

---

## **Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio cumplir con las metas de la sustentabilidad? Análisis de un caso de la Región de Tres Arroyos. Argentina.**

Can technological changes based on cost benefit analysis meet sustainability goals?  
The case of Tres Arroyos Region. Argentina

FLORES, Claudia C.<sup>1</sup>; SARANDÓN, Santiago J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. La Plata. Argentina, cflores@agro.unlp.edu.ar; <sup>2</sup> Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP, CIC, Prov. de Bs Aires, sarandon@agro.unlp.edu.ar

---

### **RESUMEN**

En la agricultura actual, los cambios tecnológicos son determinados según su conveniencia económica, analizada mediante el análisis costo beneficio, el cual no permite tener en cuenta los costos ecológicos asociados a la utilización de las nuevas tecnologías. En la década del '90, en la Región de Tres Arroyos, se ha observado un importante incremento en el uso de fertilizantes, debido a un análisis costo beneficio conveniente. Para analizar las consecuencias de esos cambios sobre la sustentabilidad de la agricultura regional, se calcularon los balances de N, P y K (diferencias entre las entradas y salidas) para los principales cultivos de la zona (girasol y trigo) durante cinco ciclos agrícolas de la década del '90. Las entradas de nutrientes no estuvieron en equilibrio con las salidas producidas por la cosecha. Esto condujo a una pérdida neta de N, P y K para el cultivo de girasol y pérdidas de N y K y un exceso de P para el cultivo de trigo. Por consiguiente, se observó una pérdida neta de N y K en la agricultura de la Región, la que no puede ser considerada sustentable debido a que su productividad se basó en la pérdida del "stock" de nutrientes y la degradación de la materia orgánica. Esto constituye un costo ecológico importante que no ha sido tenido en cuenta en la toma de decisiones tecnológicas y pone en duda su sustentabilidad.

**PALABRAS CLAVE:** agroecosistemas sustentables, economía ecológica, balance de nutrientes, capital natural, agroecología.

### **ABSTRACT**

In modern agriculture technological changes are determined not by an ecological but by an economical approach (cost-benefit analysis) that can difficult to meet sustainability goals. In the '90s, an important increase in fertilizer use was observed in Tres Arroyos Region, Argentina, based on cost benefit analysis. To analyze the consequences of these changes on regional sustainability, total balances for N, P and K (difference between outputs and inputs) for wheat and sunflower crops during five agricultural cycles along the '90s were calculated. Nutrient input was not in balance with those removed by crops. This led to a net N, P and K losses for sunflower crop and a N and K losses but a P excess in wheat crop. As a consequence, a net N and K losses was observed for the Region, which cannot be considered sustainable because their agricultural productivity has been based on both nutrient "stock" and soil organic matter depletion. This constitute an important ecological cost that was not taken into account when technological decisions were taken.

**KEYWORDS:** sustainable agroecosystems, ecological economics, nutrient budget, natural capital, agroecology.

Correspondências para: Claudia Flores (cflores@agro.unlp.edu.ar)

Aceito para publicação em 09/08/2008

## Introducción

Uno de los problemas del modelo agrícola actual, es que los cambios tecnológicos son determinados principalmente según su conveniencia económica, analizada mediante el análisis costo beneficio, que no incorpora los costos ecológicos asociados a la utilización de las nuevas tecnologías (FLORES & SARANDÓN, 2003).

Bajo este enfoque, la mayor productividad agrícola obtenida a expensas de la degradación del capital natural, puede ser considerada como un incremento de los ingresos cuando, de hecho, constituye una pérdida de capital (YURJEVIC, 1993). En consecuencia, dichos cambios tecnológicos pueden conducir a prácticas agrícolas insustentables.

Uno de los requisitos básicos para el logro de la sustentabilidad de la agricultura es el mantenimiento del capital natural (Harte, 1995), entendido como el conjunto de activos de la naturaleza que producen un flujo de bienes y servicios útiles para el ser humano (DALY, 1997). Entre los recursos del ecosistema, el suelo ha sido reconocido como un componente clave del capital natural (NORTCLIFF, 2002) que debe ser mantenido para asegurar la sustentabilidad.

La pérdida de fertilidad ha sido señalada como la principal vía de degradación de los suelos (ROY et al, 2003). Para evitar dicha pérdida, el balance de nutrientes, calculado como la diferencia entre todas las entradas y todas las salidas de nutrientes de un agroecosistema claramente definido (JANSEN, 1999), debe ser cercano o superior a cero.

Aunque se ha señalado que un balance de nutrientes completo debe incorporar cinco entradas (fertilizantes químicos, abonos orgánicos, deposición atmosférica, fijación biológica de nitrógeno y sedimentación) y cinco salidas (productos de cosecha, extracción de los residuos de cosecha, lixiviación, pérdidas gaseosas y erosión) (STOORVOGEL, 1992;

SMALING & FRESCO, 1993; STOORVOGEL et al, 1993; KONING et al, 1997; JANSEN, 1999; STOORVOGEL, 2000) en muchas regiones, la fertilización química puede ser considerada como la principal vía de reposición de los nutrientes extraídos tanto por los productos de cosecha como por otras vías. Por lo tanto, una estimación del balance de nutrientes, que incluya como única entrada la aplicación de fertilizantes y como única salida los productos de cosecha (en áreas donde las otras salidas son relativamente escasas), puede ser un indicador de la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (ROY et al, 2003).

