

# COMPARACIÓN DEL COSTO ENERGÉTICO DE DOS MANEJOS DEL SUELO PARA ALBAHACA

## Comparison of the Energetic Cost of Two Management of Soil for Basil

Ruiz-Espinoza, F. H.<sup>1‡</sup>, Vázquez-Vázquez, C.<sup>2†</sup>, García-Hernández, J. L.<sup>3</sup>, Salazar-Sosa, E.<sup>2</sup>, Orona-Castillo, I.<sup>2</sup>, Zúñiga-Tarango, R.<sup>2</sup>, Murillo-Amador, B.<sup>3</sup>, Jerez-Mompies, E.<sup>4</sup> y Beltrán-Morales, F. A.<sup>1</sup>

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar el costo y el retorno económico de dos sistemas de labranza del suelo en un cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.): manejo agroecológico (labranza reducida) y labranza convencional, con la hipótesis de que la labranza reducida disminuye el uso de energía y aumenta la tasa de retorno económico. El trabajo fue desarrollado en el campo agrícola del Departamento de Agronomía de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. El costo energético de la labranza reducida (manejo agroecológico) fue 33% menor que el costo de la labranza convencional, con un ahorro equivalente a 644 MJ ha<sup>-1</sup> (11 L de diesel ha<sup>-1</sup>). El costo de producción con labranza convencional fue solo un 4.8% superior; sin embargo, con labranza reducida se obtuvieron mayores rendimientos (11 Mg ha<sup>-1</sup>) y las ganancias fueron 45% mayores. El presente estudio sugiere que los insumos de energía pueden disminuir con sistemas de labranza reducida; también, el rendimiento y ganancias económicas fueron superiores con el sistema agroecológico de labranza reducida evaluado.

**Palabras clave:** combustible, sistema agroecológico, sistema convencional.

### SUMMARY

The objective of this study was to determine the energy costs and economic returns of agroecological (reduced) tillage and conventional tillage systems used for basil (*Ocimum basilicum* L.), hypothesizing that reduced tillage would incur lower energy costs, resulting in increased economic returns. The experimental field study was conducted at the Agronomy Department of the Autonomous University of Baja California Sur. The energy cost of reduced tillage system was 33% lower than the cost of conventional tillage, with savings equivalent to 644 MJ ha<sup>-1</sup> (11 L diesel ha<sup>-1</sup>). Production cost with conventional management was only 4.8% higher; however, reduced tillage system showed higher yields (11 Mg ha<sup>-1</sup>) and profits were 45% higher. This study suggests that energy inputs may decrease with reduced tillage systems; also, yield and economic returns were higher with the agroecological reduced tillage system evaluated.

**Index words:** fuel, agroecological tillage system, conventional tillage.

### INTRODUCCIÓN

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.), conocida también como albacar y ahbenga, es una especie aromática, producida principalmente por España, Italia, Francia, Egipto y México, además de Canadá, Hungría y Alemania. No existe información confiable que refleje volúmenes de producción o datos de balanza comercial. Esta especie es al parecer originaria de la India, naturalizada en África y adaptada extensamente a los países mediterráneos (Garibaldi *et al.*, 1997; Adigüzel *et al.*, 2005).

En México, la albahaca no se cultiva comercialmente, toda vez que su explotación es de traspatio; su aprovechamiento se presenta en climas cálido, semicálido, seco, semiseco y templado.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Baja California Sur. Km 5.5 Carretera al Sur. Apartado Postal 19-B, 23080 La Paz, Baja California Sur, México.

<sup>‡</sup> Autor responsable (frui@uabcs.mx)

<sup>2</sup> Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. 35110 Venecia, Gómez Palacio, Durango.

<sup>†</sup> Autor para correspondencia (cirvaz60@hotmail.com)

<sup>3</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. Apartado Postal 128, 23090 Baja California Sur, México.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

Esta especie, entre otras, es de suma importancia debido a que se utiliza como planta medicinal. La demanda de albahaca orgánica se ha incrementado, porque se considera que sus propiedades medicinales aumentan sus efectos benéficos al cultivarse bajo el esquema de producción orgánica (Fenech *et al.*, 2008).

