año, producción anual de grano, cantidad de P utilizado, evolución de los valores de P en suelo y la proporción de cultivo de soja, para ambas zonas.

	Norte	Sur
Cultivos/año	1,8	1,9
Grano/ha/año (kg/ha)	6914	6260
P ₂ O ₅ /ha/año (kg/ha)	73,2 (31,5)*	74,4 (32,0)*
P ₂ O ₅ /ha total período (kg/ha)	183,0 (78,7)*	186,0 (80,0)*
P Bray I Inicial (ppm) **	8	11
P Bray I Final (ppm) **	10	11
Proporción soja (%)	13,0	49,5

* kg de P/ha

** Muestreo de 0 a 20cm de profundidad.

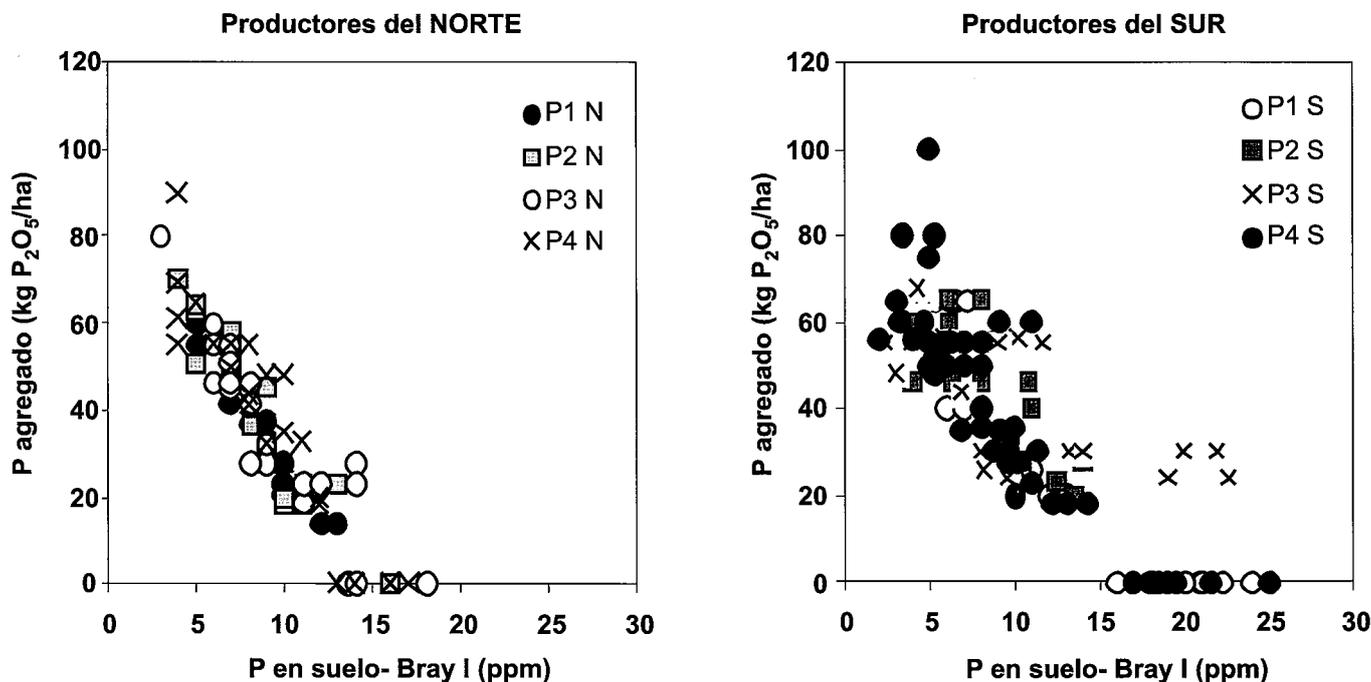


Figura 6. Fósforo agregado en función del valor de análisis de suelo a siembra (0 – 20cm), para todos los cultivos sembrados (4 empresas, 10.473ha).

Cuadro 6. Superficie sembrada, rendimiento promedio y balance aparente de P, para los cultivos sembrados en la zona Norte y Sur.