A pesar de que el logro de un balance equilibrado, es la forma de asegurar el mantenimiento del "stock" de nutrientes del suelo, en la agricultura moderna, el criterio de aplicación de fertilizantes está basado en la respuesta económica del cultivo (siguiendo la racionalidad del análisis costo-beneficio) y no en la idea de reponer los nutrientes que han sido extraídos del sistema en la cosecha, tal como se ha observado en numerosas áreas de la Región Pampeana Argentina

En esta Región, a lo largo de la década del '90, se ha producido un incremento importante en las tasas de fertilización de cereales y oleaginosas (SATORRE, 1998; MADDONNI et al, 2003), basado en la conveniencia económica según un análisis de costo-beneficio clásico (MADDONNI et al, 2003). Como consecuencia de esta racionalidad económica, los balances de nutrientes fueron, la mayoría de las veces, negativos (ECHEVERRÍA & GARCÍA, 1998; GARCÍA & MELGAR, 2001; GARCÍA, 2001; DARWICH, 2003; FLORES & SARANDÓN, 2003; CRUZATE & CASAS, 2004) y esto condujo a que se comenzaran a manifestar diferentes déficits de nutrientes en numerosas áreas de la Región Pampeana Argentina (ANDRIULO et al, 1996; URRICARIET & LAVADO, 1999a; URRICARIET & LAVADO, 1999b; VENTIMIGLIA et al, 2000; GARCÍA et al, 2001).

El Partido de Tres Arroyos, forma parte de una de las áreas más importantes de producción de trigo de la Región Pampeana Argentina. El Partido tiene una superficie total de 586000 has destinadas a la producción de cereales, oleaginosas y ganadería extensiva. La actividad agrícola está basada esencialmente en la producción extensiva de trigo (*Triticum aestivum*, L) y girasol (*Helianthus annuus*, L).

A lo largo de la década del '90, en esta Región, se han verificado importantes cambios tecnológicos: la expansión del área destinada a Agricultura del 60 al 78% del total de la tierra productiva (MUNICIPALIDAD DE TRES ARROYOS, 2002) y, al mismo tiempo, un importante incremento en el uso de fertilizantes. Sin embargo, al igual que en el resto de la Región Pampeana Argentina, este aumento en el uso de fertilizantes no se basó en la idea de restituir aquellos nutrientes removidos por los cultivos sino en su conveniencia económica (FORJÁN, 2004), generalmente a corto plazo.

Por lo tanto, el incremento de la práctica de fertilización basado en un análisis puramente económico a corto plazo, podría haber conducido a desequilibrios en los balances de nutrientes a lo largo de la última década, conduciendo a la degradación del capital natural y, consecuentemente a una baja sustentabilidad del modelo agrícola de la Región.

Los objetivos de este trabajo fueron analizar:

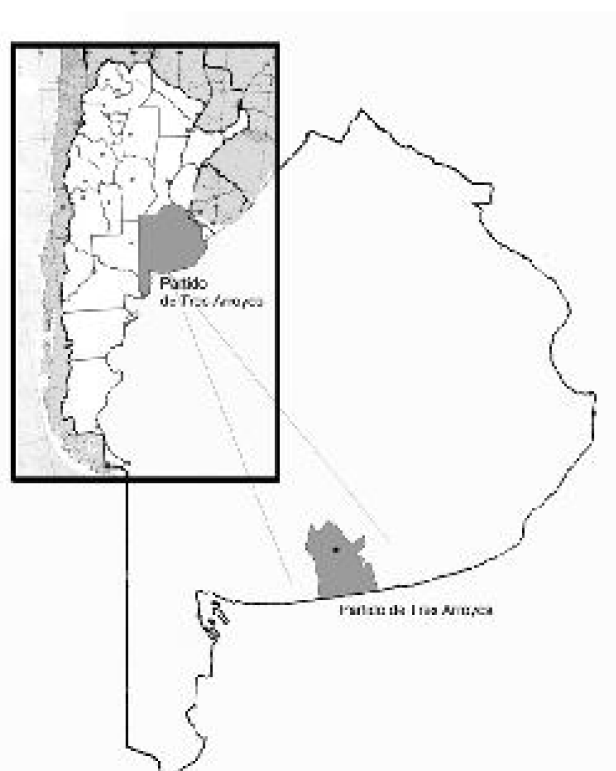
- 1 – Los cambios en la práctica de fertilización, a lo largo de la década del '90, en los dos cultivos principales (trigo y girasol) en Tres Arroyos, Buenos Aires, Argentina.
- 2 – La influencia de dichos cambios sobre los balances parciales de los principales macronutrientes.
- 3 – Las consecuencias de dichos cambios sobre la sustentabilidad de los sistemas agrícolas de la Región.

## Materiales y metodos

### a) Características de la Región de Estudio

El Municipio de Tres Arroyos está localizado en el S-SE de la Provincia de Buenos Aires, (38°23'S and 60° 19' E) cubriendo una superficie equivalente al 1.93% del área total de la Provincia (Fig. 1).

La Región tiene una altitud promedio de 250m sobre el nivel del mar. El clima es templado oceánico sin estación seca, con una temperatura media anual de 15 °C. La temperatura media máxima se registra en el mes de enero (21 °C) y la media mínima en Julio (9 °C). Las precipitaciones varían entre 655 y 1023 mm. Los suelos dominantes son los Argiudoles y Hapludoles y, en las áreas más bajas, predominan los Natracuoles, Natracualfes y Natralboles.



