

Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas ¹

Ignacio A. Ciampitti y Fernando O. García

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

iciampitti@ipni.net ; fgarcia@ipni.net

¿Qué es un balance de nutrientes?

El balance de nutrientes es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales. Los balances pueden resultar deficitarios o acumulativos generándose situaciones de pérdida (egresos>ingresos) o de ganancia (ingresos>egresos). Esta definición permite estimar balances nutricionales de un lote en una campaña agrícola a partir de los nutrientes que egresan del suelo en los granos y forrajes cosechados, en los productos animales y en los residuos de cultivos que son transferidos a otros lotes. Los ingresos de nutrientes al suelo están constituidos por los aportados por fertilizantes, abonos orgánicos (incluyendo residuos de cultivos no generados en el mismo lote) y, en el caso de nitrógeno (N), por la fijación de N₂ del aire. El aporte de nutrientes de los residuos de cultivos realizados en el mismo lote, se considera un reciclaje de nutrientes dentro del mismo sistema suelo y por lo tanto, no se incluye entre los ingresos.

Esta estimación del balance de nutrientes responde al concepto de “caja negra”, es decir que no considera las transformaciones de nutrientes en el sistema suelo-planta ni las pérdidas gaseosas, por lavado o erosión. Un balance negativo a nivel de un lote que presenta excesivos niveles de fertilidad no debe ser considerado necesariamente como “malo”. También, balances de nutrientes neutros (ingreso = egreso), indican que el stock del suelo no varió, pero la calidad y, por ende, la fertilidad del suelo podría haber sido alterada.

¿Como estimamos un balance de nutrientes?

Los egresos de nutrientes de un lote pueden ser estimados a partir de las concentraciones promedio en granos y forrajes cosechados (Ciampitti y García, 2007) y los rendimientos de los cultivos. Los ingresos de nutrientes se estiman a partir de las cantidades de fertilizantes o abonos orgánicos aplicados y su concentración en nutrientes. Las cantidades de N₂ fijado vía simbiótica y asimbiótica varían según especie, condiciones ambientales y de manejo. Por ejemplo, para soja en la región pampeana argentina, el aporte de N vía fijación simbiótica se ha estimado entre un 30% a 70% de las necesidades totales del cultivo.

Balance de nutrientes a nivel país

Argentina ha incrementado notablemente el uso de nutrientes vía fertilizantes en los últimos 16 años (Fig. 1). Sin embargo, los balances de nutrientes siguen siendo negativos para nuestros suelos. La estimación de extracción en grano y la aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S), en los seis principales cultivos indica que, para la campaña 2006/07, se repuso vía fertilización el 31%, 53%, 1%, y 27% del N, P, K y S, respectivamente, extraídos en los granos (Fig. 2). Estas cifras son similares

¹ Publicado en Revista Horizonte A. Año IV, No. 18, Febrero 2008. pag. 22-28. Buenos Aires, Argentina.

a las que se han observado en los últimos 5-6 años e indican que el fuerte crecimiento en el uso de fertilizantes no alcanza a compensar el crecimiento notable que se ha registrado en la producción de granos. Los desbalances nutricionales en los suelos llevan a la degradación de la fertilidad nativa del suelo, ejemplificada en las marcadas disminuciones de materia orgánica y las caídas en la productividad de los cultivos observadas en distintas zonas y sistemas de producción.

A nivel país, se deberían generar políticas agropecuarias que apunten a contrarrestar el balance negativo de nutrientes de los suelos. Si bien los suelos argentinos se caracterizan por una alta fertilidad natural, la reserva de nutrientes del suelo se va perdiendo en la medida que no se reponen los nutrientes que se extraen. Esto puede resultar en caídas de producción de granos y forrajes, los que constituyen una parte sustancial de los ingresos que recibe el país en concepto de exportaciones.

Una agricultura sustentable debería considerar el balances de nutrientes de los lotes en los cuales se esta trabajando. En situaciones de alta disponibilidad de nutrientes en los suelos, estos balances podrán ser negativos por determinado tiempo, pero deberá monitorearse periódicamente la disponibilidad en los suelos y analizar como la impactan los balances negativos. En la medida en que nos acercamos a niveles de disponibilidad críticos para los cultivos, los balances deberán ser neutros o positivos. Los balances positivos permitirán recuperar situaciones de baja disponibilidad de nutrientes (por debajo de niveles críticos).