		Área (%)	Rendimiento		P agregado (kg/ha)	P extraído (kg/ha)	Balance Aparente
			medio (kg/ha)				
Zona Norte	Cebada	24,5	3810		18,8	10,7	8,1
	Trigo	18,9	3438		16,1	13,1	3
	Girasol	17,7	1731		14	6,9	7,1
	Soja	17,8	2090		14,4	14	0,4
	Sorgo	21,1	5576		19,4	18,4	1
Zona Sur	Cebada	30,9	3300		20,4	9,2	11,2
	Trigo	7,1	3586		15,8	13,6	2,2
	Girasol	5,6	2172		24,8	8,7	16,1
	Maíz	10,3	6300		17,8	18,9	-1,1
	Soja	44,6	2511		14,5	16,8	-2,3
	Sorgo	1,5	5900		20,7	19,8	0,9

son sembrados “de segunda” pero en una zona con predominio de soja. Si bien el período analizado es relativamente corto, el nivel de P en suelo se mantuvo prácticamente sin variaciones

En ambas zonas, las cantidades de P usadas por año (Cuadro 6), son el resultado de agregados en una relación casi 50-50% para los cultivos de invierno y verano de segunda. Exceptuando girasol, el balance aparente de los cultivos de verano fue negativo o neutro dependiendo de la zona. Sin embargo, la secuencia invierno/verano con fertilización fosfatada en ambos cultivos estaría en un balance aparente neutro.

Esta información coincide con los resultados obtenidos por

Cano *et al.* (2006), quienes determinaron que en sistemas de agricultura continua sin laboreo, las chacras que reciben fertilización con P en una alta proporción de los cultivos, tienen balance aparente positivo. En tanto aquellas en que sistemáticamente se omite la fertilización a algún componente de la secuencia, como a los cultivos de verano de segunda, resultan en balance aparente que van de neutros a negativos, dependiendo del cultivo de segunda y de su rendimiento.

En la Figura 7 se presenta la evolución del nivel de P en el suelo en los primeros 20cm del suelo para el promedio de la superficie considerada en las dos zonas.

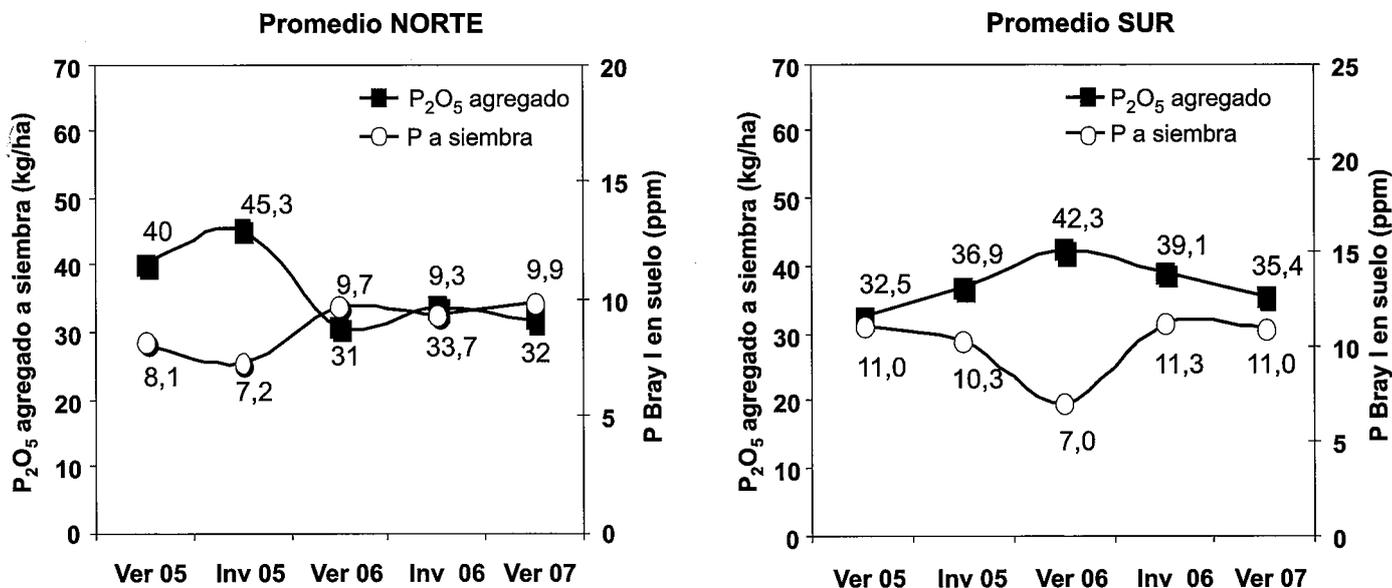


Figura 7. Evolución de P en suelo y P agregado como fertilizantes en promedio para todas las chacras por estación, para las zonas Norte y Sur.

