

ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO Y CUANTIFICACIÓN DE LA ENERGÍA INVERTIDA EN SISTEMAS DE CAFICULTURA CAMPESINA EN PURISCAL, COSTA RICA^{1/}

Jairo Mora-Delgado^{2/*}, Carlos Ramírez^{**}, Olman Quirós^{***}

Palabras clave: productividad de la energía, caficultura orgánica, campesinos, análisis beneficio-costo, análisis de conglomerados.

Keywords: energy productivity, organic coffee systems, peasants, benefit-cost analysis, cluster analysis.

Recibido: 25/01/06

Aceptado: 23/09/06

RESUMEN

Tres modelos de sistemas de producción de caficultura campesina en el Cantón de Puriscal, Costa Rica, fueron estudiados para determinar la relación beneficio-costo y estimar la energía invertida por producto obtenido. Los 3 modelos hipotéticos fueron el resultado del agrupamiento de 39 fincas, realizado mediante un análisis de conglomerados (cluster analysis), del cual resultaron 3 grupos. El primero fue denominado *fincas de tecnología orgánica* (TO), caracterizadas por utilizar recursos endógenos en su sistema de producción, principalmente tecnologías orgánicas. El segundo se caracterizó por ser fincas convencionales, donde se distinguieron 2 subgrupos: *fincas de tecnología mixta* (TM) y *fincas de tecnología convencional* (TC). Las segundas usan tecnologías y recursos convencionales; las primeras funcionan bajo un esquema de caficultura convencional, pero han incorporado algunas prácticas y recursos de la agricultura orgánica. Se realizó un análisis beneficio-costo en 3 modelos hipotéticos, que representan a cada uno de los grupos de fincas definidos. Mediante el método de procesos, para evaluar la productividad de la energía, se estimó la cantidad de energía invertida en insumos y mano de obra en

ABSTRACT

Benefit-cost analysis and productivity of the invested energy in coffee production systems of smallholders of Puriscal, Costa Rica. Three models of small coffee production systems of Puriscal Canton, Costa Rica, were studied, to determine the benefit-cost ratio, and to estimate the energy invested by obtained product. The hypothetical models were obtained by means of a cluster analysis of 39 farms. The first group was named *farms of organic technology* (TO), which were characterized by using endogenous resources in its production system, mainly organic technologies. The second group was characterized as conventional farms, which in turn was subdivided into 2 easily distinguished sub-groups: *farms of mixed technology* (TM) and *farms of conventional technology* (TC). The TC farms use conventional technologies and resources. The TM group is a mixture of conventional coffee production systems, but also uses some practices and resources used in the organic agriculture model. A benefit-cost analysis was carried out in each one of the 3 management clusters. Also, using the process method to evaluate the productivity of energy, inputs and labor invested in the 3 models were estimated;

1/ Parte de la tesis de doctorado del primer autor. Programa de estudios de posgrado en Sistemas de Producción Agrícola Tropical Sostenible. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: jrmora@ut.edu.co

* Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia.

** Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Costa Rica.

los 3 modelos; para ello se empleó factores de conversión reportados en diferentes estudios, y dichos valores fueron convertidos a valores de energía. Los beneficios financieros más altos, en el corto plazo, se obtuvieron en el modelo TC, comparado con los sistemas TO y TM. Sin embargo, desde el punto de vista de la productividad de la energía, el modelo de caficultura orgánica es el que presenta una mayor eficiencia energética, en la medida en que para producir 1 kg de café en cereza se invirtió 0,51 MJ kg⁻¹, que es 50% de la energía requerida para producir el mismo kg en los modelos TC (1,06 MJ kg⁻¹) y TM (0,97 MJ kg⁻¹).

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales campesinos, como el café arbolado, son cada vez más reconocidos por su viabilidad ambiental y productiva. Estos se promueven alrededor del mundo como sistemas sostenibles que podrían reducir los impactos negativos sobre el ambiente, además de producir múltiples bienes y servicios. Diversos estudios han demostrado los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, de los sistemas tradicionales de caficultura (Herrera 1995, Perfecto *et al.* 1996, Moguel y Toledo 1999, Gobbi 2000, Lyngbæk 2000).

Las evaluaciones de orden socioeconómico en los sistemas de producción en finca son de gran utilidad en los casos en los cuales los investigadores están en la fase de diagnóstico y evaluación de nuevas tecnologías (Somarriba 1995). Con estos estudios se puede lograr una evaluación de los recursos existentes y necesidades del sistema. Cuando el sistema de producción en finca ya se ha desarrollado en una zona, los análisis del rendimiento financiero y económico, que se puede realizar mediante análisis de seguimiento, permiten identificar posibles restricciones de adopción. Además, en esta fase, el impacto real de la nueva tecnología puede ser cuantificado con la medición de variables

by using conversion factors, reported in several studies, they were converted into energy values. The highest financial benefits, in the short term, were obtained in the TC model compared to the TO and TM models. However, from the point of view of energy efficiency, the TO model showed the best results, since in this system 0,51 MJ kg⁻¹ were invested to produce 1 kg of coffee in cherry, which represents 50% of the energy required to produce the same 1 kg in the TC model (1,06 MJ kg⁻¹) and TM model (0,97 MJ kg⁻¹).

como producción, ingreso, empleo, rentabilidad e impacto ambiental, denominándose evaluación ex-post (Somarriba 1995).