La producción de albahaca orgánica es la actividad económica más rentable en la rama agrícola de Baja California Sur (BCS). La albahaca orgánica de este estado se comercializa en los Estados Unidos de América y en otros países donde prevalece la cultura de la producción y consumo de alimentos y otros productos derivados de cultivos orgánicos. A la albahaca se le reconoce por contener un número de compuestos orgánicos únicos en sus hojas que favorecen la salud humana (Juliani y Simon, 2002).

Por otra parte, la producción agrícola en los últimos años se ha incrementado debido a la evolución que la agricultura manifiesta, gracias a la integración de los desarrollos tecnológicos en los procesos agrícolas. La utilización de máquinas, equipos modernos y eficientes representa un factor importante en la agricultura ya que generan un aumento en el rendimiento, pero se olvida la sustentabilidad ecológica de los cultivos.

Si se toman en cuenta los daños ambientales, los cuales no son incluidos por la competitividad global (Daly, 2000) y los enormes costos energéticos que hay que emplear en los tipos de agricultura extensiva convencional, es posible poner en tela de juicio su sostenibilidad y por tanto su permanencia futura. La política de sembrar el petróleo, promovida con las ideas de la Revolución Verde o por economistas como Ahmad *et al.* (1989), transformada en tractores, maquinaria agrícola, canales, represas, sistemas de irrigación, fertilizantes, pesticidas y transporte a grandes distancias, muestra ser menos sostenible.

La mecanización de la agricultura ha dado lugar al aumento de las superficies cultivables, contribuyendo al incremento de los rendimientos. La mayoría de los agricultores de los países en desarrollo gastan más anualmente en la adquisición de insumos de energía (por ejemplo, combustibles) para la producción agrícola, que en la compra de fertilizantes, semillas o productos agroquímicos (Dros, 2004).

Durante el siglo pasado, los sistemas de producción agrícola han evolucionado rápidamente, con un importante aumento del rendimiento. Pero, desafortunadamente, con frecuencia han causado efectos

ambientales secundarios indeseados. A menudo se ha hecho hincapié en aspectos como la degradación y erosión de los suelos, la contaminación provocada por los fertilizantes químicos y la pérdida de la diversidad biológica. Además, no sólo se consideraba que ciertos sistemas de producción agrícola no eran ambientalmente sostenibles, sino que en ciertos lugares tampoco lo eran desde el punto de vista económico. Preocupa asimismo reconocer que en ciertos casos, la mecanización se refería exclusivamente al trabajo realizado por los hombres. No había una mecanización de las labores realizadas tradicionalmente por las mujeres, aún cuando su carga era mayor a medida que aumentaban las superficies cultivadas y los rendimientos (Daly, 2000).

La evaluación energética es un proceso de análisis que consiste en la identificación y medición de las cantidades de energía secuestrada, asociada a los productos y equipos que intervienen en la producción de un determinado bien. Los procesos estudian las energías asociadas a los mismos que son requeridas para conseguir un producto final. Cada uno de ellos presenta una serie de exigencias, siendo la energía total la suma de los parciales de cada proceso (Paneque-Rendón *et al.*, 2002a).

Los tractores y máquinas agrícolas tienen un alto costo de adquisición y operación en términos monetarios y energéticos. Varias investigaciones han concluido que el costo energético por concepto de combustible y máquinas representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (FAO, 1990; Fluck, 1992). Fluck y Baird (1980) calcularon que un tractor del tipo 75 HP tiene un costo energético aproximado de 1060 MJ h<sup>-1</sup>, del cual 77% corresponde a combustible.

