

Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105 (1), 2002

ISSN 0041-8676, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, Argentina.

¿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

C. C. FLORES¹ & S. J. SARANDÓN^{1,2}

¹ Curso de Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, CC 31, 1900, La Plata, Argentina

² Investigador de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires
E-mail: ¹ flores@way.com.ar, ² sarandon@ceres.agro.unlp.edu.ar

FLORES, C. C. & S. J. SARANDÓN. 2002. ¿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. Rev. Fac. Agron. 105(1): 52-67.

A pesar de que hay acuerdo en que los sistemas agrícolas sustentables deben mantener constante el capital natural, la selección de las diferentes tecnologías agrícolas se sigue haciendo mediante un análisis costo-beneficio simplificado, que tiende a sobreestimar la rentabilidad de algunos sistemas de producción y puede incentivar la degradación del capital natural porque no incluye los costos ecológicos generados por la actividad productiva. El objetivo de este trabajo fue a) cuantificar la degradación del capital natural del suelo a través del cálculo de los balances de los principales macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) en la Región Pampeana Argentina durante los últimos 30 años y b) analizar la variación en la rentabilidad de 3 los cultivos de trigo, soja y maíz, cuando el costo de reposición de nutrientes es incorporado dentro del análisis económico convencional. Se calculó el balance de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, para los cultivos de maíz, soja y trigo para cada año del período 1970-1999, como la diferencia entre la extracción y el aporte de nutrientes para cada año. Con este dato se analizó la variación de los márgenes brutos de estos cultivos al incorporar el costo de reposición de nutrientes. Los balances de N, P y K de la Región fueron negativos para los 3 cultivos. La Región Pampeana perdió, en el período 1970-1999, 23 millones de Ton de nutrientes. El cultivo de soja fue responsable del 45,6% de esa pérdida, el trigo del 28 % y el maíz del 26%. El costo de reposición de los nutrientes perdidos en los 30 años analizados, alcanzó a 1825 \$. ha⁻¹ para el cultivo de soja, 697 \$. ha⁻¹ para el trigo y 1461 \$. ha⁻¹ para el maíz, lo que representó el 20,6%, 20,0% y 18,7% de los márgenes brutos promedios de la década del '80 y '90, a pesos constantes, respectivamente. Estos resultados muestran claramente que el análisis costo beneficio, al no incluir el costo de degradación del capital natural del suelo, sobrestimó los beneficios de la actividad agrícola. Esto pone de manifiesto el divorcio existente entre la racionalidad económica utilizada para la elección de las alternativas productivas y la posibilidad de sustentar los sistemas agrícolas desde el punto de vista ecológico. Se concluye que, para avanzar hacia el logro de sistemas agrícolas sustentables es necesario que los costos de degradación del capital natural producido por la actividad agrícola se cuantifiquen desde el punto de vista ecológico y se tomen en cuenta en los análisis económicos.

Palabras clave: economía ambiental, agroecosistemas, economía ecológica, balance de nutrientes, agricultura sustentable.

FLORES, C. C. & S. J. SARANDÓN. 2002. ¿Economic rationality vs. ecological sustainability? The example of the hidden cost of soil fertility lost during the agriculturization process in the Argentinean Pampean Region. Argentina. Rev. Fac. Agron. 105(1): 52-67.

Sustainable agriculture production systems aim to maintain the stock of natural capital, but cropping in the Pampean Region can lead to natural capital degradation because evaluation of alternatives activities is done by simplified cost-benefits analysis, which neglects ecological cost and overestimates profitability. The objectives of this paper were: a) to quantify the soil natural capital degradation by means of main nutrient budget (Nitrogen, Phosphorus and Potassium) in the Pampean Region during the last 30 years and b) to analyse the variation in crop profitability when the nutrient reposition costs

Recibido: 17/12/02. Aceptado: 16/5/03.

is incorporated in the conventional economical analysis. Nitrogen, Phosphorus and Potassium annual budget, was calculated for maize, soybean and wheat crops for each year of the 1970-1999 period, as the difference between exported nutrients (harvest) and those incorporated by fertilization for each year. Gross margin of these crops were recalculated including nutrients reposition costs. Nitrogen, Phosphorus and Potassium budgets of Pampean Region were negative for these three crops. Close to 23 millions of Ton of nutrients were lost, during 1970-1999 period, in the Pampean Region, being soybean crop responsible for 45,6% of this lost, wheat for 28 % and maize for 26%. Nutrients reposition costs of 1825 \$.ha⁻¹ for soybean, 697 \$.ha⁻¹ for wheat crop and 1461 \$.ha⁻¹ for maize for the 30 years studied were obtained. These figures represent the 20,6%, 20,0% and 18,7% of the average gross margins of the '80 and '90 on a constant price -bases for these crops. These results show that the cost benefit analysis application, during the "agriculturization process" in the Argentinean Pampean Region, hid an important cost of natural capital degradation overestimating economic profits. This points out a divorce between classical economic rationality adopted to select agricultural technologies and the possibilities of using ecological sustainability concepts to calculate the cost of activities in agricultural systems. To obtain progress towards sustainable agricultural systems the conventional economic analysis should be changed. This new approach will allow an integrative synthesis between ecology and economy goals.

Key words: environmental economics, agroecosystems, ecological economics, nutrient budget, sustainable agriculture.

INTRODUCCIÓN

El concepto de desarrollo sostenible, como criterio de que el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente pueden, y deben ser compatibles, fue oficializado, en 1987, por la Comisión Mundial sobre el Ambiente y el Desarrollo. Esta lo definió como aquel que puede satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras (WCED, 1987).

Pese a que existe consenso mundial sobre la necesidad de alcanzar una agricultura sustentable, aún no se ha avanzado en su logro debido, entre otras razones, a que aún no hay un acuerdo claro sobre qué es exactamente la sustentabilidad y cómo medirla (Torquebiau, 1992; Smith & Thwaites, 1998).

La sustentabilidad es un concepto complejo y multidimensional lo que dificulta su implementación. Sin embargo, hay algunas coincidencias básicas acerca de las condiciones que debería cumplir un sistema para ser considerado sustentable. Una de ellas es el mantenimiento del capital natural (Harte, 1995). Por lo tanto, cualquier sistema que produzca a costa de degradar el capital natural no podrá ser considerado, entonces, susten-

table.

No obstante esto, la selección de diferentes alternativas productivas se sigue haciendo según el análisis costo-beneficio, a pesar de que el mismo desconoce el valor de la tierra como capital natural capaz de producir un flujo de bienes (Costanza, 1997; Daly, 1997) y asume que los recursos naturales no deben ser amortizados. Bajo este concepto, el aumento de la productividad a expensas del deterioro de los activos naturales se contabiliza como un aumento de los ingresos cuando, en realidad, constituye una pérdida de capital (Yurjevic, 1993). El proceso de agriculturización de la Región Pampeana Argentina puede ser un claro ejemplo de esto.