Los análisis de energía cumplen un papel importante en la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Se han realizado numerosos estudios para cuantificar el consumo de energía en dichos sistemas, tanto en la zona templada (Pimentel *et al.* 1983, Zentner *et al.* 1989, Risoud y Chopined 1999) como en el trópico (Ulh *et al.* 1981, Hall *et al.* 1993). Estudios detallados demuestran los ahorros en energía que se pueden lograr cuando se sustituyen insumos convencionales (altos en energía indirecta) por insumos orgánicos o prácticas culturales (Lockeretz 1984, Karlen *et al.* 1995, Languè y Khelifi 2001); otros estudios integran los análisis de energía, mano de obra y rentabilidad financiera en sistemas de producción convencionales y alternativos (Karlen *et al.* 1995).

Estos análisis permiten comprender que la diferencia entre la tecnología orgánica e inorgánica no es realmente aparente. Insumos de ambas tecnologías pueden ser fabricados a partir de fuentes orgánicas; ambas aportan nutrientes a los cultivos mediante fertilizantes o principios protectores o curativos o aplicación de plaguicidas, y ambas combaten las hierbas y plagas excluyéndolas del sistema. Sin embargo, la diferencia entre los 2 modelos tecnológicos puede radicar

en el tipo de energía invertida en el proceso, principalmente el tipo de energía empleada en la elaboración de dichos insumos. Generalmente, los insumos inorgánicos o de síntesis química son elaborados a partir de altas inversiones de energía fósil o materiales de minería sometidos a grandes temperaturas (Stout 1984, IFAS 1991) y síntesis química. Por otro lado, los insumos orgánicos, generalmente son derivados de residuos de plantas y animales, que usan los procesos microbiológicos para su elaboración o se sustentan en los ciclos biológicos (Mejia 1994, Restrepo 2000).

Se han realizado estimaciones de la cantidad de energía empleada en los procesos de elaboración, empaque, transporte y distribución (Helsel 1992, Fluck 1995), para estimar los coeficientes de conversión de la cantidad de insumos y mano de obra invertidos en un proceso productivo y expresarlos como medidas energéticas. Tales conversiones son de utilidad para realizar un análisis de energía de un sistema de producción, estableciendo diferentes medidas. Tres son las formas más conocidas de medición de la energía en los sistemas agrícolas: 1- *eficiencia energética*, que es la razón entre las unidades energéticas producidas y la energía invertida en los insumos; 2- *productividad energética*, la cual relaciona la cantidad de producto obtenido por la energía invertida en el proceso de producción (Fluck y Baird 1980, Fluck 1995); y 3- *rentabilidad energética*, que es la relación entre los ingresos generados con las unidades de energía invertida (Szott 1998). En los sistemas agrícolas, estos constituyen métodos complementarios a los análisis B/C de diferentes alternativas o modelos productivos, obteniéndose así otra visión de la eficiencia de los sistemas de producción que va más allá de lo meramente financiero. La medición de la *productividad de la energía* –empleada en este estudio– utiliza el método de proceso (Fluck y Baird 1980), el cual asigna factores de conversión energética considerando tanto las acciones directas (aplicación de fertilizante y de pesticidas, cosecha, podas) como las indirectas (energía invertida en la fabricación del insumo:

fertilizante; plaguicidas). Esta medición de la energía invertida por unidad de volumen o masa de producto obtenido, constituye una opción para estimar cuales sistemas, tecnologías o prácticas son más eficientes en términos del uso de los insumos traducidos en medidas energéticas.

Para comparar, en términos de indicadores financieros y de la productividad energética, 3 modelos de caficultura campesina, se realizó el presente estudio con los siguientes objetivos: 1- analizar el estado financiero, en el corto y largo plazo, de 3 modelos de caficultura campesina en Puriscal, Costa Rica; 2- estimar la productividad energética de los modelos estudiados; y 3- determinar los escenarios bajo los cuales los 3 modelos podrían tener viabilidad financiera e identificar las limitaciones a resolver para lograrla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo fue realizado entre enero del 2000 y marzo del 2002. Se analizó 39 fincas cafetaleras campesinas en el cantón de Puriscal, las cuales fueron agrupadas mediante la técnica de análisis de conglomerados (cluster analysis), que permitió diferenciar 3 tipologías: fincas de *tecnología orgánica* (TO); *tecnología mixta* (TM); y *tecnología convencional* (TC). Con los parámetros modales o promedios, calculados con los datos de las fichas técnicas levantadas en cada una de las fincas analizadas en cada tipología, se construyeron modelos hipotéticos de 3 fincas que representan cada tipología (Cuadro 1). La información provista por ONG, plantas de beneficios y otros estudios relacionados con la actividad e información obtenida por entrevistas en profundidad, complementaron la definición de las fincas típicas. Se estimó parámetros de producción y productividad para cada una de las fincas hipotéticas típicas representativas de los grupos definidos, y para cada modelo se realizaron análisis de ingresos descontados y no descontados y de productividad de la energía, con base en una serie de supuestos simplificados.

Cuadro 1. Parámetros productivos y de manejo de las fincas típicas de Puriscal, Costa Rica.

