



## A4-457 Estimación de la huella energética en agroecosistemas cultivados con vid y ajo en Mendoza, Argentina

Leonardo J. Santoni<sup>(1)</sup>, Verónica P. Hidalgo<sup>(1)</sup>, María Flavia Filippini<sup>(2)</sup>, Alejandro J. Gennari<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpto. de Economía, Política y Administración Rural - <sup>(2)</sup> Dpto. de ingeniería Agrícola – FCA – Universidad Nacional de Cuyo – Alte Brown 500 – Luján de Cuyo – Mendoza – Argentina. [lsantoni@fca.uncu.edu.ar](mailto:lsantoni@fca.uncu.edu.ar)

### Resumen

A nivel mundial, los cultivos de mayor importancia como maíz, trigo, soja y girasol presentan una huella energética conocida. En Mendoza, Argentina, aún no han sido estudiados los principales cultivos de importancia socio-económica para la región, como la vid (*Vitis vinifera* L.), especie perenne y el ajo (*Allium sativum* L.), especie anual, manejados en agroecosistemas convencionales. La presencia de indicadores energéticos como Eficiencia (EE), Balance (BE) y Productividad (PE), permiten obtener un valor aproximado de las ganancias o pérdidas del sistema agrícola mostrando si los productos que se obtienen son sostenibles energéticamente. Para conocer la huella energética de los mismos, se calculó la energía directa e indirecta de insumos (*input*) y de productos de cosecha (*output*). Se empleó la hectárea como unidad de medida. Los resultados energéticos del balance fueron 8538,17 MJ ha<sup>-1</sup> y 11896,68 MJ ha<sup>-1</sup>, la eficiencia de 1,24 y 1,26, y la productividad resultó 0,42 y 0,22, para vid y ajo respectivamente. Los modelos productivos analizados, preponderantes en los oasis bajo riego, caracterizados por uso de agroquímicos, fuertes labranzas y dependientes del uso del agua en forma integral, muestran la necesidad de ajustar las prácticas agronómicas empleadas, tendiendo a un manejo intensivo más sustentable.

**Palabras clave:** balance energético; cultivos bajo riego; agroecosistemas convencionales; *Allium sativum* L.; *Vitis vinifera* L.

### Abstract

Globally, the most important crops such as corn, wheat, soybean and sunflower have an energy footprint known. In Mendoza, Argentina there have been no studies on the main crops of regional economic importance, as grapevine (*Vitis vinifera* L.), perennial species and garlic (*Allium sativum* L.), annual species, managed in conventional agro-ecosystems. The presence of energy indicators as Efficiency (EE), Balance (BE) and Productivity (PE), allow to obtain an approximate value of gains or losses in the agricultural system showing if the products obtained are sustainable energetically. To know the energy footprint, direct and indirect energy inputs (*input*) and crop products (*output*) it was calculated. The unit of measurement used was the hectare. The energy results were 8538.17 MJ ha<sup>-1</sup> and 11896.68 MJ ha<sup>-1</sup>, the efficiency was 1.24 and 1.26, and productivity was 0.42 and 0.22, for grapevine and garlic respectively. The dominant productivity models in the irrigated area, characterized by use of agrochemicals, strong tillage and integrate use of irrigation, show the necessary to adjust the agronomic practices used, tending to a more sustainable intensive management.

**Key words:** energy balance; irrigated crops; conventional agroecosystems; *Allium sativum* L.; *Vitis vinifera* L.

### Introducción

Los ecosistemas naturales son considerados sistemas en los cuales ocurre un proceso de conversión donde la energía solar, a través de la fotosíntesis, es transformada en biomasa



que puede ser utilizada como alimento para los seres humanos y los animales (Denoia *et al.*, 2006). El funcionamiento de los agroecosistemas, en cambio, se basa en dos flujos energéticos: uno natural, la energía solar y otro auxiliar, controlado por el agricultor, quien recurre al uso de combustibles fundamentalmente fósiles, en forma directa o indirecta, a través del paquete tecnológico empleado en los procesos (IDEAE, 2007).

