

Balance energético para el cultivo de la col (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.) (Original)**Energy balance for the cultivation of the cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.)****(Original)**

Jichel Figueredo Sariol. Estudiante de 4to año de la carrera de Ingeniería Agrícola. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. jfigueredos@estudiantes.udg.co.cu 

Yosvel Enrique Olivet Rodríguez. Ingeniero Agrícola. Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Profesor Titular. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

yolivetr@udg.co.cu 

Daimara Cobas Hernández. Licenciada en Lengua Inglesa con segunda Lengua Extranjera.

Profesor Auxiliar. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba. dcobash@udg.co.cu 

Alfonso Enrique Ortiz Rodríguez. Ingeniero Agrícola. Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias. Profesor Titular. Universidad de Granma. Bayamo. Granma. Cuba.

aortizr@udg.co.cu 

Recibido: 15-07-2023/Aceptado: 29-08-2023

Resumen

La investigación se desarrolló en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Antonio Maceo, ubicada en Veguitas, municipio Yara, provincia Granma. Se plantea como objetivo evaluar el balance energético para el cultivo de la col (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), teniendo en cuenta el consumo de energía de uso directo e indirecto, la energía de entrada del proceso (*Input*) y la energía de salida del cultivo (*Output*). Se tuvo como resultado un consumo de energía directa de 107 152,68 MJ ha⁻¹; la energía de uso indirecto presentó un consumo de 5 832,64 MJ ha⁻¹, el 51 % en relación con el uso de los fertilizantes. La energía total de entrada (*Input*) fue de

112 985,32 MJ ha⁻¹ y la energía de entrada (*Input*) en función del rendimiento agrícola del cultivo fue de 748,25 MJ t⁻¹; mientras que la energía saliente por concepto del cultivo (*Output*) tomó un valor de 181 200 MJ ha⁻¹, para un *Ratio* de 1,60 y un *NER* de 0,6. Los gastos directos de explotación fueron de 1 788,76CUP ha⁻¹.

Palabras clave: rendimiento agrícola; energía directa, energía indirecta; *Brassica oleracea* var. *capitata* L.

Abstract

The research was carried out at the Antonio Maceo Cooperative Basic Production Unit, located in Veguitas, Yara municipality, Granma province. The objective was to evaluate the energy balance for the cabbage crop (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), taking into account the energy consumption of direct and indirect use, the input energy of the process (*Input*) and the output energy of the crop (*Output*). The result was a direct energy consumption of 107 152.68 MJ ha⁻¹; the indirect energy consumption was 5 832.64 MJ ha⁻¹, 51% in relation to the use of fertilizers. The total input energy (*Input*) was 112 985.32 MJ ha⁻¹ and the input energy (*Input*) as a function of the agricultural yield of the crop was 748.25 MJ t⁻¹; while the output energy (*Output*) took a value of 181 200 MJ ha⁻¹, for a *Ratio* of 1.60 and a *NER* of 0.6. Direct operating costs were 1,788.76CUP ha⁻¹.

Keywords: agricultural yield; direct energy; indirect energy; *Brassica oleracea* var. *capitata* L.

Introducción

El empleo de la energía en la agricultura se incrementa debido a la demanda de alimentación de la población, así como el suministro de tierra arable y deseo de un nivel de vida creciente. Reducir al mínimo el trabajo y las prácticas intensivas, o ambos, ha conllevado a la necesidad de aplicar varias técnicas de laboreo con vista a aumentar los rendimientos agrícolas

en cantidades considerables, que satisfagan la demanda del país y de las exportaciones y, al mismo tiempo, que permitan reducir el consumo energético (Olivet & Cobas, 2013).

La demanda de energía en la agricultura ha aumentado considerablemente desde el fin de la Segunda Guerra Mundial por efecto de la creciente mecanización de los cultivos y por la introducción de variedades altamente productivas (Canakci & Akinci, 2006). En los sistemas de producción agrícola mecanizados, la labranza constituye una de las actividades que más consumo de energía requiere. Actualmente, los sistemas de labranza tradicionales presentan un consumo de combustible de 60 a 80 L ha⁻¹.