Parámetro	TC	TM	TO
	Media	Media	Media
Integrantes de la familia (No.)	4,3	2,5	4,8
Adultos (No.)	3,5	3,3	3,9
Área de la finca (ha)	16,3	6,5	3,6
Área en café (ha)	2,4	1,3	1,3
Densidad plantas ha ⁻¹	5 360,0	5 316,7	6 357,9
Producción fanegas ha ⁻¹	27,0	20,0	11,0
Fertilizante químico ha ⁻¹	374,7	174,0	0,0
Fertilizante orgánico ha ⁻¹	0,0	0,0	7119,1
Frecuencia de chapeas año ⁻¹	3,0	2,53	3,14
Frecuencia de plaguicidas año ⁻¹	1,66	1,69	0,14
Frecuencia de herbicidas año ⁻¹	1,16	1,15	0,0
Frecuencia de biopreparados	0,25	0,0	1,42
Total jornales ha ⁻¹ año ⁻¹	125,0	116,0	145,0
Jornales familiares (%)	13,5	11,2	18,5
Jornales contratados (%)	86,5	88,8	81,5

TO: Tecnología orgánica; TM: Tecnología Mixta; TC: Tecnología Convencional.

Análisis de ingresos no descontados

Se realizó un análisis de ingresos y egresos en el corto plazo y se calcularon indicadores no descontados (ingreso neto, relación ingreso/costo, flujo neto y beneficio familiar) siguiendo la metodología de Louman *et al.* (2001). Por ejemplo, los costos de producción y precios de venta del agroecosistema café fueron obtenidos mediante entrevistas a los productores y técnicos de la zona y consultas en casas de venta de insumos agrícolas. Para el caso de la mano de obra, se distingue entre la mano de obra contratada y la familiar; esta última no se incluye como un egreso monetario, pero se le aplica el principio del costo de oportunidad para reflejar su valor. Operativamente, la mano de obra familiar se incorpora al beneficio neto, utilizando para ello los precios de mercado

(Brown 1981). Los precios de venta de café y los precios de los insumos se expresan como precios de finca, es decir, son los precios que el caficultor recibe por sus productos o el precio que paga por los insumos puestos en la finca. Otros ingresos obtenidos de la parcela de café, como frutales, hierbas medicinales, leña o madera, no fueron contabilizados en el flujo de caja, debido a la dificultad operativa para estimarlos en términos monetarios y cuantificar su magnitud. Además, la venta de estos productos no presenta una frecuencia uniforme en las fincas, es decir, es espontánea y no planeada. No se pudo establecer estimaciones de rendimientos de estos productos, debido a la heterogeneidad de los arreglos y el manejo de estos componentes dentro de la plantación.

Los estimativos de ingresos y costos operativos se realizaron en moneda nacional, aunque

en algunos apartes se expresan las cifras en dólares estadounidenses con una tasa de cambio de 355 colones por US\$, principalmente para facilitar comparaciones con otros estudios. Todos los análisis se realizaron con base en 1 ha.

Se realizó un análisis de la productividad de la energía, en plantaciones en producción (>3 años), para un período de 1 año, y así determinar la productividad energética entre los 3 modelos de caficultura estudiados. Los insumos y la mano de obra invertidos en los diferentes modelos fueron analizados utilizando el método de proceso (Fluck y Baird 1980), el cual asigna factores de conversión energética, considerando tanto las acciones directas (aplicación de fertilizante, aplicación de pesticidas, cosecha,

podas) como las indirectas (energía invertida en la fabricación del insumo: fertilizante, plaguicidas). Los contenidos de nutrimentos en abono orgánico fueron tomados de Salas y Ramírez (2001), y de las etiquetas de los insumos de síntesis química se obtuvo el contenido de nutrimentos y el principio activo.

Las cantidades de los insumos y de la mano de obra utilizada en el proceso de producción fueron convertidos a valores de energía, utilizando factores de conversión tomados de varios estudios (Cuadro 2). Los resultados son expresados como productividad de la energía en términos de Megajoules por kilogramo (MJ kg^{-1}) de producto obtenido (Lockeretz *et al.* 1984, McLaughlin *et al.* 2000).

Cuadro 2. Factores de conversión de energía para insumos agrícolas.

Insumo	Unidad	Factor de Conversión	Fuente
Mano de obra	Mj jor^{-1}	0,9	Fluck 1995*
Abono orgánico			
N (or)	Mj kg^{-1}	4,00	Coble y LePori, 1974
P	Mj kg^{-1}	4,01	Coble y LePori, 1974
K	Mj kg^{-1}	4,02	Coble y LePori, 1974
Mg	Mj kg^{-1}	4,03	Coble y LePori, 1974
Ca	Mj kg^{-1}	4,04	Coble y LePori, 1974
Biopreparados (miel)	Mj kg^{-1}	16,10	Szoot 1998**
Síntesis química			
Nitrógeno (form. comp.)	Mj kg^{-1}	76,12	Hoeft y Siemens, 1980
Nitrogeno (urea)	Mj kg^{-1}	68,9	Bhat <i>et al.</i> 1999
P_2O_5	Mj kg^{-1}	15,13	Patyk, 1996; Audsley, 1997
K_2O	Mj kg^{-1}	9,3	Patyk, 1996; Audsley, 1998
Mg	Mj kg^{-1}	9,0	Szott, 1998**
Glifosato (IA41%)	Mj kg^{-1}	454,5	Green, 1987
2,4-D (IA60%)	Mj kg^{-1}	85,5	Green, 1987
Mancozeb (IA80%)	Mj kg^{-1}	99,5	Green, 1978
Abonos foliares	Mj kg^{-1}	0,20	Bhat <i>et al.</i> 1999

* Se calculó a partir de $54.233 \text{ BTU h}^{-1}$ para un jornal de 7 horas.