El éxito de la producción agrícola puede medirse por la cantidad de energía solar que es capturada y convertida en alimento, por unidad de área, como resultado de la manipulación de plantas, tierra, agua y otros recursos (Pimentel *et al.*, 2005). El equilibrio en el uso de la energía es necesario para el cumplimiento de los objetivos de producción, ya que su empleo deficitario limita la obtención de una producción adecuada y por otro lado, el exceso incide negativamente sobre la eficiencia, traduciéndose en efectos indeseables como el agotamiento de los recursos naturales, el calentamiento global, además de otras formas de estrés ambiental. La agricultura actual requiere de elevados aportes de energía fósil en todas las etapas de producción y ante este recurso limitado, su uso racional constituye una forma de optimizar el empleo de combustibles, plaguicidas y fertilizantes (Denoia *et al.*, 2010). Ocuparse de la energía, conduce de manera inmediata a entender la relación de la misma con el ambiente y la disponibilidad de alimentos (Martínez, 2007).

El objetivo de este trabajo fue analizar la gestión energética en cultivos de vid y ajomanejados en agroecosistemas convencionales con riego integral, en la Provincia de Mendoza, Argentina.

### Metodología

En los Oasis de Mendoza, con los modelos representativos de producción de los distintos sistemas utilizados en la agricultura convencional y en base a los itinerarios técnicos de un cultivo perenne de vid en espaldero (*Vitis vinifera* L.) y un cultivo anual de ajo colorado (*Allium sativum* L.), se determinó la huella energética. Los insumos empleados y la producción fueron calculados para un ciclo productivo y para una superficie de una hectárea. Para el cálculo de los Ingresos de energía (*input*), se consideraron todas las entradas de materia al agroecosistema como fuente de energía directa: combustibles y lubricantes, e indirecta: semillas, plaguicidas y fertilizantes, transformándolos en unidades energéticas al multiplicar las cantidades de insumos usados por sus respectivos contenidos energéticos. Se excluyó el consumo de energía en etapas anteriores como por ejemplo la fabricación de maquinaria.

Para el cálculo de los Egresos (*output*), correspondiente a la energía contenida en el producto de cosecha, se consideró el valor energético de los cultivos a partir de multiplicar el contenido de proteínas, hidratos de carbono y grasas, por el equivalente energético de cada uno. Las unidades de medida energética aportadas por diferentes autores (Sarandón *et al.*, 2014; Iermanó *et al.*, 2009; Denoia *et al.*, 2010; IDEAE, 2007; Deutsche *et al.*, 1991; Pimentel, D. 1980; Gennari, 1985), fueron convertidas en unidades equivalentes a Mega Joule (MJ).

Para conocer la energía involucrada en el sistema, se emplearon los siguientes indicadores: Eficiencia Energética (EfE), Balance Energético (BE) y Productividad Energética (PE). El balance energético expresa en valores absolutos, la energía neta ganada o perdida, procedente de la diferencia entre entradas y salidas de energía. La eficiencia energética es la relación entre la salida y la entrada de energía y expresa la energía obtenida por unidad invertida, mientras que la productividad energética está vinculada en forma directa a la

producción de materia seca en relación al ingreso de energía al sistema. La Tabla 1 muestra los indicadores utilizados en ambos cultivos (Denoia *et al.*, 2006; IDEAE, 2007).

**TABLA 1:** Variables e indicadores energéticos utilizados para vid y ajo, cultivados en zonas regadías de la Provincia de Mendoza.

Variables energéticas	
Energía directa (ED)	Gas oil, Lubricantes
Energía indirecta (EI)	Semillas, Fertilizantes, Pesticidas
Ingreso de energía (IE)	IE= ED + EI
Egreso de energía (EE)	Biomasa cosechada
Indicadores	Fórmula (unidad)
Balance Energético (BE)	BE= EE – IE (MJ)
Eficiencia Energética (Ef E)	Ef E= EE / IE
Productividad Energética(PE)	Producción / IE (kg/MJ)

### Resultados y Discusión

Para el cultivo de vid en espaldero, el ingreso total de energía al sistema fue de 35411,83 MJ ha<sup>-1</sup>, en la cual la energía directa (principalmente gas oil) fue de 8327,54MJ ha<sup>-1</sup> y la energía indirecta (fertilizantes, fungicidas y herbicidas) fue de 27084,29MJ ha<sup>-1</sup>. El egreso energético (rendimiento medio de 15000 kg ha<sup>-1</sup> y un valor energético por unidad de 2.93 MJ ha<sup>-1</sup>), resultó ser de 43950 MJ ha<sup>-1</sup>.

