EVALUACIÓN DE EMERGÍA DE LA PRODUCCIÓN, PROCESAMIENTO Y EXPORTACIÓN DE CAFÉ EN NICARAGUA

Dr. Margarita Cuadra[1], Dr. Torbjorn Rydberg[2]

[1]Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. Apartado 453. Managua, Nicaragua. e mail: Margarita.Cuadra@una.edu.ni

[2]Sveriges lantbruksuniversitet. Swedish University of Agricultural Sciences. Box 7043, SE-750 07. Uppsala, Sweden. Department for Urban and Rural Planning. e-mail: Torbjorn.Rydberg@sol.slu.se



RESUMEN

Se condujo una evaluación de emergía de los sistemas de producción, procesamiento y exportación de café (*Coffea arabica* L.), con el objetivo de evaluar la contribución del ambiente a los productos de comercio y así enrriquecer la discusión sobre comercio justo. Los índices de emergía calculados fueron: transformidad, %renovables, relación de carga ambiental y relación de intercambio de emergía. Los diferentes índices de emergía mostraron que el procesamiento e industrialización del café son actividades intensivas, que requieren un gran soporte ambiental. Se calcularon las transformidades para café en uva, café verde (oro), café tostado e instantáneo (3.35 E+05, 1.77 E+06, 3.64 E+06 y 1.29 E+07 sej/J, respectivamente). La relación de intercambio de emergía demostró que casi todos los compradores se benefician de la compra de café verde de Nicaragua. Las ventas de café tostado o instantáneo son beneficiosas para Nicaragua. Esto significa que Nicaragua exporta mucha más emergía en el café verde vendido que la que importa en el dinero recibido por el café, y de esta manera agota sus recursos naturales locales. Un precio justo a pagar por el café verde oscila entre 0.7 a 3 veces el precio actual pagado. El análisis de emergía es una herramienta útil para evaluar las necesidades ambientales directas e indirectas para producir un bien o servicio. Esto la convierte en una herramienta que es capaz de evaluar el comercio de una forma más comprensiva que las medidas económicas convencionales. La inequidad en el comercio

ABSTRACT

An emergy evaluation was conducted on the systems of coffee (*Coffea arabica*_L.) production, processing and export in Nicaragua in order to evaluate the environmental contributions to the tradeable products and thus enrich the discussion about fair trade. The emergy indices calculated were: transformities, % renewable, environmental loading ratio and emergy exchange ratio. The different emergy indices showed that coffee processing and industrialization are intensive activities, requiring large environmental support. The calculated transformities for coffee cherries, green coffee, roasted coffee and instant coffee were 3.35 E+05, 1.77 E+06, 3.64 E+06 and 1.29 E+07 sej/J respectively. The emergy exchange ratio demonstrated that almost all purchasers benefit when buying green coffee from Nicaragua. The sales of roasted or instant coffee is of benefit for Nicaragua. This means that Nicaragua exports much more emergy in the green coffee sold than it imports in the money received for the coffee, thereby depleting its local natural resources. A fair price to pay for green coffee would range from 0.7 to 3 times the actual price paid now. Emergy analysis is a powerful tool in assessing the direct and indirect environmental requirements for a good or service and it is thereby able to evaluate trade in a much more comprehensive way than is usually done using standard economic measures. Inequity in international trade can be detected with this evaluation methodology. Therefore, we propose the use of emergy exchange ratio (EER), emdollars and emprice values as useful measures when trying to develop

internacional puede ser detectada con esta metodología de evaluación. Por lo tanto, proponemos el uso de los valores de la relación de intercambio de emergía (RIE), emdólares y emprecio como medidas útiles para tratar de desarrollar condiciones de comercio más justas y sostenibles.
Palabras claves: café; análisis de emergía; comercio; sostenibilidad; relación de intercambio de emergía; Nicaragua.

more sustainable and fair trade conditions.
Keywords: Coffee; emergy analysis; trade; sustainability; emergy exchange ratio; Nicaragua.

En este estudio, la producción, procesamiento y exportación de café en Nicaragua fueron evaluadas usando la metodología de análisis de emergía con el objetivo de: 1) Evaluar el soporte ambiental para el café uva, verde, tostado e instantáneo; y 2) Evaluar el intercambio de emergía que el país obtiene de las ventas del café verde, molido e instantáneo en el mercado internacional. Se usó emergía como una medida, ya que ésta expresa los productos vendidos y el dinero recibido sobre una base física común. Creemos que la información obtenida de este tipo de estudio de evaluación económica y ecológica integradas, será de utilidad para el manejo sostenible de los recursos ambientales y, en este caso en particular, para las decisiones que tienen que ver con la producción y exportación de los productos refinados del café.

La síntesis de emergía es capaz de evaluar el flujo energético de cualquier sistema sobre una base común (Odum, 1996). Por medio del uso de esta metodología de sistemas abiertos, es posible evaluar los insumos de la economía humana y los del ambiente. El dinero expresa la voluntad de pago y por lo tanto, no cubre todos los aspectos del trabajo realizado por la naturaleza. El dinero opera en las esferas de procesamiento y comercio ocupadas por la gente. Por lo tanto, el dinero no es un descriptor de riqueza real, cuando riqueza real significa tomar en cuenta el trabajo hecho por la naturaleza, sino que es usado para apresurar y dirigir procesos que afectan las actividades humanas de negocios y el intercambio de bienes (Rydberg, 2003).

Cada país tiene su propio relación emergía/dinero (RED), según lo expresado por diferentes autores como Odum y Arding (1991), Odum (1996), Rydberg y Jansén (2002), Brown (2003) y otros. Es muy difícil evaluar el intercambio internacional entre las naciones sin considerar las diferentes relaciones emergía:dinero para las monedas de las diferentes naciones (Brown *et al.,* 2003). Brown (2003) sugiere que el balance comercial se alcanza cuando la emergía en las importaciones y exportaciones de los socios comerciales es igual. Por ejemplo, la RED de los EEUU es aproximadamente 1.06 E+12 sej/USD, mientras que la de Nicaragua es de 15.8 E+12 sej/USD. Como resultado, los EEUU gozan de una ventaja comercial de aproximadamente 16 a 1 cuando comercia con Nicaragua. La evaluación de emergía muestra que a menudo tales intercambios no son equitativos (Odum & Odum, 2001).

Una consecuencia de la relación poco precisa entre el dinero y el medio ambiente es que aún si el comercio está balanceado entre las naciones en términos monetarios, existe una desigualdad en el comercio entre las naciones con una alta relación emergía:dinero y los países con una baja relación emergía:dinero. La desigualdad en comercio medida como la relación entre la emergía recibida:emergía exportada es inmensa y ha sido reportada en estudios por Odum (1996) y Brown (2003). Cuando el comercio se lleva a cabo entre naciones, los suplidores de materias primas dan al comprador más de lo que reciben en intercambio (Odum, 1996). Cuando el comercio se mide en emergía, hay usualmente un enorme flujo de emergía neta hacia el comprador más económicamente desarrollado. Esto se da por dos razones. Primero, los productos ambientales que son fáciles de extraer tienen una alta porción de emergía "libre" (gratis). Segundo, la relación emergía: dinero es mayor en las naciones menos desarrolladas económicamente, las cuales suministran el producto, que en aquellos países que compran el producto. Los productos más refinados y manufacturados tienen un precio mayor debido a que se necesitan más servicios y mano de obra para hacer el producto. La proporción de emergía pagada se incrementa con el procesamiento y la proporción de emergía gratis sin pago disminuye. Esto quiere decir que el comercio podría ser más balanceado si las materias primas fueran procesadas en algún grado antes de venderse para exportación.

El café es el cultivo de exportación más importante para la economía de Nicaragua, representando en términos económicos un 8.8% del producto interno bruto y un 64% de las exportaciones agrícolas totales (MAG, 1998; Robleto, 2000; Aguilar, 2001; BCN, 2002). A pesar de su importancia, la producción de café ha encontrado muchas limitaciones, tales como la alta dependencia de las importacones para mantener los rendimientos de café (fertilizantes, pesticidass, combustible) y para el procesamiento del café uva y

café verde (maquinaria, tecnología, café importado, electricidad, combustibles y otros insumos). La pobre rentabilidad de la producción y los bajos precios internacionales para el café han causado muchas bancarrotas en el sector (MAG, 1998; Robleto, 2000). El Ministerio de Agricultura de Nicaragua ha realizado un estudio de la cadena de producción y procesamiento del café (MAG, 1998) con el objetivo de evaluar la factibilidad económica del desarrollo de la cadena agro-industrial del café. Sin embargo, la relación con los procesos ambientales necesarios para apoyar la actividad no se discuten en dicho estudio. Además, hay costos indirectos de servicios al ecosistema perdidos debido a las plantaciones de café. Por ejemplo, la polinización por abejas silvestres incrementó los rendimientos del café y la calidad en sitios cercanos a los bosques (Ricketts et al, 2004; De Marco & Monteiro, 2004). Otras consecuencias negativas de la tala del bosque para la agricultura son: aumento en la erosión del suelo, disminución de la fertilidad del suelo, y disminución de la biodiversidad (Matson et al, 1997; Green et al, 2005). Una de las principales fortalezas de la síntesis de emergía es la posibilidad de internalizar estos costos externos.