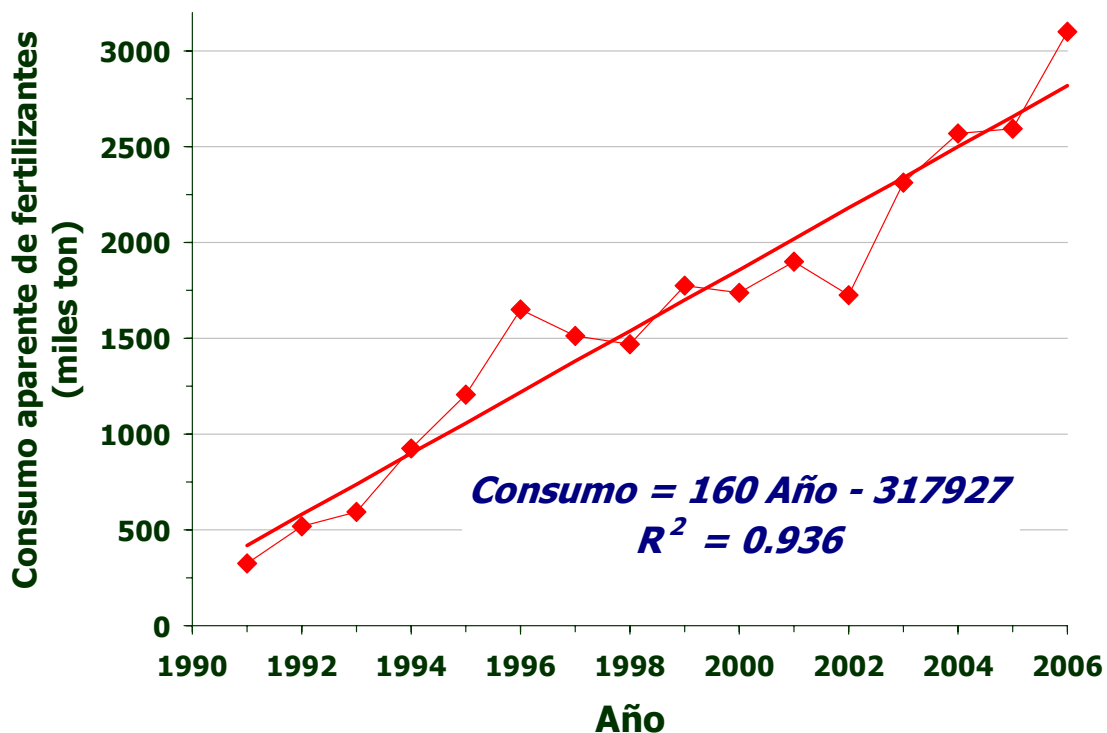


Figura 1. Consumo aparente de fertilizantes en Argentina. Período 1991-2006. Elaborado a partir de información de SAGPyA, Fundación Producir Conservando y Fertilizar A.C.

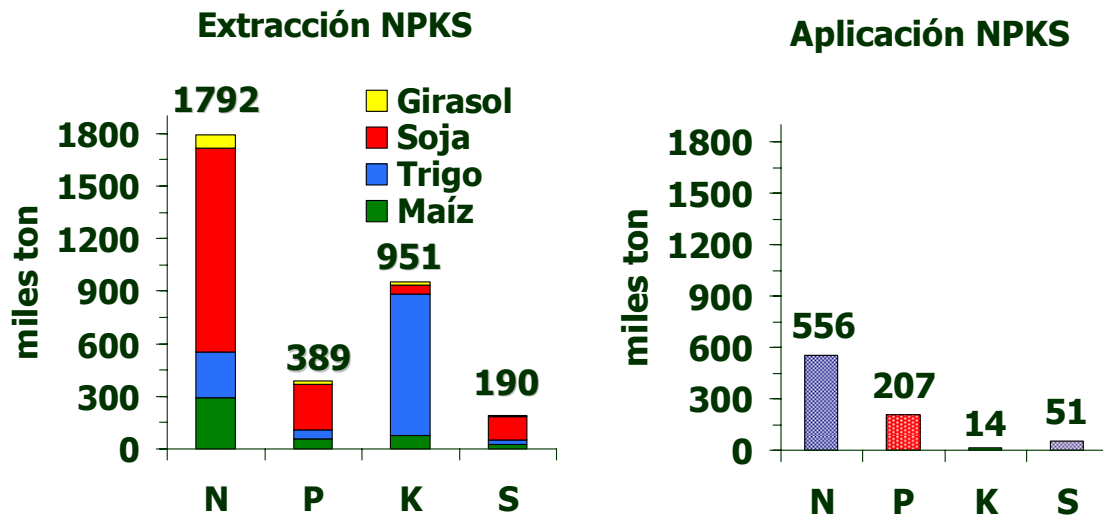


Figura 2. Extracción en grano y aplicación de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), y azufre (S) para girasol, soja, trigo y, maíz en la campaña 2006/07. Elaborado a partir de información de SAGPyA, Fertilizar A.C e IPNI Cono Sur.

Eficiencia de uso de los nutrientes

La eficiencia de uso de los nutrientes es un factor de importancia a nivel productivo, económico y ambiental. Se debe tener en cuenta que incrementando la eficiencia de uso de los nutrientes y, consecuentemente, la eficiencia global del sistema, se genera una mayor potencialidad en beneficios económicos y sustentables en el largo plazo de producción

La eficiencia de uso de los nutrientes o fertilizantes describe como las plantas o los sistemas de producción utilizan los nutrientes. Estos índices pueden estudiarse teniendo en cuenta el tiempo involucrado en la evaluación: corto, mediano o largo plazo. La eficiencia se puede estudiar desde los rendimientos de los cultivos, la recuperación en planta y la extracción de nutrientes por el sistema.