El impacto negativo sobre la salud de miles de campesinos, agricultores y ciudadanos en todo el mundo, demuestran cabalmente que los costos de la intensificación de la agricultura superan ampliamente los beneficios en comparación con la productividad alcanzada, por lo que es posible el cuestionamiento acerca de lo que hubiera sucedido, si los enormes montos aplicados al impulso de la Revolución Verde se hubieran invertido en un proceso de producción agroecológica basado en una agricultura familiar, con sistemas de comercialización más justos y eficientes (Altieri y Nicholls *et al.*, 2000).

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue el análisis y comparación del costo

energético de las principales operaciones agrícolas en la producción de albahaca en dos manejos del suelo: el agroecológico y el convencional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), en el municipio de La Paz. La localidad se sitúa en las coordenadas 24° 10' N y 110° 19' W, al sur del estado. La fase experimental se desarrolló durante tres años (2002 – 2004), como parte de un proyecto integral relacionado con la producción de albahaca orgánica certificada.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1981) para el país, la ciudad de La Paz, por sus condiciones de temperatura y precipitación, presenta un clima BW (h') h w (e), esto es, seco desértico y cálido. La temperatura promedio anual es de 29.6 °C, siendo el promedio de temperaturas máximas de 36.0 °C y el promedio de mínimas de 18.1 °C; los valores máximos ocurren en el mes de julio y los mínimos en el mes de enero. En promedio recibe una precipitación total anual de 184.8 mm. La evaporación potencial excede ampliamente la precipitación, resultando un déficit de agua de alrededor de 2472 mm anuales (INEGI, 2006) y una humedad relativa promedio de 62% mensual, mientras que la insolación diaria promedio es de 12 horas.

Los estudios se realizaron en un agroecosistema establecido en un suelo Yermósol Háplico, según la clasificación de suelos FAO (2000). Este suelo está sustentado sobre rocas del tipo areniscas y graníticas, buen drenaje, con textura migajón arenosa, ligeros y profundos (hasta 120 cm), de colores claros, sin horizontes definidos, baja capacidad de retención de humedad, estructura granular porosa, baja capacidad de intercambio catiónico, alto contenido de calcio, muy bajo contenido de materia orgánica (0.22%), baja fertilidad, nivel muy bajo de nitrógeno (0.007 - 0.034%) analizado mediante la técnica de Kjendahl (Bremner y Mulvaney, 1982), nivel mediano de fósforo (3 - 3.8 mg kg<sup>-1</sup>), que se determinó mediante la técnica de Olsen (Olsen y Sommers, 1982) y nivel bajo de potasio (30 - 85 mg kg<sup>-1</sup>). En cuanto a la salinidad, estos suelos presentan una conductividad eléctrica (CE) de 2.5 dS m<sup>-1</sup> a 25 °C.

El estudio consistió en determinar el efecto de la aplicación de dos tecnologías en la preparación del suelo,

necesaria para la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), para lo cual se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, durante tres años. La dimensión de la parcela experimental fue de 20 m, con nueve unidades experimentales y una superficie total de 1080 m<sup>2</sup>. Las dos tecnologías evaluadas fueron T1: manejo convencional, consistente en un paso de arado y dos de rastra excéntrica y T2: manejo agroecológico, consistente en dos pasos de rastra solamente y la incorporación de abono verde antes de la plantación del cultivo principal. En ambos casos se realizó la labor de nivelado del suelo y el surcado del mismo para la plantación.

El abono verde empleado fue el frijol Dolichos (*Lablab purpureos* L.), el cual se evaluó desde el punto de vista de su utilidad práctica como sustituto de fertilizantes químicos nitrogenados y como fuente de aporte de materia orgánica al suelo. Para ello se adoptó el criterio seguido por Muzilli *et al.* (1980); Amado y Wildner (1991); Bulisani y Roston (1993); Wildner y Massignam (1994) y FAO (2000), que definen las especies aptas para estos fines. Para el cálculo de masa verde, se tomó al azar un metro cuadrado en el caso del tratamiento agroecológico, en cada una de las repeticiones y posteriormente se determinó el peso fresco. Finalmente se estimó el peso obtenido por ha, procediendo al secado de la muestra en estufa para calcular el porcentaje de materia seca. Se consideró un costo de mano de obra de \$50.00 h<sup>-1</sup>, y de \$6.66 por L de diesel.