Los objetivos específicos de este estudio fueron: a) evaluar si la exportación de café refinado en vez de café verde resulta en mayores beneficios para Nicaragua; b) comparar la relación emergía:dinero de los productos del café a través de la cadena de producción y c) determinar el precio en USD que conllevaría a un intercambio equitativo de recursos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Síntesis de emergía. La metodología de síntesis de emergía evalúa los recursos y servicios en los sistemas ecológicos y económicos sobre una base energética común. Cuantifica el trabajo ambiental directo e indirecto para generar un recurso o un servicio (Odum, 1996). El parámetro es emergía solar la cual se define como la energía solar disponible (o exergía) previamente requerida directa e indirectamente para hacer un producto o servicio. El flujo de energía que soporta cada fuente de importancia para el sistema estudiado se expresa en unidades de emergía solar. La transformidad solar se define como la emergía solar requerida para hacer un joule de servicio o producto. Sus unidades son emjoule solar por Joule (sej/J). La transformidad solar de un producto es su emergía solar dividida por su energía disponible.

La base téorica y conceptual para la metodología de síntesis de emergía está basada en la termodinámica y en la ecología general de sistemas (Brown *et al.,* 2000). La síntesis de emergía está basada en las observaciones que tanto los sistemas ecológicos como los sistemas humanos socio-económicos son sistemas energéticos, que exhiben diseños característicos que refuerzan el uso de la energía. La dinámica de estos sistemas puede medirse y compararse sobre una misma base igualitaria usando la métrica de energía (Odum, 1988; Odum *et al.,* 2000b). Brown *et al.* (2000) nombraron a esta metodología síntesis de emergía, ya que es un enfoque que intenta el entendimiento del todo de un sistema y su relación con los sistemas circundantes, en vez de la disección y fragmentación que se realiza en un análisis. Una descripción más completa del concepto, principios y aplicaciones de la metodología puede encontrarse en Odum (1996) y Brown & Herendeen (1996).

Dinero y riqueza real. El dinero en sí no es riqueza real. El dinero circula entre la gente, quienes lo usan para comprar riqueza real. El dinero mide lo que la gente está dispuesta a pagar por los productos y servicios, mientras que emergía mide la riqueza real (Odum & Odum, 2001). La riqueza real o potencial de riqueza está en los alimentos, minerales, combustibles, información, arte, biodiversidad, etc. y puede ser medida científicamente usando emergía. (Odum, 1996). Por potencial de riqueza queremos decir la base de recursos naturales, locales e importados, que sustentan a un país.

Detalles del sistema con café. La Figura 1 presenta un resumen de los sistemas usando la simbología de los sistemas de energía. El diagrama muestra los límites de sistema y las fuentes de energía que mueven los procesos. Las diferentes fuentes de energía fueron agregadas en: energías ambientales (R) ubicadas en el lado izquierdo del diagrama, energías compradas (F) tales como combustible y electricidad, insumos (G), mano de obra (L), servicios (S) los cuales incluyen la mano de obra directa usada en los diferentes pasos del procesamiento y la mano de obra necesaria para el procesamiento de los insumos comprados, y rendimiento (Y). Cada etapa del procesamiento fue evaluada e indicada con las letras a – d. Todas las letras en el diagrama se corresponden a las letras usadas en la Tabla 1.

Definiciones e índices de emergía. Los índices de emergía fueron calculados para cada paso en la cadena de producción de café. Mayores discusiones y definiciones de términos e índices pueden encontrarse en Odum (1996), Ulgiati *et al.,* (1995), Brown & Ulgiati (1997) y Brown *et al.,* (2003).

Porcentaje de renovables (%Ren), (R/Y) . Esta es la relación de las emergía renovable con la emergía total. Es el porcentaje de la emergía total que mueve un proceso

Figura 1. Diagrama de sistema de la producción

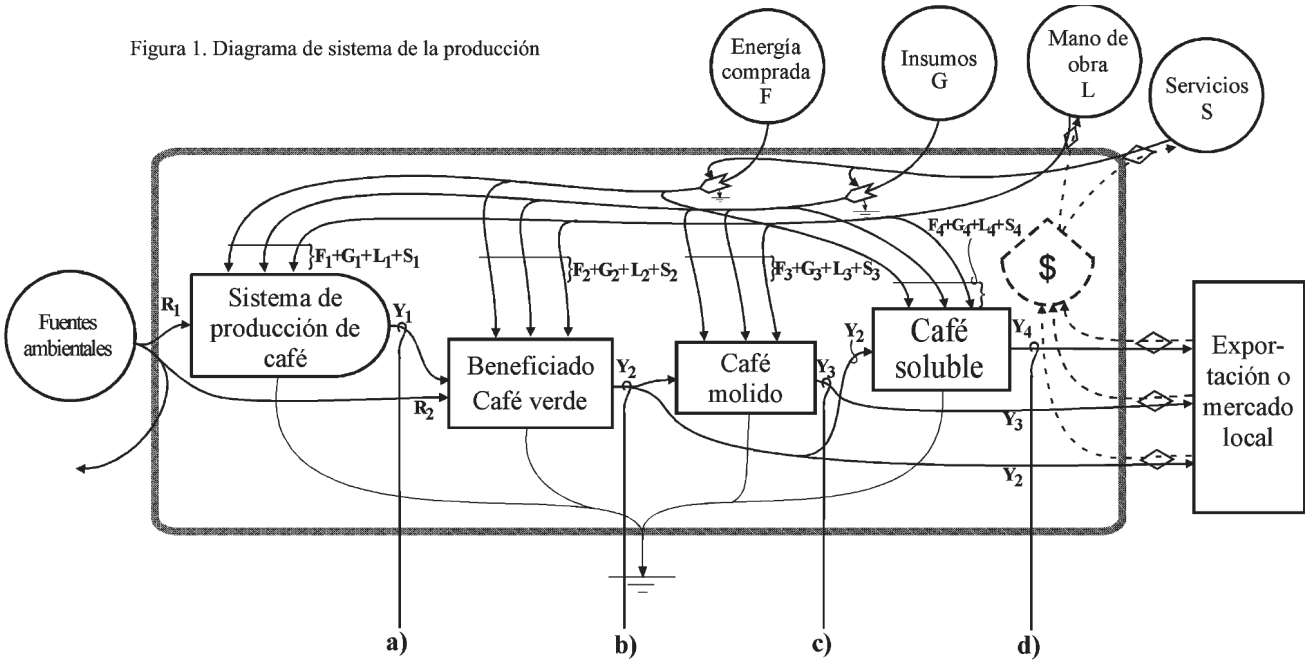


Figura 1. Diagrama de sistema de la producción, procesamiento y exportación de café en Nicaragua. Las letras a – d indican donde se realizó una evaluación de emergía. a) Producción de café en el campo, café en uva cosechado, b) Beneficiado húmedo, c) Producción de café molido, d) Producción de café instantáneo. Las letras en la figura se corresponden con las de la Tabla 1.

que se deriva de fuentes renovables locales. Refleja algunos aspectos de la sostenibilidad de un sistema o su habilidad de ser movida por recursos renovables locales. Al final, sólo los procesos con un alto %Ren son ecológicamente sostenibles. Ya que un 77% del presupuesto total de emergía para Nicaragua (Cuadra & Rydberg, 2000) se deriva de fuentes renovables, también calculamos el %Ren para la producción de café y las etapas del procesamiento con una adición de la emergía renovable que sustenta la mano de obra y los servicios. Cuando hacemos esto, estamos considerando no sólo la emergía renovable local, sino también la porción renovable de la emergía comprada en la mano de obra y servicios. En este trabajo le llamamos a esto %Ren Ajustado.

Todas las actividades, productos y procesos y todas la naciones tienen diferentes firmas de energía, esto quiere decir que están formados y usan diferentes recursos para su mantenimiento y desarrollo. Algunos de los flujos de emergía que mueven esos procesos pueden ser categorizados como renovables y otros son gastados a una velocidad que es mayor a la que pueden ser renovados y por lo tanto son llamados no-renovables.

Relación de carga ambiental, RCA = (NR+F+G+L+S)/R. Los recursos renovables, productos y sub-productos de los procesos ambientales son necesarios para nuestra prosperidad y nuestra vida en el globo. Si todos esos flujos son dirigidos al procesamiento humano y productos de mercado, corremos el riesgo de tener una catástrofe ambiental debida a la degradación ambiental y pérdida de las funciones de soporte de vida. Por un período de tiempo podemos mover nuestra economía solamente en recursos no-renovables, pero esas fuentes son limitadas en tamaño y pueden durar solamente por un tiempo específico. En una perspectiva mayor de tiempo, toda la economía del globo es dependiente de las fuentes renovables de emergía y un medio ambiente vital sano que pueda proveernos de las funciones de soporte de vida adecuadas.

La relación de carga ambiental es la relación del flujo proveniente de todas las fuentes no-renovables locales y los flujos importados necesarios para operar el proceso, al flujo proveniente de los recursos renovables locales. La relación de carga ambiental indica la presión que un proceso de producción ejerce sobre el ambiente local. Si esta relación se mira como un expresión de emergías no renovables a emergía local renovable, la mano de obra (L) y los servicios (S) tienen que ser considerados como parcialmente renovables (77%) y parcialmente no-renovable (23%). Este RCA ajustado se presenta también en este estudio. NR en la fórmula indica el flujo de las fuentes de emergía locales no-renovables. No hemos encontrado ninguna información sobre la dependencia de esta categoría en los sistemas estudiados.

Relación Emergía/Dinero (RED). La riqueza total de una nación usalmente se mide usando el PIB. Este índice económico mide solamente los flujos monetarios de una economía nacional. Sin embargo, este índice no dice cuál es la base de recursos o la riqueza real que hay en un país. El uso total de emergía de una nación es algo diferente que incluye los procesos globales necesarios para generar los recursos usados por una nación o más correctamente el potencial que es posible usar.