Hasta inicios de la década del '70 el modelo de producción dominante en esta Región, para unidades de 200 has o más, era la alternancia entre agricultura y ganadería (Pengue, 2001). Los ciclos agrícolas extractivos y exportadores de nutrientes alternaban con un ciclo de utilización ganadera-pastoril, una actividad de extracción muy inferior a la agricultura de cosecha (Pordomingo, 1998; Veneciano & Frigerio, 2003), que restituía al suelo buena parte de la materia orgánica y la fertilidad nitrogenada (Casas, 1998). A partir de esta época, se inicia un importante proceso de agri-

culturización cuyo rasgo central fue la expansión del cultivo de soja (*Glycine max*, L.) y la consolidación de la alternativa de producción trigo (*Triticum aestivum*, L.)-soja en un mismo año agrícola (Ghersa *et al.*, 1998).

Existe consenso en que el factor determinante de la expansión de la agricultura fue la mayor rentabilidad del nuevo modelo (Senigagliesi, 1991; Senigagliesi *et al.*, 1997; Solbrig & Morello, 1997; Chudnovsky *et al.*, 1999; Pengue, 2001).

Este cambio en el modelo productivo produjo profundas modificaciones en los agroecosistemas de la Región Pampeana (Ghersa & Ghersa, 1989; Senigagliesi, 1991; Ghersa & León, 1999; Pengue, 2000; 2001) cuyas consecuencias fundamentales han tenido relación con los procesos de erosión y pérdida de fertilidad manifestados en las principales cuencas productivas de esta Región (Pengue, 2001).

Por otro lado, la mayor parte de la historia de los cultivos en la Región Pampeana Argentina se desarrolló sin el aporte de fertilizantes (Carta *et al.*, 2001). La incorporación de fertilizantes nitrogenados y fosforados a los planteos de cereales y, en menor medida, de oleaginosas, ha adquirido sólo recientemente una dimensión importante (Satorre, 1998), lo que ha estado asociado más a la posibilidad de aumentar los rendimientos de los cultivos que a una conciencia sobre la necesidad de reposición de nutrientes del sistema para conservar el capital natural.

Si se asume que la conservación del capital natural es un requisito fundamental de la sustentabilidad y, en consecuencia, el mantenimiento de la fertilidad del suelo es un indicador de la sustentabilidad de los sistemas, el sistema agrícola pampeano no sería tan sustentable, Los balances de nutrientes negativos reiterados conducirán, tarde o temprano, a la pérdida de la capacidad productiva del suelo.

Esto plantea la existencia de una supuesta dicotomía o incompatibilidad entre sustentabilidad y rentabilidad, o entre los aspectos económicos y algunos aspectos ecológicos o

ambientales. La disminución del capital natural a través de la fertilidad ha generado, sin dudas, un importante costo ecológico, que no ha podido ser cuantificado a través de la metodología económica convencional. Esto se debe a que el análisis costo-beneficio sólo considera propiedades cuantitativas monetizables y una sola perspectiva de evaluación (Castells & Munda, 1999), lo que conduce a la separación entre los problemas ecológicos y aquellos relacionados con la eficiencia económica. De esta manera, decisiones que aparecen como económicamente racionales pueden ser, a su vez, ecológicamente insustentables (Rees & Wackernagel, 1999) generando externalidades y/o deterioro de los propios recursos productivos. Este criterio, aún prevaeciente para analizar la incorporación de tecnologías alternativas, ha conducido a la aparición o al agravamiento de numerosos problemas ecológicos y ha impedido la consideración de nuevas alternativas por parecer, bajo este análisis, menos rentables.

Es por ello que han empezado a surgir modelos económicos alternativos que intentan superar estas limitaciones. Uno de ellos es el propuesto por la Economía del Medio Ambiente que propone asignar precio a los costos ambientales provocados por las actividades agropecuarias (Chang, 2001).

Si bien estos modelos son cuestionados desde la óptica de la Economía Ecológica, porque sólo apuntan a incorporar los impactos negativos en el sistema tradicional de precios (Funtowicz *et al.*, 1999) pueden ser útiles para demostrar que los beneficios económicos producidos por la incorporación de un modelo productivo, pueden no ser tales cuando se contabilizan los costos ecológicos que el mismo genera. Así, por ejemplo, el ingreso neto de la agricultura en el Reino Unido se vio drásticamente reducido en un 89% cuando se incorporó el costo de las externalidades producidas por la actividad agropecuaria (Pretty *et al.*, 2000), indicando que los costos que paga el productor no son los costos totales,

sino sólo una parte, transfiriendo el resto a la sociedad actual o futura. Un efecto similar podría observarse si se contabilizaran los costos asociados al deterioro de los recursos productivos utilizados para llevar a cabo dicha actividad.

En el caso de la Región Pampeana Argentina, el costo del deterioro de los recursos productivos y, en particular, de la fertilidad del suelo, asociados al proceso de agriculturización, habría quedado oculto por el análisis costo-beneficio, sobrestimando la rentabilidad de los principales cultivos e incentivando la degradación del capital natural a través una mayor pérdida de nutrientes de la región (costo económico que no ha sido considerado).

Los objetivos de este trabajo son:

1) Cuantificar la degradación del capital natural a través del cálculo de los balances de los principales macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) para los tres cultivos principales (trigo, maíz (*Zea maíz*, L.) y soja) de la Región Pampeana Argentina durante el proceso de agriculturización. Analizar las variaciones de dichos balances en cada década del período 1970-1999.

2) Analizar la variación en la rentabilidad de los distintos cultivos cuando el costo de reposición de nutrientes es incorporado dentro del análisis económico convencional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estimación del balance de nutrientes

Cálculo de la extracción de N, P y K para la Región Pampeana

A fin de facilitar el análisis de los datos se consideró a la Región Pampeana, como aquella comprendida por las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, La Pampa y Santa Fe. Se calcularon los valores de área cose-

chada, producción y rendimiento de trigo, soja y maíz para el período 1970-1999, a partir de los datos históricos (SAGYP, 2002).

Se calculó la extracción total de N, P y K para cada cultivo y para cada año del período (Extracción de N, P y K en el año n para el cultivo x = producción del cultivo x en el año n * tasa de extracción de N, P y K para el cultivo x) y la extracción por ha para cada año. La extracción total regional de nutrientes para cada cultivo y para cada año se calculó como la sumatoria de la extracción de N, P y K en trigo, maíz y soja.

Las tasas de extracción anual de N, P y K para cada cultivo se calcularon promediando valores citados por distintos autores nacionales y extranjeros (Osaki *et al.*, 1991; García, 1995; INPOFOS Cono Sur, 1999; Ventimiglia *et al.*, 2000; Galarza *et al.*, 2001; García *et al.*, 2001; Ferraris, 2001) de acuerdo a lo consignado en el Tabla 1.

Para el cultivo de soja se consideró, de acuerdo a los valores promedios citados por distintos autores (Andrade *et al.*, 1996; García, 2001b; González, 2002), un aporte por fijación simbiótica del 50% del N extraído, por lo que la tasa de extracción de nitrógeno edáfico fue considerada como el 50% de la tasa de extracción total.

Se calcularon las extracciones totales por cultivo para cada nutriente en cada década y para la totalidad del período considerado. Se calculó la extracción total de N, P y K en la región pampeana en el período considerado como la sumatoria del total de N, P y K extraído por el maíz, soja y trigo para cada año del período.

Estimación de la entrada de nutrientes

En Argentina sólo se cuenta con registros anuales del total de N, P₂O₅ y K₂O utilizados en el país (FAO, 2002). No existen registros históricos del aporte de fertilizantes para la región pampeana discriminados por cultivo y tipo de fertilizante

Por lo tanto, las entradas de fertilizantes

Tabla 1. Valores de extracción de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (kg.Ton^{-1} grano) para trigo, maíz y soja. Rangos y valores promedio citados en diversas fuentes bibliográficas (ver texto).