El combustible que se consume al realizar una determinada labor de cultivo depende de una serie de variables entre las que podemos destacar el tipo de suelo y su estado o condición en el momento de ser labrado, la potencia del tractor, el apero utilizado y la profundidad en que trabaja (Aliaga, 2012, citado por Olivet, 2017, p.146).

"Sin embargo, existen condiciones para mejorar este incremento de manera sostenible, pero los productores se aferran a seguir imponiendo sus tradicionales métodos de siembra, sin tener en cuenta las especificaciones agro-técnicas de los cultivos, el consumo energético y gastos económicos" (Atencio, 2011, citado por Olivet, 2017, p.146).

Las principales reservas para el ahorro de energía en la producción de alimentos se encuentran, entre otras, en las tecnologías de labranza del suelo. El requerimiento energético para las labores agrícolas suministra la base para la selección de los implementos y los sistemas de preparación periódica del suelo, ya que el consumo energético varía en función del tipo de equipo y del número de operaciones. La preparación del suelo requiere más del 70% de la demanda total de energía (Parra et al., 2017).

Debido a que la energía está presente en todo sistema de producción agrícola, se hace necesario establecer un procedimiento de análisis que permita identificar y cuantificar la energía asociada a los equipos e insumos asociados a un determinado sistema productivo, así como a los productos obtenidos. Para ello, se plantea como objetivo evaluar el balance energético para el cultivo de la col (*Brassica oleracea* var. *capitata* L.), teniendo en cuenta el consumo de energía de uso directa e indirecta, la energía de entrada del proceso (*Input*) y la energía de salida del cultivo (*Output*), en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Antonio Maceo.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en la UBPC Antonio Maceo, ubicada en Veguitas, municipio Yara, de la provincia Granma, sobre un Fluvisol (Hernández et al., 2015). Las variables de estudio fueron la energía de uso directo e indirecto, energía de salida del cultivo, eficiencia energética y los gastos directos de explotación. La superficie de trabajo fue de 6,67 ha. En la tabla 1 se muestra los conjuntos de máquinas empleados para cada una de las labores realizadas.

Tabla 1. Tractores y aperos utilizados para la preparación del suelo

Cultivo	Operación	Tractor o animal	Apero
Col	Desbroce	YUMZ- 6AM	Rail
	Rotura	HTZ-150K-09	Grada de discos 2 200 kg
	1er. Gradeo	HTZ-150K-09	Grada de discos 2 200 kg
	2do Gradeo		
	3er Gradeo	New Holland TT 4030	Grada de discos 965 kg
	Surca	YUMZ- 6AM	SA-3
	Aplicación fungicida	New Holland	Asperjadora Jacto
	Aplicación insecticida	New Holland	Asperjadora Jacto
	Aplicación fertilizantes	New Holland	Asperjadora Jacto
	Riego	Máq. Pivote Central	
	Ballama	-	

Fuente: Parra, 2009.

Metodología de cálculo para el balance energético

Para el cálculo del balance energético se utilizó el procedimiento propuesto por Bowers et al.(1992 p.32.)

1- Energía directa (E_d) incluye aquella que está asociada al consumo de combustible, y mano de obra empleada en diferentes labores:

a) Energía asociada al consumo de combustible (E_{dc}) (MJ ha^{-1})

$$E_{dc} = C_c \cdot E_{eg} \quad (1)$$

donde: C_c , es el consumo de combustible (L ha^{-1})

E_{eg} , es el equivalente energético del gasóleo (41 MJ L^{-1}) (Saunders et al., 2006, p. 31.)

