

# BALANCE DE NUTRIENTES EN SECUENCIAS AGRICOLAS DE LA REGION SUR BONAERENSE \*

Ing. Agr. Horacio J. Forján  
*Chacra Experimental Integrada Barrow*  
Convenio M.A.A.y P. - I.N.T.A., Tres Arroyos, Buenos Aires  
*hforjan@chacrabarow.gov.ar*

## **El sistema de producción**

El área de influencia de la Chacra Experimental Integrada Barrow (partidos de Tres Arroyos, Gonzales Chaves, San Cayetano y Cnel. Dorrego) se ha caracterizado tradicionalmente por el predominio de un sistema mixto agrícola - ganadero. Sin embargo, y como ocurrió a lo largo de toda la región pampeana, en los últimos años se ha producido una tendencia a prolongar los ciclos agrícolas con respecto al período de uso ganadero; pero también, lo cual es más grave, se han incorporado nuevas superficies con baja aptitud para la actividad agrícola. Es así que el uso agrícola promedio de los suelos que históricamente era un 50% y a principios de la década del 80 se encontraba cercano al 60%, en la actualidad ha llegado a ocupar el 78% de la superficie total de los establecimientos promedio de la región con valores máximos en Tres Arroyos (CEI Barrow, Estimaciones de área sembrada-Campaña 2002/03).

La mejor rentabilidad de la agricultura con respecto a la ganadería con un rápido retorno de la inversión, el notable avance logrado en la tecnología de todos los cultivos (mejora genética, herbicidas específicos, mayor empleo de fertilizantes por una mejor relación en el precio) y los ciclos climáticos favorables, han sido en mayor o menor medida los factores que influyeron para que se produzca este proceso de agriculturización. Paralelamente también incidió la reducción del tamaño de las unidades productivas y la generalización del manejo a cargo de contratistas y arrendatarios.

El aumento de la superficie asignada a cultivos de cosecha ha estado acompañado por la incorporación de cultivos de verano en las secuencias (primero girasol, luego maíz y finalmente soja), lo cual ha hecho que se trabajara el suelo en momentos del año que no era común hacerlo ya que la zona siempre fue netamente triguera. Si a esto le sumamos que los rendimientos de los cultivos han manifestado incrementos considerables, con índices de extracción de nutrientes crecientes, se entiende porqué hoy estamos hablando de empobrecimiento de suelos y se ha creado una mayor dependencia de los fertilizantes.

La difusión de prácticas conservacionistas ha atenuado en parte los procesos de degradación edáfica. Sin embargo, y a pesar que la siembra directa está ganando terreno en la región, la incorporación de cultivos de segunda con esta técnica tornaría más inestable al sistema de producción ya que agravaría el balance negativo de nutrientes.

Si bien en la última década, la fertilización de todos los cultivos es una práctica que se ha difundido y ampliado, en general ningún lote ha sido fertilizado bajo el criterio de reposición (agregar todos los nutrientes que el cultivo extrae).

## **Las distintas secuencias**

La información que se presenta en este informe surgió de un ensayo de rotaciones bajo labranzas convencionales que se realiza en la Chacra Experimental sobre un suelo representativo de la región, para distintas secuencias de cultivos evaluadas durante un período de 10 años.

Las secuencias empleadas en la comparación, representaron en algunos casos a las más comunes utilizadas en la región y en otros a situaciones factibles de ser implementadas en el momento del inicio del ensayo (1993). (Tabla 1).

Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N°21, Marzo 2004.