Extraction values of nitrogen, phosphorus and potassium (kg.Ton^{-1} grain), for wheat, maize and soybean. Means values cited by different bibliographic sources (see text).

	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	Rango citado	Promedio	Rango citado	Promedio	Rango citado	Promedio
Trigo	19,8-24,2	20,5	2,0-3,8	3,48	2,9-5,1	3,49
Maíz	12,3-18,6	14,9	2,5-4,5	3,17	3,2-4,0	3,67
Soja	45,9-62,0	57,0	4,1-10,5	6,19	11,2-25,3	17,94

para cada cultivo de la región pampeana en el período considerado se estimaron de la siguiente manera:

- Para la década del '70 y del '80 el aporte de fertilizantes para los cultivos pampeanos se consideró nula dado que, durante la década del '70, la agricultura pampeana se llevó a cabo sin aportes de fertilizantes (Carta *et al.*, 2001) mientras que, a lo largo de la década del '80 el aporte fue muy bajo (Casas, 1998; Satorre, 1998; Chudnovsky *et al.*, 1999; CAS-AFE, 2002; Melgar, com.pers.,2002) por lo que se consideró insignificante.

- Para la década del '90, se determinaron (para el total del país) las tendencias del consumo, en forma de fertilizantes de N, P y K a lo largo de la década (Figura 1). A partir de los valores de aportes de N, P_2O_5 y K_2O registrados para trigo, maíz y soja en 1999 (Proyecto Fertilizar, 2002), se calcularon los valores de aporte de N, P y K, para cada uno de los cultivos citados, asumiendo que la tendencia seguida fue similar a la del total del país.

Cálculo de los balances de nutrientes

Se calculó el balance anual total (Ton.año^{-1}) y por hectárea ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$) de N, P y K, para los cultivos de maíz, soja y trigo para cada año del período 1970-1999, como la diferencia entre la extracción (total y por ha respectivamente) de N, P y K para cada cultivo en el año considerado y el aporte estimado de nutrientes para dicho año. Se calcularon los balan-

ces para cada década y para cada nutriente y el balance total del período. Se desestimaron, para este análisis, las pérdidas por lixiviación, volatilización, escorrentía, como así también las entradas por fijación simbiótica, libre y atmosférica.

Cálculo del costo económico de la pérdida de fertilidad

Para el cálculo del valor económico de la pérdida de fertilidad de los suelos de la región

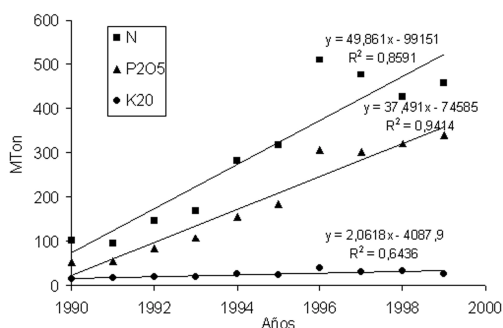


Figura 1. Tendencias en el consumo de nitrógeno (N), pentóxido de fósforo (P_2O_5) y dióxido de potasio (K_2O) (millones de toneladas) para el total del país en el período 1990-1999. Elaboración propia sobre la base de datos de FAO (2002).

Nitrogen, phosphorus, and potassium consumption tendency (in millions of Tons) for the total country in 1990-1999 period. Source FAO (2002).

se utilizó la metodología del costo de reposición de los nutrientes perdidos.

Para ello se calculó a precios de enero de 2000, el costo de reposición (\$/Ton) de N, P y K a partir de la aplicación como urea (46:0:0), superfosfato triple (0:46:0) y cloruro de potasio (0:0:50) respectivamente.

El precio de cada unidad de N, P y K calculados a partir del costo de los fertilizantes a precios de enero de 2000 fue de 430, 1383 y 538 \$.Ton⁻¹ respectivamente.

Se calculó el valor económico (total y por ha) de la pérdida de N, P y K para cada cultivo y cada año del período, el valor económico (total y por hectárea) por cultivo para cada década y para el total del período y la pérdida económica total (suma de todos los valores para cada cultivo y para cada año).

Se analizó la variación de los márgenes brutos de los cultivos considerados por incorporación del costo de reposición de nutrientes calculados y se calculó la incidencia porcentual de esta pérdida con relación al margen bruto. Para ello se utilizaron secuencias de márgenes brutos históricos, para la década del '80 y '90, calculados para la zona núcleo pampeana, a precios constantes de enero de 2000 (Peretti, 2000).

RESULTADOS

Balances de nutrientes

Los valores estimados de aportes de N, P y K para los cultivos de trigo, maíz y soja durante la década del '90 (Figuras 2, 3 y 4) mostraron una clara tendencia creciente a través de los años.

El N fue el nutriente aportado en mayor magnitud, seguido por el P. El aporte de K fue comparativamente insignificante.

Las dosis de aporte promedio por hectárea calculadas para la región para la década del '90, no estuvieron asociadas a las tasas de extracción de cada uno de los cultivos. La

aplicación de N y P fue destinada, principalmente, a los cultivos de trigo y maíz, mientras que la soja, a pesar de ser un cultivo mucho más extractivo de N y de P que el trigo, recibió un aporte mucho menor de ambos nutrientes. (Tabla 2)

En ningún caso los aportes promedios estimados alcanzaron a cubrir las extracciones de nutrientes realizadas por la soja, maíz y trigo. Por lo tanto, los balances de N, P y K de la Región fueron negativos para los 3 cultivos (Figura. 5).

Como consecuencia de esto la Región Pampeana perdió, en el período 1970-1999, 23 millones de Ton de nutrientes (N, P y K). El cultivo de soja fue responsable del 45,6% de esa pérdida, mientras que el trigo y maíz participaron con el 28 % y 26% respectivamente.

La pérdida total de N y P por hectárea cultivada con soja y maíz, para el período 1970-1999, fue notablemente mayor que la pérdida en el cultivo de trigo. Con respecto al K, la soja se comportó como el cultivo más extractivo, con una pérdida por hectárea cultivada 2,6 y 5,6 veces mayor que el maíz y el trigo, respectivamente (Tabla 3).

Las pérdidas totales de N, P y K para la Región fueron en aumento a través de las décadas analizadas (Tabla 4). A pesar del incremento en el uso de fertilizantes, en la década del '90 las pérdidas totales fueron, para el N y P, superiores al doble de las experimentadas en la década del '70. Para el caso del K, las pérdidas se incrementaron más de cuatro veces entre ambas décadas.

Los aportes por fertilización en la década del '90 sólo lograron disminuir los balances negativos de P y N para el cultivo de trigo mientras que los balances de K en trigo y los de N, P y K en soja y maíz fueron más negativos que en las décadas anteriores. En ninguna década, los aportes calculados alcanzaron a cubrir las extracciones de nutrientes por parte de los cultivos analizados.