La maquinaria e implementos utilizados fueron un tractor agrícola de 4 cilindros y 84 HP (masa de 2630 kg), un arado reversible de 3 discos con un ancho de trabajo de 1.10 m (masa de 579 kg), una rastra de jalón hidráulica de 20 discos con un ancho de trabajo de 2.10 m (masa de 640 kg), una niveladora con un ancho de trabajo 2.45 m (masa de 250 kg) y un surquero de tres ganchos con vertederas (masa de 150 kg).

Para el cálculo del costo energético se utilizó el método propuesto por Bridges y Smith (1979), descrito por Hetz y Barrios (1997a) y apoyado con anterioridad por ASAE (1993), Doering (1980), Fluck (1992) y Stout (1990). Dicho método determina el costo energético en MJ h<sup>-1</sup>, adicionando la energía secuestrada en los materiales de construcción, incluyendo la fabricación y transporte, combustible, lubricantes, filtros, reparaciones, mantenimiento y la mano de obra necesaria para operar los equipos.

En primer término se estableció la potencia necesaria para lograr una adecuada correspondencia con el tamaño de la máquina empleada, aplicando la fórmula:

$$P_{(atf)} = \frac{F * A * V}{3,6 * f}$$

Donde:

$P_{(atf)}$  = potencia equivalente al árbol de toma de fuerza, kW;

F = fuerza por unidad de ancho de trabajo, kN m<sup>-1</sup>;

A = ancho de trabajo, m;

f = factor dependiente de la superficie de rodado.

0.625 para suelo firme, no disturbado, como pradera o rastrojo de cereales.

0.550 para suelo trabajado a la forma de cama de siembra listo para ser sembrado.

0.475 para suelo suelto trabajado recientemente con arado de vertederas o disco.

Los costos energéticos totales horarios se calcularon según la expresión:

$$CET_h = ES + EC + ELF + EMR + EMO$$

Donde:

$CET_h$  = costos energéticos totales horarios de la operación agrícola mecanizada, MJ h<sup>-1</sup>

ES = energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte, MJ h<sup>-1</sup>

EC = energía correspondiente al combustible utilizado, MJ h<sup>-1</sup>

ELF = energía correspondiente a los lubricantes y filtros, MJ h<sup>-1</sup>

EMR = energía correspondiente al mantenimiento y reparación, MJ h<sup>-1</sup>

EMO = energía correspondiente a mano de obra, MJ h<sup>-1</sup>

La energía secuestrada en los materiales, fabricación y transporte se calculó usando la expresión siguiente:

$$E = \frac{P * EU}{VU}$$

Donde:

E = energía secuestrada, MJ h<sup>-1</sup>

P = masa del equipo, kg

EU = energía por unidad de masa, MJ kg<sup>-1</sup>

VU = vida útil del equipo, h.

El valor de P se obtuvo del manual del equipo entregado por el fabricante.

La energía correspondiente al combustible utilizado se calculó con el estándar propuesto por ASAE (1993), según la ecuación siguiente:

$$EC = CE * P_{(atf)} * NC * E_E$$

Donde:

EC = energía correspondiente al combustible, MJ h<sup>-1</sup>

$C_{esp}$  = consumo específico de combustible, L kW<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>

$P_{(atf)}$  = potencia al eje toma de fuerza, kW

NC = nivel de carga del motor

0.1 a 0.4 faenas livianas

0.4 a 0.7 faenas moderadas

0.7 a 1.0 faenas pesadas

$E_E$  = energía específica del combustible, MJ L<sup>-1</sup>

La energía correspondiente a lubricantes por filtros y reparaciones por mantenimientos se calculó según lo propuesto por Fluck (1985), estimándose en 5 % de la energía del combustible; la energía adjudicada a materiales por fabricación se calculó en 129 % de la energía secuestrada (Paneque-Rendón *et al.*, 2005a). El costo energético de la mano de obra se determinó según el método propuesto por Fluck (1981).