Dobermann (2007) describe cuatro índices agronómicos comúnmente utilizados para describir la eficiencia de uso de los nutrientes (Tabla 1): a) eficiencia agronómica (EA, kg incremento del rendimiento del cultivo por kg de nutriente aplicado), b) eficiencia aparente de recuperación del fertilizante (ER, kg de nutriente absorbido por kg de nutriente aplicado), c) eficiencia fisiológica (EF, kg de incremento de rendimiento por kg de nutriente absorbido) y, d) productividad parcial de factor (PPF, kg de rendimiento del cultivo por kg de nutriente aplicado). Snyder y Bruselma (2007) proponen la utilización de los índices PPF, EA, ER y el balance parcial del nutriente (BPN, kg nutriente removido por kg nutriente aplicado).

Tabla 1. Índices agronómicos para la eficiencia de uso de nutrientes (Dobermann, 2007).

Términos	Cálculos	Rango para N en cereales
Eficiencia Agronómica	EA = (kg Δ rendimiento del cultivo/kg de nutriente aplicado)	10-30 kg/kg; >25 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo.
Eficiencia aparente de Recuperación	ER = (kg de nutriente absorbido/kg de nutriente aplicado)	0.3-0.5 kg/kg; 0.5-0.8 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo.
Eficiencia Fisiológica	EF = (kg Δ rendimiento/kg de nutriente absorbido)	30-90 kg/kg; 55-65 es un rango óptimo para una nutrición balanceada a altos niveles de rendimiento.
Productividad Parcial de Factor	PPF = (kg de rendimiento del cultivo/kg de nutriente aplicado)	40-80 kg/kg; > 60 en sistemas bien manejados, a bajo nivel de N utilizado o en suelo.

Ejemplos de índices de eficiencia de uso de nutrientes en Argentina

En estudios de campo realizados en el cultivo de maíz, comparando dosis de N y métodos de aplicación (Rillo y Richmond, 2006), se evaluaron tres dosis de nitrógeno (45, 150 y 220 kg N/ha), y dos momentos de aplicación, siembra (S) y V5-V6 (V). La información obtenida en el ensayo permite evaluar algunos índices de eficiencia de uso de N (Fig. 1). Los valores de PPF variaron entre 55 y 360 kg/kg y los de EA entre 20 y 65 kg/kg para los distintos tratamientos. En situaciones ideales de producción, las mejores eficiencias agronómicas se encontrarían entre 10-30 kg/kg para EA, y entre 40-80 kg/kg para PPF. En esta situación, el tratamiento 150 kg N/ha aplicados en V5-V6 (150V), presenta un buen comportamiento con el índice de EA, 32 kg/kg, y con el PPF, valor alcanzado de 99 kg/kg, lo cual se encuentra cercano al rango adecuado para N en cereales.

La información también permite estimar los índices ER y BPN (Fig. 2). Teniendo en cuenta el tratamiento 150 V, mencionado anteriormente, la ER fue de 1.11 kg/kg y el BPN de 1.5 kg/kg. La eficiencia de recuperación es cercana al rango considerado adecuado lo que nos infiere que el sistema se encontraría bien manejado, sin embargo con dosis de 46 kg N/ha en V5-V6, la ER fue de 1.56 kg/kg, debido a la baja dosis de N utilizada. En cuanto al BPN, fue muy bueno en todos los tratamientos (valores bajos), excepto en aquellos con dosis bajas de N, 46 kg N/ha, a la siembra y en V5-V6; en donde los nutrientes removidos son proporcionalmente superiores con respecto a la aplicación mediante fertilizante.

Teniendo en cuenta esta información, no se puede recomendar un único tratamiento como superior con respecto a los demás, en este caso las situaciones 150 y 220 (S y V) kg N/ha fueron muy similares en eficiencias de uso de N y en generación de rendimiento.