En la primera década del período (1970-1979) la pérdida de nutrientes alcanzó a 4,2

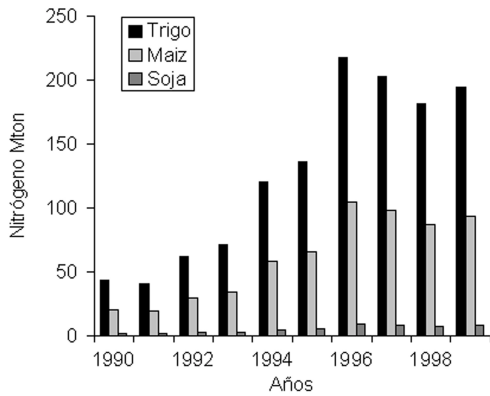


Figura 2. Estimación del aporte de N (como fertilizante) para soja, maíz y trigo en la Región Pampeana Argentina en el período 1990-1999.

Estimated N applied as fertilization for soybean, maize and wheat in the Argentinean Pampean Region in 1990-1999 period.

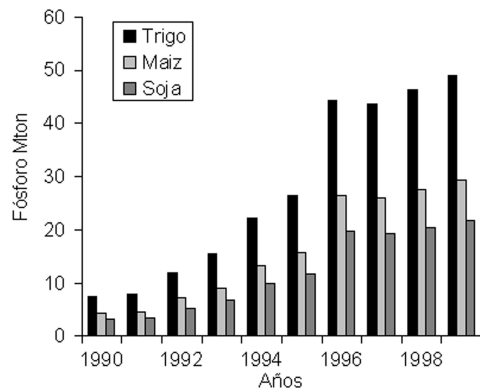


Figura 3. Estimación del aporte de fósforo (como fertilizante) para soja, maíz y trigo en la Región Pampeana Argentina en el período 1990-1999.

Estimated P applied as fertilization for soybean, maize and wheat in the Argentinean Pampean region in 1990-1999 period.

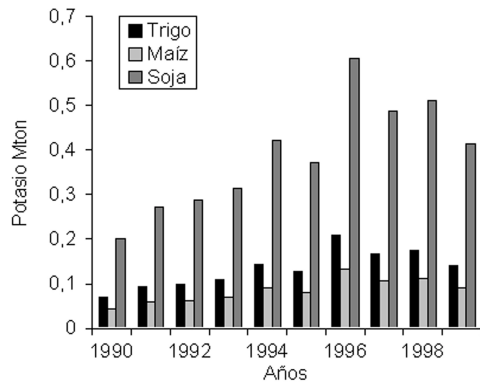


Figura 4. Estimación del aporte de K (como fertilizante) para soja, maíz y trigo en la Región Pampeana Argentina el período 1990-1999.

Estimate K applied as fertilization for soybean, maize and wheat in the Argentinean Pampean region in 1990-1999 period.

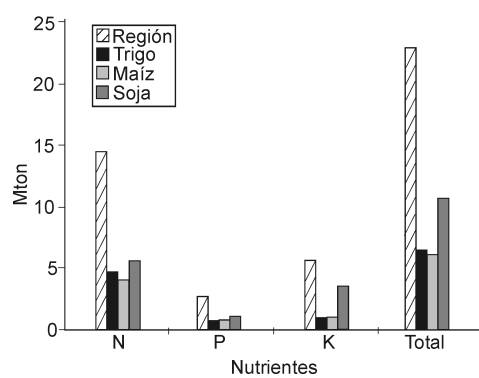


Figura 5. Pérdida de N, P y K y pérdida total de nutrientes (Ton) por cultivo y para la Región pampeana Argentina en el período 1970-1999.

N, P, K, and total nutrient losses (Ton) for each crop and total for the Argentinean Pampean Region in 1970-1999 period.

Tabla 2. Extracción de N, P y K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y dosis promedio de aporte (como fertilizante) de N, P y K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) para los cultivos de trigo, maíz y soja en la década del '90.

Extraction of N, P and K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), and mean dose of N, P and K fertilized for wheat, maize and soybean in 90's.

	Extracción de N	Extracción de P	Extracción de K	Dosis de N	Dosis de P	Dosis de K
Trigo	42	7	7	23,0	5,03	0,02
Maíz	86	18	21	25,0	6,74	0,04
Soja	150	16	47	0,91	2,03	0,07

Tabla 3. Pérdida total de N, P y K (kg.ha⁻¹) para los cultivos de soja, trigo y maíz en el período 1970-1999.Total N, P and K losses (Kg.ha⁻¹) for wheat, maize and soybean during 1970-1990.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Soja	1700	357	1093
Trigo	913	144	194
Maíz	1705	363	420

millones de Ton. De este total un 14,5% de la pérdida correspondió al cultivo de soja y el 46% y 39,5 % al trigo y maíz respectivamente.

Las pérdidas registradas durante la década del '80 fueron en total 7,9 millones de Ton. El 41,3% de los nutrientes se perdieron como consecuencia del balance de nutrientes negativo para el cultivo de soja y el 35,3% y 23,4 % del trigo y maíz respectivamente.

La pérdida de nutrientes en la Región Pampeana en la década del '90 alcanzó un total de 10,8 millones de Ton. La distribución de las pérdidas entre los cultivos de soja, trigo y maíz fue de 60,8%, 15,7% y 23,5% respectivamente.

Las pérdidas promedio de nutrientes por

hectárea cultivada con soja y maíz, sufrieron un incremento a lo largo de las 3 décadas analizadas, mientras que, en el caso del trigo, las pérdidas promedio de N y P en la década del '90 fueron menores a las de las dos décadas anteriores, producto del aumento en el uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados (Tabla 5).

Costo económico de la pérdida de fertilidad

El costo de reposición del total de nutrientes extraídos por cosecha en la Región pampeana Argentina durante el período 1970-1999, a precios de enero de 2000, alcanzó un valor de 13 mil millones de pesos. El costo de

Tabla 4. Pérdida de N, P y K (Miles de Ton) para los cultivos de soja, trigo y maíz y total para la Región Pampeana Argentina durante las décadas del '70, '80 y '90.

Total N, P and K regional losses (Ton*1000) for wheat, maize and soybean during '70, '80 and '90.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Década del '70			
Soja	332	72	209
Trigo	1449	246	246
Maíz	1145	245	282
Región	2926	561	737
Década del '80			
Soja	1773	385	1115
Trigo	2087	354	355
Maíz	1269	270	313
Región	5129	1009	1783
Década del '90			
Soja	3604	672	2297
Trigo	1149	135	410
Maíz	1737	369	428
Región	6490	1177	3136

Tabla 5. Pérdida promedio de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) para soja, trigo y maíz en la década del '70, '80 y '90 y para el total del período 1970-1999.

Mean nutrient (N, P and K) losses ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$) for wheat, maize and soybean during '70, '80 and '90 and for the whole period.

	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Total
Década del '70				
Soja	47,65	10,34	29,98	87,97
Trigo	30,96	5,25	5,28	41,49
Maíz	34,37	7,31	8,46	50,14
Década del '80				
Soja	58,51	12,70	36,81	106,02
Trigo	38,15	6,47	6,45	51,07
Maíz	53,03	11,28	13,06	77,37
Década del '90				
Soja	63,83	12,02	40,67	116,52
Trigo	22,37	2,72	7,74	32,83
Maíz	73,98	15,74	18,23	107,95
Promedio 1970-1999				
Soja	56,67	11,90	36,44	137,05
Trigo	30,45	4,81	6,48	57,78
Maíz	56,82	12,09	14,00	114,73

reposición del N, P y K fue de 6,26; 3,80 y 3,04 miles de millones de pesos respectivamente. Como consecuencia de los balances

de nutrientes, el costo de reposición de N, P y K total y por hectárea fue en aumento a lo largo del período analizado, excepto para el caso del N y P en trigo en la década del '90 (Tabla 6).

