

“Ciencia y Tecnología”, Año 12, N° 3, 2016, 51-65

Sostenibilidad ambiental de dos sistemas de producción de café en Perú: orgánico y convencional

Elena Torres Mamani¹, Raúl Siche Jara²

¹ Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, helenviki4@hotmail.com

² Universidad Nacional de Trujillo, rsiche@unitru.edu.pe.

Recibido: 05-02-2016

Aceptado: 15-08-2016

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la sostenibilidad ambiental de dos sistemas de producción de café en Perú: orgánico y convencional. Se analizaron tres subsistemas: producción, beneficio húmedo y beneficio seco. Los datos fueron obtenidos por medio de visitas a campo y entrevistas, tanto en campo, como en planta. Se utilizó el método Síntesis Emergética para evaluar el desempeño ambiental de éstos dos sistemas, pasando por la cuantificación y análisis de los principales flujos de recursos naturales y económicos y el cálculo e interpretación de indicadores de sostenibilidad. Los principales resultados y conclusiones del estudio fueron: en el sistema de producción de café orgánico se obtuvieron indicadores de sostenibilidad favorables (64,56% de renovabilidad, 2,83 de tasa de eficiencia emergética, 0,55 de tasa de carga ambiental, 0,55 de tasa de inversión emergética y un índice de sostenibilidad emergética de 5,16) que indican que este sistema es sostenible ambientalmente. En el sistema de producción de café convencional se obtuvieron indicadores de sostenibilidad menos favorables (19,12% de renovabilidad, 1,24 de tasa de eficiencia emergética, 4,23 de tasa de carga ambiental, 4,16 de tasa de inversión emergética y un índice de sostenibilidad emergética de 0,29) que indican que este sistema no es sostenible ambientalmente. Estos resultados son importantes ya que permiten concientizar para la toma de decisiones en cómo mejorar los sistemas de producción de café para hacerlos sostenibles y con menor impacto ambiental.

Palabras clave: café orgánico, café convencional, ambiental, sostenibilidad.

ABSTRACT

The objective of this research was to examine the environmental sustainability of two production systems of coffee in Peru: organic and conventional. The analysis was based on three sub-systems: production, wet benefit and dry benefit. The data were obtained by field visits and interviews in fields as well as in plants. The method used was Emerging Synthesis to assess the environmental performance of these two systems through the quantification and analysis of the main flows of natural and economic resources and calculation, interpretation of sustainability indicators. The main results and conclusions from the research were: in the production system of organic coffee, the sustainability indicators were favorable (64,56% of renewability, 2,83 a rate of emerging efficiency, 0,55 rate of environmental charge, 0,55 a rate of emerging inversion and an index of emerging sustainability of 5,16) which shows that this system is environmentally sustainable. In the conventional system of coffee production, the sustainability indicators were less favorable (19,12% of renewability, 1,24 a rate of emerging efficiency, 4,23 rate of environmental charge, 4,16 a rate of emerging inversion and an index of emerging sustainability of 0,29) which shows that this system is not environmentally sustainable. These results are rather important because they let us raise awareness in order to be able to make a decision about the way of improving the production systems of coffee so as to make them sustainable and environmentally friendlier.

Key words: Organic coffee, conventional coffee, environmental sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

Los problemas socioambientales causados por el modelo económico, los sistemas productivos y las tecnologías imperantes no han cesado de agravarse durante los últimos años. Aunque se han hecho importantes progresos en algunos campos, continúan las señales de alarma. Empezamos a conocer los daños que hemos causado en nuestro medio ambiente e intuimos los peligros que se ciernen; pero también desconocemos los procesos irreversibles e imprevistos que plantean ciertas actuaciones y aplicaciones tecnológicas. Ante esta incertidumbre tenemos que replantearnos si debemos pensar en términos de problemas y soluciones, o pensar en prevención para evitar posibles situaciones irreversibles que pueden comprometer nuestra propia supervivencia (Granados, 2010: 57).

Los empresarios deben desarrollar modelos de crecimiento sostenible con una visión a largo plazo en la que sus objetivos prioritarios sean los asuntos sociales y medioambientales, creando así negocios sostenibles (Durán, 2007: 60). El desarrollo sostenible es la integración del crecimiento económico y la protección ambiental para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer el bienestar de las generaciones futuras (Oñate, 2002).