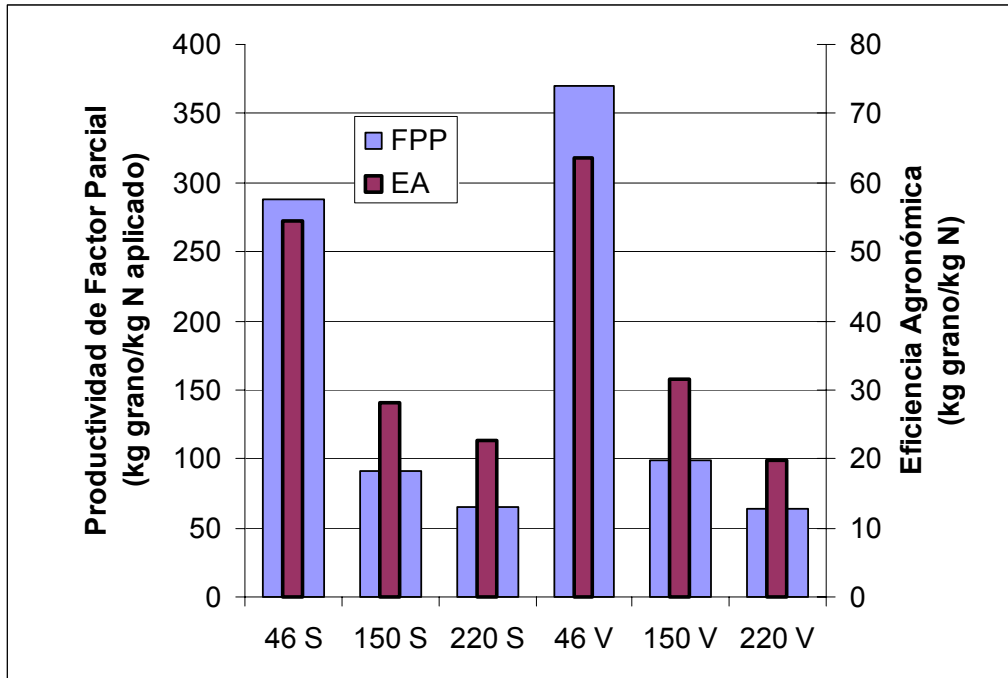


Figura 1. Relación entre dosis y forma de aplicación de N, con los índices productividad de factor parcial (FPF) y eficiencia agronómica (EA).

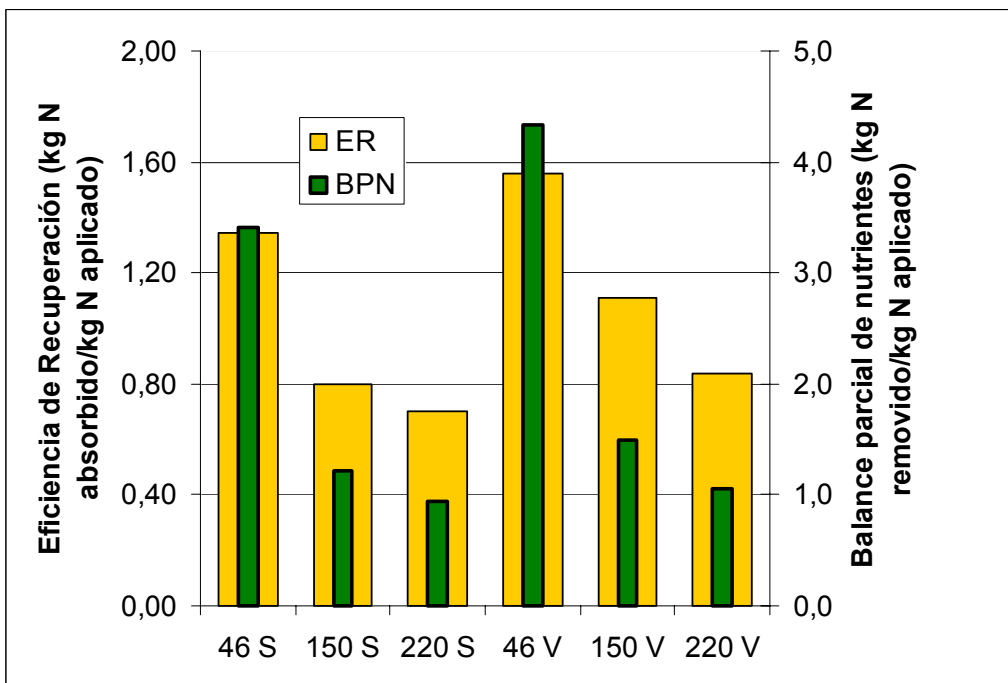


Figura 2. Relación entre dosis y forma de aplicación de N, con los índices eficiencia aparente de recuperación (ER) y balance parcial de nutrientes (BPN).

En 15 ensayos de campo realizados en el cultivo de soja, en la región pampeana norte, evaluando la respuesta a la fertilización fosfatada (Ferrari et al., 2005), se evaluaron tres dosis de fósforo (10, 20 y 30 kg P/ha). La información obtenida en el ensayo permite evaluar algunos índices de eficiencia agronómica y balance parcial de P en el suelo. Si solamente tenemos en cuenta los rendimientos y la respuesta a P, el tratamiento P30 presentó el mayor rendimiento (3695 kg/ha) y la mayor respuesta a P (560 kg/ha). Sin embargo cuando observamos la Tabla 2, y calculándose la eficiencia agronómica (EA) de los tratamientos vemos que el de mayor EA fue el tratamiento P10. En un análisis completo, si se calcula el balance parcial de P en el suelo, se observa que el tratamiento P10 presenta un balance negativo, con respecto a los tratamientos P20 y P30 cuyos balances son positivos.

Tabla 2. Soja: Eficiencia agronómica y balance parcial de P.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	Eficiencia Agronomica (kg soja/kg P)	Balance P suelo (kg P en el suelo)
Testigo	3135	-	-16.9
P10	3372	24	-8.2
P20	3557	21	+0.8
P30	3695	19	+10.0

En la Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe-IPNI-ASP, iniciada en la campaña agrícola 2000/01, y con seis años de historia de evolución de respuestas a nutrientes para dos rotaciones, M-T/S y M-S-T/S; se evaluaron las eficiencias de uso de N, P y S para cada uno de los cuatro cultivos (Tabla 3). Las eficiencias de N para maíz son más elevadas en la rotación más intensiva (M-T/S). Para trigo, las eficiencias de uso de N son bajas, especialmente en la rotación M-S-T/S, debido a los efectos negativos de enfermedades foliares y *Fusarium* sobre los rendimientos del cultivo. Las eficiencias de uso de P fueron mayores en la rotación M-T/S para todos los cultivos por los menores niveles de P Bray 1 en estos sitios con respecto a los sitios de rotación M-S-T/S. De la misma manera, las eficiencias de uso de S fueron mayores bajo M-T/S, donde los sitios presentan una historia agrícola más prolongada que bajo M-S-T/S.