**Tabla 1. Secuencias de cultivos y rendimientos kg/ha logrados en 10 años. Ensayo de Rotaciones, CEI Barrow).**

Sec.	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1	Trigo 3250	Maíz 7600	Trigo 2630	Maíz 7930	Trigo 4520	Maíz 1330	Trigo 2660	Maíz 6540	Trigo 3945	Maíz 4260
2	Trigo 3220	Girasol 2300	Trigo 2690	Girasol 2020	Trigo 4580	Girasol 900	Trigo 2500	Girasol 2160	Trigo 4005	Girasol 2130
3	Trigo 3300	Soja 2390	Trigo 2470	Soja 1620	Trigo 4470	Soja 990	Trigo 2600	Soja 1390	Trigo 3745	Soja 1560
4	Trigo 3270	Girasol 2510	Trigo 2790	Trigo 3150	Girasol 2450	Trigo 2960	Trigo 2580	Girasol 2350	Trigo 3895	Trigo 2890
5	Trigo 3330	Maíz 6920	Soja 1820	Trigo 3020	Maíz 9630	Soja 1130	Trigo 2740	Maíz 6070	Soja 1930	Trigo 3030
6	Trigo 3365	Maíz 7230	Girasol 2310	Trigo 3090	Maíz 9420	Girasol 860	Trigo 2430	Maíz 6790	Girasol 2450	Trigo 2980

En todas las secuencias estuvo presente el trigo como cultivo representativo de los cereales de invierno. Las variaciones estuvieron dadas por la presencia y/o repetitividad de los cultivos de verano. Así pues, la secuencia 1 representó la inclusión de dos cultivos que aportarían elevados volúmenes de rastrojos favoreciendo los niveles de materia orgánica del suelo (MO). Algo similar ocurrió con la 6 donde la inclusión de maíz en la secuencia trigo/girasol permitiría mantener la materia orgánica en niveles estables.

Las secuencias 2 y 4 fueron incluidas por ser comúnmente empleadas en la región debido a la favorable adaptación que han tenido el trigo y girasol al sembrarse en forma intercalada, mientras que la incorporación de la soja en la 5 representó a aquellos sistemas que poseen un mayor potencial de producción de granos y que responderían a las altas exigencias de este esquema de cultivos. Finalmente, la secuencia 3 intentó ejemplificar una situación de mayor agresión hacia el sistema de producción, ya que el escaso aporte de rastrojo que produce la soja y su repetitividad en el tiempo sobre un mismo suelo, atentaría contra los parámetros edáficos en general y sobre los niveles de materia orgánica en particular.

Las fertilizaciones con P se basaron en el análisis de suelo previo a la siembra. Solamente fueron fertilizados aquellos cultivos que en experiencias previas demostraron una respuesta económica; por ej.: fertilización con fosfato diamónico en siembra para todos los cultivos y fertilización nitrogenada (urea) para trigo y maíz en postemergencia.

### Los nutrientes deficitarios

Para alcanzar altos rendimientos, los cultivos necesitan que una elevada disponibilidad de nutrientes estén presentes en el suelo durante el ciclo. Todos los elementos esenciales se encuentran en el suelo, y una parte importante se libera a través de la mineralización de la materia orgánica.

En las últimas dos décadas, y en coincidencia con el incremento del uso agrícola de los suelos de nuestra región, se ha comprobado la respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada (P) y últimamente a la nitrogenada (N). En la actualidad, la mayoría de los productores de trigo y maíz fertilizan sus cultivos con P y N. En el caso de girasol y soja es normal el empleo de una fertilización con P a la siembra.

Algunos estudios efectuados en la región indican que por el momento otros nutrientes no resultan deficientes y son provistos por el mismo suelo (Echeverría y Ferrari, 1993).