La relación emergía:dinero es la relación de toda la emergía sustentando la economía de un país al Producto Interno Bruto (PIB) del mismo país. Esta relación es una medida promedio del poder de compra para una nación cuando se compara con las relaciones de otras naciones. Con esta medida, los flujos monetarios pueden ser expresados en emergía multiplicándolos por la RED.

Emprecio (Emp). El emprecio de un bien es la emergía que uno recibe por el dinero gastado. Su unidad es sej/USD. Esta medida se relaciona con cada bien o servicio individualmente. Tiene las mismas unidades que RED, la cual estima el poder de compra promedio de la moneda.

Los flujos de emergía de los recursos ambientales pueden también expresarse como moneda convertida en emergía (tales como emdólares), dividiendo el flujo de emergía de los recursos por la RED. Dólares de emergía son abreviados como $Em, lo cual hace más fácil distinguirlo de los dólares. Esta expresión relaciona la economía humana con su base biofísica y es una estimación de los recursos naturales necesarios para generar los servicios humanos que cada unidad de dinero compra.

Relación de intercambio de emergía (RIE). Esta es la relación de intercambio de emergía en una compra o el comercio (Figura 2). El comercio puede llevarse a cabo con dos productos o con las ventas de productos. Cuando un bien es vendido y se recibe dinero a cambio, ambos flujos se convierten a unidades de emergía. La relación siempre se expresa en relación con uno de los socios comerciales y es una medida de la ventaja comercial relativa de uno de los socios sobre el otro. La tasa de intercambio de energía entre dos países diferentes se calcula como la relación entre sus RIE's. En el comercio entre dos naciones, el país con la RIE más baja gana en emergía en promedio, sobre aquellas naciones con RIE's más altas. El dinero compra más emergía fuera del país que dentro.

Para evaluar la inequidad en términos de precio pagado por el café, calculamos cuál sería el precio justo para el productor o procesador de café. Este precio justo (USD t^{-1}) de los diferentes productos del café, fue calculado como el producto de la RIE y el precio recibido por el café en USD t^{-1}.

El sistema de producción y procesamiento del café. El sistema de producción evaluado fue un sistema de producción convencional de café, donde los arbustos de café crecen juntos en una plantación mixta con árboles de sombra. Después de la cosecha, los frutos de café pasan por varios procesos: lavado, despulpado, fermentación (o remoción del mucílago), secado, despergaminado, limpieza y selección. El producto final es café verde lavado. El beneficio húmedo es el método principal de procesamiento del café en Nicaragua. Cerca del 80% del café verde producido en el país es exportado a otros países (MAG, 1998). Lo que queda es usado en la industria local para recibir mayor procesamiento (tostado y solubilización). El tostado desarrolla la fragancia y sabor del café, el cual tiene que ser tostado lo más tarde posible antes de la venta para prevenir la pérdida del aroma (Renard, 1993). La preparación de café instantáneo requiere de alta inversión de capital económico. Los sólidos solubles del café son extraídos usando agua como solvente. Los extractos son secados usando el sistema de "spray drier" (ITDG, 2003). El café entonces se empaca en bolsas de polipropileno para preservar el sabor y almacenado a bajas temperaturas, baja humedad y libre de plagas en un área sombreada y seca. La mayor parte del café molido se vende en el mercado local, mientras cantidades significativas de

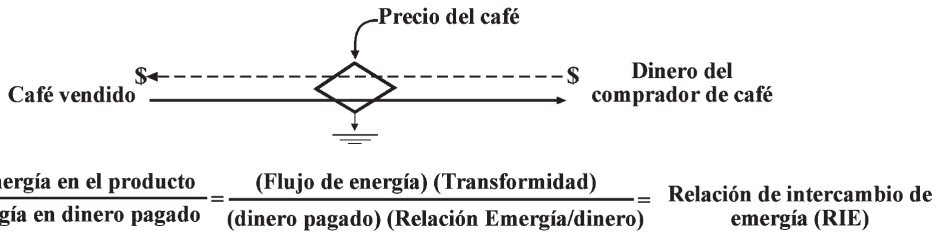


Figura 2. Diagrama que muestra el intercambio de emergía solar de una transacción económica en la venta de café y la forma en que es calculada.

café instantáneo son exportadas (CETREX, 2004).

Datos usados. Los datos de producción de café fueron obtenidos de la finca de café San Marquito en Masatepe (11º54'N, 86º08'W), durante el período de Enero-Febrero del 2001. Estos datos fueron primero publicados por Lundström y Olsson (2002), y los datos de su estudio fueron usados en esta evaluación. De acuerdo a la Asociación de Cafetaleros de Masatepe, esta es una finca representativa de la producción convencional de café de la zona.

Los datos sobre el procesamiento de café en uva y café verde fueron obtenidos en dos fincas compañías de café privadas en Nicaragua (Ramírez, 2003). Todos los edificios, materiales y maquinarias usadas en el sistema fueron convertidos a flujos anuales basados en su vida útil esperada. La vida útil para la maquinaria se estimó en 40 años y para los edificos en 40-50 años. Para evitar el doble conteo de emergía en los servicios y mano de obra, disminuimos la relación emergía:dinero (RED) sustrayendo de la economía, la contribución en emergía de la producción de café[1]. La emergía en los servicios para las distintas fases de procesamiento (15.8 E + 12 sej/USD) se calculó de una relación del flujo promedio de emergía por unidad de dinero para Nicaragua, (Cuadra & Rydberg, 2000). Como base para nuestro cálculo de emergía, usamos el presupuesto de emergía de la geobiosfera calculado por Odum *et al.*, (2000a).

Los datos sobre el contenido de energía de los frutos de café fueron calculados del contenido de grasas, proteínas y carbohidratos en la pulpa y la semilla (Pandoy *et al.,* 2000) usando la fórmula de Senser & Scherz (1991). El contenido energético del café verde (oro), café molido y café instantáneo fue medido como el valor calorífico de combustión usando el método descrito en ISO 1928 (1995).

Los datos sobre el volumen y precio de las exportaciones de café verde e instantáneo fueron obtenidos de CETREX (2003; 2004). Datos sobre el volumen y precios del café molido se obtuvieron de la base de datos de FAOSTAT (FAOSTAT, 2003. http://faostat.fao.org/default.jsp. Visitada el 05/12/03).

Las fuentes de los datos se muestran en notas numeradas al pie de las tablas, mientras que el procedimiento de cálculo se muestra en el Anexo 1

RESULTADOS

Para el sistema de producción de café (Tabla 1), los servicios comprados (S_1) contribuyeron en casi un 29% de la emergía total. Los servicios necesarios para hacer las maquinarias y equipos y en el transporte de la cosecha fueron los rubros más grandes. La mano de obra directa en la finca (L_1) representó un 28% del total de emergía, y todos los insumos (G_1, items 6–17) representaron un 30% del total de emergía requerida. El combustible (F_1) representó un 1 % de la emergía total, mientras que la emergía renovable local (R_1) representó un 12% de la emergía total para producir café en la finca. Cuando se agregó la emergía renovable indirecta en la mano de obra y servicios, el porcentaje de emergía renovable es de 21%. La transformidad calculada para café en uva fue de 3.35 E + 05 sej/J.

El beneficiado húmedo del café transforma el café uva en café verde exportable, agregando más emergía. El flujo más grande de emergía, 59% del soporte de emergía para este proceso, provino de la mano de obra (L_2). La emergía en los servicios pagados por electricidad, maquinaria y edificios añadió 28% al proceso. La emergía renovable directa para el beneficiado, componente R_2, fue menos del 1%. El %Ren ajustado representó un 19.5%. La transformidad se incrementó y para el café verde se calculó en 1.77 E+06 sej/J.

El proceso que transforma el café verde en tostado requiere de mucha emergía, la mayor parte de ella en la forma de mano de obra (L_3 = 79%). La emergía en los servicios para electricidad y combustibles y para electricidad (F_3) fueron los segundos flujos en tamaño en este proceso (11 y 8% respectivamente). No se identificaron fuentes de energía renovable directas en este proceso. La cantidad total de emergía en este paso fue 2 veces mayor que la que se da en la finca. La transformidad para café tostado fue calculada en 3.64 E+06 sej/J. El proceso de elaboración de café instantáneo requiere que los granos de café se tuesten primero. De allí, se requiere emergía extra para los procesos de extracción y secado. Las mayores entradas de emergía fueron similares al proceso de tostado. La mano de obra(L_4), combustibles y electricidad (F_4) y servicios en electricidad (item 58) fueron los flujos dominantes en este proceso, también. La transformidad paa el café instantáneo se calculó en 1.29E+07 sej/J.

Indices de sostenibilidad en emergía. Un resumen de los indices calculados para los diferentes pasos en la producción y procesamiento se presenta en la Tabla 2. El porcentaje de renovables (%Ren) y el %Ren ajustado disminuyeron con el procesamiento del café, con la producción de café en el campo mostrando los mayores valores (11.6 y 20.7% respectivamente) y el café instantáneo los menores valores (5.4 y 12.7% respectivamente). En contraste, la relación de carga

1 La contribución de la producción de café al sector agrícola es de aproximadamente 13% (BCN, 2002).

ambiental (RCA) y la RCA ajustadas se incrementaron en cada fase de procesamiento, el café en uva obtuvo los menores valores(7.6 y 3.8 respectivamente), y el café instantáneo los mayores valores (34.7 y 6.9 respectivamente).