Los valores de productividad parcial de factor (PPF), para N en maíz son superiores en un 45-52% a los reportados por Dobermann y Cassman (2002) para el promedio de EE.UU., mientras que los de P son superiores en un 6%. Este parámetro PPF esta fuertemente afectado por el abastecimiento N, P o S del suelo ya que considera el rendimiento y no la respuesta, pero es de utilidad para evaluar la eficiencia de uso de nutrientes a nivel global.

Tabla 3. Eficiencias de uso y productividad de factores parciales para N, P y S en maíz, trigo y soja, promedios para dos rotaciones. Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2000-2005 (García et al., 2006).

Cultivo	Eficiencia de uso (kg respuesta/kg aplicado)			Productividad parcial de factor (PPF) (kg rendimiento/kg aplicado)		
	N	P	S	N	P	S
<i>Rotación Maíz-Trigo/Soja</i>						
Maíz	21	43	40	87	383	538
Trigo	6	21	10	27	82	154
Soja II	-	6	28	-	83	155
<i>Rotación Maíz-Soja-Trigo/Soja</i>						
Maíz	13	11	14	91	383	504
Trigo	0.3	12	4	28	79	149
Soja I	-	7	5	-	135	192
Soja II	-	5	24	-	83	155

Optimizando la eficiencia de uso de los nutrientes

Las “Mejores Prácticas de Manejo” (“MPM”) en los cultivos involucran una correcta nutrición, que consecuentemente conlleva a la aplicación correcta de fertilizantes: dosis correcta, fuente correcta, en el momento correcto y en la ubicación correcta. Estas decisiones son críticas para alcanzar el óptimo manejo en la eficiencia de uso de los nutrientes en el sistema de producción.

Estos cuatro factores (dosis, fuente, momento y ubicación) interactúan entre ellos y con las condiciones edafo-climáticas y las otras prácticas de manejo de suelo y de cultivo. La combinación adecuada de dosis-fuente-momento-ubicación es específica para cada condición de sitio.

Dosis Correcta

Aplicaciones excesivas o en deficiencia pueden resultar en una eficiencia de uso de los nutrientes subóptima y/o en pérdidas de rendimiento o calidad del cultivo. Los análisis de suelo son la mejor herramienta disponible para determinar la capacidad del suelo de proveer nutrientes, pero para realizar recomendaciones apropiadas es muy importante una calibración con un gran set de datos y una actualización periódica.

En la **Figura 3** podemos observar la relación entre el N disponible al momento de siembra, suelo + fertilizante, con la variable rendimiento del cultivo de maíz para diferentes redes de ensayos. En este caso, la herramienta del análisis de N en siembra es importante, como predictiva, debido a que presenta un ajuste de casi el 50% con los rendimientos del cultivo de maíz, para diferentes localidades y en 5 años climáticos diversos. Sin embargo, hay una gran variabilidad en la respuesta de maíz según la disponibilidad de N a la siembra, posiblemente debida a:

- N mineralizado durante el ciclo del cultivo
- Pérdidas del N disponible a la siembra

- Potencial de rendimiento
- Condiciones climáticas
- Otros nutrientes o propiedades de suelo limitantes
- Otros factores de manejo (plagas, malezas, enfermedades), entre otros.

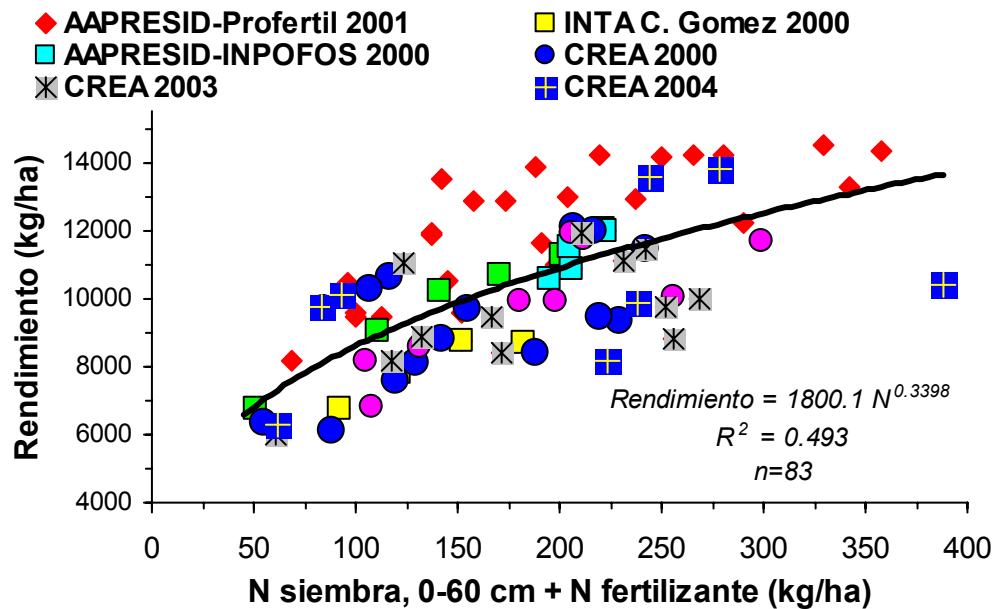


Figura 3. Rendimiento de maíz en función de la disponibilidad de N a la siembra del cultivo (N-nitratos suelo + N-fertilizante).