** Dato suministrado por Szott (1998) en notas de clase UCR, no se reporta la fuente original.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de costos

El modelo TO presentó los costos variables ha⁻¹ más altos (474 090,4 colones), seguido del modelo TM, cuyos costos variables (397 260,9 colones) representan un 16,2% menos que los costos del modelo TO. El modelo TC presentó costos por un valor de 387 865,2 colones, que suman un 18,20% menos de los del TO. El Cuadro 3 indica que el rubro que más influye en los altos costos variables de la caficultura orgánica (TO) es la fertilización orgánica, tanto por la proporción que representa el costo del abono orgánico como la mano de obra necesaria para su elaboración y distribución. Las altas cantidades de fertilizante orgánico aplicadas demandan una mayor mano de obra.

En los 3 modelos, los costos por mano de obra representan la mayor proporción respecto a los insumos y es evidente que es la mano de obra invertida en la cosecha la que tiene una mayor participación en la distribución de costos, principalmente en los modelos convencional (TC) y mixto (TM), esto debido a los mayores volúmenes cosechados y productividades obtenidas respecto al modelo orgánico. Por el contrario, las fincas orgánicas presentan una proporción contrastante de los costos de mano de obra en la aplicación del fertilizante (21,3%), respecto a los modelos TC y TM. También en la deshiera hay un uso considerable de mano de obra en el modelo TO.

En cuanto a insumos, el costo del abono es el que representa la proporción más importante de los costos de producción (TO 10,5%; TC 8,9%; TM 4,0%), y el total de este rubro (fertilizante, plaguicidas, herbicidas abonos foliares y otros) no supera el 15,5; 17,4 y 13,3%, respectivamente, en los modelos analizados. Esto confirma lo reportado por Lyngbæk (2000), quien encontró que los gastos por insumos son mucho menores a los estimados por el ICAFE. La categoría "otros", que incluye fletes, gastos administrativos e imprevistos, varió de 3,5-4,0% en los 3 modelos.

Distribución de la mano de obra en las diferentes actividades y a través del tiempo

Es común que en la finca campesina costarricense no se lleve un registro contable de los jornales empleados para cada labor (Lingbæk 2000); además, los tiempos dedicados a cada tarea varían entre una finca y otra y en el tiempo. Ante esto, los jornales fueron consultados a los productores, registrados en la ficha técnica y verificados mediante un seguimiento detallado de casos, en los cuales se logró validar los tiempos medios invertidos en cada actividad. Así, se pudo establecer que la mayor parte de los jornales empleados en los 3 modelos, son contratados ante la insuficiencia de mano de obra familiar, especialmente en las actividades de mayor demanda (cosecha, aplicación de abonos y chapea).

El peso de la mano de obra en los 3 modelos: 84,5; 82,6; y 86,8%, para los modelos orgánico, convencional y mixto, respectivamente, es bastante considerable (Cuadro 3). Además, son evidentes las diferencias en la eficiencia de la mano de obra invertida respecto al producto cosechado. Mientras en el modelo TC se requieren solo 4,3 jornales fanega⁻¹ cosechada, el modelo orgánico (TO) demanda 3 veces más jornales (13,2 jornales fanega⁻¹), el modelo TM ocupó una posición intermedia, con 6,25 jornales fanega⁻¹ producida. El desglose por práctica productiva de los jornales invertidos permitió identificar que hay más demanda de jornales durante los meses de cosecha, en los 3 modelos. Hay 2 picos de mayor demanda laboral comunes a los 3 modelos (Figura 1 barras); el primero en el mes de abril, derivado de la ejecución de prácticas de mantenimiento de cafetal (poda y deshija) y la preparación de abono orgánico en los modelos TO y TM, y el segundo durante la cosecha, desde agosto hasta diciembre.

La mayor demanda de jornales se encuentra entre los meses de octubre y noviembre, cuando la cosecha es alta y se une con la realización de deshieras. En estos meses, los productores tienen que recurrir a la contratación de mano de

Cuadro 3. Desglose de costos por mano de obra e insumos en 3 fincas típicas de café en Puriscal, Costa Rica.