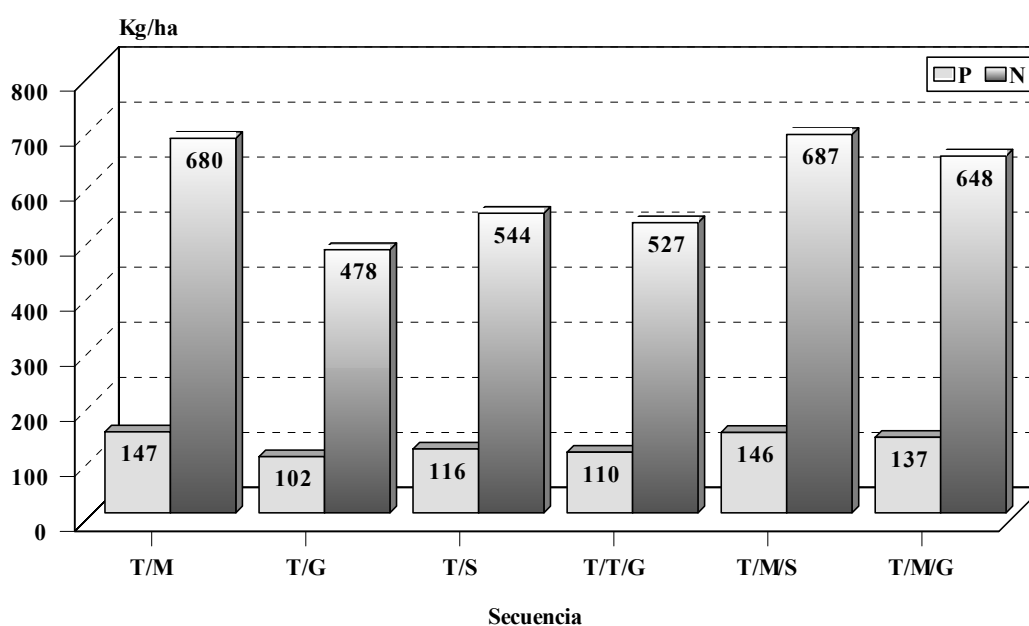
### La exportación y aporte de nutrientes

La extracción de nutrientes producida por un cultivo es aquella que corresponde a los elementos contenidos en los granos y que salen del sistema de producción con la cosecha. No debe confundirse con las necesidades nutricionales del cultivo, que son aún de mayor magnitud, ya que consideran el

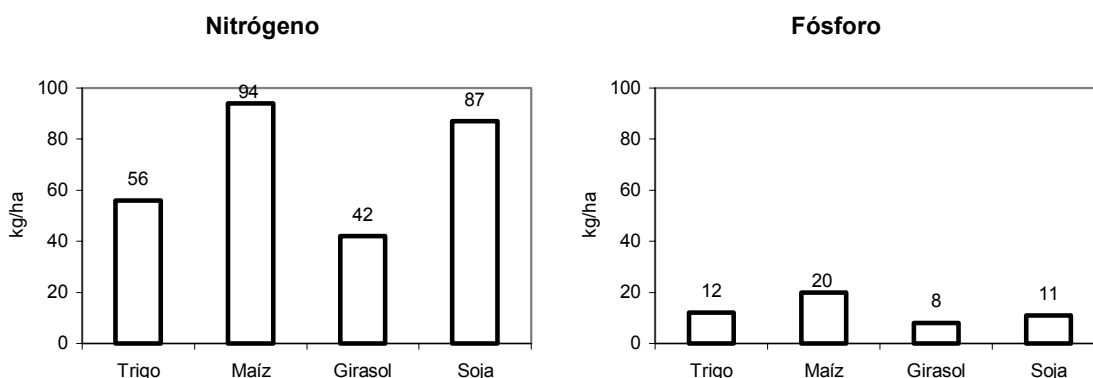
total de nutrientes necesarios para la producción de toda la biomasa del cultivo (raíz, tallos, hojas, grano).

Los niveles de extracción de un determinado nutriente son variables de acuerdo al cultivo realizado y al rendimiento alcanzado por éste, de manera que la exportación para cada secuencia puede presentar valores muy diferentes. A su vez, cuando en los cultivos se dispone de genética con un potencial productivo creciente, los requerimientos aumentan y el déficit de nutrientes representa un factor cada vez más limitante a la productividad.