Tabla 6. Costo total de reposición y costo promedio de reposición por año y por hectárea (en millones de pesos) de los nutrientes perdidos en la Región Pampeana Argentina en las décadas del '70, '80 y '90 a precios de Enero de 2000.

Total and mean reposition cost (in millions of pesos at constant prices) per year and per ha of nutrients lost in the Argentinean Pampean Region in '70, '80 and '90.

	Total N	Total P	Total K	$\text{\$. ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ promedio N	$\text{\$. ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ promedio P	$\text{\$. ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ promedio K
Década del '70						
Soja	143	99	112	21,78	14,30	16,13
Trigo	624	340	132	13,61	7,26	2,84
Maíz	493	337	152	18,7	10,11	4,55
Década del '80						
Soja	763	532	600	25,19	17,56	19,80
Trigo	898	489	190	16,07	8,95	3,47
Maíz	546	373	168	22,82	15,60	7,02
Década del '90						
Soja	1551	929	1236	27,48	16,62	70,46
Trigo	494	187	220	9,63	3,76	18,41
Maíz	747	510	230	31,84	21,77	65,42

Tabla 7: Margen bruto, costo de reposición de nutrientes y margen bruto recalculado (en pesos), para los cultivos de trigo, maíz y soja en la Región Pampeana Argentina. Promedio de las décadas del '80 y '90.

Gross margin, nutrient reposition cost and recalculated gross margin (in pesos) for wheat, maize and soybean crops in the Argentinean Pampean Region, as average of 80 and 90 decades.

	Trigo	Maíz	Soja
Margen bruto	115	260	295
Costo de reposición	23	49	61
Margen bruto recalculado	92	211	234
% de variación	- 20	- 19	- 21

El costo de reposición promedio ascendió a 61, 23 y 49 \$.ha⁻¹ para soja, trigo y maíz respectivamente. El costo de reposición del total de nutrientes perdidos en los 30 años analizados, alcanzó a 1825 \$.ha⁻¹ para el cultivo de soja, 697 \$.ha⁻¹ para el trigo y 1461 \$.ha⁻¹ para el maíz.

Estos valores representaron el 21%, 20% y 19% de los márgenes brutos promedios de la década del '80 y '90, a pesos constantes de enero de 2000, para los cultivos de soja, trigo y maíz respectivamente (Tabla 7). De esta manera, con la inclusión de estos costos, los márgenes brutos de estos cultivos pasaron de \$295 a \$ 234 para el caso de la soja, de \$ 115 a \$93 para el caso del trigo y de \$260 a \$211 para el caso del maíz.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que el análisis costo beneficio ha enmascarado un costo importante de degradación del capital natural como es la pérdida de fertilidad del suelo.

La mayor rentabilidad aparente del modelo de agricultura continua condujo, en 30 años de implementación, a la pérdida de 23 millones de toneladas de P, N y K a través de los productos de cosecha. El costo de reposición de estos nutrientes, sin incluir el costo de acarreo y aplicación, alcanzó a trece mil millones de pesos, costo que no ha sido tenido en cuenta

en los cálculos económicos convencionales.

A medida que el proceso de agriculturización fue avanzando, las pérdidas de nutrientes y, por lo tanto, su costo de reposición fue en aumento. Esto estuvo asociado al incremento continuo de la extracción de los nutrientes, causado, por una parte, por la expansión de las superficies sembradas (para el caso del trigo y la soja) y por otra, por el aumento del potencial de rendimiento de las variedades o híbridos utilizados (más acentuado en el caso del maíz) y a la nula o escasa reposición de nutrientes.

En ninguna de las décadas evaluadas, los aportes alcanzaron a cubrir las extracciones de nutrientes por parte de los cultivos analizados, lo que coincide con lo señalado por Bertolasi (1996), García (2000) y Casas (2001). Por otra parte, a pesar del incremento en la aplicación de fertilizantes en la década del '90, las dosis aportadas no estuvieron relacionadas a la extracción efectuada por los distintos cultivos. Así, la soja, a pesar de comportarse como el cultivo más extractivo, recibió un aporte prácticamente insignificante de fertilizantes, principalmente de N, probablemente por su baja respuesta al agregado de nutrientes y por la creencia, usada para promover la difusión del cultivo (Pizarro, 1973) y sostenida aún en la actualidad por algunos autores (Chudnovsky *et al.*, 1999) de que, por su condición de leguminosa, es un cultivo recuperador de la fertilidad nitrogenada.

Esta situación permite corroborar que, a

pesar del incremento en el uso de fertilizantes, el criterio de selección de las dosis a aplicar no se basó en el principio de mantener el capital natural sino en un análisis de las relaciones costo-beneficio económico de la práctica de fertilización. Esto está asociado a la visión de corto plazo que caracteriza a las decisiones técnicas tomadas en los planteos productivos y a la falta de asesoramiento profesional con una visión holística de los procesos que ocurren en el agroecosistema (Sarandón, 2002), circunstancia que ha impedido la clara visualización del problema de pérdida de fertilidad a largo plazo.

En este sentido, si se asume que el mantenimiento del capital natural es un requisito básico de la sustentabilidad, los balances negativos de nutrientes indican la insustentabilidad del sistema agrícola pampeano. Bajo este esquema productivo, del mismo modo que sucede en otras regiones del mundo (Smaling & Fresco, 1993; Stoorvogel, 1993; Koning *et al.*, 1997; Bindraban *et al.*, 2000) el agotamiento de nutrientes se manifestará tarde o temprano, dependiendo del contenido primitivo de nutrientes en los suelos de la región (Stoorvogel, 2000) aún para aquellos nutrientes que hoy tienen un contenido abundante en el suelo (el K, por ejemplo). Para el caso de este nutriente en particular, los datos calculados muestran que es el segundo nutriente en magnitud de pérdidas y que éstas se han incrementado, a lo largo de las décadas, en forma notablemente mayor que el resto de los nutrientes considerados, lo que hace prever que, de no mediar cambios en la práctica de fertilización, en algún momento se producirá el agotamiento de este nutriente. De hecho, en la actualidad, algunas zonas de la Región ya han empezado a manifestar deficiencias de diferentes nutrientes (Michelena *et al.*, 1989; Andriulo *et al.*, 1996; Urricariet & Lavado, 1999a; Urricariet & Lavado, 1999b; Ventimiglia *et al.*, 2000; García, 2001a) como consecuencia de este modelo.

Sin embargo, la alta fertilidad natural del

ecosistema, la breve historia agrícola de la Región, y el aumento en el potencial de rendimiento de híbridos y variedades han enmascarado, por un tiempo, el proceso de degradación de la fertilidad del suelo.

A su vez, los costos de la pérdida de nutrientes quedaron ocultos por el análisis económico, lo que incentivó la pérdida de nutrientes en la región. Esto pone de manifiesto el divorcio existente entre la racionalidad económica neoclásica adoptada para la elección de las alternativas productivas y la posibilidad de sustentar los sistemas agrícolas desde el punto de vista de la fertilidad del suelo. Este divorcio surge de la esencia del planteo económico convencional ya que el mismo parte del supuesto implícito de que la naturaleza es infinita y se autorreproduce (PNUMA & FB, 1996).