La generación de ajustes locales de metodologías, como la presentada en la Fig. 3, contribuye a un uso más eficiente de los nutrientes, a través del manejo sitio-específico se genera una herramienta alternativa para reducir esta variabilidad. Los análisis vegetales pueden contribuir a un mejor diagnóstico de fertilidad. Estos métodos miden el status de N en cultivos en crecimiento activo. Otras herramientas disponibles para mejorar el diagnóstico de N en maíz, y otros cultivos, son la determinación del índice de verdor, con el clorofilómetro SPAD 502, y los sensores remotos, los cuales se encuentran en una etapa experimental de investigación en Argentina (Melchiori, 2007).

Las interacciones entre los nutrientes son muy importantes debido a que la deficiencia de uno puede restringir la absorción y la utilización de otros. Numerosos estudios han demostrado la importancia de una nutrición balanceada de los suelos.

Los nutrientes aplicados que no son absorbidos en una campaña por el cultivo, no son necesariamente perdidos del sistema, sino que pueden ser utilizados por los siguientes cultivos en la rotación. Esto ocurre especialmente con el P y el K, pero en algunas situaciones, también se han observado residualidades de N, inmovilizado en la materia orgánica y posteriormente liberado con el transcurso del tiempo. La residualidad de los nutrientes depende fuertemente de la dinámica de los mismos en el sistema suelo-planta y de las condiciones edafo-climáticas, por lo que estos factores deben ser evaluados cuidadosamente al considerar posibles efectos residuales de las aplicaciones de fertilizantes.

Los efectos de acumulación de fertilidad promoverían cambios en el ambiente edáfico en cuanto a sus condiciones químicas, físicas y biológicas, que se pueden observar parcialmente en incrementos de MOS (García et al., 2006). La **Figura 4** muestra los rendimientos de trigo/soja (2004), maíz (2005) y soja (2006) sin aplicación de los tratamientos en esos tres años y luego de cuatro años de experimentación (2000-2003). Las diferencias por efecto residual de aplicaciones NPS en los cuatro años anteriores son de 2204 kg/ha, 559 kg/ha, 1031 kg/ha y 282 kg/ha en trigo, soja II, maíz y soja I, respectivamente, aun cuando estos cultivos fueron fertilizados con N, P y S a la siembra de los mismos.

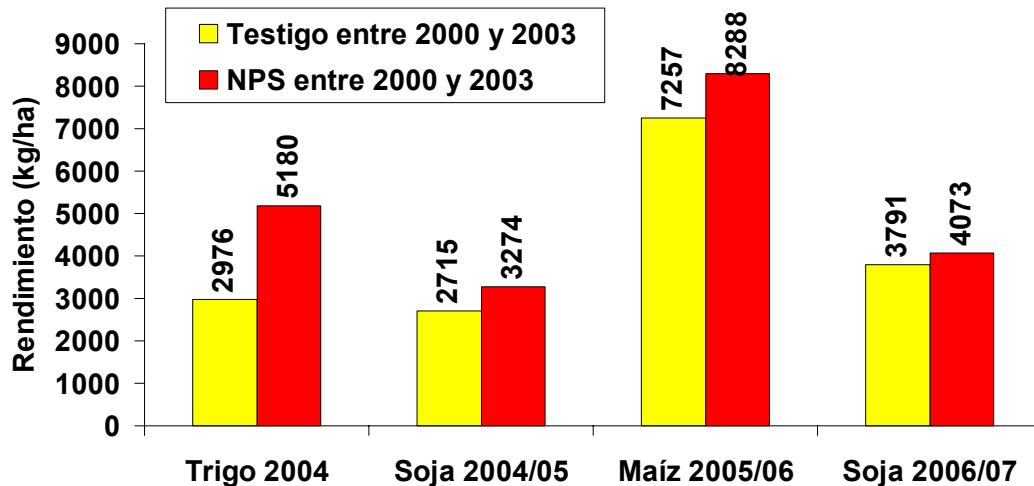


Figura 4. Rendimientos de trigo y soja de segunda en 2004/05, de maíz en 2005/06 y de soja en 2006/07 sobre parcelas que recibieron tratamientos Testigo y NPS en los cuatro años previos (2000-2003). El doble cultivo trigo/soja (2004) recibió una fertilización de 86, 27 y 10 kg/ha de N, P y S, respectivamente, el maíz (2005) de 88, 26 y 10 kg/ha de N, P y S, respectivamente, y la soja (2006) de 8 y 16 kg/ha de N y P, respectivamente, en todas las parcelas. Ensayo El Fortín, Red de Nutrición CREA Sur de Santa Fe 2000-2005 (García et al., 2006).