	TO		TC		TM	
	¢	%	¢	%	¢	%
Jornales						
Fertilización	100800,0	21,3	19600,0	5,1	19600,0	4,9
Fitosanitario	2800,0	0,6	5600,0	1,4	5600,0	1,4
Deshierbas	103600,0	21,9	67200,0	17,3	44800,0	11,3
Poda y deshija	70000,0	14,8	70000,0	18,0	70000,0	17,6
Poda de sombra	11200,0	2,4	15120,0	3,9	2800,0	0,7
Cosecha	112000,0	23,6	142800,0	36,8	201600,0	50,7
Subtotal	400400,0	84,5	320320,0	82,6	344400,0	86,7
Insumos						
Abono	49840,0	10,5	34471,3	8,9	16011,5	4,0
Herbicidas	0,0	0,0	4687,5	1,2	4687,5	1,2
Plaguicidas	0,0	0,0	3270,0	0,8	3270,0	0,8
Biopreparados	5408,0	1,1	0,0	0,0	5408,0	1,4
Foliales	0,0	0,0	9500,0	2,4	9500,0	2,4
Otros	18442,4	3,9	15616,4	4,0	13983,9	3,5
Subtotal	73690,4	15,5	67545,2	17,4	52860,9	13,3
Total	474090,4	100,0	387865,2	100,0	397260,9	100,0

TO: Tecnología Orgánica; TM: Tecnología Mixta; TC: Tecnología Convencional.

obra externa ante la insuficiencia de la mano de obra familiar. En el modelo TO, se encontró una alta demanda de mano de obra alrededor del mes de agosto, principalmente por la elaboración y aplicación de abonos orgánicos.

Los 3 meses del año de la época seca son los que menos demandan mano de obra, y es allí cuando generalmente se destinan algunas horas diarias (o “ratos”, como se dice localmente) para realizar obras de conservación de suelos (limpieza de acequias, terraceo, etc.). Sin embargo, estas prácticas no son dirigidas exclusivamente al cultivo del café sino que son compartidas con otros cultivos y difieren entre fincas, por lo cual fue difícil estimar el tiempo exacto destinado a la plantación de café.

Análisis de ingresos no descontados

Cuando el análisis de las actividades productivas se realiza en el corto plazo (≤ 1 año), pueden utilizarse indicadores *no descontados*, en virtud de que los cambios en el dinero no introducen efectos importantes en los resultados, excepto en situaciones de alta inflación (Louman *et al.* 2001). El análisis de indicadores financieros no descontados para 1 año (cosecha 2001/2002) fue realizado en cada uno de los sistemas prototipo. Estos prototipos reflejan los promedios de productividad, costos de producción y precios recibidos estimados para cada modelo (Cuadro 4).

Se encontró que en las condiciones de la cosecha 2001/2002, ninguno de los 3 sistemas

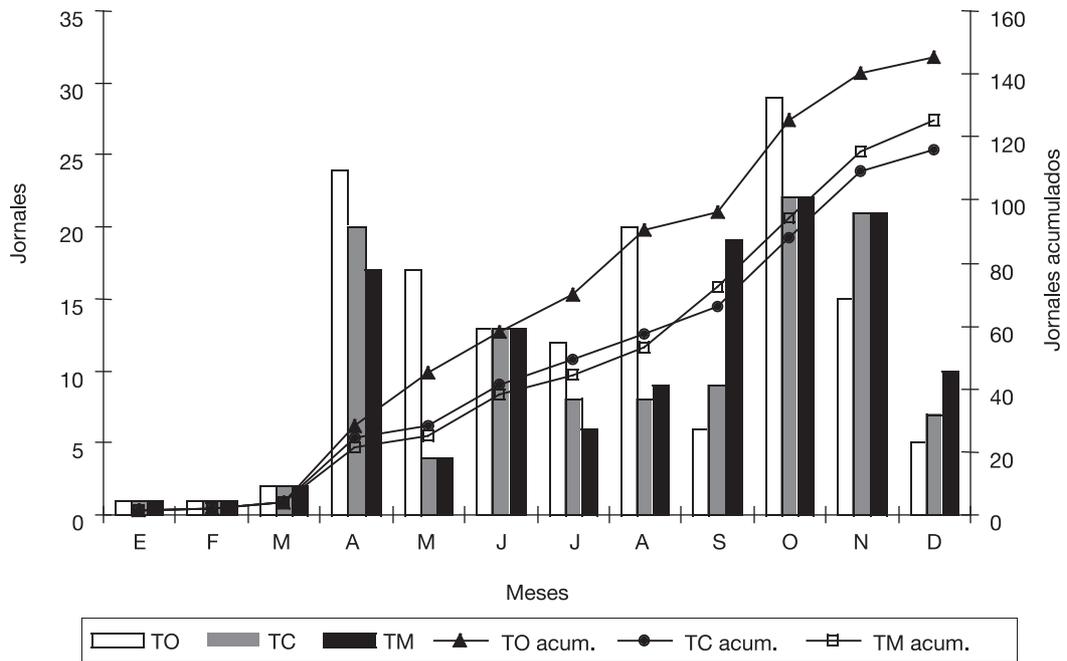


Fig. 1. Distribución de la mano de obra a lo largo del año en 3 modelos de caficultura campesina en Puriscal, Costa Rica.

Cuadro 4. Indicadores financieros no descontados para modelos de caficultura campesina en Puriscal, Costa Rica.