Para el cultivo de vid, el balance energético en la producción es positivo (8538.17MJ ha<sup>-1</sup>), lo que indica ganancia de energía en el sistema. La eficiencia energética determinó que por cada unidad de energía invertida en el sistema se producen 1,24 unidades de energía en el producto de cosecha, mientras que la productividad energética resultó que por cada unidad de energía invertida se obtienen 0,42 kg de uva (Tabla 2).

**TABLA 2:** Resultados energéticos para vid en espaldero.

Indicadores	Cálculo	Resultado
Balance Energético	43950-35411,83	<b>8538,17 MJ ha<sup>-1</sup></b>
Eficiencia Energética	43950/35411,83	<b>1,24</b>
Productividad Energética	15000/35411,83	<b>0,42</b>

Para el cultivo de ajo colorado, el ingreso total de energía fue de 46333,32MJ ha<sup>-1</sup>. La energía directa (principalmente gas oil) fue de 19072,98MJ ha<sup>-1</sup> y la energía indirecta (fertilizantes, fungicidas, herbicidas, estiércol y semillas: calculado en base al 10% de la producción de ajo por hectárea) fue de 27260,33 MJ ha<sup>-1</sup>. En el cálculo del egreso energético (rendimiento medio de 10000 kg/ha y un valor energético por unidad de 5,823 MJ), resultó ser de 58230MJ ha<sup>-1</sup>.

El balance energético en la producción de ajo colorado fue positivo (11896,68MJ ha<sup>-1</sup>), lo que indica ganancia de energía en el sistema. Con respecto a la eficiencia energética, resultó que por cada unidad de energía invertida se producen 1,26 unidades de energía en producto de cosecha, mientras que la productividad energética indica que por cada unidad de energía invertida en el sistema se obtienen 0,22 kg de ajo (Tabla 3).

**TABLA 3:** Resultados energéticos para ajo colorado.

Indicadores	Cálculo	Resultado
Balance Energético	58230-46333,32	<b>11896,68</b>
Eficiencia Energética	58230/ 46333,32	<b>1,26</b>
Productividad Energética	10000/ 46333,32	<b>0,22</b>

Según lo analizado, la energía indirecta resultó ser mayor que la directa en vid y ajo colorado, en coincidencia con resultados obtenidos por otros autores (Denoia *et al.*, 2006) en cultivos hortícolas en el país. Se observa que la energía indirecta ingresada al sistema, tiene un valor similar y aproximado de 27.000 MJ ha<sup>-1</sup>, este resultado es el reflejo de un alto uso de fertilizantes, fungicidas y herbicidas en ambas especies. En cambio, la energía directa en vid, es 56% menor respecto de la energía directa ingresada al cultivo de ajo (8327,54 MJ ha<sup>-1</sup> para vid y 19072,98 MJ ha<sup>-1</sup> para ajo), lo cual indica que, bajo las condiciones estudiadas, en el cultivo de vid se utiliza menor energía directa, principalmente gas oil.

En Mendoza, los agroecosistemas donde se cultiva ajo, se caracterizan por un intenso laboreo del suelo en diferentes etapas del cultivo, principalmente antes de la siembra, mientras que en los viñedos, en los últimos años, se están implementando prácticas como el uso de abonos verdes, aplicación de compost y labranzas mínima y cero, fundamentalmente por exigencias de los mercados.

Con respecto a los resultados energéticos positivos obtenidos en ambos cultivos, se observa que la vid presenta menor balance energético que el ajo. Las eficiencias energéticas resultaron similares en ambos casos y la productividad energética en vid fue el doble que en ajo. Según Denoia *et al.* (2010), el balance energético para los cultivos de tomate y papa, también fueron positivos e igual a 68.894 MJ ha<sup>-1</sup> y 27.958 MJ ha<sup>-1</sup> respectivamente. La mayor eficiencia energética se registró en tomate con un valor de 3,54; seguido del cultivo de papa con 2,69. Al comparar los resultados obtenidos para los cultivos de vid y ajo colorado, los valores energéticos fueron menores a los calculados por dichos autores, demostrando ser menos eficientes energéticamente. Esto demuestra que los manejos convencionales empleados en ajo y vid presentan una alta dependencia de combustibles fósiles principalmente de agroquímicos y gasoil.