Para los casos analizados, que tienen una secuencia de doble cultivo anual, y se fertilizan con P en base a los resultados del análisis de suelo, y que como consecuencia de los rendimientos obtenidos el balance aparente es cercano a cero, podría decirse que no se modificó la disponibilidad de P en el suelo. Esta estrategia tendría la ventaja de mantener cercano al valor crítico de respuesta considerado a aquellas chacras con nivel inicial alto, pero no sería capaz de levantar rápidamente la limitante de P en chacras con bajo nivel inicial.

Si bien no se dispone de información que cuantifique la superficie sembrada con cultivos de segunda en los que no se fertiliza con P, está ampliamente incorporado al manejo de secuencias agrícolas el concepto de “capitalizar el efecto residual de la fertilización realizada al cultivo de invierno”. Tanto los resultados presentados en este trabajo como los de Cano *et al.* (2006) indican que esta estrategia determinaría balances negativos de P cuando el cultivo de verano es soja o sorgo o maíz de altos rendimientos.

Como forma de analizar la validez de este concepto, en la Figura 8 se muestra la estrategia de fertilización seguida en chacras en las que la disponibilidad de P del suelo estimada, previo a la siembra del cultivo de verano de segunda de la zafra 2005/2006 fue menor o igual a 7 ppm en los primeros 20cm del suelo.

En la superficie considerada para este análisis, si se aplicara el concepto de “efecto residual de la fertilización realizada al cultivo de invierno”, más del 40% de la superficie se hubiera sembrado en situación de deficiencia de P, a pesar de que la fertilización agregada al doble cultivo verano 2005/invierno 2006 se realizó corrigiendo la deficiencia en función de la disponibilidad de P a la siembra.

Las causas de la baja disponibilidad de P en el suelo a la siembra de estos cultivos de verano de segunda (o a la cosecha de un cultivo de invierno) no están claras. Podrían estar asociadas a efectos climáticos o la dinámica de la biomasa microbiana,

por lo que tampoco es posible afirmar que estos cultivos estuvieron efectivamente creciendo en condiciones de deficiencia del nutriente. Tampoco se podría afirmar que esta deficiencia fue un efecto temporal de corto plazo, como el medido en trabajos en los que se cuantificaron cambios en la disponibilidad de P de suelo durante el período de barbecho (Hoffman *et al.*, 2001a; Abella y Nin, 2003; Farinha y Gauthier, 2006; Sawchik, 2005, com.pers.).

CONSIDERACIONES FINALES

De la información considerada para este diagnóstico se puede concluir, que si bien existen modelos que permiten establecer la necesidad o no de corregir el aporte de N para cultivos de invierno, el nivel de adopción de los mismos es bajo. Menos del 10% de las chacras analizadas fueron muestreadas en los tres momentos requeridos para una correcta aplicación del modelo general actual. A la siembra, el porcentaje de chacras muestreadas alcanzó el 50%, pero en estos casos el ajuste entre la dosis recomendada y la realmente agregada fue bajo. Algo similar ocurre con la fertilización fosfatada. Si bien se dispone del análisis de suelo correspondiente en más del 60% de los casos, la cantidad agregada no se corresponde con los sugeridos en las tablas de referencia propuestas.

A Z22 el porcentaje de chacras en las que se realizaron muestreos fue más bajo (40%) que a la siembra, pero el ajuste de dosis fue elevado ($r^2=0,72$), sobre todo a niveles bajos de N en suelo, con una clara tendencia a fertilizar por encima de las necesidades cuando el N en suelo estaba en torno al nivel crítico o por encima de él.