**Figura 1:** Ubicación geográfica del Partido de Tres Arroyos

## Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio

De acuerdo con el último Censo Nacional Agropecuario, en la Región existen 692 establecimientos agropecuarios (CNA, 2002). Más del 80% del área agrícola total se cultiva con trigo (52%) y girasol (34%). Durante la década de los '90 el rendimiento promedio regional para estos cultivos varió entre 2000 y 3815 kg.ha<sup>-1</sup> para trigo y entre 1300 y 2100 kg.ha<sup>-1</sup> para girasol.

El resto del área agrícola es cultivada con cebada (*Hordeum vulgare* L), maíz (*Zea mays* L), avena (*Avena sativa* L), soja (*Glycine max* L) y alpiste (*Phalaris canariensis* L).

### b) Estimación de la entrada de nutrientes

Las entradas y salidas de nutrientes se estimaron a partir de los datos obtenidos de los registros de las asociaciones de productores existentes en la Región, en los cuales se consignan el tipo y las cantidades de fertilizantes aplicados en cada lote de producción. Se analizaron un promedio de 180 lotes para cada ciclo agrícola (10% de la superficie total de la Región). El análisis se centró en los cultivos de trigo y girasol dado que los mismos representan más del 80% del total de área cultivada.

A partir de esos datos, se calculó la superficie fertilizada y las dosis de aplicación para cada tipo de fertilizante (para trigo y girasol) para 5 ciclos agrícolas: 90-91; 92-93, 94-95; 96-97 y 97-98. Los valores calculados fueron posteriormente extrapolados al total del área agrícola de la Región.

Se calculó la cantidad de N, P y K por unidad de fertilizante aplicado a partir de la composición química de cada uno de los fertilizantes. Se calculó la entrada total de N, P y K y la entrada de N, P y K \* ha<sup>-1</sup> para cada año considerado como:

- Entrada total de N (P o K) = Área sembrada total de cada cultivo \* % área fertilizada con cada tipo de fertilizante en cada cultivo / 100 \* contenido de N (P y K) en cada fertilizante.
- Entrada de N (P o K) \* ha<sup>-1</sup> = entrada total de N

(P o K) / área sembrada total.

### c) Estimación de la salida de nutrientes

Se calculó la salida de nutrientes como aquellos nutrientes removidos por los productos de cosecha (considerando sólo los granos debido a que los residuos de cultivo permanecen en el lote) como:

- Salida total de N (P o K) en el año n para el cultivo x = producción del cultivo x en el año n \* tasa de extracción de N (P o K) en el cultivo x.
- Salida de N (P o K) \* ha<sup>-1</sup> = Salida total de N (P y K) / superficie cosechada total.

La tasa anual de extracción de N, P y K para cada cultivo se calculó basándose en un promedio de los valores citados por diferentes autores (OSAKI et al, 1991; GARCÍA, 1995; INPOFOS Cono Sur, 1999; VENTIMIGLIA et al, 2000; GALARZA et al, 2001; GARCÍA et al, 2001; FERRARIS, 2001) (Tabla 1).

### d) Cálculo de los balances de nutrientes

Se calculó el balance total de N, P y K para trigo y girasol como la diferencia entre las salidas de N, P y K para cada cultivo en cada año considerado y la entrada de nutrientes para ese año. Los balances de N, P y K para la región fueron calculados como el promedio ponderado de los balances de nutrientes en trigo y girasol por su superficie cosechada.

## Resultados

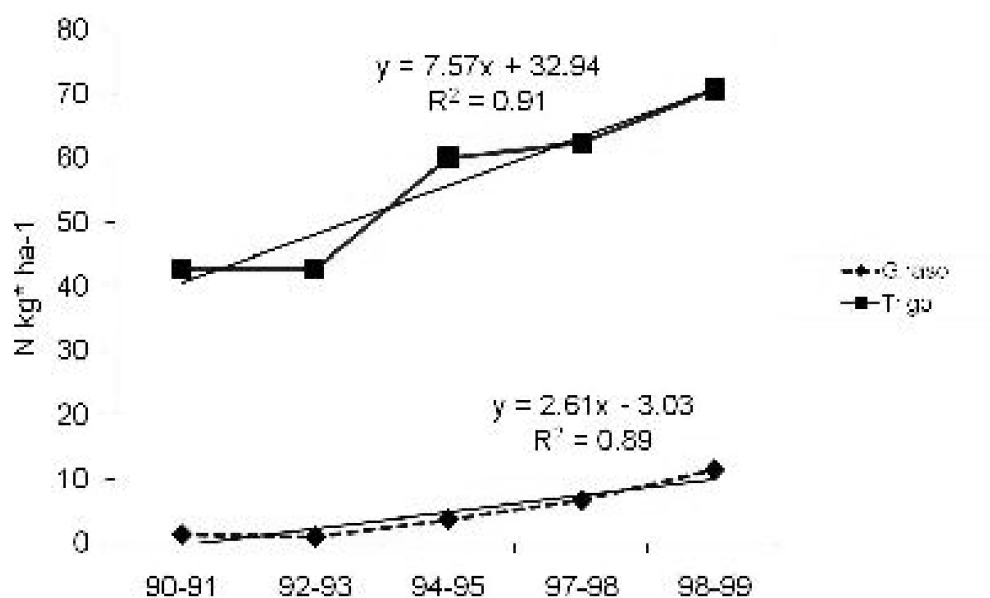
### a) Cambios en las prácticas de fertilización

A lo largo de la década, se observó un importante incremento en las cantidades de N y P aplicado (principalmente bajo la forma de fosfato diamónico (DAP) y urea) en trigo y, en menor medida, en girasol (Fig 2 y 3). Durante todo el periodo, no hubo adición de K en ninguno de los dos cultivos.