Energía asociada al consumo de electricidad (E_{de}) (MJ ha^{-1})

$$E_{de} = C_e \cdot E_{ee} \quad (2)$$

donde: C_e , es el consumo de electricidad (kWh ha^{-1})

E_{ee} , equivalente energético de la electricidad ($11,93 \text{ MJ kWh}^{-1}$) (Ozkan et al., 2004)

c) Energía asociada a la mano de obra empleada (E_{dh}) (MJ ha^{-1})

$$E_{dh} = \frac{E_h \cdot n_{ob}}{C_{tob}} \quad (3)$$

donde: E_h , es el equivalente energético del trabajo humano ($1,96$) (Mandal et al., 2002, p. 338.)

n_{ob} , es la cantidad de obreros que participan en una determinada labor

C_{tob} , es la capacidad de trabajo de los obreros agrícolas (ha h^{-1})

Energía asociada a los animales utilizados en labores de tiro (E_{da}) (MJ ha^{-1})

$$E_{da} = \frac{E_a \cdot n_a}{C_{ta}} \quad (4)$$

donde: E_a , es el equivalente energético del trabajo animal ($5,05 \text{ MJ h}^{-1}$) (Ozkan et al., 2004, p. 42.)

n_a , es la cantidad de animales que participan en una determinada labor

C_{ta} , es la capacidad de trabajo de los animales (ha h^{-1})

2- Energía indirecta (E_i) es aquella que se emplea en la utilización de la maquinaria y de los factores de producción, esto es:

a) Energía de uso indirecto asociada a la utilización de la maquinaria (E_{imq}) (MJ ha^{-1})

$$E_{imq} = \frac{m_{eq}[E_f(1 + (E_r/100)) + E_t]}{V_u} \times \frac{10}{a_t \cdot v_{tr}} \quad (5)$$

donde: E_f , es el factor energético de la fabricación del equipo (87 MJ kg^{-1}) (Bowers et al., 1992, p. 32.)

E_r , es el factor energético en reparación y mantenimiento (%)

E_t , es el factor energético debido al transporte (88 MJ kg^{-1}) (Bowers et al., 1992, p. 32.)

M_{eq} , es la masa del equipo (kg)

V_u , es la vida útil del equipo (h)

a_t , es la anchura de trabajo del equipo (m)

V_{tr} , es la velocidad real de trabajo (km h^{-1})

Energía indirecta de los insumos de producción (E_{iin}) (MJ kg^{-1})

$$E_{iin} = D_s \cdot E_{ein} \quad (6)$$

donde: D_s , es la dosis de insumo (kg ha^{-1} o L ha^{-1})

E_{ein} , es el equivalente energético de los insumos (MJ kg^{-1})

Nitrógeno (N)- 47,10; Fósforo (P_2O_5)- 15,80; Potasio (K_2O)-9,28 (Gezer et al., 2003) p216;

Urea- 41,7; Bayfolan-62,5; Turisabe-154, Logos 32-150 (Pimentel, 1992, p. 16.)

3- Energía contenida en el producto obtenido

a) Energía total consumida por el cultivo por unidad de superficie (I_{ecs}) (MJ ha^{-1})

$$I_{ecs} = E_d + E_i \quad (7)$$

Energía total consumida por unidad de producto obtenido (I_{ecr}) (MJ kg^{-1})

$$I_{ecr} = \frac{I_{ecs}}{R_{ac}} \quad (8)$$

donde: R_{ac} , es el rendimiento del cultivo (kg ha^{-1})c) Energía contenida en el producto obtenido por unidad de superficie (O_{ecs}) (GJ ha^{-1})

$$O_{ecs} = R_{ac} E_{eq} \quad (9)$$

donde: R_{ac} , es el rendimiento del cultivo (kg ha^{-1}) E_{eq} , es la energía equivalente del cultivo ($1,20 \text{ MJ kg}^{-1}$) (Mihov et al., 2012, p. 322.)Relación energética del cultivo (*Ratio*) (E_{ue})

$$E_{ue} = \frac{O_{ecs}}{I_{ecs}} \quad (10)$$

e) Coeficiente de eficiencia energética del cultivo (*NER*)

$$NER = \frac{O_{ecs} - I_{ecs}}{I_{ecs}}$$

7- Emisiones de dióxido de carbono

Hoy día se prefiere expresar la energía consumida por los sistemas agrícolas en términos de cantidad de dióxido de carbono equivalente (CO_2E), en vez de hacerlo en unidades de energía, ya que ellas están directamente relacionadas con la tasa de enriquecimiento de la atmósfera con dicho gas.