Los costos energéticos expresados en MJ h<sup>-1</sup> fueron transformados en MJ ha<sup>-1</sup> utilizando la 'Capacidad Efectiva' de trabajo de las máquinas, según la ecuación siguiente:

$$W = \frac{A * V * \tau}{10}$$

Donde:

W = productividad de la máquina, ha h<sup>-1</sup>

A = ancho de trabajo, m

V = velocidad de trabajo, km h<sup>-1</sup>

$\tau$  = coeficiente de aprovechamiento del tiempo de turno del operador.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El costo de las labores realizadas, combustible consumido en L ha<sup>-1</sup> y costo del mismo, así como el tiempo de mano de obra, son notablemente más bajos en el manejo agroecológico que en el convencional. Se contabilizó una diferencia de \$519.77. El menor costo

total del manejo agroecológico, es debido a la disminución de la aradura del suelo (Cuadro 1). Los resultados concuerdan con lo establecido por Collins et al. (1981), Frisby y Summers (1979), Hetz (1988), Reid (1978) y Summers et al. (1986). Dichos autores señalan que la diferencia se origina principalmente en la cantidad de suelo removido y el roce que se produce con cada uno de los implementos de labranza.

En el manejo agroecológico se realizó una operación menos (aradura con disco) en comparación con convencional, lo cual significó un 47% de ahorro de combustible, 44% de ahorro en los costos totales y 40% de ahorro en tiempo de trabajo.

Los resultados del costo energético de la siembra se aprecian en el Cuadro 2. Los costos energéticos totales del manejo convencional fueron mayores. El manejo agroecológico ocasiona un gasto energético total de 1950.54 MJ ha<sup>-1</sup>, que corresponde a sólo 67% del costo del manejo convencional. Se ahorran 10.94 L de combustible diesel por cada ha trabajada.

Los costos energéticos de la labranza secundaria (pasos de rastra y labores similares) presentados en el Cuadro 2 son notablemente menores que los de la labranza primaria (pasos de arado), los costos energéticos de nivelación representan 281.43 MJ ha<sup>-1</sup>, en tanto que el surcado de suelos ocasiona un costo de 340.85 MJ ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Hetz (1988), Stout (1990) y ASAE (1993).

En el mismo Cuadro 2 se muestra que en lo relativo al costo energético de la siembra, con base a jornada hombre de 8 h (18.2 MJ; Fluck, 1981), la siembra requiere de una jornada de trasplante del cultivo de albahaca, costo energético relativamente bajo (91 MJ ha<sup>-1</sup>), lo que equivale solamente al costo energético del 4.66% del total. En las labores culturales (riegos, deshierbes y fertilización) existieron diferencias de costos energéticos, debido a que el sistema convencional requiere mano

de obra para la fertilización. El costo energético en el sistema convencional resultó de 291.20 MJ ha<sup>-1</sup>, mientras que en el sistema agroecológico fue de 200.20 MJ ha<sup>-1</sup>, con una diferencia de 91 MJ ha<sup>-1</sup>. Lo anterior implica que la energía utilizada por el hombre es menor que la energía utilizada por la mecanización.

De acuerdo con los resultados obtenidos, los mayores costos energéticos corresponden a la labor de paso de arado, lo cual coincide con los resultados señalados por Paneque et al. (2005) y a los reportados por Paneque y Soto (2007).

Hetz y Barrios (1997b) indicaron que los costos por área trabajada muestran fluctuaciones que dependen en una medida importante de la profundidad de trabajo y del tipo de suelo y que los gastos energéticos causados por las labranzas secundarias son por lo común menores que en la labranza primaria. Sin embargo, en el caso del paso de rastra, los resultados indican ser el doble de lo señalado por la anterior referencia, dado que se realizaron dos labores de este tipo, aunque aun así los costos energéticos no sobrepasaron el valor de la primera labor.