Las cantidades de fertilizantes aplicadas en el período considerado fueron diferentes para ambos cultivos. Las cantidades de P y N

**Tabla 1:** Tasas de extracción de nitrógeno, fósforo y potasio (kg. Ton<sup>-1</sup> grano), para trigo y girasol. Rangos citados por diversos autores y valores promedio calculados.

	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	Rango citado	Promedio	Rango citado	Promedio	Rango citado	Promedio
Trigo	19,8-24,2	20,5	2-3,8	3,5	2,9-5,1	3,5
Girasol	23,6-27,7	24,8	3,5- 4,5	4,0	2,5- 21,3	9,5



**Figura 2:** Dosis de N (kg \* ha<sup>-1</sup>) aplicadas al trigo y girasol en la Región de Tres Arroyos . Buenos Aires. Argentina. Período 1990-1999

aplicadas en trigo fueron, en promedio, 3,7 y 11,6 veces superiores a las utilizadas en girasol. El incremento de nitrógeno aplicado en trigo (7.6) fue mayor que en girasol (2.6) (Fig 2), pero no se observaron diferencias significativas entre ambos cultivos en el aumento de P aplicado, aunque fue mayor en trigo que en girasol (Fig 3).

Los incrementos en las cantidades promedio de N y P aplicados a través de la década, estuvieron asociados, tanto a cambios en la superficie fertilizada, como en las dosis de

nutrientes aplicadas. Hubo un importante aumento en la superficie fertilizada con P para ambos cultivos. Para girasol, la superficie fertilizada varió del 25% al 100% del área cultivada desde el inicio hasta el final de la década. Para trigo, el incremento fue del 88 % al 100% del área cultivada.

#### b) Balance de nutrientes

Los cambios en las prácticas de fertilización, junto con las variaciones en el rendimiento de los

## Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio

cultivos, determinaron cambios en los balances regionales de N, P y K a través de la década (Fig 4, 5 y 6).

Las entradas de nutrientes por hectárea y año no estuvieron, en promedio, en equilibrio con la extracción de nutrientes causadas por la cosecha. Esta situación condujo, en todos los años considerados, a balances desequilibrados de N, P y K para ambos cultivos.

Los balances de nitrógeno para trigo variaron a lo largo de los años y estuvieron asociados con fluctuaciones en el rendimiento del cultivo (Fig 4). Cuando el rendimiento en grano fue mayor de 3000 Kg.ha<sup>-1</sup>, las entradas de N no compensaron la exportación de nutrientes en la cosecha. A lo largo de la década, el balance de nitrógeno en girasol mostró un déficit asociado a las bajas tasas de aplicación de N. En 4 ciclos agrícolas (90-91, 92-93, 94-95 y 97-98) la reposición de N por fertilización representó solo entre el 4 y 13% de los requerimientos del cultivo de girasol. En el último ciclo agrícola, se observó una mejora en el balance de N en girasol asociada al incremento en la aplicación de fertilizantes y al bajo rendimiento del cultivo en

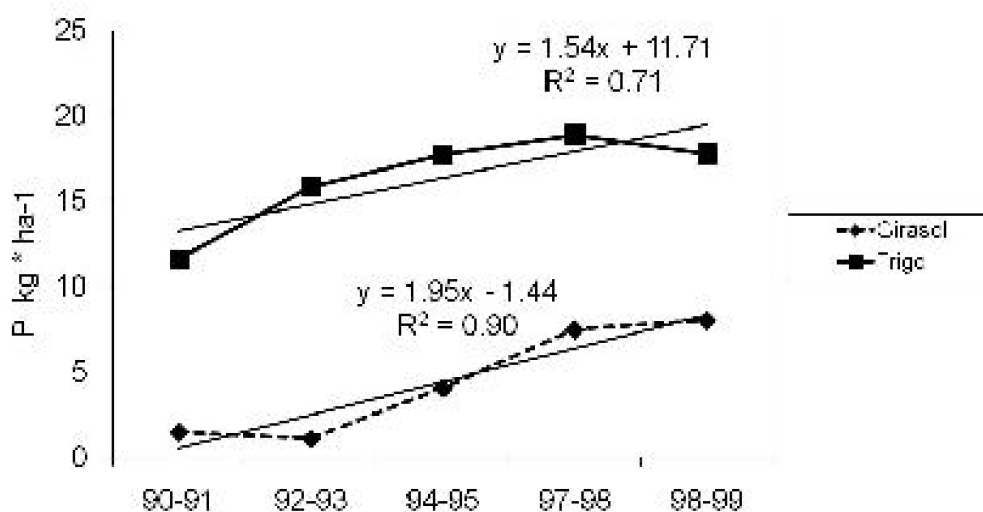
dicho ciclo agrícola (1300 Kg. Ha<sup>-1</sup>).

El balance de P para el trigo fue siempre positivo. Para girasol, varió de un déficit del 78% de los requerimientos del cultivo a un exceso del 55% (Fig 5). A lo largo de la década se observó una tendencia al exceso de P en la Región. Por el contrario, el balance de K fue siempre negativo debido a la ausencia de aplicación de fertilizantes potásicos.