a) Relación entre el dióxido de carbono asociado al producto obtenido y el asociado a los insumos (E_{CO_2})

$$E_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad (11)$$

b) Coeficiente de eficiencia de reducción de las emisiones de dióxido de carbono (NER_{CO_2})

$$NER_{CO_2} = \frac{C_{O_{ecs}} - C_{I_{ecs}}}{C_{I_{ecs}}} \quad (12)$$

$$C_{O_{ecs}} = O_{ecs} EqCO_2$$

$$C_{I_{ecs}} = I_{ecs} EqCO_2$$

donde: $EqCO_2$, es el equivalente de las emisiones de CO_2 ($73,95 \text{ kg } CO_2E \text{ GJ}^{-1}$) (Lal, 2004)

Análisis y discusión de los resultados

En la tabla 2 se encuentran los resultados obtenidos en la energía de uso directo, para un consumo total de $107\,152,68 \text{ MJ ha}^{-1}$. El mayor consumo energético correspondió a la energía asociada al combustible gasoil, $24\,805,00 \text{ MJ ha}^{-1}$, el cual representa el 23 % del consumo total. Este resultado se muestra en correspondencia con los valores de energía de uso directo estimados por Fluck (1992) y Álvarez et al. (2006), en varias situaciones de balance energético para diferentes cultivos, ya que el uso del combustible representa un alto porcentaje del costo energético total de la producción agrícola.

El uso de la energía eléctrica durante la fomentación del cultivo, también se tiene en cuenta, ya que esta genera un consumo de energía, para el caso que se estudia, en que se tiene un sistema de riego por aspersión eléctrico que obtuvo un consumo de energía de $8\,160,20 \text{ MJ ha}^{-1}$, representando el 8 % del consumo de energía total.

La energía humana es otro indicador muy importante dentro de toda actividad productiva, ya que sin la presencia del hombre no se logran los procesos productivos (Olivet et al., 2012); para el caso que se analiza, el uso de la energía humana representa un 0,15 % (163,96 MJ ha⁻¹) del total.

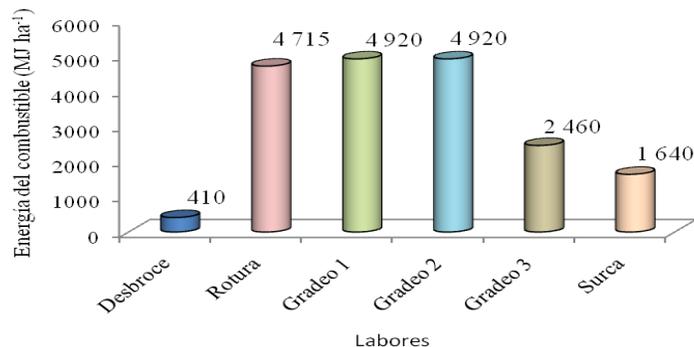
Tabla 2. Energía de uso directo asociada al cultivo de la col

Cultivo	Tipo de energía	MJ ha ⁻¹
Col	Combustible (Diesel)	24 805,00
	Electricidad	8 160,20
	Energía humana	163,96
	Energía animal	582,52
	Energía Total	107 152,68

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa dentro del consumo de energía de uso directo, el uso del combustible marca una diferencia dentro del consumo total, ya que supera en un 67 y 99 y 98 % a la energía consumida por la energía eléctrica, humana y animal, respectivamente. Todo este consumo de energía mostrado por el uso del combustible estuvo influenciado, en gran medida, por la preparación de suelo, con un consumo de 19 065,00 MJ ha⁻¹.

En la figura 1 se puede observar el comportamiento de este consumo teniendo en cuenta el consumo energético en toda las labores, en particular en las labores de cruce 1 y cruce 2, las cuales reportan el mayor consumo de 4 920,00 MJ ha⁻¹ respectivamente, seguido por la rotura con 4 715,00 MJ ha⁻¹, de igual forma que la energía humana consumida pero con valores de consumo discretos, 2,84 MJ ha⁻¹ respectivamente. Los valores de consumo de uso directo obtenidos por rotura, primer y segundo cruce, están por encima de los valores de energía obtenidos por Paneque y Soto (2007), haciendo uso de los arados de vertederas y de discos, respectivamente.