El café en el Perú, históricamente, ha sido y es un cultivo importante, incrementándose su difusión en los programas de desarrollo alternativo por sus características ecológicas, económicas, sociales y políticas (Castañeda, 2004: 158). En la actualidad, la producción de café en el país viene siendo desarrollada sobre la base de decisiones ausentes de análisis sostenible, debido probablemente a que el modelo de desarrollo sostenible es un tema muy reciente y por lo tanto poco interiorizado en los diferentes ámbitos de decisión de gobierno. Esta carencia trae, consecuencias limitantes en el crecimiento y desarrollo del sistema productivo del café, las mismas que retrasan la aproximación hacia un modelo de crecimiento y desarrollo sostenible.

Esta situación exige la búsqueda de una solución al problema basada en metodologías científicas ya existentes como la emergía, que permite analizar la sostenibilidad de todo el sistema para tomar decisiones en cómo mejorar los sistemas de producción de café para hacerlos sostenibles y con menor impacto ambiental. El análisis emergético se ha estudiado en diferentes países, considerando diferentes cadenas de producción, para evaluar y comparar diferentes modelos de producción agrícola, en especial para evaluar la sostenibilidad de estos sistemas. Odum (1996) define la Síntesis Emergética como la cantidad de energía que ha sido empleada de forma directa o indirecta en la generación de un determinado bien o servicio. La contabilidad emergética considera todos los insumos de un proceso, incluyendo las contribuciones de la naturaleza (lluvia, agua de pozos, manantiales, suelos, sedimentos, biodiversidad) y los proporcionados por la economía (materiales, maquinaria, combustible, servicios, pagos en divisas, etc.) añadidos en términos de energía solar (emergía).

Uno de los primeros trabajos científicos en el diagnóstico de la sostenibilidad fue en el 2007. Siche comparó y analizó los principales indicadores de sostenibilidad aplicados al caso peruano sobre la base de datos del 2004. Entre las metodologías utilizadas estuvo la emergía. La aplicación de estos métodos mostró que la tendencia de la economía del Perú es de disminuir su sostenibilidad, que es explicada por la dependencia creciente de recursos no renovables, principalmente combustibles fósiles. Menciona que la sostenibilidad es buena (hasta el 2007) y que una disminución de su capacidad de soporte, como está ocurriendo, revertiría dicha condición. Suca y Siche (2012), utilizó el análisis emergético para determinar la sostenibilidad ambiental del sistema de producción de café orgánico en la región de Junín, donde concluye que el sistema presenta un mayor aporte de recursos de la naturaleza con respecto al aporte de la economía. Por lo tanto, el sistema de producción de café orgánico de la región Junín es sostenible ambientalmente. A su vez, Fernández (2008) en el trabajo de investigación: Evaluación de sostenibilidad ampliada de productos agroindustriales. Estudio de caso: jugo de naranja y etanol. Realizado en Brasil, empleó las metodologías emergética y ciclo de vida para evaluar la sostenibilidad de productos agroindustriales, considerando la cadena productiva completa, como un sistema único. Demostrando que el modelo de producción de jugo de naranja y etanol, no es sostenible, pues es dependiente del uso de combustibles fósiles.

La región de Amazonas, debido a su biodiversidad, cuenta con gran potencial agrícola y entre sus principales cultivos podemos mencionar al café, constituyéndose en la cuarta región cafetalera del país en importancia, con 32 853,47 t de producción de café pergamino en el año 2013. Las

provincias con mayor producción de café en la región de Amazonas son actualmente Utcubamba, Luya y Rodríguez de Mendoza. La provincia Rodríguez de Mendoza, está ubicada al sur este del departamento de Amazonas y se caracteriza por su clima tropical, a una altura de 1 012 a 2 000 m.s.n.m. La principal actividad es la agricultura y el cultivo más importante es el café, con 6 499 t de producción de café pergamino en el año 2013 (Dirección Regional Agraria Amazonas – Chachapoyas, 2013). Es una fuente de ingresos para las familias que se dedican a la producción de café orgánico y convencional; pero estos sistemas de producción no cuentan con un estudio que muestre su sostenibilidad ambiental actual, motivo por lo cual esta provincia sea considerado como unidad de análisis en nuestra investigación.

Las etapas que se identificaron en el sistema de producción de café orgánico y convencional en la provincia Rodríguez de Mendoza fueron: producción, beneficio húmedo, transporte y beneficio seco.

En la etapa de producción de café orgánico y convencional se realizan las siguientes labores culturales: germinación, embolsado, siembra, deshierbo, abonamiento, poda, manejo de sombras y cosecha de café cereza. Diferenciándose en ambos sistemas en la mano de obra, en la utilización de equipos y materiales. Asimismo, el sistema de producción de café convencional no dispone de infraestructura en vivero de semillas y plantones.