Parámetro	Colones (¢)		
	TO	TC	TM
A Egresos totales	474090,40	387865,19	397260,89
B Egresos efectivo	387290,40	327945,19	293660,89
C Egresos no efectivo	86800,00	59920,00	103600,00
D Ingresos brutos	152622,00	368974,00	274320,00
E Ingreso neto	-321468,40	-18891,19	-122940,90
F Ingresos en efectivo	152622,00	368974,00	274320,00
H Relación I/C	0,32	0,95	0,69
I Flujo neto	-234668,40	41028,81	-19340,89
J Mano de obra familiar	86800,00	59920,00	103600,00
K Beneficio familiar	-147868,4	100948,80	84259,11

E = (D-A); H = (D/A); I = (F-B); K = (I+J)

TO: Tecnología Orgánica; TM: Tecnología Mixta; TC: Tecnología Convencional.

logró obtener ingresos netos positivos y la relación ingreso/costo fue <1, situación que revela que ni siquiera se retribuyeron los costos de inversión. Los modelos de TO y TM no cubrieron los costos operativos, razón por la cual algunos productores manifestaron su intención de cambiar de actividad agrícola al menos momentáneamente, “mientras se supera la crisis” (Díaz G. El Junquillo, Puriscal. Comunicación personal. 2002).

En los trabajos de Brown (1981), la mano de obra familiar se considera como un costo de oportunidad, por lo cual su valor es incorporado al flujo neto. El autor señala que, cuando el flujo neto de la finca es menor al ingreso de la mano de obra de la familia, esta es remunerada por su trabajo a una tarifa inferior al pago que podría obtener si los miembros de la familia se emplearan como jornaleros en otra finca. Si el valor de la mano de obra familiar se suma al flujo neto, se obtiene el beneficio familiar, el cual es el beneficio que corresponde a la familia por el trabajo aportado en las labores productivas (Louman *et al.* 2001). En los modelos TC y TM, probablemente los productores estén dispuestos a mantener su caficultura, dado que al menos obtuvieron un beneficio familiar positivo. Sin embargo, en los 3 modelos, el flujo neto es menor que el ingreso de la mano de obra. Ante esto surgen interrogantes sobre las razones que mueven a estos productores para persistir en el manejo de la caficultura, a pesar de que su fuerza de trabajo es remunerada a un precio más bajo que el jornal pagado fuera de la finca. El estudio sugiere que las respuestas superan la racionalidad económica, pues algunas están basadas en una expectativa de un cambio

futuro en la actividad cafetalera, que proporcione beneficios económicos. Por otra parte, la aversión al riesgo que representa la decisión de abandono de una actividad para la adopción de otra, constituye una razón por la cual estos agricultores persisten en una actividad a pesar de los indicadores financieros negativos.

Análisis de la energía

Si bien el modelo TC muestra una mayor eficiencia financiera, en términos de la productividad energética no es el mejor. El modelo de caficultura orgánica es el que presenta una mejor eficiencia energética, en la medida en que para producir 1 kg de café en cereza (se asume que, en promedio, una fanega de café cereza equivale a 255 kg) se invirtieron 0,51 MJ kg⁻¹, lo que representa la mitad de la energía requerida para producir el mismo kg en los modelos TC (1,06 MJ kg⁻¹) y TM (0,97 MJ kg⁻¹). Varios estudios han demostrado la mayor eficiencia energética de los sistemas tradicionales y orgánicos frente a sistemas convencionales de altos insumos (Uhl *et al.* 1981, Pimentel *et al.* 1983).

También se puede apreciar una considerable diferencia entre el modelo TO respecto a TC y TM, en cuanto al consumo energético mediante insumos aplicados en el proceso de producción, pues los modelos convencional y mixto están invirtiendo 5 y 3,4 veces más, respectivamente, que la cantidad de energía utilizada en el modelo orgánico (Cuadro 5).

Llama la atención la participación sobresaliente del nitrógeno y otros nutrimentos en el

Cuadro 5. Energía invertida por concepto de insumos y mano de obra por ha de café en Puriscal, Costa Rica.

Rubro	TO		TC		TM	
	MJ kg ⁻¹	%	MJ kg ⁻¹	%	MJ kg ⁻¹	%
Mano de obra	57,25	3,82	45,73	0,62	49,33	0,99
Insumos	1440,51	96,18	7286,98	99,38	4942,19	99,01
Total	1497,76	100,00	7332,72	100,00	4991,53	100,00

TO: Tecnología orgánica; TM: Tecnología Mixta; TC: Tecnología Convencional.

CONCLUSIONES

Los análisis financieros demuestran que las posibilidades de éxito del modelo orgánico bajo las condiciones actuales de precios son nulas y los escenarios rentables están supeditados a variaciones que no dependen del productor. Ejemplo de lo anterior son los precios diferenciales requeridos para que la caficultura orgánica sea rentable.

Los sistemas de caficultura campesina tradicionalmente han constituido un importante aporte a la producción cafetalera de Costa Rica, pero los altibajos del mercado los han afectado considerablemente, amenazando su permanencia.

La búsqueda de estrategias de manejo para disminuir los costos de producción y el aumento de la productividad constituyen retos inmediatos de los diferentes modelos estudiados, pero principalmente para el modelo orgánico, pues la reducción de costos en mano de obra e insumos, aunados a una mejora en la productividad,

desglose de la energía invertida por insumos. Lo anterior corrobora que el nitrógeno es uno de los macronutrientes que más energía demanda en su proceso de fabricación (IFAS 1991), por lo cual en el balance energético es el que más contribuye en el desglose de la energía invertida (Figura 2).