Figura 1. Energía asociada al consumo del combustible

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestra los valores de la energía de uso indirecto, mostrando un consumo total de 5 832,64 MJ ha⁻¹. De esta energía, el 51% está asociado al uso los fertilizantes, con un consumo de 2 977,43 MJ ha⁻¹, siendo 58, 68 y 79 % superior a la energía consumida por el uso de la maquinaria, urea y los pesticidas, respectivamente.

Tabla 3. Energía de uso indirecto en el cultivo de la col

Cultivo	Tipo de energía	(MJ ha ⁻¹)
Col	Maquinaria	1 256,26
	Urea	959,10
	Fertilizantes	2 977,43
	Pesticidas	639,85
	Energía total	5 832,64

Fuente: Elaboración propia.

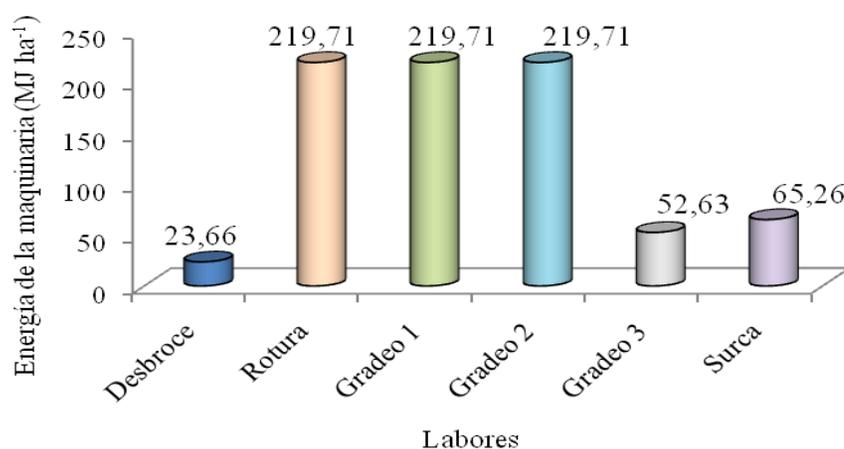
La col es un cultivo que necesita grandes cantidades de fertilizantes para lograr un buen desarrollo, debiéndose aplicar un total de 375 kg ha⁻¹; teniendo correspondencia con los criterios de Cleveland (1995) y Conforti y Giampietro (1997), quienes señalan que el empleo de fertilizantes contribuye a un elevado consumo de energía fósil en la producción agrícola; la fabricación de fertilizantes, principalmente el nitrógeno, libera casi la misma cantidad de carbono que el consumo de combustibles fósiles en labores agrícolas y, por otro lado, se tiene en cuenta

la energía invertida en su transportación (Brentrup et al., 2004).

El uso de la maquinaria mostró un consumo de energía de 1 256,26 MJ ha⁻¹, seguido del uso de la urea y pastosidad, con valores de consumo de energía de 959,10 y 639,85 MJ ha⁻¹, respectivamente.

Al analizar los valores de consumo de energía, el uso de la maquinaria se mostró con valores por detrás del uso de los fertilizantes, esto fue debido a que durante la preparación del suelo se generó un gran consumo de energía por el uso de la maquinaria. En las actividad de rotura, primer y segundo cruce (figura 2) mostraron los mayores valores de consumo energía, superando a los valores obtenidos en la actividad de desbroce, tercer cruce con grada de discos G-965 kg y la surca. En este indicador, la productividad de trabajo influyó favorablemente en los valores de consumo durante la labor de rotura, primer y segundo cruce, no siendo así para las demás, las cuales presentaron productividades bajas. El uso de la maquinaria y el consumo de combustible representan el mayor porcentaje de consumo de energía (Álvarez et al., 2006; Fluck, 1992).

Figura 2. Energía de uso indirecto



Fuente: Elaboración propia.