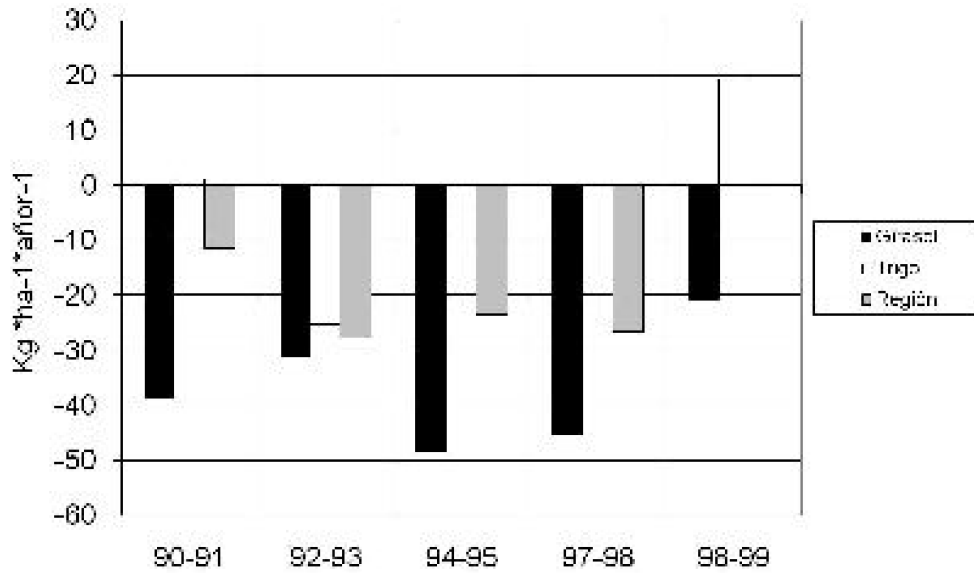
Para los 5 ciclos agrícolas analizados se observaron pérdidas netas de N, P y K en el cultivo de girasol (Tabla 2). En trigo, se observaron pérdidas de N y K pero un exceso de P. La proporción relativa de estos cultivos en relación al área cultivada total durante cada ciclo determinó una pérdida neta de N y K y un exceso de P en toda la Región a lo largo del período analizado.

### Discucion

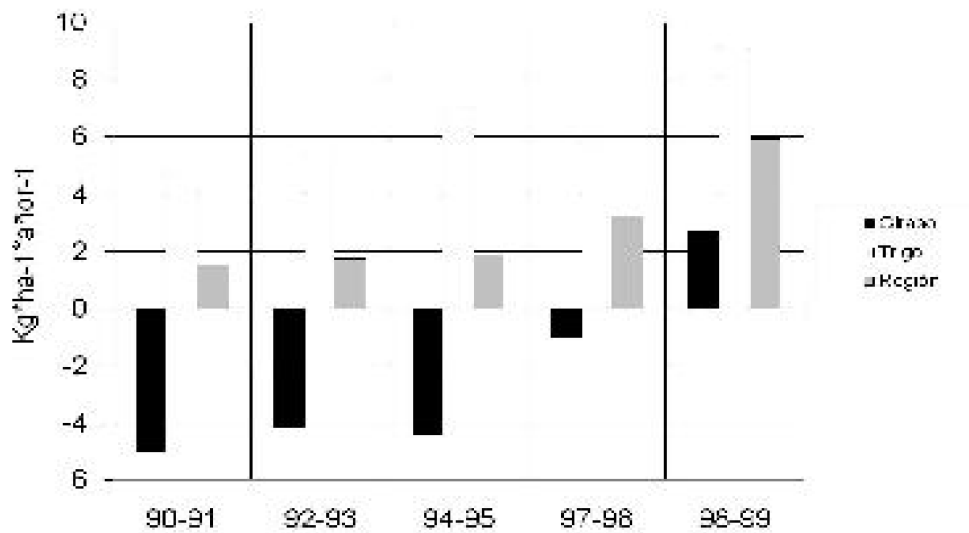
Uno de los requisitos básicos para el logro de la sustentabilidad es el mantenimiento del capital natural (HARTE, 1985). El suelo es uno de los componentes clave de este capital que debe ser preservado (NORTCLIFF, 2002). Debido a que la



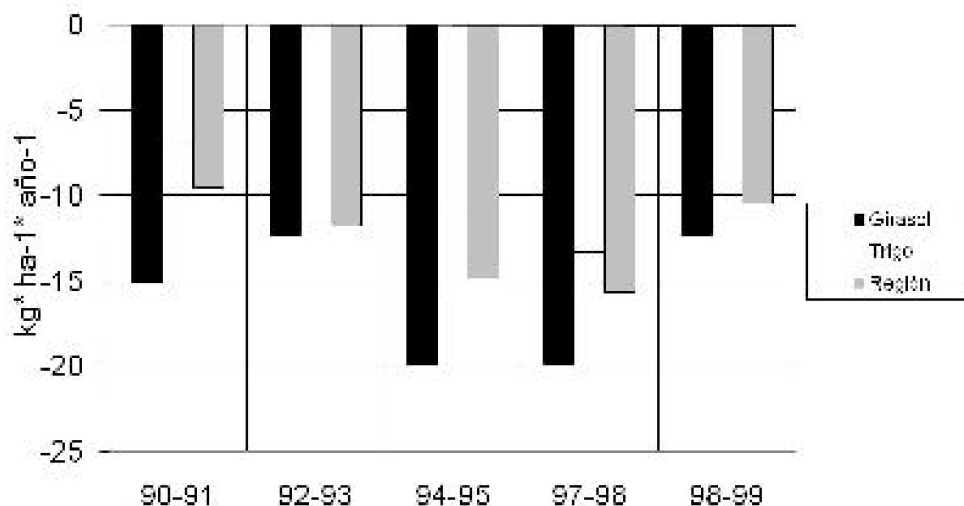
**Figura 3:** Dosis de P (kg \* ha<sup>-1</sup>) aplicadas al trigo y girasol en la Región de Tres Arroyos . Buenos Aires, Argentina. Período 1990-1999.