Tabla 1. Análisis de emergía de los sistemas de producción y procesamiento del café en Nicaragua

Nota		Item	Flujo anual [i]	Transformidad [ii]	Emergía solar [iii]
a) Producción convencional de café					
R_1	1	Radiación solar, J	1.64E+13	1	16
	2	Viento, energía cinética, J	1.22E+11	2.51E+03	307
	3	Lluvia, energía química, J	2.47E+10	3.06E+04	756
	4	Lluvia, energía geopotencial, J	3.83E+08	1.76E+04	7
F_1	5	Combustibles y lubricantes, J	5,49E+08	1.11E+05	61
G_1	6	Nitrógeno, g	1.62E+04	6.62E+09	108
	7	Fósforo, g	4.06E+04	9.35E+09	380
	8	Potasio, g	1.35E+04	9.32E+08	13
	9	Urea, g	1.93E+05	6.62E+09	1 281
	10	Pesticidas y fungicidas, J	4.25E+07	9.42E+04	4
	11	Agua, J	2,88E+07	8.06E+04	2
	12	Semillas, J	2.48E+06	5.85E+04	<1
	13	Maquinaria y equipos, g	2.61E+03	6.89E+09	18
	14	Edificios, madera, J	1.66E+07	8.19E+03	<1
	15	Edificios, concreto, g	7.31E+04	2.42E+09	177
	16	Edificios, vidrio, g	6.01E+01	2.69E+09	<1
	17	Edificios, hierro y acero, g	1.54E+01	4.45E+09	<1
L_1	18	Mano de obra, USD	8.28E+01	2.25E+13	1 860
S_1	19	Combustibles y lubricantes, USD	9.43E+00	2.25E+13	212
	20	Químicos (notas 6-10), USD	8.64E+00	2.25E+13	194
	21	Agua, USD	2.18 E+00	2.25E+13	49
	22	Semillas, USD	2.01E+00	2.25E+13	45
	23	Maquinaria y equipos, USD	2.22E+01	2.25E+13	498
	24	Edificios, USD	8.24E+00	2.25E+13	185
	25	Transporte de cosecha, USD	2.33E+01	2.25E+13	524
	26	Asistencia técnica, USD	6.27E–01	2.25E+13	14
	27	Mantenimiento y reparación, USD	6.70E+00	2.25E+13	151
Y_1	**28**	**Café uva, J**	**1.95E+10**	**3.35E+05**	**6 531**
b) Beneficiado húmedo					
R_2	29	Agua, J	1.74E+06	8.06E+04	<1
F_2	30	Electricidad, J	1.03E+08	2.92E+05	30
G_2	31	Maquinaria y equipos, g	1.33E+03	1.13E+10	15
	32	Edificios, concreto, g	1.63E+04	2.42E+09	40
	33	Edificios, láminas de acero, g	1.49E+03	2.99E+09	4
L_2	34	Mano de obra, USD	1.49E+01	2.65E+13	396
S_2	35	Electricidad, USD	2.80E+00	2.65E+13	74
	36	Maquinaria y equipos, USD	8.03E-01	2.65E+13	21
	37	Edificios, USD	3.32E+00	2.65E+13	88
Y_2	**38**	**Café verde (oro), J**	**4.06E+09**	**1.77E+06**	**7 200**
c) Café molido					
F_3	39	Gasolina y diesel, J	1.64E+09	1.11E+05	181
	40	Electricidad, J	9.46E+08	2.92E+05	276
G_3	41	Agua, J	1.41E+07	8.06E+04	1
	42	Maquinaria y equipos, g	5.84E+01	1.13E+10	1
	43	Edificios, concreto, g	2.25E+03	2.42E+09	5

	44	Edificios, láminas de acero, g	4.47E+02	2.99E+09	1
L_3	45	Mano de obra, USD	1.70E+02	2.65E+13	4 519
S_3	46	Electricidad, USD	2.31E+01	2.65E+13	613
	47	Agua, USD	2.38E+00	2.65E+13	63
	48	Maquinaria y equipos, USD	7.60E-01	2.65E+13	20
	49	Edificios, USD	1.34E+00	2.65E+13	36
Y_3	**50**	**Café molido, J**	**3.55E+09**	**3.64E+06**	**12 918**
d) Café instantáneo					
F_4	51	Combustibles comprados, J	6.34E+08	1.11E+05	70
	52	Electricidad, J	3.67E+08	2.92E+05	107
G_4	53	Agua, J	5.48E+06	8.06E+04	<1
	54	Maquinaria y equipos, g	6.62E+01	1.13E+10	1
	55	Edificios, concreto, g	8.72E+02	2.42E+09	2
	56	Edificios, láminas de acero, g	1.73E+02	2.99E+09	1
L_4	57	Mano de obra, USD	2.55E+01	2.65E+13	676
S_4	58	Electricidad, USD	1.09E+01	2.65E+13	290
	59	Agua, USD	1.13E+00	2.65E+13	30
	60	Maquinaria y equipos, USD	6.27E-01	2.65E+13	17
	61	Edificios, USD	3.47E-01	2.65E+13	9
Y_4	**62**	**Café instantáneo, J**	**1.09E+09**	**1.29E+07**	**14 121**

[i] Flujo anual en J, g, o USD/ton, [ii] sej/unidad, [iii] E+12 sej/ton/año. Notas en Apéndice 1.

Tabla 2. Resumen de los índices de emergía de % de renovables (%Ren), %Ren ajustados, relación de carga ambiental (RCA), y RC A ajustados para las diferentes alternativas de café.

Alternativas de café	% Ren [1]	%Ren Ajustado [2]	RCA [3]	ELR Ajustado [4]
Café en uva [i]	11.6	20.7	7.6	3.8
Café verde (oro) [i]	10.5	19.5	8.5	4.1
Café molido [ii]	5.9	13.6	16.1	6.3
Café instantáneo ii)	5.4	12.7	34.7	6.9

[1] % de Renovables (R/Y), [2] %Ren ajustado = R/[R+F+G+(porción no-renovable de L+S)], [3] Relación de carga ambiental (F+G+L+S)/R, [4] RCA ajustada = [F+G+ (porción no-renovable de L+S)]/R, [i] Mercado local, [ii] Mercado internacional.

Beneficio en emergía para Nicaragua con la venta de café. La Tabla 3 muestra el precio en USD t^{-1} recibidos por el café y la relacion de intercambio de emergia (RIE) en el comercio con diferentes países y el precio justo calculado.

En el mercado local, el mayor precio se paga por el café verde (oro) (317 USD t^{-1}) y el menor precio por el café en uva (146 USD t^{-1}). En el mercado internacional, el mayor precio promedio es pagado por el café instantáneo(7 826 USD t^{-1}), y el precio más bajo por el café verde(1 499 USD t^{-1}). Cuando comparamos países individualmente, los precios recibidos varían entre países y por la calidad. Suecia pago el precio más bajo por el café verde(1 371 USD t^{-1}), mientras Dinamarca pagó el precio más alto por la misma calidad (2 845 USD t^{-1}). Para café instantáneo, Alemania pagó el precio más bajo(4 000 USD t^{-1}),, mientras que los Estados Unidos pagaron el precio más alto (8 512 USD t^{-1}).

Hay una clara tendencia a la disminución en la ventaja en emergía para el comprador a medida que el café lleva más procesamiento. En el mercado local, el café en uva tiene la ventaja más alta para el comprador (1.99), y el café verde la menor (1.01). En el mercado internacional, la ventaja más alta fue obtenida por los compradores de café verde (1.90), y la más baja por los compradores de café instantáneo (0.48). De las diferentes naciones estudiadas, Suiza fue la nación con la mayor ganancia en la compra de café verde (3.08), mientras que Austria y Dinamarca en realidad mostraron una desventaja (0.73 y 0.90 respectivamente). Alemania

Tabla 3. Precio recibido, relación de intercambio de emergía y precio justo calculados para la producción, procesamiento y exportación de café

Alternativa de café	Precio (USD t^{-1}) [1)]	RIE [2)]	Precio justo (USD t^{-1}) [3)]
Mercado local			
Café en uva	146	1.99	209
Café verde	317	1.01	321
Mercado internacional			
Café verde [i)]	1499	1.90	2 845
Australia	2165	0.73	1 581
Dinamarca	2845	0.90	2 566
Italia	1529	1.92	2 935
Suecia	1371	2.17	2 976
Suiza	1987	3.08	6 123
Estados Unidos	1453	2.78	4 043
Café molido [ii)]	4580	0.90	4 105
Café instantáneo [iii)]	7826	0.48	3 752
Costa Rica	7459	0.23	1 740
Alemania	4000	2.88	11 514
Guatemala	8409	0.43	3 592
Estados Unidos	8512	0.93	7 929

Notas a la Tabla 3. [1)] Precio en USD t^{-1} tomados de CETREX (2003) y FAOSTAT (2003). [2)] RIE = relación de intercambio de emergía por el precio recibido = emergía en el producto/(precio en USD • relación emergía/USD por país); [3)] Precio justo en USD t^{-1} = relación de intercambio de emergía por el precio real recibido • precio real en USD t^{-1}; [i)] Precio promedio recibido, RED usada es un promedio de la RED de los países que compran café verde en la muestra (1.51E+12 sej/USD), [ii)] Precio promedio recibido, RED usada es un promedio de los países que compran café verde e instantáneo en la muestra (1.87E+12 sej/USD),[iii)] Precio promedio recibido, RED usada es un promedio de los países que compran café instantáneo en la muestra (2.24E+12 sej/USD).

fue el país con la más alta ganancia en la compra de café instantáneo (2.88), mientras por otro lado, Costa Rica, Guatemala y Estados Unidos mostraron desventajas (0.23, 0.43 y 0.93 respectivamente).