Fuente Correcta

Con respecto a las fuentes se deben considerar algunos puntos:

- Conocer que existen interacciones entre los nutrientes y las fuentes. Algunos ejemplos incluyen la interacción P-Zn, N incrementa la disponibilidad de P, la complementación con abonos orgánicos, etc.
- Conocer la compatibilidad entre las fuentes de fertilizantes. Algunas combinaciones de fuentes disminuyen la humedad crítica cuando se mezclan, limitando la uniformidad de la aplicación debido a que absorben fácilmente humedad del ambiente.
- Tener en cuenta las propiedades químicas y físicas de los suelos. No realizar aplicaciones de nitrato en suelos con algún grado de anegamiento, ni aplicaciones superficiales de urea en suelos con valores de pH elevados.
- Tener en cuenta la disponibilidad de los nutrientes de las fuentes de fertilizantes que son utilizadas y conocer la sensibilidad de los cultivos a determinados elementos

químicos. La mayoría de los nutrientes van acompañados por un ion que puede ser benéfico, neutro o detrimental para los cultivos. Por ejemplo, el cloruro (Cl^-) que acompaña al potasio (K) es benéfico para el maíz, trigo y la soja, pero puede ser detrimental para el caso de tabaco y algunas frutas.

- e) Control de elementos contaminantes, no-nutritivos, en las fuentes. En algunas situaciones los fosfatos pueden presentar un enriquecimiento con metales pesados que provienen de los depósitos naturales donde se realizan la extracción. El contenido de metales pesados debe mantenerse dentro de los umbrales aceptables.

Momento Correcto

Es necesaria una gran sincronía entre la demanda del cultivo y la disponibilidad de nutrientes para mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes, especialmente para el N. Las aplicaciones divididas de N durante la estación de crecimiento, incrementan la eficiencia de uso del nitrógeno (Cassman et al., 2002).

Otra aproximación para mejorar la sincronía entre la aplicación y la absorción es la utilización de productos que incrementen la eficiencia de uso de los fertilizantes. Esta clase de fertilizantes incluyen componentes orgánicos sintéticos “lentamente solubles” conteniendo N, fertilizantes solubles cubiertos o rodeados de una barrera física, que impide la liberación, y la estabilización del nutriente (inhibidores de la nitrificación, fertilizantes tratados con ureasas, etc.). Este tipo de fertilizantes son más caros que los fertilizantes comúnmente comercializados en el mercado, y han sido tradicionalmente utilizados para cultivos de alto valor económico y en sistemas intensivos de producción. Sin embargo, actualmente existen en el mercado fertilizantes que controlan la liberación de nutrientes, disponibles para cultivos extensivos como maíz, trigo y soja.

Ubicación Correcta

La ubicación del fertilizante ha sido siempre una decisión de manejo importante, para la nutrición de los cultivos. La determinación de una correcta ubicación del fertilizante puede ser tan importante como la determinación de una dosis de aplicación correcta. Por supuesto, existen muchas posibilidades de sitios de ubicación del fertilizante, pero generalmente las opciones más comunes son superficialmente o sub-superficialmente, en bandas o al voleo, antes o después del momento de siembra.

En general, la eficiencia de recuperación de nutrientes (ER) tiende a ser elevada con aplicaciones en bandas debido a que se reduce el contacto con el suelo, y existen menores oportunidades de pérdidas de nutrientes por lixiviación o fijación a la matriz del suelo. Las decisiones de ubicación del fertilizante dependen del cultivo, las condiciones del suelo, del equipo de aplicación disponible y la disponibilidad de producto.

Es importante tener en cuenta el fenómeno de la fitotoxicidad del fertilizante a la semilla. Los dos factores más importantes que inciden en el proceso de interferencia del fertilizante con la emergencia y desarrollo de las plántulas son:

- El efecto salino que deriva en un stress hídrico debido a la competencia por el agua del suelo entre el fertilizante y la semilla. En situaciones de buena provisión hídrica este efecto tiene menor relevancia.

- En el caso de los fertilizantes amoniacales, la liberación de amoniaco (NH_3) a niveles tóxicos. Altos niveles de amonio disipan los gradientes de protones en las membranas celulares, alterando el metabolismo general de la planta.

Los factores que determinan la cantidad máxima de fertilizante a aplicar son:

- a. Dosis y tipo de fertilizantes,
- b. Tolerancia del cultivo a implantar,
- c. Humedad del suelo al momento de la siembra,
- d. Capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, y
- e. Distancia entre surcos.

En la Tabla 4 se presenta un resumen general, a partir de la información evaluada, indicando dosis críticas estimadas para pérdidas del 20% y 50% de plántulas para diversos cultivos y fuentes de fertilizantes. Los valores inferiores del cada rango corresponden a situaciones de suelos más secos y/o arenosos y los valores más altos para suelos más húmedos y/o arcillosos.

Los efectos fitotóxicos de fertilizantes aplicados junto a la semilla son variables de acuerdo a la fuente y dosis de fertilizante, cultivo, tipo y humedad de suelo. Algunas alternativas para reducir estos efectos fitotóxicos son:

- 1) manejar dosis bajas (dosis inferiores a las críticas),
- 2) utilizar fuentes con un menor contenido de N-amoniaco y bajo índice salino,
- 3) conocer la tolerancia del cultivo a implantar,
- 4) realizar la práctica de fertilización preferentemente con muy buenas condiciones de humedad en el suelo y,
- 5) en caso de ser posible, reducir la distancia entre hileras.