Se determinaron asimismo los costos totales de producción (Cuadro 3), éste fue mayor en el tratamiento de manejo convencional, el cual utilizó un paso de arado de discos y dos pasos de rastra, además de la aplicación de fertilización mineral, alcanzando un valor de \$153 203. 64 ha<sup>-1</sup>. El costo del manejo agroecológico ascendió a \$145 979.00 ha<sup>-1</sup>. La diferencia se debió principalmente al costo generado por el uso de mayor mecanización y por el fertilizante mineral. En el sistema agroecológico se obtuvo una mayor utilidad; \$578 910.14 ha<sup>-1</sup>; comparada con los \$316 006.36 ha<sup>-1</sup> obtenidos en el sistema convencional. La ganancia del sistema agroecológico superó en 45.42% a la del sistema convencional debido al mayor costo de producción y menor rendimiento de éste.

**Cuadro 1. Labores realizadas en la preparación convencional y de manejo agroecológico del suelo, consumo y costo de combustible, tiempo de trabajo y costo de la mano de obra.**

Labor	Manejo convencional				Manejo agroecológico			
	Combustible		Mano de obra		Combustible		Mano de obra	
	L ha <sup>-1</sup>	Costo (\$)	Tiempo (h ha <sup>-1</sup> )	Costo (\$)	L ha <sup>-1</sup>	Costo (\$)	Tiempo (h ha <sup>-1</sup> )	Costo (\$)
Aradura	48	319.70	4	200.00	-	-	-	-
Rastreo	36	239.70	4	200.00	36	239.70	4	200.00
Nivelado	9	59.90	1	50.00	9	59.90	1	50.00
Surcado	9	59.90	1	50.00	9	59.90	1	50.00
Total	102	679.20	10	500.00	54	359.50	6	300.00

**Cuadro 2. Costo energético total generado por operaciones agrícolas realizadas en preparación convencional y agroecológico del suelo.**

Operaciones	Manejo convencional	Manejo agroecológico
	- - - - - MJ ha <sup>-1</sup> - - - - -	
Aradura con discos	522.87	----
Pase de rastra	229.19	229.19
Nivelación	281.43	281.43
Surcado	340.85	340.85
Siembra	91.00	91.00
Labores culturales	291.20	200.20
Cosecha	164.00	164.00
Total	1950.54	1306.67
Porcentaje del total	100	66.99

**Cuadro 3. Efecto económico de la producción de albahaca para manejo convencional y agroecológico de preparación de suelo.**

Indicadores	Manejo agroecológico	Manejo convencional
Costo de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	145 979 00	153 203 64
Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	637 630 00	469 210 00
Ganancia (\$ ha <sup>-1</sup> )	578 910 14	316 006 36
Tasa interna de retorno (TIR, %)	87.79	20.61
Costo / Beneficio (%)	43.68	29.71
Rendimiento (Mg ha <sup>-1</sup> )	10.628	6.70

Los dos manejos fueron rentables, aunque lo fue más el manejo agroecológico alcanzando una tasa interna de retorno (TIR) de casi 87.79% en contraste con una de 20.61% del manejo convencional.

Beltrán-Morales *et al.* (2003), mencionan que el Banco Mundial considera rentables las inversiones cuando la TIR supera el 12%.

Lo anterior indica que el uso del abono verde con relación a la aplicación de fertilizantes sintéticos es más económico, además de los beneficios ambientales y edáficos que genera su uso.

Los resultados muestran una tendencia similar a la TIR señalada para el cultivo de albahaca (95%) que se produce en Colombia (SAGARPA, 2004). Al tomar en cuenta la superficie que se destina a la siembra de albahaca en Baja California Sur, la tecnología propuesta puede ayudar a los productores a mejorar los rendimientos del cultivo, y agrandar el beneficio

ambiental y edáfico que genera el uso de abonos verdes y la disminución del paso de maquinaria.