El hecho de considerar sólo aquellos beneficios y costos que pueden ser expresados en unidades monetarias hace que la escasez biofísica de los recursos quede pobremente reflejada (Rees & Wakernagel, 1999) lo que conduce a que no se pueda visualizar si la disponibilidad de dichos recursos es crítica para el ecosistema del cual forma parte. Esto permite un crecimiento de la economía a expensas del consumo incontrolado de recursos naturales de manera que los beneficios obtenidos a partir del uso del ambiente natural no pagan los costos de reposición, ni los de manejo de la naturaleza, no obstante que ello permitiría obtener una producción ecosistémica permanente (PNUMA & FB, 1996).

El análisis económico utilizado durante el proceso de agriculturización pone en evidencia esta separación entre la racionalidad económica y la sustentabilidad ecológica. El cálculo de la rentabilidad de las alternativas productivas permitió, al no tener en cuenta sus costos, la degradación del capital natural de una de las regiones más productivas del planeta.

La pérdida de nutrientes, fue solamente una de sus consecuencias. La disminución en

el contenido de materia orgánica, cambios en los valores de pH, pérdida de estructura, disminución de la infiltración de agua en el suelo, aumento en las tasas de erosión actual y potencial, aumento en el enmalezamiento de los campos, altos riesgos de contaminación por el aumento en el uso de agroquímicos, aparición de formas resistentes de plagas (por el constante uso de plaguicidas), sedimentación en predios agrícolas y fuera de ellos, daños en la red caminera y otras obras de infraestructura, aumento del desempleo y éxodo rural (Ghersa & Ghersa, 1989; Senigagliaesi, 1991; Ghersa & León, 1999; Pengue, 2000; 2001) son, entre otros, algunos de los costos adicionales que no han sido tenidos en cuenta por el análisis costo-beneficio, lo que marca sus limitaciones para evaluar alternativas productivas desde el punto de vista de la sustentabilidad.

El enfoque neoclásico reconoce estas limitaciones y propone buscar soluciones a través de los modelos de la Economía del Medio Ambiente que apuntan "internalizar" las externalidades provocadas por las distintas actividades productivas. Cuando se utiliza esta metodología se ponen en evidencia los costos que oculta el enfoque convencional y, por lo tanto, la sobrestimación de la rentabilidad. Así, el costo regional de la pérdida de nutrientes (N, P y K) en los productos de cosecha, ha representado cerca del 20% de los márgenes brutos de los respectivos cultivos. Sin dudas, este valor subestima claramente el verdadero costo ecológico. Este porcentaje se incrementaría notablemente si se incorporaran los costos de la pérdida de los demás macro y micronutrientes que son extraídos por los cultivos y que no fueron considerados en este análisis. Incluso, según las regiones, las pérdidas de nutrientes por otras vías, como la erosión, pueden ser tan o más importantes que las salidas por productos de cosecha, como estimaron Zanotti & Buschiazzo (1977) para el P y N en la Provincia de La Pampa. El costo total de la pérdida de fertilidad también se vería incre-

mentado si se tuvieran en cuenta los balances de nutrientes de otros cultivos presentes en menores superficies en la región pampeana y otras salidas de nutrientes del sistema por vía de la erosión, lixiviación, desnitrificación y/o extracción de los residuos de cosecha.

Esto lleva a considerar que si se logaran "internalizar" todos los costos asociados al deterioro de los recursos intra y extraprediales provocados por el modelo agrícola pampeano, probablemente los valores de rentabilidad de dicho modelo decrecerían a niveles similares a los calculados por Pretty *et al.*, (2000) para la Agricultura del Reino Unido y podrían modificar las relaciones de rentabilidad entre el modelo de agricultura continua y otros modelos alternativos. Resulta evidente que, debido a sus limitaciones, el análisis costo beneficio no permitió la comparación racional entre los distintos modelos productivos, subvalorando los costos ecológicos de la agricultura continua y desconociendo, por el otro, los servicios ecológicos de los modelos alternativos.

Así, aquellas prácticas de manejo tendientes a lograr un equilibrio en los balances de nutrientes y/o a la optimización de la dinámica de los mismos en el agroecosistema, tales como el aporte de materiales orgánicos y minerales para cubrir los desequilibrios, la utilización de abonos verdes, la disminución o eliminación de biocidas, el aumento de la diversidad edáfica, la gestión adecuada de policultivos, rotaciones y cultivos asociados, la utilización de sistemas mixtos, la conservación del paisaje agrícola, la minimización de las pérdidas por erosión (Labrador Moreno, 2001) habrían sido descartadas por su menor rentabilidad aparente.

La metodología de internalización de externalidades hace un aporte importante, al poner en evidencia la falta de idoneidad del análisis costo-beneficio convencional para evaluar alternativas productivas desde el punto de vista de la sustentabilidad. Sin embargo, al

utilizar el precio como única variable de referencia, no fomenta el logro de una mejor calidad del medio ambiente ya que, cuando las externalidades son inciertas y/o irreversibles, no puede haber precios correctos practicados en mercados reales o ficticios (Funtowicz *et al.*, 1999).

En este sentido, y tomando como referencia la pérdida de fertilidad del suelo en la Región Pampeana Argentina, el costo de reposición calculado no indica realmente el daño producido, dado que, aún cuando se contara con el dinero para reparar el problema generado, existe una clara imposibilidad física de restablecer la fertilidad del suelo a los niveles originales, al menos, en forma inmediata. Por lo tanto, este nuevo esquema económico, que al igual que el enfoque económico convencional, está basado en una única variable, el precio, permite sólo disimular los impactos distributivos negativos, sobre todo con relación a las futuras generaciones (Funtowicz *et al.*, 1999). Es necesario, entonces, comprender que ningún indicador simple puede ser, por sí mismo, una herramienta de evaluación en sistemas caracterizados por un alto número de componentes, una alta variedad y una elevada complicación (Funtowicz *et al.*, 1999).

La solución no consiste pues en introducir los problemas ecológicos dentro de la teoría económica, "valorando monetariamente" los bienes ambientales, sino en reconocer que la economía debe ser considerada dentro de los límites de las reglas ecológicas (Flores & Sarandón, 2003). En este sentido, los indicadores biofísicos resultan una herramienta más adecuada o confiable que la evaluación económica de los recursos, ya que contienen información que no siempre es relevada por los indicadores económicos, (Labbate, 1997; Funtowicz *et al.*, 1999). Dado que la sustentabilidad es un concepto que incluye simultáneamente objetivos económicos y de conservación de la naturaleza, se debe comprender que, en teoría, no existe un divorcio entre ambos objetivos. Esta desunión surge de la

forma actual de encarar la economía.

Por lo tanto, para avanzar hacia el logro de sistemas agrícolas sustentables deberían construirse nuevos sistemas económicos que superen las limitaciones del enfoque económico neoclásico, adoptando una visión holística que logre una síntesis integradora de la ecología y la economía y reconozca la interrelación que existe entre los seres humanos y el resto de la naturaleza, tal como lo plantea la economía ecológica (Costanza, 1997). Sin embargo, y sin dejar de reconocer la importancia de un cambio global en los sistemas económicos y políticos, el trabajo a escala local, basado en el potencial endógeno de las comunidades, no debe ser desestimado como un elemento importante para generar esquemas de desarrollo sustentables (Guzmán Casado *et al.*, 2000), que permitan compatibilizar la rentabilidad económica y la sostenibilidad ambiental.