Cabe preguntarse entonces el porqué de esta situación. Si se

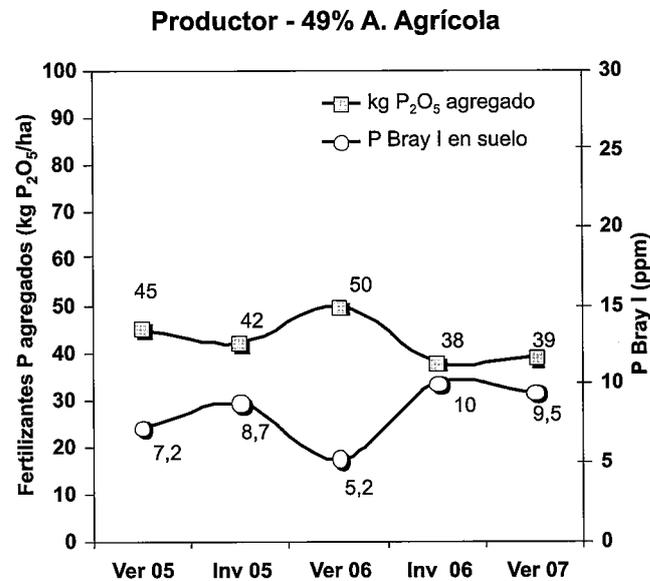
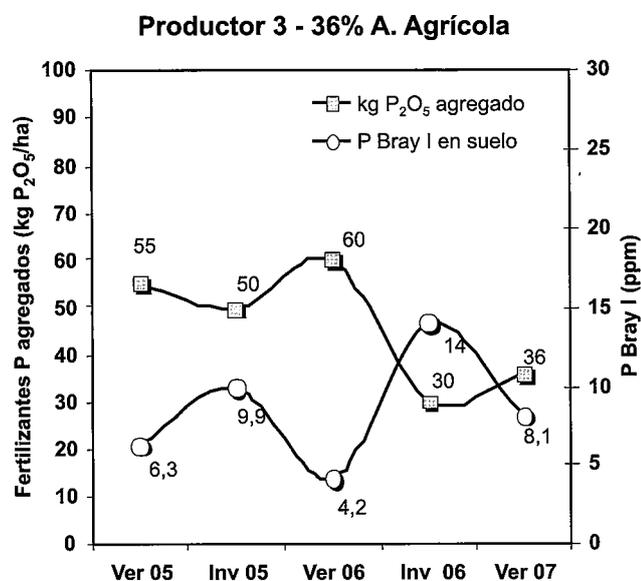
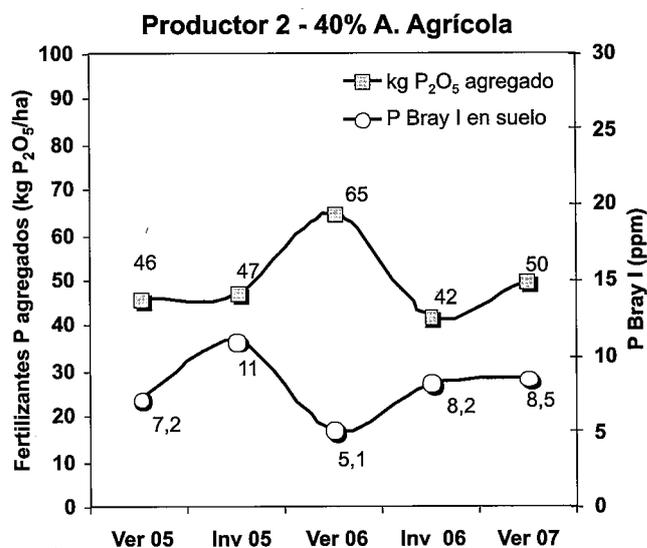
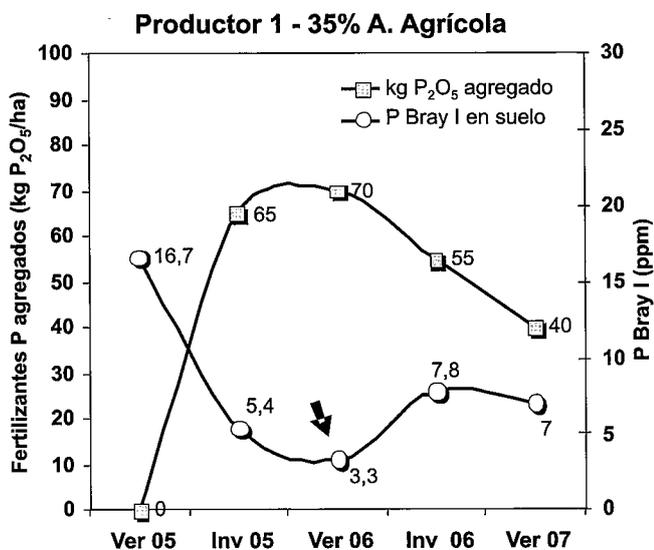