## CONCLUSIONES

- La tecnología de preparación del suelo a través del manejo agroecológico empleado significó un ahorro de mano de obra al invertir menos tiempo (4 h) de empleo de maquinaria, un incremento en la eficiencia del empleo de la misma y un menor gasto energético total, que representó un 33% de reducción respecto al manejo convencional, ahorrando 52 287 MJ ha<sup>-1</sup> por lo que es factible ahorrar 10.94 L de diesel ha<sup>-1</sup>.
- El empleo de un manejo agroecológico en la preparación del suelo en las condiciones de aridez de Baja California Sur permitió alcanzar mejores resultados en la producción de la albahaca, de tal modo que la rentabilidad económica fue de 87.79%, y el incremento en la utilidad fue de 43.68%, por arriba de la obtenida en el manejo convencional.

## LITERATURA CITADA

- Adigüzel, A., M. Güllüce, M. Sengül, H. Ödütçü, F. Pahin, and Ý. Karaman. 2005. Antimicrobial effects of *Ocimum basilicum* (Labiatae) extract. *Turk J. Biol.* 29: 155-160.
- Ahmad, Y. J., E. Lutz, and S. E. Serafy. 1989. Environmental accounting for sustainable development. The World Bank, publications. Washington, DC, USA.
- Altieri, M. y C. I. Nicholls. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie textos básicos para la formación ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. México. D. F.
- Amado, T. & L. Wildner. 1991. Adubação verde. pp. 105-117. *In:* Manual de uso, manejo e conservação do solo e da água. Santa Catarina. Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento. Florianópolis, Brasil.
- ASAE (American Society of Agricultural Engineers). 1993. Agricultural engineers yearbook. *Arg. Mach. Mgt. Data:* EP 391 and D230.3. St. Joseph, MI, USA.
- Beltrán-Morales, L. F., F. García-Rodríguez, J. Borges-Contreras, G. Sánchez-Mota, and A. Ortega-Rubio. 2003. Environmental and socioeconomic multivariate analysis of the primary economic sector of Mexico. *Sust. Dev.* 11: 77-83.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. pp 595-624. *In:* A. L. Page, R. H. Miller, Keeney D. R. (eds.). *Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties.* Agronomy Series no. 9. ASA, SSSA. Madison, WI, USA.
- Bridges, T. C. and E. M. Smith. 1979. A method for determining the total energy input for agricultural practices. *Trans. ASAE* 22: 781-784.
- Bulisani, E. & A. Roston. 1993. Leguminosas: adubação, verde e rotação de culturas. pp. 21-25. *In:* Curso sobre adubação o verde no Instituto Agronômico. Campinas, SP, Brazil.