Para cada secuencia se evaluó la exportación de los principales nutrientes (P y N). En base a los rendimientos logrados se estableció la extracción de P tomando la tasa de exportación de nutrientes por tonelada de grano producido (adaptado de García, 2000). Para el caso del N, a partir de los rendimientos y del porcentaje de proteína de los mismos, se determinó el nivel de exportación de este nutriente del sistema (Fig.1). Con los valores de rendimiento promedio se establecieron las diferencias de exportación entre los cultivos (Fig. 2).



**Figura 1. Exportación de P y N acumulada en 10 años para cada secuencia de cultivos**



**Figura 2. Exportación promedio anual de P y N para cada cultivo. En soja se considera que el 30% del N exportado proviene de fijación simbiótica.**

El aporte de nutrientes se realizó a través de niveles de fertilización considerados medios-altos con respecto a las dosis comúnmente empleadas en la región, tomando en cuenta el análisis de suelo previo y la expectativa de un rendimiento esperado relativamente bueno. Para trigo y maíz, la dosis promedió 75 kg/ha de fosfato diamónico a la siembra efectuándose un posterior aporte de 110 kg/ha (trigo) y 130 kg/ha (maíz) de urea. En el caso de las oleaginosas y promediando todas las situaciones, los valores alcanzaron a 38 kg/ha para girasol, y 66 kg/ha para soja, de fosfato diamónico aplicados a la siembra.

### Balance de P y N

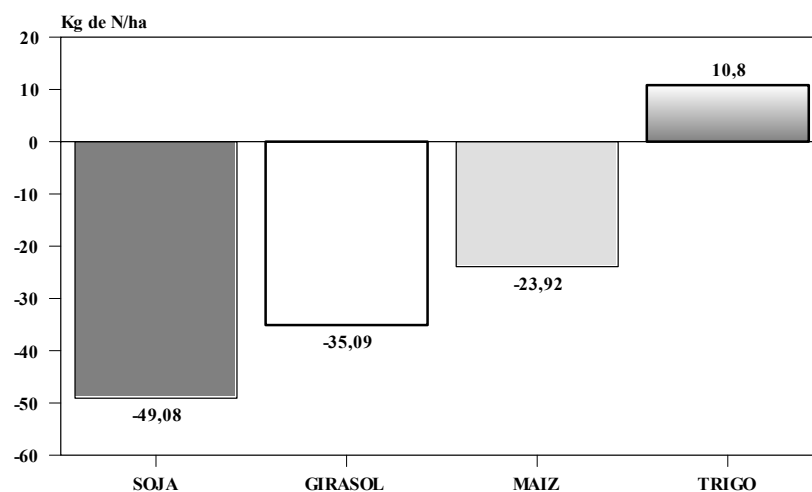
La dosis de fertilizante empleada en cada año y para cada cultivo en relación a la exportación de nutrientes, permitió efectuar un balance con el propósito de establecer el nivel de reposición de P y N que se alcanzó en cada una de las secuencias (Tabla 2).

Los niveles de P aplicados superiores a los comúnmente utilizados en la región, resultaron en general suficientes para reponer lo extraído por los cultivos en las distintas secuencias durante el período evaluado de 10 años registrándose balances negativos solamente en las secuencias T/M/S y T/M/G. En el caso de N, aparecieron notorias deficiencias, especialmente en aquellas secuencias donde se incluyeron oleaginosas (principalmente soja) que no fueron fertilizadas con N, y cuando el maíz alcanzó rendimientos elevados resultando escasas las dosis aplicadas (Tabla 2).

**Tabla 2. Balance de P y N para distintas secuencias en un período de 10 años.**

SECUENCIA	P	N
T/M	3,26	7,36
T/G	10,26	-128,98
T/S	26,41	-210,93
T/T/G	19,02	-52,07
T/M/S	-4,08	-208,33
T/M/G	-10,29	-156,9

Se observó claramente que la soja es el cultivo que mayor desbalance de N produjo lo cual se explica por presentar un elevado porcentaje de proteína en los granos y recibir un bajo aporte de fertilizante nitrogenado. Este balance negativo de N para la soja se da aún considerando una FBN estimada en valores que pueden ir del 30% al 40% de las necesidades del cultivo para la región (González, 2002). A los fines del cálculo, en este balance se asumió un aporte por FBN de un 30% de lo exportado. Los valores mostrados en Tabla 2 y Fig.3 ya incluyen ese aporte.