Estos resultados preliminares muestran la necesidad de optimizar el uso de insumos, mejorando la eficiencia energética, a través del empleo de técnicas agroecológicas, tendiendo a un manejo más sustentable en las zonas regadías.

### Conclusiones

Los resultados preliminares obtenidos en las zonas regadías de Mendoza, indican que tanto en ajo como en vid, el ingreso de energía al sistema resultó ligeramente inferior a la energía acumulada en los productos de cosecha, generando ganancia energética.

Los modelos actuales de producción vitivinícola y ajo colorado caracterizados por alto potencial de rendimiento y agroecosistemas que emplean cantidades crecientes de insumos, muestran que el ingreso energético más importante es de fertilizantes químicos.



Se prevé ampliar el análisis de la gestión energética a otras modalidades productivas y a otros cultivos, en virtud de la importancia que tiene para la región, estos procesos de producción de alimentos, sumado a la escasa información vinculada al uso de la energía en el sector hortícola y frutícola.

### **Agradecimientos**

Trabajo subsidiado por el Programa de Creación de un sistema de información agronómica y ambiental de la agricultura bajo riego integral en Mendoza (PEA).

### **Referencias bibliográficas**

- Burba JL (2012) El ajo de Mendoza. Comunicación Personal.
- Denoia, J & S Montico (2010) Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina). Ciencia, Docencia y Tecnología. Ciencias Exactas y Naturales, AÑO XXI. N° 41: 145-157.
- Denoia J, M. Vilche, S Montico, B Tonel & N Di Leo (2006) Análisis descriptivo de la evolución de los modelos tecnológicos difundidos en el distrito Zavalla (Santa Fe) desde una perspectiva energética. Rev. Ciencia, Docencia y Tecnología., Año XVII N° 33: 209-226. Recuperado: <http://www.revistacdyt.uner.edu.ar/pdfs/CDyT%2033%20-%20Pag%20209-226%20-%20Analisis%20descriptivo%20-%20Distrito%20Zavalla%20.pdf>.
- Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München (1991). Tablas de composición de alimentos. 287pp.
- Donato L& I. Huerga (2009). Balance energético de la producción de biodiesel a partir de soja en la República Argentina. INTA Manfredi. N° 5.
- Gennari, A (1985) Balances energéticos agropecuarios y agroindustriales de Mendoza. Informe CONICET. UNCuyo-FCA, Mendoza, Argentina.100pp.
- IDEAE (Instituto para la diversificación y Ahorro de Energía) (2007) Serie Ahorro, Eficiencia Energética en la Agricultura. Madrid, N° 6: 10-11.
- Martínez E (2007) Energía + medio ambiente + alimentos: Un humilde llamado de atención. Basado en un documento electrónico difundido por el INTI dependiente de Ministerio de Economía y Producción de Argentina. Reproducido en el seminario Peripecias N° 39 Recuperado: <http://www.energiasur.com/biocombustibles/MartinezAmbienteEnerg>.
- Pimentel D (1980) Handbook of energy utilization in agriculture 15-47pp.
- Pimentel D. & M Pimentel (2005). El uso de la energía en la agricultura, una visión general. LEISA Revista de la agroecología. <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/energia-en-la-finca/el-uso-de-la-energia-en-la-agricultura-una-vision>.
- Pimentel D, G Berardi& S Fast (1990) Energy efficiencies of farming wheat, corn, and potatoes organically. En: Organic Farming: current technology and its role a sustainable agriculture. ASA. Special Publication 46. 2da edition. EEUU. Cap. 12: 151-161.
- Sarandón, S & Flores, C (2014) Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables.La energía en los Agroecosistemas. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Cap. 7: 190-209.
- Iermanó, M & Sarandón; S (2009) ¿Es sustentable la producción de agrocombustible a gran escala? El caso del biodiesel en Argentina. Revista Brasileña de Agroecología N° 4.