Una situación diferente se presenta en el análisis de energía invertida por concepto de mano de obra, donde claramente puede observarse la mayor proporción de energía por mano de obra invertida en el modelo orgánico (TO). Aunque la participación de esta en relación con la energía total es muy reducida (3,8%), como se verifica en los 3 modelos. Esta reducida participación ya había sido advertida por Zentner *et al.* (1989), por lo cual muchos estudios no la toman en cuenta.

En el modelo orgánico es notorio que la mayor cantidad de energía invertida por mano de obra en el ciclo productivo se presenta en las chapeas y la elaboración y aplicación de abonos orgánicos (Figura 3).

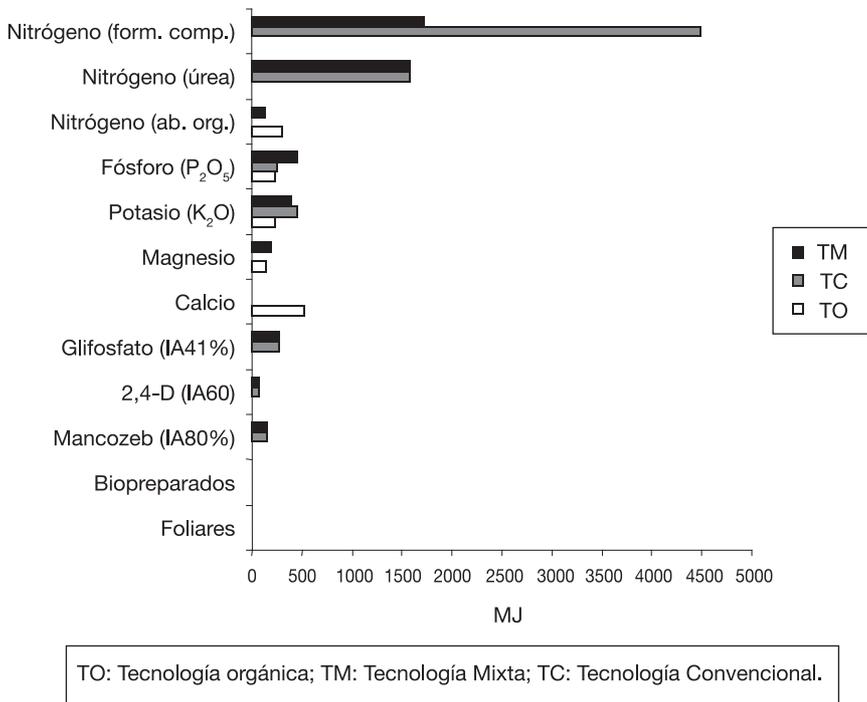
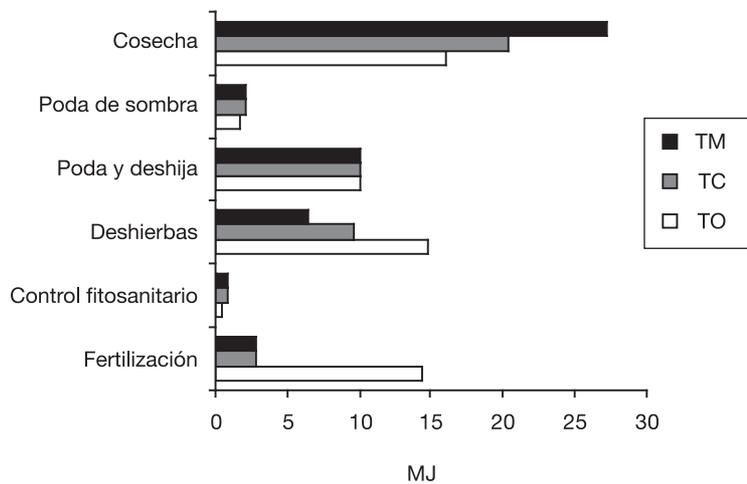


Fig. 2. Energía invertida por insumos en plantaciones de café en Puriscal, Costa Rica.



TO: Tecnología orgánica; TM: Tecnología Mixta; TC: Tecnología Convencional.

Fig. 3. Energía invertida por mano de obra en plantaciones de café en Puriscal, Costa Rica.

repercutiría en la relación ingreso-costos. Dichas estrategias deben combinar la investigación con el mejoramiento de las prácticas culturales.

En el corto plazo, parece que las opciones de la caficultura campesina se reducen a mantener al mínimo las labores pero evitando al máximo los riesgos fitosanitarios mediante diferentes prácticas. La idea es mantener el cafetal, pero sin incurrir en gastos onerosos, al menos mientras se aclaran las tendencias en los mercados internacionales.

Los análisis de energía cumplen un papel importante en la evaluación de la sostenibilidad de los procesos agrícolas. Estos análisis evidencian que la eficiencia energética de los sistemas de producción y la rentabilidad financiera van en vías opuestas. Desde el punto de vista energético, es más productivo el modelo de caficultura orgánica, ya que se requieren menos unidades de energía para generar 1 unidad de producto respecto al análisis de los modelos TC y TM; sin embargo, desde el punto de vista de la rentabilidad del capital, el modelo TC presenta los mejores indicadores.