De esta manera, se podría evitar que, a través de la sobrestimación de la rentabilidad de las distintas alternativas productivas, se incentive la degradación del capital natural y se excluyan del modelo productivo otras alternativas más preservadores del ambiente pero, en apariencia, menos rentables.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, F., H. E. Echeverría, N. S. González, S. Uhart & N. Darwich.** 1996. Requerimientos de nitrógeno y fósforo de los cultivos de maíz, girasol y soja. Boletín técnico 134. EEA INTA Balcarce. 17pp.
- Andriulo, A., J. Galantini & F. Abrego.** 1996. Exportación y balance edáfico de nutrientes después de 80 años de agricultura continua. Carpeta de producción vegetal. Información 147. Tomo XIV.
- Bertolasi, R.** 1996. Aumento del consumo de fertilizantes. Fertilizar 2:14-15. INTA Pergamino. Argentina.
- Bindraban, P. S., J. J. Stoorvogel, D. M. Jansen, J. Vlaming & J. J. R. Groot.** 2000. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. Agriculture, Ecosystem & Envi-

- ronment 81: 103-112.
- Carta, H. G., L. Ventimiglia & S. N. Rillo.** 2001. El futuro no es lo que era antes Informaciones agronómicas N°11 Disponible en [http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/7F94C0FC16CA6A8603256AE9004EE9EA/\\$file/ArtVentimiglia.doc](http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/7F94C0FC16CA6A8603256AE9004EE9EA/$file/ArtVentimiglia.doc). Ultimo acceso: Noviembre 2002.
- CASAFE** (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes). 2002. Lo que pasa en la Argentina. Evolución del consumo de fertilizantes en Argentina. Disponible en <http://casafe.org/harvard/arg>. Ultimo acceso: Septiembre 2002.
- Casas, R. R.** 1998. Causas y evidencias de la degradación de los suelos en la República Argentina. En: *Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa*. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. pp 99-128.
- Casas, R. R.** 2001. La Conservación de los suelos y la sustentabilidad de los Sistemas Agropecuarios. Disertación. Disponible en: http://www.insuelos.org.ar/institucional/disertacion_R_Casas.htm. Ultimo acceso: Septiembre de 2002.
- Castells, N. & G. Munda.** 1999. International environmental issues: Towards new integrates assessment En: *Valuation and environment*. M. O'Connor and C Sphash (eds). Edward Elgar, UK. pp 309-327.
- Costanza, R.** 1997. La economía ecológica de la sostenibilidad. Invertir en capital natural. En: *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Mas allá del informe Brundtland. Editorial Trotta. Madrid pp.103-114.
- Chang, M. Y.** 2001. La economía ambiental. En: *¿Sustentabilidad? Desacuerdo sobre el desarrollo sustentable*. N. Pierrri & G.Foladori (eds) Editorial Baltgráfica. Montevideo. pp: 165-178
- Chudnosvsky, D., E. Cap, E. Trigo & S. Rubin.** 1999. Comercio internacional y desarrollo sustentable. La expansión de las exportaciones argentinas en los años 1990 y sus consecuencias ambientales. Capítulo III: El impacto ambiental de la intensificación de la producción agropecuaria pampeana. Disponible en <http://www.fund-cenit.org.ar/documentos>. Ultimo acceso: Julio 2002
- Daly, H.** 1997. De la economía del mundo vacío a la economía del mundo lleno. El reconocimiento de un viraje histórico en el desarrollo económico. En: *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. Mas allá del informe Brundtland. Editorial Trotta. Madrid. pp: 37-50.
- FAO.** 2002. FAOSTAT database collection. Agriculture data. Disponible en <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>. Ultimo acceso: Agosto 2002
- Ferraris, G. N.** 2001. 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>. Ultimo acceso: Julio 2002.
- Flores, C. C. & S. J. Sarandón.** 2003. Limitations of the economic neo-classical analysis to evaluate the sustainability of agricultural systems. An example comparing organic and conventional horticultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* (en prensa).
- Funtowicz, S. O., J. M. Martínez Alier, G. Munda y J. R. Ravetz.** 1999. Information tools for environmental policy under conditions of complexity. *Environmental issues series N° 9*. European Environment Agency. Copenhagen. 34 pp.
- Galarza, C., V. Gudelj & P. Vallone.** 2001. Fertilización del cultivo de soja. Soja: Resultados de Ensayos de la Campaña 2000/2002. Información para Extensión N° 69. Tomo 2. INTA, Marcos Juárez.
- García, F. O.** 1995. Boletín informativo de Nidera SA. Número 2. Año 1. Disponible en <http://www.nidera.com.ar/esp/rindes/2/reporte.htm>. Ultimo acceso: Julio 2002.
- García, F. O.** 2000. Avances en investigación y experimentación en fertilización de cultivos extensivos en Argentina. Tercera Conferencia Fertilizantes Cono Sur. British Sulphur Pub. Punta del Este. 26-28 Noviembre 2000. Disponible en: <http://www.elsitioagricola.com/articulos/garcia/avances/%20en%20fertilizacion%20en%20cultivos%20extensivos.asp>. Ultimo acceso: Noviembre 2002
- García, F. O.** 2001a. Balance de fósforo en los suelos de la Región Pampeana. INPOFOS Cono Sur. Buenos Aires. *Informaciones Agronómicas* 9: 1-3.
- García, F. O.** 2001b. Balance y manejo de nutrientes en rotaciones agrícolas. Publicación técnica AAPRESID. Rotación de cultivos en siembra directa: 59-68
- García, F. O., H. Fontanetto & H. Vivas.** 2001. La fertilización del doble cultivo trigo soja. INTA Rafaela. Publicación técnica de trigo. Campaña 2001, N°11.
- Ghersa, C. M. & M. A. M. Ghersa.** 1989. Cambios ecológicos asociados con la introducción del cultivo de soja en la Pampa Ondulada. IV conferencia Mundial de Investigación en Soja. Buenos Aires. pp: 66-75
- Ghersa, C. M., M. A. Martínez Ghersa & R. J. C. León.** 1998. Cambios en el paisaje pampeano y sus efectos sobre los sistemas de soporte de la vida. En: *Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa*. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. pp. 38-68
- Ghersa, C. M. & J. C. León.** 1999. Successional