La energía total del proceso, producto de la suma de la energía de uso directo e indirecto, se caracteriza por la energía de entrada (*Input*); esta energía alcanza un consumo de 112 985,32 MJ ha⁻¹. Este resultado supera en un 83% a la energía *Input* alcanzada por Mihov et al. (2012) mediante el método convencional de producción del cultivo de la col, para un energía de entrada total de 19 053,78 MJ ha⁻¹. Al comparar este resultado de energía de entrada con los valores de energía alcanzados por Paneque y Soto (2007), Olivet (2017) y Parra et al. (2017), haciendo uso del arado de vertedera, arado y grada de discos, multiarado, también se muestra superior a los valores obtenidos por estos autores. Por otro lado, se pudo comprobar que la energía de entrada en función del rendimiento agrícola del cultivo alcanzó un valor de 748,25 MJ t⁻¹.

La energía que sale del cultivo (*Output*) es la multiplicación del rendimiento obtenido del cultivo por la energía específica asociada al producto. Para el cultivo de la col, esta energía estuvo en el valor de 181 200 MJ ha⁻¹, 89% superior a la energía de salida obtenida por Mihov et al. (2012) (19 288MJ ha⁻¹), para un *Ratio* de 1,6 y un *NER* de 0,6. El *Ratio* alcanzado supera en un 37 % los valores obtenidos por Mihov et al. (2012), al realizar el balance energético de algunas variedades de col.

Hoy día se prefiere expresar la energía consumida (*Input*) y la asociada al producto obtenido (*Output*) de un sistema de producción agrícola en términos de unidades de dióxido de carbono equivalente (kg CO₂E). La sostenibilidad de un sistema de producción agrícola se puede evaluar de dos formas: a) en función de la relación entre el CO₂E asociado al producto obtenido y el CO₂E asociado a los insumos (*Input*); y b) en función del coeficiente de energía neta asociada al producto obtenido, esto es, (CO₂E del producto-CO₂E de los insumos), (CO₂E de los insumos). Estos resultados son análogos a los obtenidos en unidades de energía, ya que estas

últimas se transforman en las anteriores multiplicándolas por una constante, 73.95 kg CO₂E GJ⁻¹ (Lal, 2004).

La emisión del CO₂ tomó un valor de 0,6, considerada abundante, ya que durante la preparación del suelo se consume gran cantidad de combustible, también el empleo de los fertilizantes y los pesticidas, para los cuales se tiene en cuenta la energía empleada en su fabricación y transportación.

Al analizar los gastos de energía de uso directo e indirecto, se puede afirmar que los mayores gastos de energía corresponden al consumo de combustible, estos gastos se producen en las labores de preparación de suelo con un consumo de 240 L ha⁻¹ de combustible, a esto se suma el combustible utilizado para el transporte de la col luego de ser cosechada, la energía eléctrica durante los riegos efectuados, así como el gasto del personal que interviene en cada actividad para un gasto total de 1 788,76 CUP ha⁻¹.

Conclusiones

1. La producción del cultivo de la col proporcionó un consumo de energía directa de 107 152,68 MJ ha⁻¹ y de energía indirecta de 5 832,64 MJ ha⁻¹.
2. La energía total de entrada (*Input*) fue de 112 985,32 MJ ha⁻¹ y la energía de entrada (*Input*) en función del rendimiento agrícola del cultivo fue de 748,25 MJ t⁻¹.
3. La energía obtenida por concepto del cultivo (*Output*) tomó un valor de 181 200 MJ ha⁻¹, para un *Ratio* de 1,60 y un *NER* de 0,6, con un costo económico de 1 788,76 CUP ha⁻¹.

Referencias bibliográficas

Álvarez, R. L., Paneque, R. P., Álvarez, O. & Brizuela, S. M. (2006). Costo energético de las operaciones de siembra más comunes en Cuba. *IIMA. MINAG. Cuba*.