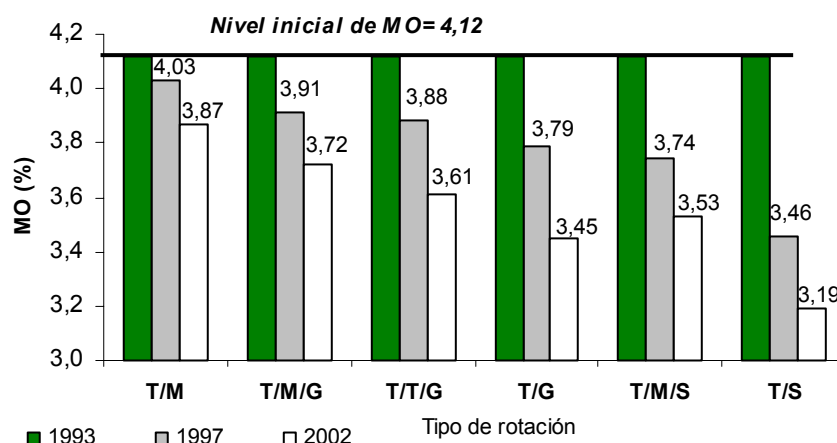
**Figura 3. Balance de N promedio para cada cultivo por año**

Estos valores coinciden con estimaciones recientes sobre el consumo de nutrientes realizadas sobre una serie de ensayos ubicados en suelos de la región pampeana confirmando balances negativos en

especial provocados a raíz de la expansión de la soja (García et al., 2001; Martellotto et al., 2001a; Echeverría y Ferrari 1993; Ventimiglia et al., 2000).

### Dinámica de la Materia Orgánica

El constante aporte de nutrientes desde el suelo a través de la mineralización de la MO sin una adecuada reposición, implica una disminución en la MO. Este comentario se ve corroborado cuando observamos que los niveles de este parámetro sufrieron un descenso en todas las secuencias evaluadas durante los 10 años del estudio, pero a su vez, esa pérdida se incrementó cuanto mayor fue la presencia de la soja en las secuencias. Los altos requerimientos de nutrientes, la baja cantidad de residuos que deja el cultivo de soja en el suelo y la escasa fertilización que recibió, provocaron esa reducción (Fig. 4).



**Figura 4: Evolución de la materia orgánica del suelo (0-20 cm) con distintas secuencias en 10 años**

Es importante recordar que una disminución del 1% en el contenido de MO del horizonte superficial (0-20 cm) representa una pérdida de 1.100 kg de N y 110 kg de P por hectárea, además de los restantes nutrientes que contiene la misma (Darwich, 2003).

Estos balances negativos de MO han sido reportados en buena parte de la región núcleo sojera debido a que el carbono mineralizado anualmente por la soja no es compensado por la escasa cantidad y baja relación C/N de sus rastrojos (Martellotto et al., 2001b). En suelos del sudeste bonaerense otros autores, han alertado sobre la pérdida de MO, asociando la intensidad de la disminución con una mayor presencia de cultivos de verano, especialmente soja, en las secuencias de cultivos (Studdert y Echeverría 2000). Nuestros resultados parecen indicar que en los suelos del sur bonaerense la tendencia es similar con el agravante que los mismos poseen menores niveles de MO.