**Figura 4:** Balance de Nitrógeno (Kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) para girasol, trigo y total regional para los cinco ciclos agrícolas analizados. Tres Arroyos. Buenos Aires. Argentina. Período 1990-1999.



**Figura 5:** Balance de Fósforo (Kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) para girasol, trigo y total regional para los cinco ciclos agrícolas analizados. Tres Arroyos. Buenos Aires. Argentina. Período 1990-1999.



**Figura 6:** Balance de Potasio (Kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) para girasol, trigo y total regional para los cinco ciclos agrícolas analizados. Tres Arroyos. Buenos Aires. Argentina. Período 1990-1999.

**Tabla 2:** Balance neto de N, P y K (en toneladas) para los cultivos de trigo y girasol y total regional para la totalidad del período analizado (1990-1999). Tres Arroyos. Buenos Aires. Argentina.

	N	P	K
Girasol	-24548	-1157	-9442
Trigo	-4819	6275	9245
Región	-29367	5118	-18687

pérdida de nutrientes es considerada como la principal forma de degradación de los suelos (Roy et al, 2003), una agricultura sustentable requiere la reposición total de los nutrientes extraídos del sistema para mantener un “stock” permanente en el suelo que mantenga su calidad en el tiempo.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio, con una visión a corto plazo, generalmente dificultan el

logro de una mayor sustentabilidad de los sistemas agrícolas. En la Región de Tres Arroyos, el incremento en la aplicación de fertilizantes a lo largo de la última década no ha conducido a un balance de nutrientes equilibrado y, en consecuencia, a la sustentabilidad del sistema agrícola regional.

Desde un punto de vista agroecológico, la reposición de nutrientes debe buscar un equilibrio en el balance de dichos nutrientes. En consecuencia, dicha reposición debe ser independiente de la rentabilidad del cultivo o valor del nutriente. Sin embargo, bajo el criterio del análisis costo-beneficio a corto plazo, los cultivos de mayor respuesta al agregado de fertilizantes son más fertilizados que los de baja respuesta (independientemente de sus tasas de extracción), conduciendo a un balance de nutrientes inadecuado.

En la Región de Tres Arroyos, la alta respuesta del trigo a la adición de fósforo ha llevado a una excesiva aplicación de fertilizantes fosforados y, consecuentemente, a un balance de P en exceso para dicho cultivo. Por el



contrario, la respuesta errática del girasol a la fertilización fosforada ha conducido a un bajo uso de fertilizantes y, en consecuencia, a un balance negativo de este nutriente.

Los resultados de los balances de P en trigo y girasol, junto con las proporciones relativas de cada cultivo en la Región, determinaron un balance positivo de P a nivel regional para todos los años durante la última década.

Por otra parte, las recomendaciones de fertilización nitrogenada, basadas principalmente en la respuesta económica del cultivo, determinaron un déficit de N para la Región en cada año analizado. Este déficit fue debido, principalmente, a la baja aplicación de N en el cultivo de girasol, debido a la errática respuesta de este cultivo a la fertilización nitrogenada (MADDONNI et al., 2003). También se observaron balances de N negativos en el cultivo de trigo, cuando los rendimientos del mismo excedieron los 3000 kg. ha<sup>-1</sup>. Esto condujo a una pérdida de 29367 Ton de N para el total de la Región, en los cinco años considerados. Estos resultados confirman un inadecuado manejo del N, sugiriendo prácticas no sustentables.

Es necesario tener en cuenta que las pérdidas reales de N pueden ser mayores a las calculadas. Estos resultados deben ser tomados como un "valor conservador" dado que la salida de nutrientes puede haber sido subestimada ya que sólo se ha considerado la extracción realizada por los productos de cosecha. Si bien esta es la principal salida de nutrientes en este tipo de sistema, pueden existir otras salidas que, aunque de menor importancia (MADDONNI et al., 2003), podrían incrementar la pérdida estimada de nutrientes.

Aunque la entrada de nutrientes también podría haberse subestimado, otras posibles entradas de nutrientes (como la fijación de N y la deposición atmosférica) han sido reportadas como no significativas para la Región (MADDONNI et al., 2003).

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que los cultivos pueden utilizar solo una fracción del fertilizante agregado. El coeficiente real de uso del fertilizante (RCU) puede variar con el tipo de cultivos y de fertilizantes, las dosis aplicadas y el momento de aplicación. En el SE de la Provincia de Buenos Aires se calculó un RCU de 65% para los cultivares modernos de trigo (BARBERIS et al., 1983), sugiriendo que la contribución efectiva del nitrógeno aplicado puede ser menor que la estimada. Esto sugiere que el déficit real de N en los sistemas agrícolas de Tres Arroyos podría ser mayor al calculado y también confirma el hecho de que los sistemas agrícolas de producción en Argentina tienen una importante proporción de sus requerimientos de N que están siendo satisfechos por la mineralización de la materia orgánica presente en los suelos y/o por la fijación biológica de N (MADDONNI et al., 2003; FORJÁN, 2004). Para el caso particular de Tres Arroyos, el suministro de N se ha basado en un incremento de la mineralización de la materia orgánica. Según Forjan (2004), y, dependiendo de la secuencia del cultivo, el porcentaje de pérdida de materia orgánica después de 10 años de agricultura continua varió entre 0.51 y 0.67 partiendo de un promedio regional de 3,5%.