DISCUSIÓN

Indices de emergía para la producción, procesamiento y exportación de café. Como se esperaba, la transformación del café en uva a café molido y café instantáneo es una actividad muy intensa, requiriendo de grandes insumos. La intensidad del proceso se demostró por medio de las transformidades y el alto valor de RCA obtenido de dichas fases. Estos valores fueron causados por el uso de una gran cantidad de insumos provenientes de la economía, comparados con los escasos insumos renovables desde dentro del sistema. Dichos valores oscilaron desde 5.9% para café molido hasta 5.4% para café instantáneo. Esto indica que los sistemas de procesamiento del café tienen un grado muy bajo de sostenibilidad a largo plazo, ya que una gran porción de sus insumos deriva de fuentes no renovables.

Pero, cuando consideramos que la mano de obra y servicios tienen una alta porción de emergía renovable (%Ren ajustado), los resultados fueron de 2.4 a 2.8 veces mayores que con %Ren. Para la RCA, los valores ajustados fueron entre 1/5 a 1/2 those of the normal way to calculate ELR. Esto se debe a que la forma normal de calcular %Ren y RCA supone que la mano de obra y servicios son no-renovables, mientras en el caso de Nicaragua se ha calculado por Cuadra & Rydberg (2000) que 77% del uso total de emergía proviene de fuentes renovables, la cual incluye mano de obra y servicios.

Sin embargo, el cálculo de estos índice depende

de cómo debían ser interpretados y comprendidos. Por ejemplo, si la RCA se mira como un indicador de la cantidad de presión o carga que un proceso de producción ejerce sobre el ambiente local indistintamente de su origen, entonces no se necesita del ajuste. Es también importante dejar claro que un alto índice de RCA no necesariamente indica un estrés o carga que conlleva a una degradación ambiental. Una alta RCA indica la distancia del sistema del estado de equilibrio ambiental, y una alta dependencia externa o un alto grado de soporte externo. El sistema puede ser dependiente de fuentes externas que no causan daño ambiental. El sistema se vuelve no-sostenible debido a los insumos si es que éstos no perduran.

La RIE muestra que se dieron beneficios para los compradores de café en uva y café verde (Tabla 3). Sin embargo, un producto más procesado disminuyó el beneficio en emergía para el comprador, situación que resultó en beneficios para Nicaragua. Los economistas y hombres de negocio que aseguran que la venta de productos más procesados y con valor agregado resulta en un aumento de beneficios y ganancias para la economía del país (La Prensa, 2003) tienen razón, y la evaluación en emergía demuestra que el procesamiento es ventajoso para la economía.

Los índices de RED y relación exportaciones-importaciones son indicadores del balance en el comercio a nivel nacional. De acuerdo a Cuadra & Rydberg (2000), la RED para Nicaragua fue de 15.8 E+12 sej/USD y la relación exportaciones: importaciones fue de 2:1. Estos resultados muestran un desbalance en el comercio, el cual no es favorable para Nicaragua. En promedio, la nación está exportando dos veces la emergía que importa. Si el valor de la relación exportaciones:importaciones es mayor que la RIE para el café, entonces la exportación de café mejora el desbalance. Por otro lado, si la RIE para el café es mayor que la relación exportaciones:importaciones, entonces la exportación de café deteriora aún más el desbalance y deberá ser descontinuada.

En la Tabla 3 presentamos la RIE en las exportaciones de café verde (oro), molido e instantáneo. Los valores de RIE para el café verde, molido e instantáneo son menores que la relación exportaciones: importaciones de Nicaragua (relación exportaciones: importaciones = 2.14 to 1, en Cuadra & Rydberg, 2000). Esto quiere decir que en promedio, las exportaciones de café verde, molido y soluble son ventajosas para Nicaragua y deben de continuarse, ya que la exportación de café mejora el desbalance en el comercio para Nicaragua. Dejar de producir y exportar café solamente deterioraría aún más el desbalance en emergía.

Pero, si analizamos individualmente los países, la RIE para café verde vendido a Suecia, Suiza y los Estados Unidos; y para café instantáneo vendido a Alemania son mayores que la relación exportaciones: importaciones (Tabla 3). Esto quiere decir que el comercio con estos países debe evaluarse más cuidadosamente, ya que estas naciones parecen tener la mayor ventaja en términos de emergía cuando realizan comercio con Nicaragua. Entonces, ¿cuáles son las opciones para el café nicaragüense? Hay algunas opciones posibles que pueden discutirse aquí. Una primera opción sería incrementar el precio del café exportado. Esta sería la manera más fácil y directa de aumentar la RIE para Nicaragua. Sin embargo, esto no parece posible, ya que Nicaragua sola no determina el precio del café. Una segunda opción sería disminuir el uso de la mano de obra, la cual es la principal fuente de emergía, y aumentar el uso de fertilizantes y maquinarias para incrementar la productividad. Esto resultaría en una RIE más favorable. Sin embargo, esta opción seguramente resultaría en un aumento en el desempleo y problemas sociales. Otra opción sería comerciar solamente con países con una RED similares a la de Nicaragua. Esto es algo que Nicaragua podría hacer, fortalecer la colaboración con otros países que también tienen economías menos desarrolladas, con el objetivo de desarrollarse juntas.

Pensamos que lo mejor sería una combinación de diferentes opciones, por ejemplo, aumentar el precio del café con la producción de un café ecológico de alta calidad. El café de alta calidad usa más mano de obra, menos pesticidas y fertilizantes. Esto se traduce en menor desempleo e impactos sobre el medio ambiente. Al mismo tiempo, Nicaragua podría desarrollar una política para favorecer el comercio con economías menos desarrolladas, y de esta forma benefiar tanto al vendedor como al comprador. En el caso de las exportaciones de café verde, molido e instantáneo, la mejor opción parecer ser la de mantener dichas exportaciones, especialmente la venta a otros países centroamericanos, y a países con una RED similar a la de Nicaragua. Sin embargo, debemos tomar en consideración que Nicaragua necesita también comprar insumos tales petróleo y medicinas que son cruciales para su desarrollo y el bienestar de su gente.

En el escenario deseable de comercio en emergía, encontramos que el precio justo para café varió entre 291 USD/ton para café uva en Nicaragua a 11 514 USD/ton para café soluble vendido a Alemania. Esto quiere decir que el precio justo a ser pagado varió entre 0.23 a 3.08 veces el precio real pagado.

El comercio del café mejora el promedio de RIE para Nicaragua. La pregunta es entonces cómo

mejorar aún más esta relación RIE para Nicaragua. Cualquier refinamiento de materias primas puede mejorar la RIE. La RIE puede también cambiarse en favor de Nicaragua por medio de la importación de insumos con un alto emprecio. Estudios anteriores han indicado que materias primas tales como el petróleo, otros minerales y productos rurales forestales, agrícolas y de la pesca, generalmente tienden a tener una alta relación de intercambio de emergía (Doherty and Brown, 1991; Odum and Arding, 1991). La emergía por dólar o emprecio proporciona una forma de calcular los términos del comercio sobre la base de cada bien o commodity (Brown, 2003) y representa cuánta emergía se recibe por cada dólar gastado.

El petróleo y el papel son ejemplo de dos productos que podrían ser un beneficio en emergía cuando Nicaragua los compra. Encontramos que el emprecio para petróleo fue de 26 E+12 sej/USD y para los productos de papel fue de 9.7 E+12 sej/USD[2]. Estos son insumos que se considera tienen un alto emprecio, pero que aún así, no generan un flujo de emergía neta para Nicaragua cuando ésta los compra. Con una RED de 26.5 E+12 sej/USD para Nicaragua, la RIE es uno para el petróleo, lo cual quiere decir que la salida de emergía igual a la entrada. La RIE para el papel es 0.37, lo cual indica una pérdida sustancial de emergía para Nicaragua en su compra.

Sin ser demasiado radicales, podríamos anticipar que el precio del petróleo aumentará en el futuro. Si en promedio, el comercio con otras naciones es una pérdida de emergía, ¿qué estrategia debería desarrollar Nicaragua? Pensamos que una estrategia es continuar produciendo y vendiendo café refinado. La ganancia en emergía de las exportaciones de café refinado mejoraría el desarrollo interno y la riqueza en Nicaragua. Sin embargo, esta solución depende fuertemente de la demanda de este producto en particular, y no está claro que necesariamente conllevaría a un mejor nivel de vida. Esto depende del uso que se le da a la tierra y de cuál es la demanda local para los diferentes productos. De acuerdo a un concepto económico, el comercio puede aumentar la productividad global si cada nación suministra al mercado lo que tiene de especial. Podemos estar de acuerdo con esto, si esto quiere decir que una nación no le quita a otra su base de emergía. Además la ganancia en emergía proveniente del comercio debería exceder la emergía requerida para los arreglos en el comercio y el transporte necesarios. Sería una gran pérdida no usar la información de una evaluación de emergía para intentar desarrollar un uso más sostenible y una distribución más equitativa de recursos tanto a nivel local como global.

2 Los datos para energía en petróleo tomados de Odum (1996) y para productos de papel de Doherty *et al.,* (2002). Transformidades para petróleo (66 000 sej/litro) de Odum (1996) y para productos de papel (112 854 sej/J) de Doherty *et al.,* (2002, p. 88) y actualizados con la nueva base global; Precio por un barril de petróleo al 31-12-2000, (La Prensa, 2000) y precio para papel de Junio, 2001, de FOEX (2004), precio para papel STD Newsprint 30 lb.

CONCLUSIONES

En general, el comercio de café refinado resulta en un cambio positivo en favor de Nicaragua. Los socios comerciales también hacen una diferencia. En particular, podemos decir que es importante comerciar con países con un relación emergía dinero similares a la de Nicaragua. Los rubros a comerciar también hacen la diferencia y hemos usado el caso del café como un ejemplo.