En el beneficio húmedo de café orgánico y convencional se realizan los siguientes procesos: recepción de café cereza, remojado y rebalse, despulpado, fermentación, lavado, secado, clasificación y ensacado de café pergamino en sacos de polipropileno, la cual es transportado al centro de acopio de la planta de COOPARM. Diferenciándose en ambos sistemas en la mano de obra y en la utilización de equipos y materiales. Asimismo, el sistema de producción de café convencional no dispone de infraestructura en la etapa de beneficio húmedo. Cabe indicar que COOPARM exige a los socios del sistema de producción de café orgánico las siguientes zonas: pozo de agua miel, compostera, secador solar y planta de beneficio húmedo con infraestructura en las propias zonas donde están sus cultivos. La liquidación de compra está en función de la humedad (12%) y rendimiento.

En beneficio seco de café orgánico se realiza en la planta de procesos de café pergamino COOPARM, la cual dispone de equipos para los siguientes procesos: recepción de café pergamino, control de calidad del café pergamino, secado, prelimpieza, limpieza, pilado, clasificación, gravimetría, selección, almacenamiento y ensacado de café verde en sacos de yute, para luego ser transportado al puerto de Paita, donde termina la función de la Cooperativa. Posteriormente, el café verde es exportado a los países de Estados Unidos (33%), Europa (51%) y Canadá (16%) en el año 2013 (COOPARM, 2013).

En beneficio seco de café convencional se realiza en la planta de café tostado – molido de COOPARM, la cual dispone de equipos para los siguientes procesos: recepción de café pergamino, control de calidad del café pergamino, pesado, pilado, clasificación, tostado, enfriado, molienda, control de calidad y envasado de café tostado – molido en envases de yute, trilamilados y papel kraf. La venta del producto se realiza a nivel local.

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la sostenibilidad ambiental de los sistemas de producción de café orgánico y convencional en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas; empleando el método emergético. La información obtenida de este tipo de estudio, será de utilidad para el manejo adecuado de los recursos en el sistema de producción de café para la sostenibilidad ambiental.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 OBJETO DE ESTUDIO

El objeto de estudio estuvo constituido por caficultores socios de la Cooperativa Agraria Rodríguez de Mendoza (COOPARM), región de Amazonas, al norte del Perú, a una altura de 1 012 a 2 000 m.s.n.m. El sistemas de producción de café orgánico estuvo conformado por 642 socios y 1 610 ha, mientras que el sistema de producción de café convencional integrado por nueve socios y 17 ha, con base en el año 2013.

2.2 MÉTODOS Y TÉCNICAS

Los datos fueron obtenidos por medio de visitas a campo y entrevistas, tanto en campo, como en planta. La información fue clasificada en los siguientes flujos: recursos renovables de la naturaleza (R), recursos no renovables de la naturaleza (N), materiales suministrados por la economía (M) y servicios suministrados por la economía (S).

Para evaluar la sostenibilidad de ambos sistemas se utilizó la metodología emergética (Odum, 1996) basada en cuatro etapas: a) elaboración de un diagrama del sistema; b) cálculo de los flujos identificados; c) cálculo de índices emergéticos; y, d) interpretación de los índices. En ambos sistemas se consideró el transporte que interactúa entre los subsistemas.

En el diagrama del sistema se organizaron los flujos en cada una de las etapas de la cadena productiva (producción, beneficio húmedo y beneficio seco). Luego se elaboró la tabla de flujos de energía. En esta tabla se agruparon los flujos en recursos renovables de la naturaleza, recursos no renovables de la naturaleza, materiales de la economía (materiales renovables de la economía y materiales no renovables de la economía) y servicios de la economía (servicios renovables de la economía y servicios no renovables de la economía). Posteriormente se cuantificaron cada uno de las contribuciones. Los flujos de los recursos utilizados en ambos sistemas se enumeran en términos de energía (J), masa (kg), o dinero (S/.), para luego calcular los flujos de energía respectivos ($seJ/año$) utilizando la transformidad. Transformidades de estudios anteriores fueron utilizados para los cálculos. Para el caso de flujos en dinero fue utilizada la transformidad calculada por Siche y Ortega (2006) de $1,01E+13$ $seJ/dólar$ (o $2,89E+12$ $seJ/S.$ al cambio de 3,5 soles/dólar).