Tabla 4. Dosis críticas estimadas, de manera preliminar, para pérdidas del 20% y 50% de plantas. Los rangos indicados responden a condiciones de tipo y humedad de suelo (Ciampitti, et al., 2006).

Cultivo	Tipo de Fertilizante	Dosis Crítica (kg ha ⁻¹)	
		20% #	50% #
Trigo	Urea	30 - 50	75 - 120
Soja	FDA-FMA-SFT ##	20 - 40	55 - 75
	SFS	20 - 80	60 - 120
	SA	20 - 30	60 - 80
Maíz	Urea	15 - 30	60 - 80
	NA-CAN-SA	60 - 80	100 - 130
	FDA	60 - 80	130 - 170
Girasol	Urea-NA-CAN-SA	20 - 40	60 - 90
	FDA	40 - 50	80 - 120
Cebada	Urea	30 - 50	80 - 100
Alfalfa	Urea-SA	20 - 30	50 - 70
	FDA-SFT	90 - 110	160 - 200

Para pérdidas de 20% y 50% del stand de plántulas a emergencia. ## CAN: Nitrato de Amonio Calcáreo-FDA: Fosfato Diamónico-FMA: Fosfato Monoamónico-NA: Nitrato de Amonio-SA: Sulfato de Amonio-SFS: Superfosfato Simple-SFT: Superfosfato Triple.

Consideraciones finales

- Es importante conocer el balance de nutrientes de los lotes en que se está trabajando y, como estos balances se relacionan con la disponibilidad de los nutrientes para los cultivos en rotación.
- La fertilización de cultivos debe manejarse en función de la cuantiosa información existente y asociarse con otras prácticas de manejo de suelos y cultivos que preservan y mejoran la sustentabilidad y calidad del recurso suelo (rotaciones, siembra directa, implantación de coberturas, manejo integrado de plagas y enfermedades, etc.).
- La eficiencia de uso de los nutrientes y sus expresiones no deben confundirse con el *manejo efectivo de los nutrientes*. Eficiencias elevadas pueden ser alcanzadas por reducción de las dosis, pero disminuyendo la rentabilidad de los cultivos, lo que no es usualmente económico o sustentable.
- Se debe tener en cuenta que para lograr este objetivo es necesario la aplicación de buenas prácticas de manejo agrícolas: dosis correcta, fuente adecuada, tiempo de aplicación, y ubicación correcta del fertilizante. La combinación de estos cuatro factores permite alcanzar rendimientos elevados y sustentables a largo plazo, y maximizar la eficiencia de uso de los nutrientes beneficiando a los productores y a toda la sociedad.

Referencias Bibliográficas

Cassman K.G., A. Dobermann y D.T. Walters. 2002. Agroecosystems, Nitrogen-Use efficiency and nitrogen management. *Ambio* 31: 132-140.

Ciampitti I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, Oleaginosos e Industriales. *Informaciones Agronómicas* N° 33, *Archivo Agronómico* N° 11. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05).

Ciampitti I.A., H. Fontanetto, F. Micucci y F.O. García. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos Fitotóxicos. *Informaciones Agronómicas* N° 31, *Archivo Agronómico* N° 10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/0F49DBD2C6BC86BA032571F60051B03F](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/0F49DBD2C6BC86BA032571F60051B03F)

Dobermann A. 2007. Nutrient Use Efficiency – Measurement and management. IFA International Workshop on fertilizar best management practices. 7-9 Marzo, Bruselas, Bélgica.

Dobermann A. y K.G. Cassman. 2002. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. *Plant Soil* 247: 153-175.

Ferrari M., R. Melchiori y H. Fontanetto. 2005. Fósforo en soja: El aporte de la fracción orgánica lábil del suelo. *Actas XIII Congreso de AAPRESID*. Rosario, 10 de agosto de 2005.

García F.O., M. Boxler, J. Minteguiaga, R. Pozzi, L. Firpo, G. Deza Marin y A. Berardo. 2006. La Red de Nutrición de la Región CREA Sur de Santa Fe – Resultados y Conclusiones de los primeros seis años 2000-2005. Editorial AACREA. Buenos Aires, Argentina.

Melchiori R.J. 2007. Estado actual del manejo sitio específico de nitrógeno en Argentina. In F. Garcia e I. Ciampitti (ed.). *Actas Simposio "Fertilidad 2007"*. IPNI Cono Sur-Fertilizar AC. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.

Rillo S. y P. Richmond. 2006. Evaluación de tres criterios de fertilización nitrogenada en el cultivo de maíz en siembra directa en un suelo hapludol. *Maíz en Siembra Directa*. 78/84. AAPRESID. Rosario, Santa Fe.

Snyder C.S. y T.W. Bruulsema. 2007. Nutrient use efficiency and effectiveness in North America: Indices of Agronomic and Environmental Benefit. IPNI. Junio 2007. Ref. # 07076. Disponible en [www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/d58a3c2deca9d7378525731e006066d5/\\$FILE/NUE.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/d58a3c2deca9d7378525731e006066d5/$FILE/NUE.pdf)