

Eficiencia Energética en Sistemas Productivos Agrícolas con Diferentes Grados de Erosión Hídrica¹

J. Denoia*

ABSTRACT

In eight systems located in Los Molinos district, energy efficiency was analyzed in wheat-second soy, first soy, and corn farms, with different degrees of hydraulic erosion. Independent of erosion intensity, fuel was the energetic income of greatest relevance. It was concluded that energy efficiency, and therefore agrosystem productivity, decrease when soil is lost through hydraulic erosion. The crop most affected in energy efficiency by hydraulic erosion was corn.

RESUMEN

Se analizó la eficiencia energética en los cultivos de trigo-soja de segunda, soja de primera y maíz en ocho sistemas productivos del distrito Los Molinos con diferentes grados de erosión hídrica. El insumo energético de mayor relevancia fue el combustible, independiente de la intensidad de erosión. Se determinó que la eficiencia energética y, por lo tanto, la productividad del agrosistema disminuyen cuando se pierde suelo por erosión hídrica. El cultivo de maíz fue el más afectado en su eficiencia energética por la erosión hídrica.

INTRODUCCIÓN

En las dos últimas décadas, la actividad productiva de la región pampeana argentina tuvo importantes modificaciones; una de ellas fue el desplazamiento de la ganadería a una parte del área dedicada a la agricultura

Por otra parte, la agricultura, en particular, evolucionó hacia una producción centrada en cinco cultivos: soja, maíz, trigo, sorgo y girasol. La soja de primera y el doble cultivo trigo-soja de segunda presentaron el mayor crecimiento en la superficie sembrada, especialmente en la zona conocida como región maicera típica. Otras características que dieron forma a este modelo agrícola son el uso generalizado de herbicidas e insecticidas; el empleo de híbridos o variedades mejoradas; la escasa o nula planificación de secuencias de cultivos y los cambios en las formas de organización social de la producción

Algunas propiedades de los suelos han sido modificadas por la aplicación de ese modelo agrícola. Se

han documentado pérdidas en los contenidos en promedio de materia orgánica para la región pampeana, que en tierras bajo agricultura continua llegan a 46.7%; disminución en los valores de pH de hasta 0.77 unidades; reducción en el índice de estructura (De Boodt y De Leenheer 1967) de 66.3% y pérdida de la capacidad de percolación en 62 por ciento. En todos los casos, se compararon lotes-testigo y lotes con agricultura continua (Michelena *et al.* 1989).

En general, la agricultura permanente, tal como se practica en la región pampeana, está destinada a exportar fertilidad, a deteriorar físicamente los suelos y a provocar su agotamiento (Casas 1985).

Las condiciones mencionadas provocan en el suelo un aumento de la densidad aparente en los estratos superiores y un encostramiento superficial. Estos procesos favorecen el desarrollo de la erosión hídrica en los suelos ubicados sobre relieves ondulados (pendientes de 0.5% a 2.5%) de la región.

Las consecuencias directas de la erosión hídrica sobre los sistemas productivos se centran en la pérdida de nutrientes, distribución heterogénea del agua que escurre por la superficie, dificultades en la emergencia de los cultivos, destrucción de la infraestructura (alambrados, puentes y caminos), entre otros.

¹ Recibido para publicar el 3 de mayo de 1994

* Ingeniero Agrónomo, Investigador, Consejo de Investigaciones, Universidad Nacional de Rosario, Arg

La productividad de los suelos es afectada por la erosión hídrica, y la cantidad de insumos necesarios (combustibles, agroquímicos y horas/hombre) para lograr un nivel productivo semejante al de un suelo no erosionado, se hace mayor

Al perderse suelo, la oferta ambiental del agroecosistema disminuye, lo que se compensa con la adición de energía artificial (insumos) para sostener la producción en el mejor de los casos. "Al adoptar agrosistemas que desaprovechan la oferta ambiental, no sólo se disipan las posibilidades del uso de la energía, sino que resultan nuevos agrosistemas con necesidades crecientes de energía. Además, se pierden atributos del ecosistema que podrían permitir una agricultura más viable desde el punto de vista ecológico y económico" (Gligo 1980).