Además, la reposición de N a través de la fijación biológica ha sido notablemente minimizada en la región. Las decisiones tecnológicas basadas en el análisis costo beneficio también han conducido a la reducción de las áreas destinadas a la ganadería (a favor de la agricultura) y, como consecuencia, de las especies leguminosas que habitualmente conforman las pasturas. Esto puede haber acelerado las tasas de pérdida de nutrientes a nivel regional dado que los ciclos ganaderos son menos extractivos que los agrícolas (Pordomingo, 1998; Venenciano & Frigerio 2003) y pueden restaurar una parte importante de la materia orgánica que se pierde en los ciclos agrícolas (CASAS, 1998).

## Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio

Por su parte, la reposición del potasio extraído por los cultivos no ha sido tomada en cuenta en las decisiones tecnológicas debido a la falta de respuesta de los cultivos a la aplicación de este nutriente. Esto ha conducido a la pérdida de 18687 Ton de K a lo largo de los 5 ciclos evaluados.

Esta pérdida de N y K producirá, en el corto o en el largo plazo, una declinación en la productividad de los cultivos tal como ha ocurrido para el caso del P en la Región Pampeana Argentina (ANDRIULO et al., 1996; URRICARIET & LAVADO, 1999a; URRICARIET & LAVADO, 1999b; VENTIMIGLIA et al., 2000; GARCÍA et al., 2001) y con diferentes nutrientes en otras regiones del mundo (SMALING & FRESCO, 1993; STORVOGEL, 1993; KONING et al., 1997; BRINDABAN et al., 2000).

Si el mantenimiento del capital natural es un requerimiento básico para la sustentabilidad (HARTE, 1995) y, en consecuencia, la conservación del suelo es un de las prioridades principales para su logro, los sistemas agrícolas de Tres Arroyos no pueden ser considerados sustentables dado que su productividad ha sido basada en la reducción del "stock" de nutrientes y de materia orgánica del suelo.

Este constituye un costo ecológico importante que no ha sido tomado en cuenta cuando se han tomado las decisiones de fertilización.

Los aspectos ecológicos no han sido visualizados por el análisis costo-beneficio. Esto confirma el divorcio existente entre la racionalidad económica adoptada para la selección de alternativas productivas y la posibilidad de sostener los sistemas agrícolas desde un punto de vista ecológico (FLORES & SARANDÓN, 2003). De esta manera la productividad obtenida a expensas de la degradación del capital natural ha sido considerada como un aumento de los ingresos, cuando de hecho, ha constituido una pérdida de capital natural (YURJEVIC, 1993).

La visión de corto plazo y el análisis costo

beneficio, ha determinado que la fertilización no estuviese asociada a los requerimientos del cultivo sino a su respuesta económica. De esta manera, el girasol puede ser considerado un cultivo menos sustentable que el trigo. En consecuencia, si en la región se produjeran cambios en los patrones de uso del suelo (i.e. cambios en la proporción relativa de las áreas cultivadas), estos cambios podrían impactar fuertemente en la conservación de los recursos y, por consiguiente, en la sustentabilidad.

Para alcanzar el objetivo de lograr sistemas agrícolas sustentables es necesario cambiar la visión productivista de corto plazo por objetivos de largo plazo con el foco puesto en los agroecosistemas incorporando los aspectos ecológicos, sociales y económicos de la producción agrícola en las decisiones tecnológicas.

## Bibliografía

- ANDRIULO A. et al. Exportación y balance edáfico de nutrientes después de 80 años de agricultura continua. *Carpeta de producción vegetal. Información 147. Tomo XIV.* 1996.
- BARBERIS LA. et al. Análisis de la respuesta del trigo a la fertilización nitrogenada en la Pampa Ondulada y su predicción. *Ciencia del suelo, V.1, p. 51-64.* 1983
- BINDRABAN P.S. et al. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. *Agriculture, Ecosystem & Environment, V.81, p. 103-112.* 2000.
- CNA. Censo Nacional Agropecuario. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina (INDEC). 2002.
- CRUZATE G.A., Casas R. Balance de nutrientes. Fertilizar. Divulgación técnica sobre el uso de fertilizantes y enmiendas. Año 8. Número especial sustentabilidad. INTA (Instituto Nacional De Tecnología Agropecuaria). P 7-13. 2004.
- CASAS R.R. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la República Argentina. In: *Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Orientación Gráfica Editora.* Buenos Aires. p. 99-128. 1998.

