

## Evaluación de la Eficiencia Energética en el Cultivo de Lino Sembrado con dos Niveles de Fertilidad. Su Importancia para un Manejo Sustentable de los Agroecosistemas.

*Evaluation of Energy Efficiency in Sowing flax with two levels of fertility. A Factor Analysis for Sustainable Management of Agroecosystems.*

VALLDUVÍ, Griselda Estela Sánchez<sup>1</sup>, [gvallduv@agro.unlp.edu.ar](mailto:gvallduv@agro.unlp.edu.ar); TAMAGNO, Lía Nora<sup>1</sup>, [ltamagno@agro.unlp.edu.ar](mailto:ltamagno@agro.unlp.edu.ar); OUVIÑA, Alejandra Mónica<sup>1</sup>, [alejandraouvina@hotmail.com](mailto:alejandraouvina@hotmail.com)

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de La Plata. Argentina

### Resumen

La alta demanda energética de los fertilizantes indica la necesidad de generar alternativas para minimizar el uso de energía no renovable y mantener la fertilidad del suelo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la fertilización sobre la eficiencia energética en el cultivo de lino. Se evaluaron tres variedades de lino, con y sin aplicación de fertilizante. Se evaluó el rendimiento en semilla del lino y la eficiencia energética, como la relación entre la energía de salida y la ingresada al sistema. La eficiencia energética de las tres variedades evaluadas en los tratamientos sin el agregado de fertilizante fue de alrededor de un 50 % mayor que en los fertilizados, con un valor promedio de las tres variedades de 3,33 y 1,49 para los tratamientos sin y con fertilizante respectivamente. La evaluación de la eficiencia energética de los cultivos, es importante a los efectos de toma de decisiones en el marco de una producción sustentable.

**Palabras clave:** Agricultura de bajos insumos, agroecología, costo energético, conservación.

### Abstract

*The high energy demand of fertilizer indicates the need for alternatives to minimize the use of renewable energy and maintain soil fertility. The aim of this study was to evaluate the impact of fertilization on energy efficiency in flax. We evaluated three varieties of flax with and without application of fertilizer to the system. We evaluated the performance of flax seed and energy efficiency as the ratio between energy output and input to the system. The energy efficiency of the three varieties was about 50% higher in the systems without fertilizer respect to fertilized with an average of three varieties of 3.33 and 1.49 for treatments without and with fertilizer respectively. While the addition of fertilizer increases the productivity of the flax, fertilized systems are energetically very demanding, mainly by the energy associated with fertilizers. The evaluation of the energy efficiency of crops is important for purposes of decision in a sustainable production*

**Key words:** *Low-input agriculture, agroecology, energetic cost, conservation.*

### Introducción

La agricultura moderna está basada en la tecnificación y en un alto uso de insumos externos con el objetivo de maximizar el rendimiento de los cultivos (SARANDÓN, 2002). La intensificación de los agroecosistemas ha llevado a un aumento en la utilización de energía, principalmente proveniente de fuentes fósiles, lo que en la actualidad se está transformando en un recurso escaso. Los agroecosistemas requieren de aporte de energía externa para mantener su productividad (FLORES; SARANDÓN, 2005). Frente a este modelo se plantea una agricultura sustentable que requiere preservar el ambiente y los recursos naturales (ALTIERI, 2002), con énfasis en técnicas que tengan una menor dependencia de insumos externos y tiendan a la conservación de los recursos (SARANDÓN, 2002).

PIMENTEL y PIMENTEL, (2005) señalaron que las prácticas agrícolas deben conservar la

## Resumos do VI CBA e II CLAA

energía fósil y priorizar el uso de energías renovables, para ello, la evaluación de la eficiencia energética puede ser una herramienta necesaria tal como sugiere Gliessman, (2001). Con este análisis se podrá evaluar de qué manera intervienen los distintos insumos en el sistema a los efectos de buscar alternativas que mejoren la eficiencia en el uso de la energía. Las condiciones ambientales y las diferentes tecnologías modifican el balance de la energía y consecuentemente la eficiencia en su utilización. Los distintos cultivares pueden tener una respuesta en su productividad variable ante el agregado de insumos, entre los que se encuentran los fertilizantes, insumo de alta demanda energética. Es esperable que sean las variedades modernas, altamente dependientes de insumos externos, las que tengan mayor respuesta.