La energía artificial desempeña un papel importante en la agricultura de los países desarrollados. Un ejemplo válido sería el cultivo del maíz en los Estados Unidos de América, que podría representar la evolución de la agricultura de ese país: "Entre los años 1945 y 1970, en el cultivo de maíz el empleo de energía aumentó en 213 por ciento. Los insumos que componen el aporte de energía comercial (fertilizantes, maquinaria, combustibles, etc.) incrementaron su grado de participación. El único insumo que disminuyó fue la fuerza de trabajo. El incremento en el uso de energía no se acompañó con una mejoría en la eficiencia energética. Así, en 1945, para maíz, por cada unidad energética añadida se obtenía 3.70 como producto. Para 1970 la relación bajó a 1:2.8" (Gligo 1984).

En los sistemas productivos de la región pampeana argentina, con problemas de erosión hídrica, la energía comercial reemplazaría en parte la oferta ambiental disminuida a partir de la pérdida del recurso suelo.

En este trabajo, se pretende estudiar la eficiencia energética en sistemas productivos con diferentes grados de erosión hídrica, para evaluar la incidencia del proceso erosivo en la productividad de los agrosistemas.

Los sistemas productivos estudiados se ubican en el distrito Los Molinos, al sur de la provincia de Santa Fe en Argentina.

El área de estudio se localiza en la cuenca media del río Carcarañá, tributario del río Paraná, en la de-

nominada región pampeana, a 33°, 02 min, 42 seg de latitud Sur y 61°, 06 min, 08 seg de longitud Oeste.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo consistió en estudios de caso (ocho en total). Su selección se realizó en función de la posibilidad de incluir en el análisis diferentes grados de erosión y su representatividad en la región. Para ello se recurrió a información cartográfica y socioeconómica del distrito, elaborada previamente (Denoia 1987).

Se destaca que, en este trabajo, el balance de energía se empleó como una herramienta para estudiar en forma comparativa la eficiencia energética de los agroecosistemas en relación con la erosión hídrica. Por ello no se consideraron términos, los que se incluyen en balances más amplios (por ejemplo los que se realizan para la agricultura por país o región), como la electricidad o los residuos de cosecha a manera de insumo y producto energético, respectivamente.

Para caracterizar energéticamente los sistemas productivos seleccionados, se relevó la siguiente información:

Calidad de la tierra

Se empleó cartografía de escurrimiento superficial y erosión hídrica con escalas 1:50 000 y 1:20 000 para el distrito Los Molinos. Se seleccionó, como referencia para determinar la calidad de la tierra, el grado de erosión y se le ajustó para cada lote por medio de una verificación de campo. Los grados de erosión considerados fueron: SE-H1: sin erosión-erosión leve (pérdida del horizonte superficial hasta del 25%); H2: erosión moderada (pérdida de 25% a 50%); H3: erosión severa (pérdida de más de un 50% del horizonte superficial).

- Uso de la tierra.
- Período agrícola continuo, sólo para quienes no practican la ganadería.
- Secuencia de cultivos y rendimientos, para cada uno de los lotes y, en lo posible, para los últimos cinco años.
- Secuencia de labores, para cada uno de los lotes y para el período anual analizado.
- Insumos empleados, para cada uno de los lotes.

La información sobre los cinco últimos ítem se obtuvo por medio de entrevistas personales con los productores.

Una vez relevada la información, se determinaron los valores de:

- Consumo de "gasoil" por hectárea, que es la sumatoria del consumo de cada una de las labores realizadas.
- Consumo de herbicidas, que es la sumatoria de las dosis por hectárea de cada herbicida empleado.
- Consumo de insecticidas: igual que en el punto anterior.
- Mano de obra, que es la sumatoria del tiempo empleado en cada labor, referido a una hectárea.

A cada uno de los valores obtenidos (consumo de "gasoil", herbicidas, insecticidas, empleo de mano de obra) se les asignó el contenido energético correspondiente. Al sumarlos, se obtuvo el ingreso de energía al sistema (*input*).

Cuadro 1. Contenidos energéticos asignados a cada insumo.

Insumo	Contenido energético
Combustible ***	43.3 MJ/l
Herbicidas ***	170 MJ/kg
Insecticidas ***	4.5 MJ/kg
Fertilizantes nitrogenados *	60.2 MJ/kg N ₂
Mano de obra **	35 MJ/hora
Semilla no híbrida ****	16.62 MJ/kg
Semilla híbrida *****	32.99 MJ/kg

Nota: MJ: megajulios

Fuente:

- * Achorn, citado por Wijewarden 1981.
- ** Bowille *et al* 1987; Pimentel *et al* 1973.
- *** Leach 1976
- **** Pimentel *et al* citado por Viglizo *et al* 1983.