- DALY H. De la economía del mundo vacío a la economía del mundo lleno. El reconocimiento de un viraje histórico en el desarrollo económico. In: Medio ambiente y desarrollo sostenible. Mas allá del informe Brundtland. Editorial Trotta. Madrid. p. 37-50. 1997.
- DARWICH N. El balance físico económico en las rotaciones agrícolas. Proyecto fertilizar. INTA. Disponible en [www.fertilizar.org.ar](http://www.fertilizar.org.ar). 2003.
- ECHEVERRÍA H.E., GARCÍA F. Guía para la fertilización fosforada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín técnico 149. INTA Balcarce. 7 p. 1998.
- FERRARIS G.N. Nutrición. La cosecha que se lleva el carretón del lote. Nutrientes absorbidos por los cultivos pampeanos. Proyecto Fertilizar. Disponible en <http://www.fertilizar.org.ar/articulos>. 2001.
- FLORES C.C., SARANDÓN S.J. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. V. 105 (1), p. 52-67. 2003.
- FORJÁN H.J. Balance de nutrientes en secuencias agrícolas de la Región Sur Bonaerense. INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires. Informaciones Agronómicas, V.21. p. 8-11. 2004.
- GALARZA C. et al. Fertilización del cultivo de soja. Soja: Resultados de Ensayos de la Campaña 2000/2001 Información para Extensión N. 69. Tomo 2. INTA, Marcos Juárez. 2001.
- GARCÍA F.O. Boletín informativo de Nidera SA. Número 2. Año 1. Disponible en <http://www.nidera.com.ar/espa/rindes/2/reportaje.htm>. 1995.
- GARCÍA F.O. Balance de fósforo en los suelos de la Región Pampeana. INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires. Informaciones Agronómicas 9, 1-3. 2001.
- GARCÍA F., MELGAR R. Soja. Respuesta a la fertilización en la Región Pampeana. Resultados campaña 2000/2001 de la Red de Ensayos del proyecto Fertilizar. INTA EEA Pergamino. 5 p. 2001.
- GARCÍA F.O. et al. La fertilización del doble cultivo trigo soja. INTA Rafaela. Publicación técnica de trigo. Campaña 2001 N011. 2001.
- HARTE M.J. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* V.15, p.157-164. 1995.
- INPOFOS Cono Sur (Oficina Regional para el Cono Sur del Potash & Phosphate Institute y el Potash and Phosphate Institute of Canada), Planilla de cálculo para estimar requerimientos nutricionales de cultivos de grano y forrajeros. Disponible en [www.ppi.org/ppiweb/ltams.nfs/\\$webindex](http://www.ppi.org/ppiweb/ltams.nfs/$webindex). 1999.
- JANSEN B.H. Basic of Budgets, buffers and balances of nutrients in relation to sustainability of agroecosystems. In: SMALING, E.M.A.; OENEMA, O., FRESCO, L.O. (eds). Nutrient disequilibria in Agroecosystems. Concepts and Case Studies. CABI publishing. Cambridge. Chapter 2, p. 27-55. 1999.
- KONING G.H.J. et al. Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agriculture, Ecosystems & Environment* V.65, p.127-139. 1997.
- MADDONNI G.A. et al. Fertilización en los cultivos para grano. In: SATORRE, E.H, BENECH ARNOLD, R.L, SLAFER, G.A., DE LA FUENTE, E.B, MIRALLES, D.J., OTEGUI, M.E., SAVIN, R. (eds) Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Capítulos 17 e 19, p. 499-557 e 441-447, 2003.
- MUNICIPALIDAD DE TRES ARROYOS & UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. Plan Estratégico Tres Arroyos. 61 p. 2002.
- NORTCLIFF S. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, V.88, p.161-168. 2002.
- OSAKI M. et al. Productivity in high yield crops II. Comparison of N, P, K, Ca and Mg accumulation and distribution among high-yielding crops. *Soil Sci, Plan Nutr* V.37 (3), p.445-454. 1991.
- PORDOMINGO A.J. Evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas mixtos de la región pampeana, AAPA, 22º Congreso Argentino de Producción Animal "Sustentabilidad de los sistemas mixtos agrícola-ganaderos". Río Cuarto, Córdoba, p. 16-32. 1998.
- ROY R.N. et al. Assessment of soil nutrient balance. Approaches and methodologies. FAO fertilizers and plant nutrition bulletin 14. Rome. 87 p. 2003.

## Pueden los cambios tecnológicos basados en el análisis costo-beneficio

- SATORRE E.H. Aumentar los rendimientos en forma sustentable en la Pampa Argentina: aspectos generales. In: Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. p.72-93. 1998.
- SMALING E.M.A., FRESCO L.O. A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). Geoderma V.60, p.235-256. 1993.
- STOORVOGEL J.J. Optimising land use distribution to minimize nutrient depletion: a case study for the Atlantic Zone of Costa Rica. Geoderma V. 60, p.277-292. 1992.
- STOORVOGEL J.J. et al. Calculating soil nutrient balance at different scales. I. Supra national scale. Fertilizer research V.36, p. 227-235. 1993.
- STOORVOGEL J.J. Land Quality Indicators for Sustainable Land Management. Disponible en: [www.ciesin.org/lw-kmn/mbguidl2.html](http://www.ciesin.org/lw-kmn/mbguidl2.html) . 2000.
- URRICARIET S., LAVADO R. ¿La fertilización puede enmascarar el deterioro en suelos de la Pampa ondulada?. Informaciones Agronómicas N. 4. Diciembre 1999. Disponible en: [www.ppi-far.org](http://www.ppi-far.org). 1999a.
- URRICARIET S., LAVADO R. Indicadores de deterioro en suelos de la Pampa Ondulada. Ciencia del Suelo V.17 (1), p.37-44. 1999b.
- VENECIANO J.H., FRIGERIO K. Exportación de Macronutrientes en Sistemas Extensivos de San Luis. INPOFOS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur V. 17, p.17-22. 2003.
- VENTIMIGLIA L. Exportación de nutrientes en campos agrícolas. Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS V.7, p.11-12. 2000.
- YURJEVIC A. Marco conceptual para definir un desarrollo de base humano y ecológico. Agroecología y desarrollo. CLADES. Santiago de Chile, 5-6, 2-15. 1993.