Finalmente, pensamos que el análisis de emergía podría ser una herramienta poderosa para evaluar el comercio, a como lo demostró este estudio, y proponemos el uso de la relación de intercambio de emergía como una medida estándard del comercio de bienes y servicios. Este tipo de información será necesaria si queremos alcanzar justicia en el comercio. Tiene también implicaciones sobre el proceso de desarrollo sostenible, ya que proporciona información importante sobre los requerimientos ambientales para los procesos de producción.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud a la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (Swedish International Development Cooperation Agency-Sida) a través de su Departamento para la Cooperación en Investigación (SAREC) por proveer de fondos para el apoyo financiero del programa de cooperación 'UNA-SLU PhD Program', el cual financió este estudio. También agradecemos a la Fundación Ekhaga por su apoyo financiero. En particular queremos agradecer al Dr. Lars Ohlander y a la Dra. Johanna Björklund de SLU, y a dos críticos anónimos por valiosos comentarios sobre el manuscrito. Los autores expresan su gratitud a todos los individuos y compañías que nos suministraron datos para los análisis de emergía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILAR, V., 2001. Selective Weed and Ground Cover Management in a Coffee Plantation with Shade Trees in Nicaragua. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 269. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden.

ANDERSSON, J.O., LINDROTH, M., 2001. Ecologically unsustainable trade. Analysis. Ecological Economics 37, 113-122.

BCN, 2002. Banco Central de Nicaragua. Informe Anual 2002, (http://www.bcn.gob.ni).

BRANDT–WILLIAMS, S. 2001. Handbook of Emergy Evaluation. A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Folio # 4. Emergy of Florida agriculture. Centre for environmental policy. Environmental engineering sciences, University of Florida, Gainesville.

BROWN, M.T., 2003. Resource imperialism: Emergy perspectives on sustainability, international trade, and balancing the welfare of nations. In: Advances in Energy Studies. Reconsidering the Importance of Energy. Third Biennial International Workshop, Ulgiati, S., Brown, M.T., Giampietro, M., Herendeen, R.A., Mayumi, K. (Eds.), Porto Venere, Italy. p. 135-149 (September 24/28 2002).

BROWN, M.T., HERENDEEN, R.A., 1996. Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view. Ecological Economics 19, 219-235.

BROWN, M.T., MCCLANAHAN, T.R., 1996. EMERGY analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals. Ecological Modelling 91, 105-130.

BROWN, M.T., ULGIATI, S., 1997. Emergy - based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. Ecological Engineering 9, 51 - 69.

BROWN, M.T., BRANDT-WILLIAMS, S., TILLEY, D., ULGIATI, S., 2000. Emergy synthesis: An introduction. In: Emergy Synthesis. Theory and Applications of the Emergy Methodology. Brown, M.T. (Ed.), The Centre for Environmental Policy, University of Florida, FL, pp. 289-301.

BROWN, M.T., FERREYRA, C., BARDI, E., 2003. Emergy evaluation of a common market economy: MERCOSUR Sustainability. In: Emergy Synthesis 2: Theory and Applications of the Emergy Methodology. Brown, M.T. (Ed.), Proceedings from the Second Biennial Emergy Analysis Research Conference. Gainesville, FL, (September, 2001).

BURANAKARN, V., 1998. Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emergy Analysis Method. Ph.D. Dissertation. Department of Architecture, University of Florida, Gainesville, FL. p. 257.

CETREX, 2003. Centro para el trámite de las exportaciones. Managua, Nicaragua. e-mail address: ven-cafe@cetrex.com.ni

CETREX, 2004. Centro para el trámite de las exportaciones. Managua, Nicaragua. (http://www.cetrex.com.ni/, Accessed May 2004).

CUADRA, M., RYDBERG, T., 2000. Emergy evaluation of the environment and economy of Nicaragua. In: Emergy Synthesis. Theory and Applications of the Emergy Methodology. Brown, M.T. (Ed.), Proceedings of the first biennial emergy analysis research conference, Gainesville, Florida, September, 1999. The Centre for Environmental Policy, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL.

DE MARCO JR, P., AND MONTEIRO COELHO, F. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*. 13: 1245–1255.

DOHERTY, S. J., 1995. Emergy Evaluation of and Limits to Forest Production. Ph.D. Dissertation. Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL.

DOHERTY, S.J., BROWN, M.T. (Eds.), 1991. Emergy Synthesis Perspectives, Sustainable Development, and Public Policy Options for Papua New Guinea. Final Report to The Cousteau Society. Centre for Wetlands, University of Florida, Gainesville, FL. CFW #93-06.

DOHERTY, S. J., NILSSON, P.O., ODUM, H.T., 2002. Emergy Evaluation of Forest Production and Industries in Sweden. Department of Bioenergy, Uppsala, Sweden, Report No. 1. ISSN 1651–0720.

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H., 1979. Yield response to water. FAO irrigation and drainage. Paper No. 33. FAO, Rome.

FAOSTAT, 2003. FAO Statistical web database (http://faostat.fao.org/default.jsp, Accessed on 05/12/03).

FOEX, 2004. FOEX Indexes, Ltd. (http://www.foex.fi, Accessed on 02/12/04)

GREEN, R. R., CORNELL, S. J. SCHARLEMANN. J. P. W., AND BALMFORD, A. 2005. Farming and the fate of wild nature. *Science.* Vol. 307. 28 January 2005. p. 550-555

INETER, 1999. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Departamento de Meteorología, Managua, Nicaragua.

ISO 1928, 1995. Solid mineral fuels. Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method, and calculation of net calorific value. International Organization for Standardization.

ITDG, 2003. Technical Brief. Small – Scale Coffee Processing. Intermediate Technology Development Group. 9 pp. (http://www.itdg.org, accessed December, 2003).

LAGERBERG, C., DOHERTY, S.J., NILSSON, P.O., 1999. Evaluation of the resource efficiency and sustainability of the Swedish economy using emergy – based indices. In: Emergy Analysis of the Resource Use in Greenhouse Crop Production and of the Resource Basis of the Swedish Economy. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria 191. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp, Sweden.

LA PRENSA, 2000. Indicadores económicos. Newspaper. La Prensa on line, Edición 22238, 31/12/2000, (http://www.laprensa.com.ni/archivo/2000/diciembre/31/ indicadores/, Accessed 29/11/04). In Spanish.

LA PRENSA, 2003. Rector del INCAE confía en el CAFTA. La Prensa on line, Edición 23016, 28/02/2003, (http://www-usa.laprensa.com.ni/archivo/2003/febrero/28/ economia/economia-20030228-06.html, Accessed 20/11/04). In Spanish.

LEFROY, E., RYDBERG, T., 2003. Emergy evaluation of three cropping systems in south-western Australia. Ecological Modelling 161, 195-211.

LUNDSTRÖM, L., OLSSON, S., 2002. Emergy analysis of coffee producing systems: two case studies in Nicaragua. Minor Field Studies, 186. Swedish University of Agricultural Sciences, International Office, Uppsala, Sweden. 25 pp.

MAG, 1998. Estudio de la cadena agroindustrial del café. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General de Información y apoyo al Productor (DGIAP). Managua, Nicaragua. 183 p. In Spanish.

MATSON, P. A. PARTON, W. J. POWER, A. G. SWIFT, M J. 1995. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science.* Vol. 277. 25 July 1997. p. 504-509.

ODUM, H.T., 1988. Self-organization, Transformity, and Information. Science 242, 1132-1139.

ODUM, H.T., 1996. Environmental Accounting: EMERGY and Environmental Decision-making. John Wiley & Sons, Inc. USA. 370 p.

ODUM, H.T., ARDING, J.E., 1991. Emergy analysis of shrimp mariculture in Ecuador. Working Paper. Coastal Resources Center, University of Rhode Island. Narragansett, RI. 114 pp.

ODUM, H.T., ODUM, E.C., 1983. Energy Analysis Overview of Nations: Concepts and Methods. Working paper. International Institute of Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria. 468 pp.

ODUM, H.T., ODUM, E.C., 2001. A Prosperous Way Down. - Principles and Policies. University Press of Colorado. 326 pp.

ODUM, H.T., WANG, F., ALEXANDER, J.F., GILLILAND, M., MILLER, M., SENDZIMIR, J., 1987. Energy Analysis of Environmental Value. Center for Wetlands, University of Florida. Publication # 78-17.

ODUM, H.T., BROWN, M.T., BRANDT-WILLIAMS, S., 2000a. Handbook of Emergy Evaluation. Folio # 1. Introduction and global budget. Center for Environmental Policy. Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville, FL. 16 pp.

ODUM, H.T., DOHERTY, S.J., SCATENA, F.N., KHARECHA, P.A., 2000b. Emergy evaluation of reforestation alternatives in Puerto Rico. Forest Science 46(4), 521-530.

PANDOY, A., SOCCOL, C.R., NIGAM, P., BRAND, D., MOHAN, R., ROUSSOS, S., 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal 6, 153–162.

RENARD, M.C., 1993. La Comercialización Internacional del Café. Primera Edición. Universidad Autónoma Chapingo, Mexico. 90 pp.

RICKETTS, T. H., DAILY, G. C., EHRLICH, P. R., AND MICHENER, C. D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* August 24, 2004. Vol. 101, no. 34 : 12579-12582

RIVAS, D., 1993. Factors Affecting Soil Erosion in Maize (*Zea mays* L.) and Pineapple (*Ananas comosus* L.) Stands in Ticuantepe, Nicaragua. A preliminary evaluation of the Universal Soil Loss Equation using data from erosion plots. M.Sc. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Soil Sciences, Uppsala, Sweden. 71 pp.