### Modelos sustentables

La falta de una fertilización balanceada, los bajos niveles de reposición de nutrientes del suelo, sumados a la pérdida de materia orgánica, están conduciendo a una disminución considerable de la fertilidad de los suelos y por lo tanto de la sustentabilidad física, ecológica y económica de las explotaciones agrícolas del sur bonaerense. La implementación de prácticas como la siembra directa, altamente eficiente en controlar la erosión e incrementar el contenido de MO en la capa superficial del suelo, no sería suficiente para lograr una agricultura sustentable y menos aún si implementamos rotaciones donde predominen cultivos que aporten escaso volumen de rastrojos y dejen un balance negativo de MO en el suelo, aumentando la vulnerabilidad del sistema.

No está mal que la soja se integre a las secuencias de cultivo de la región por su aporte a la diversificación. Lo negativo es que los esquemas agrícolas se concentren en la oleaginosa

principalmente por la posibilidad de obtener una rentabilidad aceptable en el corto plazo con una baja inversión de recursos.

Se considera como requisito fundamental para asegurar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas de la región, la implementación de secuencias de cultivos que no impliquen un balance negativo de la MO. Esto permitirá favorecer la conservación del suelo, mejorar la economía del agua, disminuir la variabilidad de los rendimientos y obtener mayores beneficios de la fertilización.

Al mismo tiempo, resulta fundamental establecer una adecuada programación de la fertilización insertándola en forma eficiente en la rotación y adecuando las dosis a los niveles de extracción producidos, especialmente en los nutrientes con mayor respuesta económica. Para ello, el conocimiento de los balances de macronutrientes en los principales cultivos es una herramienta de gran utilidad para diagramar estrategias de fertilización.

En la evaluación del modelo productivo a implementar, es importante manejar el margen global de la rotación para determinar el resultado económico de la empresa en lugar de analizar y comparar el margen bruto por cultivo en cada campaña. Es a través de la conservación del recurso suelo, diagramando rotaciones de cultivos coherentes en cuanto a diversificación e intensidad en relación al ambiente productivo, efectuando labranzas conservacionistas, racionales prácticas de manejo y una nutrición de los cultivos fundamentada en balances, como se podrá mejorar la sustentabilidad de los actuales sistemas agrícolas.

## Referencias

- Darwich, N. 2003. El balance de nutrientes de la agricultura. Márgenes Agropecuarios N° 217, p. 24-25.
- Echeverría, H. y Ferrari, J. 1993. Relevamiento de algunas características de los suelos agrícolas del sudeste bonaerense. INTA.Cerbas.EEA Balcarce. Boletín Técnico N° 112.
- García, F. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. Archivo Agronómico N°3. INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires, Acassuso.
- García, F. 2001. Balance y manejo de nutrientes en rotaciones agrícolas. En AAPRESID (ed.). Rotación de cultivos en siembra directa. Publicación técnica de AAPRESID, p. 59-68.
- García, F. 2001. Explorando deficiencias nutricionales en la región pampeana. Resultados de los ensayos de fertilización de AAPRESID-INTA-INPOFOS, p. 74-81, *In* INTA (ed.) Proc. XVIII Jornada de Actualización Profesional sobre Cultivos de Cosecha Gruesa, 6-7 de Setiembre de 2001, Mar del Plata, Buenos Aires. INTA EEA Balcarce - F.C.A., UNMdP - CIAM, Buenos Aires, Argentina.
- Martelotto, E. ; SALAS, H. y LOVERA, E. 2001. El monocultivo de soja y la sustentabilidad de la agricultura. En: Rotaciones de cultivos en siembra directa. AAPRESID.
- Martelotto, E. ; SALAS, H. y LOVERA, E. 2001. Sustentabilidad de los sistemas agrícolas en la provincia de Córdoba: Factores que la condicionan. Boletín INTA Manfredi.
- Studdert, G.A. y Echeverría, H.E. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci.Soc.Am.J.* 64: 1496-1503.
- Ventimiglia, L.; Carta, H.G. y Rillo, S.N. 2000. Exportación de nutrientes en campos agrícolas. Informaciones agronómicas para el Cono sur N° 7. INPOFOS Cono Sur, Buenos Aires Acassuso.