- changes in agroecosystems of the Rolling Pampas. *Ecosystems of disturbed ground. Ecosystems of the world 16*. Editorial Elsevier. Amsterdam. pp. 487-502
- González, N.** 2002. Fijación biológica de nitrógeno en soja. Cómo elegir el mejor inoculante comercial. Disponible en www.elsitioagricola.com/articulos/gonzalez. Ultimo acceso: Julio 2002.
- Guzmán Casado, G., M. González de Molina & E. Sevilla Guzmán.** 2000. Agroecología y Desarrollo Rural Sostenible En: Introducción a la Agroecología como Desarrollo Rural Sostenible. Editorial Mundi Prensa, Madrid. pp.115-143.
- Harte, M. J.** 1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics* 15: 157-164.
- INPOFOS Cono Sur** (Oficina Regional para el Cono Sur del Potash & Phosphate Institute y el Potash and Phosphate Institute of Canada). 1999. Planilla de cálculo para estimar requerimientos nutricionales de cultivos de grano y forrajeros. Disponible en: [http://www.ppifar.org/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/](http://www.ppifar.org/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/). Ultimo acceso: Abril 2003.
- Koning, G. H. J., P. J. van de Kop & L. O. Fresco.** 1997. Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 65: 127-139
- Labbate, G. D.** 1997. Valuación económica del recurso suelo bajo condiciones de cambio tecnológico. El caso de Pergamino, Argentina. En: Argentina granero del mundo ¿Hasta cuándo? J. Morello y O. T. Solbrig (compiladores). Ed. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires pp. 184-200.
- Labrador Moreno, J.** 2001. Aproximación a la gestión agroecológica de la fertilidad del suelo. En: Agroecología y desarrollo. Aproximación a los fundamentos agroecológicos para la gestión sustentable de agroecosistemas mediterráneos. J. Labrador Moreno & M. A. Altieri (coordinadores). Ed. Mundi Prensa. Madrid pp: 129-165
- Michelena, R., C. Iruirtia, F. Vabruska, L. Mon & A. Pittaluga.** 1989. Degradación de los suelos en el norte de la Región Pampeana. Proyecto de Agricultura conservacionista. EEA Pergamino. INTA Pergamino. Publicación Técnica N° 6. 135 pp
- Osaki, M., K. Morikawa, T. Shinano, M. Urayama & T. Tadano.** 1991. Productivity in high yield crops II. Comparison of N, P, K, Ca and Mg accumulation and distribution among high-yielding crops. *Soil Science Plant Nutrition* 37 (3): 445-454.
- Pizarro, J. B.** 1973. Rentabilidad de la soja frente a cultivos competitivos en el área maicera tradicional. INTA. Informe técnico 121. 15 pp
- Pengue, W.** 2000. Cultivos transgénicos ¿Hacia dónde vamos?. Ed. Lugar Editorial. Buenos Aires. 190 pp.
- Pengue, W.** 2001. Impactos de la expansión de la soja en la Argentina. Globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética: Un modelo para armar. *Biodiversidad* 29: 7-14.
- Peretti, M. A.** 2000. Economía del cultivo de trigo en los últimos años. Disponible en: <http://www.e-campo.com/media/news/nl/agrcultivostrigo7.htm>. Ultimo acceso: Agosto 2002.
- Pordomingo, A. J.** 1998. 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. pp: 16-32.
- PNUMA & FB** (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Fundación Bariloche). 1996. Manual de cuentas patrimoniales. México. 74 pp.
- Pretty, J. N., C. Brett, D. Gee, R. E. Hine, C. F. Mason, J. I. L. Morison, H. Raven, M. D. Rayment & G. van der Bijl.** 2000. An assessment of the total external cost of UK agriculture. *Agricultural Systems* 65: 113-136.
- Proyecto Fertilizar.** 2002. Estadísticas. Consumo de Fertilizantes según cultivos y nutrientes en 1999. Disponible en http://www.fertilizar.org.ar/estadisticas/consumo_Fertilizantes_Region.htm. Ultimo acceso: Noviembre 2002.
- Rees, W. E. & M. Wakernagel.** 1999. Monetary analysis: turning a blind eye on sustainability. *Ecological Economics* 29: 47-52.
- SAGYP** (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación Argentina). 2002. Estadísticas Agropecuarias. Disponible en <http://siiap.sagyp.mecon.ar>.
- Sarandón, S. J.** 2002. Incorporando el enfoque agroecológico en las Instituciones de Educación Agrícola Superior: la formación de profesionales para una agricultura sustentable. *Agroecología e desarrollo rural sustentable* 3 (2): 40-48.
- Satorre, E. H.** 1998. Aumentar los rendimientos en forma sustentable en la Pampa Argentina: aspectos generales. En: Hacia una agricultura productiva y sostenible en la pampa. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. pp.72-93.
- Senigagliesi, C.** 1991. Estado actual y manejo de los recursos naturales, particularmente el suelo, en el sector norte de la Pampa húmeda. Seminario Juicio a nuestra agricultura. Hacia el desarrollo de una agricultura sustentable. Secretaría de Agricultura, Ganadería y

- Pesca. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Editorial Hemisferio Sur. Argentina. pp. 31-49.
- Senigaglia, C., M. Ferrari & J. Ostojic.** 1997. La degradación de los suelos en el partido de Pergamino En: Argentina granero del mundo ¿Hasta cuándo? J. Morello y O.T. Solbrig (compiladores). Ed. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires. pp 137-155.
- Solbrig, O.T. & J. Morello.** 1997. Reflexiones generales sobre el deterioro de la capacidad productiva de la Pampa Húmeda Argentina. En: Argentina granero del mundo ¿Hasta cuándo? J. Morello y O.T. Solbrig (compiladores). Ed. Orientación Gráfica Editora SRL. Buenos Aires. pp: 1-28.
- Smaling, E. M. A. & L. O. Fresco.** 1993. A decision-support model for monitoring nutrient balances under agricultural land use (NUTMON). *Geoderma* 60: 235-256.
- Smith, C. & R. Thwaites.** 1998. TIM: Evaluating the sustainability of agricultural land management at the planning stage. National Soil Conference. Environmental Benefits of Soil Management. Conference Proceedings. Brisbane: 327-334
- Stoorvogel, J. J.** 1993. Optimizing land use distribution to minimize nutrient depletion: a case study for the Atlantic Zone of Costa Rica. *Geoderma* 60: 277-292.
- Stoorvogel, J. J.** 2000. Land Quality Indicators for Sustainable Land Management. Disponible en www.ciesin.org/lw-kmn/mbguidl2.html. Último acceso: Abril 2001.
- Torquebiau, E.** 1992. ¿Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- Urricariet, S. & R. Lavado.** 1999a. ¿La fertilización puede enmascarar el deterioro en suelos de la Pampa ondulada?. *Informaciones Agronómicas* N° 4. Diciembre 1999. Disponible en: [http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/](http://www.ppi-far.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/). Último acceso: Junio 2002.
- Urricariet, S. & R. Lavado.** 1999b. Indicadores de deterioro en suelos de la Pampa Ondulada. *Ciencia del Suelo* 17 (1): 37-44.
- Veneciano, J. H. & K. Frigerio.** 2003. Exportación de Macronutrientes en Sistemas Extensivos de San Luis. *INPOFOS. Informaciones Agronómicas del Cono Sur* 17: 17-22.
- Ventimiglia, L., H. Carta & S. Rillo.** 2000. Exportación de nutrientes en campos agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur. INPOFOS* 7: 11-12
- Yurjevic, A.** 1993. Marco conceptual para definir un desarrollo de base humano y ecológico. *Agroecología y desarrollo. CLADES. Santiago de Chile, N° 5-6: 2-15.*
- WCED.** 1987. *Our common future.* Oxford Univ. Press, Oxford. 74 pp.
- Zanotti, N. L. & D. Buschiazzo.** 1997. El suelo. Un cálculo económico de la degradación. INTA-C.R. La Pampa/San Luis. *Horizonte Agropecuario*: 4-5.