- Collins, N. E., T. H. Williams, and L. J. Kemble. 1981. Measured machine energy requirements for grain production systems. *ASAE Publ.* 4-81: 407-411.
- Daly, H. 2000. When smart people make dumb mistakes. *Ecol. Econ.* 34: 1-3.
- Doering, O. 1980. Accounting for energy in farm machinery and buildings. pp. 9-14. *In: Pimentel D. (ed.). Handbook of energy utilization in agriculture.* CRC Press. Boca Ratón, FL, USA.
- Dros, J. M. 2004. Managing the soy boom: Two scenarios of soy production expansion in South America. *AID Environment.* Amsterdam, The Netherlands.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1990. Energy consumption and input output relation in field operations. CNRE study No.3. Rome, Italy.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2000. Abonos verdes. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. *Boletín de tierras y aguas* N°8. [www.fao.org/og/ogs/agse](http://www.fao.org/og/ogs/agse). (Consulta: junio 18, 2009).
- Fenech-Larios, L., F. H. Ruiz-Espinoza, J. L. García-Hernández, B. Murillo-Amador, H. A. González-Ocampo, F. A. Beltrán-Morales, and H. Fraga-Palomino. 2008. Analysis of agronomic variables of *Ocimum basilicum* L. under alternative tillage systems and standard organic practices. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 8: 157-163.
- Fluck, R. and D. Baird. 1980. *Agricultural energetic.* Avi Pub. Co. Westport, CT, USA.
- Fluck, R. 1981. Net energy sequestered in agricultural labor. *Trans. ASAE* 24: 1449-1455.
- Fluck, R. 1985. Energy sequestered in repairs and maintenance of agricultural machinery. *Trans. ASAE* 28: 738-744.
- Fluck, R. 1992. Energy for farm production. *Energy for world agriculture* vol. 6. Elsevier. New York, NY, USA.
- Frisby, J. and J. Summers. 1979. Energy related data for selected implements. *Trans. ASAE* 22: 1010-1011.
- García, E., 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Garibaldi, A., M. L. Gullino, and G. Minuto. 1997. Diseases of basil and their management. *Plant Dis.* 81: 124-132.
- Hetz, E. 1988. Demanda energética de algunas herramientas y sistemas de labranza. *IICA/BID Diálogo PROCISUR XXIV:* 95-116.
- Hetz, E. J. y A. Barrios. 1997a. Costo energético de las operaciones agrícolas mecanizadas más comunes en Chile. *Agro Sur* 25: 146-161.
- Hetz, E. J. y A. Barrios. 1997b. Reducción del costo energético de labranza /siembra utilizando sistemas conservacionista en Chile. *Agro-Ciencia* 13: 41-47.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2006. Síntesis geográfica del estado de Baja California Sur. México.
- Juliani, H. R. and J. E. Simon. 2002. Antioxidant activity of basil. pp. 575-579. *In: J. Janick and A. Whipkey (eds.). Trends in new crops and new uses.* ASHS Press. Alexandria, VA, USA.
- Muzilli, O., M. Vieira & M. Parra. 1980. Adubação verde. pp. 76-93. *In: Manual Agropecuario para o Paraná, Capítulo 3, Fundação Instituto Agrônomo do Paraná.* Londrina, PR, Brasil.
- Olsen, S. R. y L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. pp. 403-430. *In: A. L. Page, R. H. Miller, Keeney D. R. (eds.). Methods of soil analysis: Part 2. Chemical and microbiological properties.* Agronomy Series no. 9. ASA, SSSA. Madison, WI, USA.
- Paneque-Rendón, P. H., C. Fernández y D. de Oliveria. 2002a. Comparación de cuatro sistemas de labranza/siembra con relación a su costo energético. *Cuba. Rev. Cienc. Téc. Agrop.* 11: 1-6.
- Paneque-Rondón, P. H., C. Fernández y D. de Oliveria. 2002b. Reducción del consumo de combustible de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas. *Rev. Cienc. Téc. Agrop.* 11: 7-11.
- Paneque-Rondón, P. H., P. León y N. González. 2005a. Costo energético de tres sistemas de labranza en el cultivo de maíz. *Rev. Cienc. Téc. Agrop.* 14: 23-27.
- Paneque-Rondón, P. H., P. León y N. González. 2005b. Reducción del costo energético utilizando labranza cero en el cultivo de frijol. *Rev. Cienc. Téc. Agrop.* 14: 33-36.
- Paneque-Rondón, P. H. y L. Soto. 2007. Costo energético de las labores de preparación de suelo en Cuba, La Habana, Cuba. *Rev. Cienc. Téc. Agrop.* 16: 17-21.
- Reid, J. 1978. A comparison of the energy input of some tillage tools. *ASAE paper* 78-10396. St. Joseph, MI, USA.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2004. Plan rector sistema producto orgánico albahaca. Anuario estadístico de la producción agrícola en México. México, D. F.
- Stout, B. 1990. *Handbook of energy for world agriculture.* Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Summers, J., A. Khalilian, and D. Batchelder. 1986. Draft relationships for primary tillage in Oklahoma soils. *Trans. ASAE* 29: 37-39.
- Wildner, L. do P. & A. Massignam. 1994. Ecofisiología de alguns adubos verdes de verão: III. Curva de cobertura do solo - resultados preliminares. pp. 147-150. *In: Reunião Centro-sul de adubação verde e rotação de culturas,* 4, 1993, Passo Fundo, RS. Anais. EMBRAPA-CNPT, Passo Fundo, Brazil.