En los sistemas extensivos de la Región Pampeana Argentina, para el alcanzar altos rendimientos y lograr la reposición de nutrientes, principalmente de N, generalmente se hace uso de fertilizantes. Con el objetivo de conservar los recursos sobre todo los escasos, entre los que se encuentra la energía, y para hacerlos sustentables en el tiempo, es necesario evaluar estrategias de base agroecológica tendientes a mejorar el uso de los mismos.

El lino es una alternativa de diversificación de la Región Pampeana Argentina, y en su cultivo, la fertilización es una práctica muy utilizada para aumentar los rendimientos (INTA, 2005), sin tener en cuenta las diferentes respuestas que puedan tener los distintos cultivares. Si bien es esperable un incremento de la productividad del cultivo con la fertilización, se estima que esta práctica aumentaría mucho la demanda energética del sistema. En un contexto de agricultura sustentable, es necesario considerar la eficiencia energética como una importante información para caracterizar a los sistemas de cultivo (RATHKE y DIEPENBROCK, 2006) y contar con un elemento de juicio más para tomar decisiones de manejo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de la fertilización sobre la eficiencia energética en el cultivo de lino.

### Metodología

Se realizó un ensayo en el campo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales UNLP, Argentina (lat 34°S, long 52°W, 15 m altitud) Se evaluaron las variedades de lino Curundú INTA, Carapé INTA y Prointa Lucero, sin y con el agregado de fertilizantes. Se sembraron 600 semillas/m<sup>2</sup> el 18/08/08. Todas las semillas se curaron con Carbofurán 80% (125 g/100 kg) y se aplicó Atrazina (50%) a todas las parcelas, a razón de 1,7 l/ha en preemergencia. La fertilización consistió en 50 kg/ha de fosfato diamónico a la siembra + 60 kg/ha de urea a 10 cm de altura del cultivo + 15 de fertilizante foliar (N-S-micronutrientes – hormonas y ácidos Orgánicos) en inicio de llenado de granos.

Se analizó el rendimiento en semilla del lino mediante ANOVA y prueba de Tukey al 0,05 de probabilidad. Se calculó la eficiencia energética (EE), como la relación entre la energía de salida o egresos (energía producida en la semilla de lino cosechada) y los ingresos (energía suministrada al sistema). Como energía ingresada se consideraron los gastos directos de energía y la energía asociada a la fabricación de los insumos utilizados (GLIESSMAN, 2001) y se tuvieron en cuenta todas las labores e insumos necesarios desde la preparación del suelo hasta la cosecha del cultivo. Como energía de salida se consideró el valor energético de la semilla de lino (450 kcal/100g, MORRIS, 2007) y se afectó al rendimiento obtenido. Se convirtieron todas las entradas y salidas en unidades equivalentes (MJ) obtenidas de citas bibliográficas (ZETNER et al. 2004, entre otros). Para el fertilizante foliar se consideró la energía asociada al N y al S por ser los elementos que se encuentran en mayor relación y por que no se cuenta con citas de la energía de dicho producto.

## Resumos do VI CBA e II CLAA

### Resultados y discusión

El rendimiento medio del ensayo fue de 800 kg/ha, valor inferior a la potencialidad de los cultivares evaluados, tal vez debido a la fecha de siembra tardía y el déficit hídrico ocurrido principalmente durante la floración y el llenado de los granos. Esto pudo ser la causa de la baja productividad y la ausencia de diferencias entre cultivares. La fertilización aumentó el rendimiento en semilla del lino alrededor de un 20 %, con un promedio de 881 kg/ha y 720 kg/ha para los tratamientos fertilizados y sin fertilizar respectivamente. No se registraron diferencias significativas en el rendimiento entre cultivares y no hubo interacción entre los factores estudiados.

En todos los tratamientos se obtuvo más cantidad de energía que la que se incorporó al sistema, ya que todos los valores son superiores a uno. La eficiencia energética de las tres variedades evaluadas fue más de un 50 % mayor en los sistemas sin el agregado de fertilizante respecto al fertilizado (Tabla 1), con un valor promedio de las tres variedades de 3,33 y 1,49 para los tratamientos sin y con fertilizante respectivamente. El valor registrado de eficiencia energética promedio es bajo, lo cual pudo deberse a los bajos rendimientos en semilla registrados, mientras que la energía ingresada se mantuvo constante independientemente del rendimiento

Si las condiciones del cultivo hubieran sido más favorables, el aprovechamiento del fertilizante podría haber sido mayor con el consiguiente aumento del rendimiento, y de la eficiencia energética.