Por otra parte, el rendimiento en granos del cultivo (kg/ha) se transformó en energía; y se obtuvo la energía producida (*output*).

La relación entre el ingreso de energía y la energía producida expresa la eficiencia del sistema en el uso de la energía.

Se consideró el rendimiento de cada cultivo en los últimos cinco años para mejorar la representatividad del dato que se usó para realizar el balance.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sistemas de producción estudiados fueron eficientes en el empleo de energía. En general, en todos los cultivos analizados, la producción energética fue superior a la inversión de energía.

Estas características de la eficiencia energética pueden calificarse como una virtud de las actuales formas de producción, sobre todo si se consideran los valores de eficacia de la agricultura en países desarrollados con elevado subsidio de energía.

El empleo de cantidades grandes de insumos comerciales en los sistemas productivos de EE.UU. y otros países altamente desarrollados, aunque tornan ineficiente el empleo de energía, se constituye en un elemento importante para el desarrollo de la economía, especialmente en el caso de las industrias que fabrican los insumos y de las empresas que los venden.

Los sistemas de producción estudiados presentan diferencias con respecto a los de países desarrollados. El grado de artificio de nuestros agrosistemas es menor, por la participación más escasa de energía comercial en el proceso productivo. Por ejemplo, en esos sistemas productivos, no se emplea, al menos en forma generalizada, el riego y la fertilización masiva —técnicas que representan un gran costo energético.

Cuadro 2. Cultivo: Maíz.

Insumo	Categoría de tierra		
	SE - H1%	H2%	H3%
Combustible	79.62	75.94	79.41
Herbicidas	2.58	1.40	—
Insecticidas	—	—	—
Fertilizantes	—	—	—
Mano de obra	5.01	5.42	5.15
Semillas	12.79	17.24	15.44
TOTAL	100	100	100

Cuadro 3. Cultivo: Trigo-soja de segunda.

Insumo	Categoría de tierra		
	SE - H1%	H2%	H3%
Combustible	50.61	41.87	53.04
Herbicidas	1.05	2.03	2.50
Insecticidas	0.05	1.98	0.01
Fertilizantes	12.05	11.05	7.10
Mano de obra	3.08	2.74	3.49
Semillas	33.16	40.33	33.86
TOTAL	100	100	100

La energía empleada como combustible en el laboreo del suelo, protección, siembra y cosecha de cultivos, es la de mayor importancia en términos generales.

En un análisis por cultivos, se observaron las características particulares de cada uno en relación con los *inputs* de energía. En maíz fue alta la proporción de combustibles, en tanto que las semillas no representan valores elevados, a pesar de que su contenido energético era el doble que en las semillas no híbridas (Cuadro 2).

Además de los combustibles, en el caso de trigo-soja de segunda (Cuadro 3), fue importante la energía incorporada como semillas —se empleó, en promedio, 100 kg/ha en trigo y 80 kg/ha en soja. El único cultivo donde se empleó fertilizantes, fue en el trigo.

El caso de la soja de primera fue intermedio entre los dos cultivos analizados previamente. El combustible representó el mayor insumo energético (Cuadro 4).

El empleo de insumos por cultivos es similar para las diferentes calidades de tierras.

La eficiencia energética, al igual que la productiva, disminuyó con el deterioro del recurso suelo. Así para soja de primera en las áreas de erosión moderada (H2) y erosión severa (H3), los sistemas productivos son energéticamente más ineficientes que en el área sin erosión o de erosión leve (SE-H1), que, en promedio, son 42.8% y 44% respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 4. Cultivo: Soja de primera.

Insumo	Categoría de tierra		
	SE - H1%	H2%	H3%
Combustible	64.42	65.80	66.32
Herbicidas	4.32	2.13	6.06
Insecticidas	0.05	3.28	0.02
Fertilizantes	—	—	—
Mano de obra	4.32	4.26	4.30
Semillas	26.89	24.53	23.30
TOTAL	100	100	100

Notas: SE-H1: área sin erosión-erosión leve
H2: área de erosión moderada
H3: área de erosión severa

Cuadro 5. Eficiencia energética en soja, trigo-soja de segunda y maíz para las diferentes categorías de tierra, por erosión hídrica, en el Distrito Los Molinos.