ROBLETO, D., 2000. El café en Nicaragua: un desafío para el futuro. Publicaciones & Servicios Nicaragua fácil, Managua, Nicaragua. 157 pp. In Spanish.

ROMO, J., ARTEAGA, R., 1989. Meteorología agrícola. Departamento de irrigación, Universidad Autónoma Chapingo, México. In Spanish.

RYDBERG, T., 2003. Det gäller at få valuta för pengarna – men hur rättvisa är resursflödena? In: Forskningsnytt on økologisk landbruk i Norden. No. 3. Lund, V., (Ed.), Vihals, Norway. In Swedish.

RYDBERG, T., JANSÉN, J., 2002. Comparison of horse and tractor traction using emergy analysis. Ecological Engineering 19, 13-28.

RYDBERG, T., HADEN, A., 2003. Emergy evaluation of Denmark and Danish agriculture: Assessing the potential for agricultural systems to power society. Submitted to Population and Environment.

SALINAS, I., RODRÍGUEZ, J., 1998. La evapotranspiración potencial en Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria – INTA, Managua, Nicaragua. In Spanish.

SENSER, F., SCHERZ, H., 1991. Tablas de composición de alimentos. El pequeño "Souci–Fachmann–Kraut". Compiled by Friedrich Senser and Heimo Scherz. 2nd Edition of the Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Garching bei München. In Spanish. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 430 pp.

TILLEY, D., 1999. Emergy Basis of Forest Systems. Ph.D. Dissertation. University of Florida, FL. 296 pp.

ULGIATI, S., ODUM, H.T., BASTIANONI, S., 1994. Emergy use, environmental loading and sustainability. An Emergy analysis of Italy. Ecological Modelling 73, 215 – 268.

ULGIATI, S., BROWN, M.T., BASTIANONI, S., MARCHETTINI, N., 1995. Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources. Ecological Engineering 5, 519-531.

UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS, 2004. Lowell Photovoltaic Program. International solar irradiation database, version 1.0. Monthly solar irradiation. Data for Managua. (http://energy.caeds.eng.uml.edu/solbase.html, Accessed 16/10/04).

Apéndice 1. Notas a la Tabla 1.

Producción de café

1. ENERGIA SOLAR: Area = 8.08E+04 m^2. Insolación = 5.43 kWh/m^2/día (University of Massachusetts, 2004). Ciclo del cultivo = 365 días. Albedo del cultivo = 0.225 (Romo & Arteaga, 1989). Energía (J) = (area) * (promedio de insolación/día en kWh, m^2) * (días) * (1–albedo) (3.6E+06 J/kWh) = Energía (J) = 4.47 E+14 J/año = **1.64 E+13 J/ton/año.** Transformidad = 1 por definición. Odum (1996).

2. ENERGIA DEL VIENTO: Velocidad superficial del viento = 2.6 m/s (INETER, 1999). Area = 8.08E+04 m^2. Fórmula para la energía en el viento tomada de Tilley (1999) = Energía del viento absorbida en cada intervalo de altura, J/m^3 = E, E = [(velocidad en el intervalo superior, m/s)^2 – (velocidad en el intervalo inferior, m/s)^2] • (1.23 kg/m^3 / 2). Intercambio de aire (volumen) = (velocidad del viento en el nivel superior – velocidad del viento en el nivel inferior) * área superficial * segundos por año. Energía promedio anual absorbida dentro de cada intervalo de altura en J/año = (E, J/m^3) • (diferencia de velocidad en el intervalo, m/s) • (área superficial, m^2) • (3.154 E+07 segundos/año). Ciclo del cultivo = 365 días. Energía = 3.33 E+12 J/año = **1.22 E+11 J/ton/año.** Transformidad tomada de Odum (1996).

3. ENERGIA QUIMICA POTENCIAL EN LA LLUVIA: Area = 8.08E+04 m^2. ETP (Evapotranspiración potencial) = 1.88 m/año (Salinas & Rodríguez, 1998). Kc (coeficiente del cultivo) = 0.9 (para café, Doorenbos & Kassam, 1979). Ciclo del cultivo = 365 días. ET del cultivo = ETP * Kc = 1.69 m/año. Energía = (área) * (ET del cultivo) *(Energía libre de Gibbs en el agua de lluvia, 4.94 E+03 J/kg) (1000) = 6.75 E+11 J/año = **2.47E+10 J/ton/año.** Transformidad tomada de Odum (1996). Para evitar el doble conteo de los renovables, solamente tomamos el flujo de energía química en la lluvia, el cual representa el mayor flujo de emergía. Este flujo representa la contribución global de emergía renovable para la producción de café.

4. ENERGIA GEOPOTENCIAL EN LA LLUVIA: Area = 8.08E+04 m^2. Elevación promedio = 4.55E+02 m (Aguilar, 2001). Escorrentía = 2.90E-02 m/año (Rivas, 1993). Energía (J) = (área) (escorrentía) (elevación promedio) (gravedad) = (8.08E+04 m^2) (2.90E-02 m) (1000 kg/m^3) (4.55E+02 m) (9.8 m/s^2) (Brown & McClanahan, 1996) = 1.04E+10 J/año = **3.83 E+08 J/ton/año.** Transformidad tomada de Odum (1996).

5. COMBUSTIBLES & LUBRICANTES: Consumo total = 46.68 l/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001). Energy por litro = 3.95E+07 J/l. Energía (J) = (46.68 l) * (3.95 E+07 J/l) = 1.85E+09 J/ha/año = **5.49E+08 J/ton/año.** Transformidad tomada de Odum & Odum (1983), pp. 394, sin servicios.

6. FERTILIZANTE NITROGENADO: Consumo = 5.49E+01 kg/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001) = 5.49E+04 g/ha/año = **1.62 E+04 g/ton/año.** Transformidad tomada de Odum & Odum (1983), pp. 453, sin servicios.

7. FOSFORO: Consumo = 1.37E+02 kg/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001) = 1.37E+05 g/ha/año = **4.06 E+04 g/ton/año.** Transformidad tomada de Brandt-Williams (2001), tabla 22, sin servicios.

8. POTASIO: Consumo = 4.57E+01 kg/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001) = 4.57E+04 g/ha/año = **1.35 E+04 g/ton/año.** Transformidad tomada de Odum & Odum (1983), pp. 447, sin servicios.

9. UREA: Consumo = 6.53E+02 kg/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001) = 6.53E+05 g/ha/año = **1.93 E+05 g/ton/año.** Transformidad tomada de Odum & Odum (1983), pp. 453, sin servicios.

10. PESTICIDAS & FUNGICIDAS: Consumo de líquidos = 8.54E-01 l/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001). Energía por litro = 3.95E+07 J/l (Odum, 1996). Energía (J) = (8.54 E-01 litros) * (3.95E+07 J/l) = 3.37 E+07 J/ha/año. Consumo de sólidos = 1.96 E+00 kg/ha/año. Energía (J) = (1.96E+00 kg) * (5.6 E+07 J/kg) = 1.10E+08 J/ha/año. Energía total = 1.43E+08 J/ha/año = **4.25 E+07 J/ton/año.** Transformidad para productos refinados de petróleo tomada de Odum (1996), sin servicios.

11. AGUA: Consumo = 19.72 m^3/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001). Energía (J) = (19.72 m^3/año) * (1000 kg/m^3) * (4940 J/kg, Energía libre de Gibbs en el agua de lluvia) = 9.74E+07 J/ha/año = **2.88 E+07 J/ton/año.** Transformidad para flujo de agua fresca tomada de Odum (1996), pp. 120, sin servicios.

12. SEMILLAS: Consumo = 0.67 kg/ha/año (Conrado A.,

comunicación personal, 2001). Energía (J) = (0.67 kg) * (3.0E+3 kcal/kg) * (4186 J/kcal) = 8.39E+06 J/ha/año = **2.48 E+06 J/ton/año.** Transformidad para semillas tomada de Odum & Odum (1983), p. 414, sin servicios.

13. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Peso = 8.83E+00 kg/ha/año. Masa = 8.83E+03 g/ha/año = **2.61 E+03 g/ton/año.** Transformidad tomada de Buranakarn (1998), p. 142, sin servicios.

14. EDIFICACIONES, MADERA = 7.43E-03 m^3/ha/año. Energía (J) = (0.007 m^3) (5.0 E + 05 g/m^3) (3.6 kcal/g) (4186 J/kcal) (Brown & McClanahan, 1996) = 5.60 E+07 J/ha/año = **1.66 E +07 J/ton/año.** Transformidad tomada de Doherty *et al* (2002) p. 58, sin servicios.

15. EDIFICACIONES, CONCRETO = 2.47 E + 02 kg/ha/año = 2.47 E+05 g/ha/año = **7.31 E+04 g/ton/año.** Transformidad para concreto mezclado tomada de Buranakarn (1998), p. 142, sin servicios.

16. EDIFICACIONES, VIDRIO = 2.03 E-01 kg/ha/año = 2.03 E + 02 g/ha/año = **6.01 E+01 g/ton/año.** Transformidad para vidrio liso tomada de Buranakarn (1998), p. 143, sin servicios.

17. EDIFICACIONES, LAMINAS DE METAL = 5.20 E – 02 kg/ha/año = 5.20 E+01 g/ha/año = **1.54 E+01 g/ton/año.** Transformidad para acero tomada de Buranakarn (1998), p. 142, sin servicios.