Los flujos de energía R (Recursos renovables naturaleza), N (Recursos no renovables naturaleza), I (Total recursos naturaleza), F (Total recursos economía) e Y (Energía utilizada) fueron utilizados para calcular los siguientes índices de energía: Relación de Carga Ambiental (ELR), Tasa de Rendimiento Emergético (EYR), Tasa de inversión Emergética (EIR), Índice de Sostenibilidad Emergético (ESI) y Renovabilidad (% R). La Transformidad (Tr) de los sistemas evaluados fue calculado dividiendo la Energía utilizada (Y) entre la Energía producida (E) por el sistema. Para el procesamiento de datos y presentación de la información se empleó la hoja de cálculo Excel.

III. RESULTADOS

En la Figura 1 y 2 se muestra el diagrama sistémico de la producción orgánico y convencional de café, en la cual se ha delimitado los tres subsistemas: producción (café cereza), beneficio húmedo (café pergamino) y beneficio en seco (café verde y café tostado - molido).

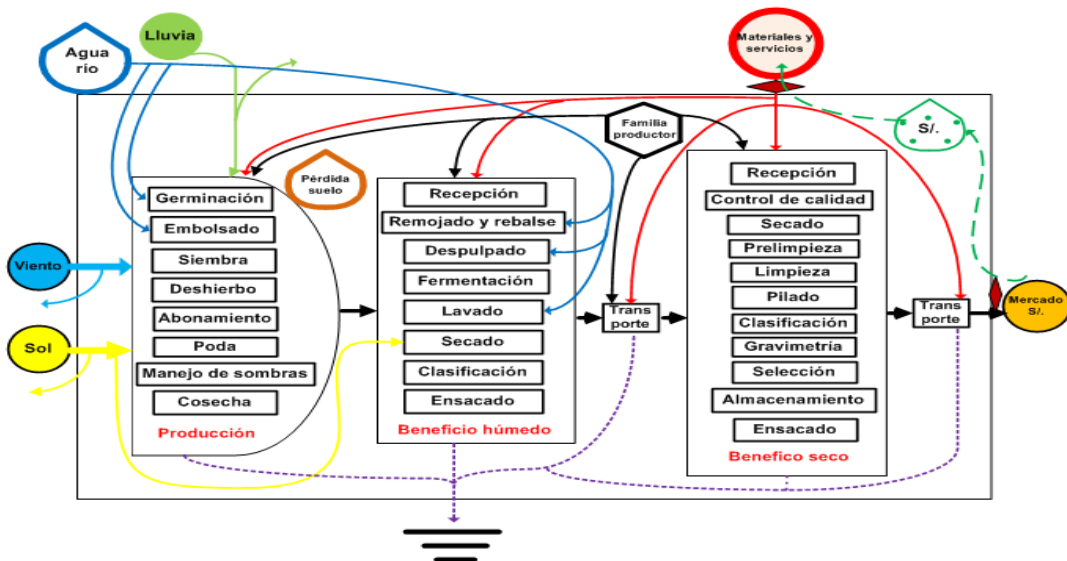


Fig. 1: Diagrama sistémico de producción orgánica de café.
Fuente: COOPARM, 2013.