Lo anterior da pie para afirmar que entre tanto la lógica económica predomine en la sociedad, las decisiones de los productores privilegiarán los modelos productivistas respecto a

los ambientalistas. La opción del modelo mixto puede ser atractiva para la toma de decisiones y, si bien este modelo no es el más rentable y tampoco el más productivo en términos energéticos -ocupa un lugar intermedio entre los modelos TO y TO- y podría constituir una opción que concilie los intereses de rentabilidad con los de productividad energética y salud ambiental.

AGRADECIMIENTOS

A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica y al programa Sinecología y Restauración de Ecosistemas Terrestres SIRECO, instancias facilitadoras del trabajo de campo para el presente estudio. A José Gobbi, por sus comentarios en materia de análisis económicos y financieros.

LITERATURA CITADA

- BROWN M. 1981. Presupuesto de fincas. Editorial Tecnos. Banco Mundial. Madrid.142 p.
- FLUCK R.C. 1995. The hidden input. Southern regional workshop "Evaluating Sustainability", University of Florida. USA. p.31-43.

- FLUCK R.C., BAIRD CD. 1980. Agricultural energetics. Avi Publishing, University of Florida, USA. 192 p.
- GOBBI JA. 2000. Is biodiversity-friendly coffee financially viable? An analysis of five different coffee production systems in western El Salvador. *Ecological Economics* 33: 267-281.
- HALL C.A.S., HALL MHP. 1993. The efficiency of land and energy use in tropical economies and agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46: 1-30.
- HELSEL Z.R. 1992. Energy and alternatives for fertilizer and pesticide use. *In: Fluck RC. (ed.) Energy in farm production.* Elsevier, New York. p.177-201.
- HERRERA A. 1995. Balance del impacto ambiental del cultivo y procesamiento del café en El Salvador. Unión de Cooperativas de Cafetaleros en El Salvador, San Salvador. 95 p.
- INSTITUTE OF FOOD AND AGRICULTURAL SCIENCES (IFAS). 1991. The energy and economics of fertilizers. University of Florida, IFAS. Consulted on 11/18/2002. On line http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_EH337
- KARLEN D.L., DUFFY M.D., COLVIN T.S. 1995. Nutrient, labor, energy and economic evaluations of two farming systems in Iowa. *Journal of Production Agriculture* 8 (4): 540-546.
- LANGUË C., KHELIFI M. 2000. Energy use and time requirements for different weeding strategies in grain corn. *Canadian Biosystems Engineering* 43:2.13-2.21.
- LOCKERETZ W., SHEARER G., KOHL D.H., KLEPPER R.W. 1984. Comparison of organic and conventional farming in the corn belt. *In: Organic farming: current technology and its role in a sustainable agriculture*, pp. 37-48 WI: American Society of Agronomy, Madison.
- LOUMAN B., QUIROS D., NILSON M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Manual Técnico No. 46. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 265 p.
- LYNGBÆK A. 2000. Organic coffee production: a comparative study of organic and conventional smallholdings in Costa Rica. M.Sc. Thesis. University of Wales, Bangor, UK. 180 p.
- McCLAUGHLIN N.B., HIBA A., WALL G.J., KING D.J. 2000. Comparison for the inputs for inorganic fertilizer and manure based corn production. *Canadian Agricultural Engineering* 42(1): 2.1-2.14.
- MEJIA M. 1994. *Agriculturas para la vida. Movimientos alternativos frente a la agricultura química.* a LED-CEPROID-Corporación para la Educación Especial "Mi Nuevo Mundo", Cali, Colombia. 252 p.
- MOGUEL P., TOLEDO V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology* 13:11-21.
- PERFECTO I., RICE R.A., GREENSBERG R., VAN DER VOORT M.E. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for diversity. *BioScience* 46:598-608.
- PIMENTEL D., BERADI G., FAST S. 1983. Energy efficiency of farming systems: organic and conventional agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 9: 359-372.
- RESTREPO J. 2000. Material didáctico del X curso-taller latinoamericano sobre agricultura orgánica con énfasis en la preparación de biofertilizantes y caldos minerales para café, frutales y hortalizas. UNED-CEDECO-Fundación AMBIÓ. San José de Costa Rica. 135 p.
- RISOUD B., CHOPINET B. 1999. Efficacité énergétique et diversité des systèmes de production agricole. Application à des exploitation bourguignonnes. *Ingénieries* No. 20, décembre, p.17-25.
- SALAS E., RAMÍREZ C. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. *Agronomía Costarricense* 25(2): 11-23.
- SOMARRIBA E. 1995. Esquema de trabajo para la cuantificación y evaluación de asociaciones pasto/ganado/guayaba (*Psidium guajava*). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 7 p.
- STOUT B.A. 1984. *Energy use and management in agriculture.* MA: Breton Publishers.
- SZOTTL. 1998. *Energía en la agricultura. Guía del curso agricultura tropical sostenible.* Programa de Doctorado SPATS, UCR. Multicopiado. Costa Rica, 4 p.
- UHL C., MURPHY P. 1981. A comparison of productivities and energy values between slash and burn agriculture and secondary succession in the upper Rio Negro region on the Amazon Basin. *Agroecosystems* 7: 63-83.
- ZENTNER R.P., STUMBORG M.A., CABELL C.A. 1989. Effect of crops rotations and fertilization on energy balance in typical production systems on the Canadian prairies. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 25: 217-232.