18. MANO DE OBRA: Valor en USD = 2.80E+02 USD/ha/año = **8.28 E+01 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

19. COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES: Valor en USD = 3.19E+01 USD/ha/año = **9.43 E+00 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

20. QUIMICOS (notas 6–10): Valor en USD = 2.92E+01 USD/ha/año = **2.64 E+00 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

21. AGUA: Valor en USD = 7.36 E+00 USD/ha/año = **2.18E+00 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

22. SEMILLAS: Valor en USD = 6.81 E+00 USD/ha/año = **2.01 E+00 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

23. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Valor en USD = 7.50E+01 USD/ha/año = 2.22 E**+01 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

24. EDIFICIOS: Valor en USD = 2.78 E+01 USD/ha/año = **8.24 E+00 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

25. TRANSPORTE DE COSECHA: Valor en USD = 7.88 E+01 USD/ha/año = **2.33 E+01 USD/ton/año.** Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

26. ASISTENCIA TECNICA: Valor en USD = 2.12 E+00 USD/ha/año = **6.27 E-01 USD/ton/año.** Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

27. MANTENIMIENTO Y REPARACIONES: Valor en USD = 2.26 E+01 USD/ha/año = **6.7 E+00 USD/ton/año** (Conrado A., comunicación personal, 2001). Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

28. CAFÉ EN UVA: Producción = 3.38 ton/ha/año peso seco = 3.38 E+03 kg peso seco de café en uva/ha/año (Conrado A., comunicación personal, 2001). Energía (J) = (3.38 E+03 kg) * (1951.3 kJ/100 g, cálculos basados en datos tomados de Pandoy *et al*. (2000) and Senser & Scherz (1991) * (10) = 6.59 E+10 J/ha/año = **1.95 E+10 J/ton/año.** Transformidad para café en uva calculada en este estudio (3.35 E+05 sej/J).

Beneficiado húmedo de café

29. AGUA = Consumo = 1.73E+02 m^3 (Ramírez, A., comunicación personal, 2003). Energía (J) = (1.73E+02 m^3/año) * (1000 kg/m^3) * (4940 J/kg, Energía libre de Gibbs en el agua de lluvia) = 8.53E+08 J/año = 1.74 E +06 J/ton/año. Transformidad para corriente de agua fresca tomada de Odum (1996), pp. 120.

30. ELECTRICIDAD: Uso de electricidad = 1.40E+04 kWh/año (Ramírez, A., comunicación personal, 2003). Energía (J) = (kWh/año) * (3.6 E+06 J/kWh) (Odum, 1996) = 5.04E+10 J/año = 1.03 E + 08 J/ton/año. Transformidad tomada de Odum (1996), pp. 305.

31. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Volumen = 6.49E+05 g/año = 1.33 E+03 g/ton/año. Transformidad tomada de Odum *et al.* (1987). Cálculos completos a la disposición por los autores.

32. EDIFICIOS, CONCRETO = 7.99E+06 g/año = 1.63 E +04 g/ton/año. Transformidad para concreto listo mezclado (convencional) tomada de Buranakarn (1998).

33. EDIFICIOS, LAMINAS DE ACERO = 7.27E+05 g/año = 1.49 E+03 g/ton/año. Transformidad para acero y hierro, tomada de Odum, 1996. p. 186. Cálculos completos a la disposición por los autores.

34. MANO DE OBRA: Valor en USD= 7.30E+03 USD/año (Ramírez, A., comunicación personal, 2003) = 1.49E+01 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

35. ELECTRICIDAD: Valor en USD= 1.37E+03 USD/año (Ramírez, A., comunicación personal, 2003) = 2.80E+00 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

36. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Valor en USD= 3.93E+02 USD/año = 8.03E-01 USD/ton/año. Cálculos completos a la disposición por los autores. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

37. EDIFICIOS: Valor en USD= 1.62E+03 USD/año = 3.32E+00 USD/ton/año. Cálculos completos a la disposición

por los autores. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

38. CAFÉ VERDE (ORO): Producción = 489 ton/año en peso seco = 4.89E+05 kg peso seco/año (Ramírez, A., comunicación personal, 2003). Energía (J) = (4.89E+05 kg/año) * (2.14E+07 J/kg peso seco café verde) = 1.04 E+13 J/año = 4.06 E+09 J/ton/año. Transformidad para café verde calculada en este estudio (1.77 E +06 sej/J).

Producción de café molido

39. GASOLINA & DIESEL: Consumo = 1.44E+04 litros/año. Energía por litro = 3.95E+07 J/l. Energía (J) = (1.44E+04 l/año)*(3.95 J/l) = 2.15E+12 J/año = 1.64 E+09 J/ton/año. Transformidad tomada de Odum (1996) p. 186

40. ELECTRICIDAD: Uso de electricidad = 3.45E+05 kWh/año. Energía (J) = (kWh/yr) * (3.6 E+06 J/kWh) (Odum, 1996) = 1.24E+12 J/año = 9.46 E+08 J/ton/año. Transformidad tomada de Odum (1996) pp. 305.

41. AGUA: Consumo = 3.76E+03 m^3. Energía (J) = (3.76E+03 m^3/año)*(1000 kg/m^3)*(4940 J/kg, Energía libre de Gibbs en agua de lluvia) = 1.86E+10 J/año = 1.41 E+07 J/ton/año. Transformidad para corriente de agua fresca tomada de Odum (1996), pp. 120.

42. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Peso = 7.66E+04 g/año = 5.84E+01 g/ton/año. Transformidad tomada de Odum *et al.* (1987). Cálculos completos a la disposición por los autores.

43. EDIFICIOS, CONCRETO = 2.95E+06 g/año = 2.25 E+03 g/ton/año. Transformidad para concreto mezclado listo (convencional) tomada de Buranakarn (1998).

44. EDIFICIOS, LAMINAS DE ACERO = 5.87E+05 g/año = 4.47 E+02 g/ton/año. Transformidad para hierro y acero tomada de Odum (1996), p. 186.

45. MANO DE OBRA: Valor en USD = 2.24E+05 USD/año = 1.70E+02 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

46. ELECTRICIDAD: Valor en USD = 3.03E+04 USD/año = 2.31E+01 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

47. AGUA: Valor en USD = 3.12E+03 USD/año = 2.38E+00 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

48. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Valor en USD = 9.98E+02 USD/año = 7.60E-01 USD/ton/año. Cálculos completos a la disposición por los autores. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

49. EDIFICIOS: Valor en USD= 1.76E+03 USD/año = 1.34E+00 USD/ha/año. Cálculos completos a la disposición por los autores. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

50. CAFÉ MOLIDO: Producción = 1312.88 ton peso seco/año = 1.31E+06 kg peso seco/año. Energía (J) = (1.31E+06 kg/año) * (2.22E+07 J/kg peso seco café molido) = 2.92 E+13 J/año = 3.55 E+09 J/ton/año. Transformidad para café molido calculada en este estudio (3.64 E + 06 sej/J).

Producción de café instantáneo

51. GASOLINA & DIESEL: Consumo = 2.56E+04 litros/año. Energía por litro = 3.95E+07 J/l. Energía (J) = (2.56E+04 l/año)*(3.95 J/l) = 1.01E+12 J/año = 6.34 E+08 J/ton/año. Transformidad tomada de Odum (1996) p. 186

52. ELECTRICIDAD: Uso de electricidad = 1.62E+05 kWh/año. Energía (J) = (kWh/año)*(3.6 E+06 J/kWh) (Odum, 1996) = 5.84E+11 J/año = 3.67 E+08 J/ton/año. Transformidad tomada de Odum (1996) pp. 305.

53. AGUA: Consumo = 1.77E+03 m^3. Energía (J) = (1.77E+03 m^3/año)*(1000 kg/m^3)*(4940 J/kg, Energía libre de Gibbs en agua de lluvia) = 8.73E+09 J/año = 5.48 E+06 J/ton/año. Transformidad para agua corriente fresca tomada de Odum (1996), pp. 120.

54. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Peso = 1.05E+05 g/año = 6.62E+01 g/ton/año. Transformidad tomada de Odum *et al.* (1987). Cálculos completos a la disposición por los autores.

55. EDIFICIOS, CONCRETO = 1.39E+06 g/año = 8.72 E+02 g/ton/año. Transformidad para concreto mezclado listo (convencional) tomada de Buranakarn (1998).

56. EDIFICIOS, LAMINAS DE ACERO = 2.76E+05 g/año = 1.73 E+02 g/ton/año. Transformidad para hierro y acero tomada de Odum (1996), p. 186.

57. MANO DE OBRA: Valor en USD = 4.05E+04 USD/año = 2.55E+01 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

58. ELECTRICIDAD: Valor en USD = 1.74E+04 USD/año = 1.09E+01 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

59. AGUA = Valor en USD = 1.79E+03 USD/año = 1.13E+00 USD/ton/año. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

60. MAQUINARIA Y EQUIPOS: Valor en USD = 9.98E+02 USD/año = 6.27E-01 USD/ton/año. Cálculos completos a la disposición por los autores. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

61. EDIFICIOS: Valor en USD= 5.53E+02 USD/año = 3.47E-01 USD/ton/año. Cálculos completos a la disposición por los autores. Transformidad tomada de Cuadra & Rydberg (2000).

62. CAFÉ INSTANTANEO: Producción = 1592.3 ton peso seco café soluble/año = 1.59E+06 kg peso seco/año. Energía (J) = (1.59E+06 kg/año) * (1.78E+07 J/kg peso seco café soluble) = 2.83E+13 J/año = 1.09 E+09 J/ton/año. Transformidad para café instantáneo calculada en este estudio (1.29 E + 07 sej/J)