Estos resultados permiten caracterizar al sistema tal como indican Rathke y Diepenbrock, (2006) y contar con un importante elemento a considerar en el momento de tomar decisiones de manejo.

TABLA 1. Eficiencia energética expresada en MJ ha<sup>-1</sup> para tres variedades de lino sembradas con y sin la aplicación de fertilizantes. La Plata. Argentina. 2008.

Ingresos	Carapé Sin fertilizar	Carapé Fertilizado	Curundú Sin fertilizar	Curundú Fertilizado	Lucero Sin fertilizar	Lucero Fertilizado
Total maquinarias	281,38	292,48	281,38	292,48	281,38	292,48
Gas oil	1884,08	1942,16	1884,08	1942,16	1884,08	1942,16
Semilla lino	1560	1560	1560	1560	1560	1560
Carbofurán	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76	11,76
Fosfatodiamónico		1500		1500		1500
Urea		4208,4		4208,4		4208,4
Daimon 1		232,56		232,56		232,56
Herbicida	323	323	323	323	323	323
Ingresos MJ ha <sup>-1</sup>	4.060,22	11.070,36	4.060,22	11.070,36	4060,22	11.070,36
Rendimiento lino (Kg/ha)	723	808	708	883	728	953
Egresos MJ ha <sup>-1</sup>	13621,32	15222,72	13338,72	16635,72	13715,52	17954,52
Eficiencia energética (egresos/ingresos)	3,35	1,37	3,28	1,50	3,37	1,62

En todos los tratamientos, el mayor porcentaje de ingresos (más del 90 %) fue el de los directos y dentro de estos en los no fertilizados el mayor consumo energético fue por el combustible (46 %) mientras que en los fertilizados fue por los fertilizantes (54 %), lo que coincide con lo citado por Iermano y Sarandón (2009) para otros cultivos. Estos dos insumos además de la alta demanda energética, son derivados del petróleo, recurso no renovable que debe ser conservado tal como lo

## Resumos do VI CBA e II CLAA

señalan Pimentel y Pimentel, (2005). En el caso de la fertilización nitrogenada, sería importante buscar alternativas que aporten este nutriente con menor demanda de energía, a los efectos de tomar decisiones en el marco de una producción sustentable.

### Conclusiones

La fertilización impacta negativamente en la eficiencia energética del cultivo de lino. La alta demanda energética de los fertilizantes indica la necesidad de generar alternativas para minimizar el uso de energía no renovable y mantener la fertilidad del suelo.

### Referencias

ALTIERI, M. Agroecology. The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture Ecosystems and Environment*, n. 93, p. 1-24, 2002.

FLORES, C.C.; SARANDÓN, S.J. La energía en los agroecosistemas.. Curso de Agroecología y Agricultura sustentable, Abasto, Buenos Aires, Argentina. 2005. Material editado en CD. Capítulo 4.1: p. 1-11..

GLIESSMAN, S. A energética dos agroecosistemas. En: *Agroecología. Processos ecológicos em agricultura sustentable*. 2. ed. Río Grande do Sul: Editora da Universidade, 2001. Capítulo 18: 509-538.

IERMANO, M.J.; SARANDON, S.J. ¿Es sustentable la producción de agrocombustibles a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. *Revista Brasileira de Agroecología*, v. 4, n. 1, p. 4-17, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. 2009. *Encuesta de Siembra de Lino Campaña 2004/05*. Disponible em: <[inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion\\_vegetal/Lino](http://inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/Lino)>.

MORRIS, D.H. Linaza - Una Recopilación sobre sus Efectos en la Salud y Nutrición. *Flax Council of Canadá*. 2007. Disponible em: <[www.flaxcouncil.ca](http://www.flaxcouncil.ca)>.

PIMENTEL, D ; PIMENTEL, M. El uso de la energía en la agricultura. *LEISA Revista de Agroecología*, p. 5-7, Junio, 2005.

RATHKE, G.W.; W. DIEPENBROCK. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy*, v. 24, n. 35-44, 2006.

SARANDÓN, S.J. *La agricultura como actividad transformadora del ambiente*. El impacto de la Agricultura intensiva de la revolución Verde. En *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, 2002. Capítulo 1, p. 23-47. 2002

ZENTNER, R.P.; G.P. LAFOND; D.A. DERKSEN; C.N. NAGY; D.D. WALL; W.E. MAY. Effects of tillage method and crop rotation on non-renewable energy use efficiency for a thin Black Chernozem in the Canadian Prairies. *Soil & Tillage Research*, v. 77, p. 125-136, 2004.