Cultivos	Categoría de tierra		
	SE - H1	H2	H3
Soja de primera	11.27	6.45	6.30
Trigo-soja de segunda	8.86	7.25	6.64
Maíz	24.42	19.67	11

El maíz, a pesar de los bajos rendimientos (menores de 2268 kg/ha), mostró mayor eficiencia en el empleo de energía. Por otro lado presentó un elevado grado de sensibilidad a la calidad del recurso tierra al disminuir la eficiencia hasta un 56% en el área de erosión severa, con respecto al área sin erosión.

En el trigo-soja de segunda, se observó mayor estabilidad en relación con los demás cultivos analizados en la eficiencia energética para las áreas con diferentes grados de erosión.

Las actuales formas de producción en el distrito Los Molinos no armonizan el empleo de la tecnología con la capacidad del ecosistema, por lo que podría consumir rápidamente la oferta ambiental de energía y provocar, paralelamente, el deterioro de los recursos.

Eso significa la pérdida de capacidad de reserva o autonomía del ecosistema; propiedades fundamentales para una agricultura viable desde el punto de vista económico y ecológico.

Los valores de eficiencia energética relativamente altos, obtenidos en las áreas sin erosión-erosión leve, podrían atribuirse a la oferta ambiental, con base en los niveles de producción actuales; al sobreuso de los recursos naturales; a la explotación de la energía que, a manera de reserva, contiene el ecosistema con una tasa de extracción superior a la capacidad de recuperación. Con el deterioro del recurso suelo en las áreas de erosión moderada y severa, la oferta ambiental se reduce y, con ella, la eficiencia energética.

CONCLUSIONES

Los sistemas productivos analizados, en general, fueron eficientes en el uso de la energía.

La eficiencia se modificó con el deterioro del recurso suelo por erosión hídrica. Con los valores promediados de eficiencia energética para los distintos cultivos, se encontró que el área sin erosión-erosión leve superó en 25% el área de erosión moderada y 46% a la de erosión severa.

El cultivo de maíz resultó ser el más afectado en su eficiencia energética al perderse el suelo por erosión.

El doble cultivo anual trigo-soja de segunda fue más eficiente que la soja de primera en las áreas con mayor grado de erosión.

Se puede afirmar que el estudio de la eficiencia energética es una herramienta adecuada para evaluar la incidencia del proceso erosivo en los sistemas agrícolas.

Así surge la necesidad de incorporar la conservación de los recursos naturales a la planificación de los sistemas productivos para garantizar su estabilidad ecológica, productiva y económica.

LITERATURA CITADA

- BOWILLE, D ; BRAVO, J ; CARBALLO, C ; GALLO, G ; GROISMAN, F ; ROCHE, N 1987. Energía y métodos de producción agropecuaria en América Latina. Revista Argentina de Economía Agraria 1(2).
- CASAS, R 1985. La agricultura permanente y la degradación de los suelos en la República Argentina. Revista IDIA.
- DENOIA, J. 1987. Relevamiento integrado de recursos naturales en el Distrito Los Molinos. Convenio Facultad de Ciencias Agrarias (UNR)/Cooperativa Agrícola Ganadera Los Molinos Ltda s p
- GLIGO, N. 1980. La dimensión ambiental en el desarrollo agrícola de América Latina. Revista de la CEPAL.
- GLIGO, N. 1984. La energía en el modelo tecnológico agrícola predominante en América Latina. Revista de la CEPAL 22.
- GRIFFITH, D ; PARSONS, S 1979. Energy requirements for tillage planting systems. Ind., Purdue University.
- GRIFFITH, D ; MANNERING, S ; RICHEY, C 1979. Energy in agriculture. Ind., Purdue University, Agricultural Experiment Station.
- LEACH, G 1976. Energy and food production. Guilford, Surrey, IPC Science and Technology Press.
- MICHELENA, R. *et al.* 1989. Degradación de suelos en el Norte de la Región Pampeana. Arg., INTA, Proyecto de Agricultura Conservacionista. Publicación Técnica no. 6.
- PIMENIEL, D. *et al.* 1973. Food production and the energy crisis. Science 182:443-449.
- STOUT, B A 1980. Energía para la agricultura mundial. Colección FAO: Agricultura no. 7.
- VIGLIZO, E.; WILBERGER, J.; GINGINS, M 1983. Eficiencia energética de tres sistemas de producción lechera con distinto nivel de intensificación. Revista de Orientación Láctea 24.
- WIJEWARDENE, R. 1981. Energy conserving farming systems for humid tropics. University of Kentucky, Department of Sociology. Tillage Systems and Social Science 1(8).