Figura 8. Evolución del P en suelo y el agregado como fertilizante en el sur del país, para todas las chacras de cada empresa cuyo valor de P en suelo a la siembra de los cultivos de segunda del segundo verano, fue inferior al promedio para toda la zona (7 ppm).

considera que el modelo propuesto para la fertilización de cebada y trigo ha sido validado en las condiciones de producción con la participación directa de productores y técnicos del sector, el no uso respondería más a problemas de complejidad de su aplicación que a fallas en el funcionamiento, o a la existencia de

otras propuestas o al uso de otros criterios para la toma de decisiones.

Para el caso de P, la información analizada en éste y otros trabajos indica que permitirían mantener el balance aparente de P de la secuencia de cultivos, aunque esto no siempre se refleja en los análisis de suelo en el corto plazo. 🐦

BIBLIOGRAFÍA

- ABELLA, F. M.; NIN, A. 2003. Evolución en las formas y contenidos de fósforo del suelo bajo sistemas de rotaciones de pasturas y cultivos con laboreo convencional y siembra directa. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.
- BAETHGEN, W. 1992. Fertilización nitrogenada en Cebada cervicera. 1989-1990. Convenio FAO-PNUD-EELE.
- CANO, J. D.; ERNST, O.; GARCÍA, F. 2006. Balance aparente de fósforo en rotaciones agrícolas del Litoral Oeste del Uruguay. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. Infopos. 32: 8-11.
- CAPURRO, E.; BAETHGEN, W.; TRUJILLO, A.; BOZZANO, A. 1982. Rendimiento y respuesta a NPK en cebada cervicera. CIAAB. La Estanzuela. Miscelánea 43. 21 p.
- FARINHA, P.; GAUTHIER, A. 2006. Efecto del manejo de barbecho sobre la disponibilidad de N-NO₃, agua y condición física del suelo e implantación de sorgo granífero sembrado sin laboreo sobre un verdeo de avena. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 87 p.

GUIDO, R.; IEUDIUKOW, A. 1991. Tecnología para trigo. Diagnóstico de producción. Relevamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 251 p.

HOFFMAN E.; BORGHI E.; ERNST, O.; PERDOMO, C.; HERNÁNDEZ, J. 2001a. Respuesta al agregado de P en cebada cervecera sembrada sin laboreo y su relación con la evolución del P en el suelo durante el período de barbecho. **In:** Reunión Anual de Pesquisa de Cevada. (21, Guarapuava, 2001).

HOFFMAN, E.; ERNST O.; PERDOMO, C. 2001b. Red de N en Trigo. 1998-1999. Facultad de Agronomía/MGAP (PROVA)/Asesores Privados.

MAZZILLI, S.; HOFFMAN, E.; BINNEWIES, C. 2005. El negocio agrícola y los costos de producción. ¿Se pueden bajar los costos de los cultivos de invierno? Congreso Asociación de Ingenieros Agrónomos. Actas (9, Montevideo, 2005).

UDRI, N.; CASTRO, J. L.; DOTI, R.; SECONDI, A. 1976. Guía para la fertilización de cultivos. Dirección de suelos y fertilizantes. MGAP. Uruguay. 48 p.

PERDOMO, C.; HOFFMAN, E.; PONS, C.; PASTORINI, M. 1999. Red Nacional de N en cebada cervecera. 1995-2001. Facultad de Agronomía/Mesa Nacional de Entidades de Cebada Cervecera.

PERDOMO, C.; BORDOLI, J. M. 1999. Ajuste de la fertilización nitrogenada en trigo y su relación con el contenido de proteína en grano. **In:** Jornada sobre Rendimiento y Calidad de Trigo. Mesa Nacional de Trigo. Resúmenes. (1, Mercedes, 1999). pp.41-48.

AGRADECIMIENTOS

A los técnicos que colaboraron en forma desinteresada brindando información acerca del manejo de nutrientes realizado a nivel de chacra (Gonzalo Gianni y Sebastián Mazzilli). Especialmente al Sr. Eduardo Rama de la Unidad de Publicaciones de la EEMAC por su invaluable apoyo.