<http://hdl.handle.net/123456789/72>

- Bowers, K. T., Keller, J. C., Randolph, B. A., Wick, D. G. & Michaels, C. M. (1992). Optimization of surface micromorphology for enhanced osteoblast responses in vitro. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 7(3).
<https://web.s.ebscohost.com/abstract?site=ehost&scope=site&jrnl=08822786&AN>
- Brentrup, F., Küsters, J., Lammel, J., Barraclough, P. & Kuhlmann, H. (2004). Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. *European Journal of Agronomy*, 20(3), 265-279. doi.10.1016/S1161-0301(03)00039-X
- Canakci, M. & Akinci, I. (2006). Energy use pattern analyses of greenhouse vegetable production. *Energy*, 31(8), 1243-1256.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544205001398>
- Cleveland, C. J. (1995). Resource degradation, technical change, and the productivity of energy use in US agriculture. *Ecological Economics*, 13(3), 185-201. doi.10.1016/0921-8009(95)00005-T
- Conforti, P. & Giampietro, M. (1997). Fossil energy use in agriculture: an international comparison. *Agriculture, ecosystems & environment*, 65(3), 231-243. doi.10.1016/S0167-8809(97)00048-0
- Fluck, R. C. (1992). Energy Analysis of Agricultural Systems. *Energy in World Agriculture*, 6, 45-52.
<https://doi.org/https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WligrB8OREcC&oi=fnd&pg=PA87&dq=Fluck+%2B+1992&ots=tln6OxgWmm&sig=oGsOrSQkM5MJmmMNSOJ8g4u>

- Gezer, I., Acaroglu, M. & Haciseferogullari, H. (2003). Use of energy and labour in apricot agriculture in Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 24, 215-219, 215-219.
doi.10.1016/S0961-9534(02)00116-2
- Hernández, A., Pérez, J. C., N. & Bosch, D. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba* (INCA ed.). <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n1/1819-4087-ctr-40-01-e15.pdf>
- Lal, R. (2004). Carbon emission from farm operations. *Environment international*, 30(7), 981-990. doi.10.1016/j.envint.2004.03.005
- Mandal, K. G., Saha, K. P., Ghosh, P. K., Hati, K. M. & Bandyopadhyay, K. K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Bioenergy*, 23(5), 337-345.
https://www.academia.edu/65982322/Bioenergy_and_economic_analysis_of_soybean_based_crop_production_systems_in_central_India
- Mihov, M., Antonova, G., Masheva, S. & Yankova, V. (2012). Energy assessment of conventional and organic production of head cabbage. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18(3), 320-324. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123371884>
- Olivet, Y. E. (2017). Balance energético de la preparación del suelo para el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *REDEL. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 1(3), 144-145.
<https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/420>
- Olivet, Y. E. & Cobas, D. (2013). Balance energético de dos aperos de labranza en un *Fluvisol* para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* Lam). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria*, 22(2), 21-25. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n2/rcta04213.pdf>

- Olivet, Y. E., Sanchez-Girón, V. & Gaskin, B. G. (2012). Efecto de tres sistemas de labranza en las propiedades físicas y en el consumo energético para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) en un *Vertisol*. <https://repositorio.udg.co.cu/handle/CRAI-UDG/379>
- Ozkan, B., Akcaoz, H. & Fert, C. (2004). Energy input–output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29, 39-51. doi.10.1016/S0960-1481(03)00135-6
- Paneque, P. & Soto, L. D. (2007). Costo energético de las labores de preparación de suelos en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 6(4), 17-21.
<https://www.redalyc.org/pdf/932/93216405.pdf>
- Parra, L. R. (2009). *Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un Fluvisol y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos* [tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]
- Parra, L. R., Hernanz, J. L. & Sánchez-Girón, V. (2017). Influencia de cuatro sistemas de laboreo en las propiedades físicas de un *Fluvisol* y en el balance energético en cultivos de raíces y tubérculos. *Revista Universidad & Ciencia*, 6(1), 65-81.
<https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/download/438/1074>
- Pimentel, D. (1992). Energy Inputs in Production Agriculture. *Energy in World Agriculture*, 6, 13-29. doi.10.1016/0167-8809(92)90146-3
- Saunders, C., Barber, A. & Taylor, G. (2006). Food Miles Comparative Energy/Emissions Performance of New Zealands Agriculture Industry. Lincoln University, Research Report No. 285. <https://www.semanticscholar.org/paper/Food-miles-comparative-energy-%2F-emissions-of-New-Saunders-Barber/f577aa8c0f4244208534664105334fdace42d12e>