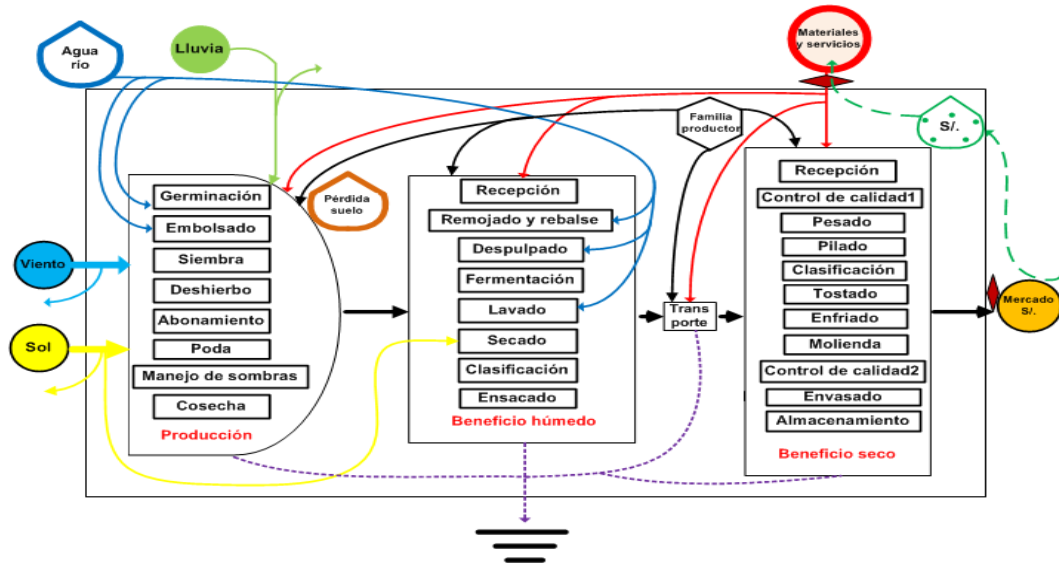


Fig.2: Diagrama sistémico de producción orgánica de café.

Fuente: COOPARM, 2013.

A cada uno de los subsistemas ingresa uno o más flujos de energía, las cuales fueron organizadas de izquierda a derecha, de acuerdo con la secuencia del proceso y de su transformidad.

En la Tabla 1 y 2 se presentan los flujos identificados, sus transformidades y su cuantificación en una sola unidad (seJ/ha.año). Dentro de los flujos de recursos naturales renovables, se tiene el sol (en Joule), que es equivalente al producto de la insolación media por el coeficiente de albedo (diferencia del porcentaje total de radiación, equivalente a la unidad menos el porcentaje reflejado) (Senamhi, 2003). El viento (en Joule) es igual al producto de la velocidad del viento, densidad del aire y coeficiente de arrastre. El potencial químico de la lluvia (en Joule) es equivalente al producto de la precipitación, evapotranspiración, energía de la lluvia y densidad de la lluvia (Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva, 2013). La semilla, considerada como recurso natural renovable en producción orgánica (en Joule), se ha obtenido por el producto de la energía de la semilla y la cantidad de la semilla (Bravo et al., 2009: 46). En el flujo de recursos naturales no renovables, se ha considerado la pérdida de suelo (en Joule) como igual al producto de la cantidad de pérdida de suelo, porcentaje de materia orgánica del suelo y la energía de la materia orgánica. En los materiales de la economía, se ha desagregado en renovables y no renovables de la economía, las cuales fueron distribuidos en los tres subsistemas (producción, beneficio húmedo y beneficio seco), las cuales se describen a continuación:

Los materiales no renovables de la economía fueron: los abonos, donde fue cuantificado el nitrógeno, fósforo y potasio absorbido (en kg); cada uno de ellos indica la diferencia de la cantidad de nutrientes en café cerezo menos la cantidad de nitrógeno que se incorporó durante la fertilización con guano de isla, roca fosfórica y compost en producción orgánica de café. En producción convencional de café la fertilización fue con compost. Los pesticidas (en kg) considerado para producción orgánica, se ha obtenido por la división de la cantidad del material entre el área total del subsistema producción. El combustible (gasolina) (en Joules) empleado para la motosierra y despulpadora en producción orgánica y convencional; se ha obtenido como producto del consumo de combustible, densidad del combustible y valor calórico del combustible, dividido por el área total del subsistema correspondiente. El aceite (en Joules) empleado para la motosierra y despulpadora, se ha obtenido por el producto del consumo de aceite, densidad del aceite y valor calórico del aceite, dividido por el área total del subsistema correspondiente. El teléfono (en S/.), se ha obtenido por la división del consumo y el área total del subsistema correspondiente. Los materiales: sacos de polipropileno, bolsas de polietileno, envases de papel kraft, envases trilaterales, etiquetas y cajas de cartón se han calculado en kilogramos y fue obtenido por la división de la cantidad del material entre área total del subsistema correspondiente. El hilo proveniente del algodón (en Joules), se ha obtenido por el producto de la energía del algodón y la cantidad del hilo. Combustible (petróleo) (en Joules), empleado para el vehículo de transporte entre los subsistemas beneficio húmedo, beneficio seco y mercado (puerto de Paita) en el caso de café orgánico, se ha obtenido como producto del consumo,

densidad y valor calórico del combustible, dividido por el área total del subsistema correspondiente. Combustible (gas) (en Joules), utilizado para el tostado del café en la planta de café tostado – molido; se ha obtenido por el producto de la energía de gas y la cantidad de gas utilizado.

Los materiales de la economía que fueron divididos en sus fracciones renovables y no renovables fueron: el envase de yute proveniente de fibras de yute (en Joules), se ha obtenido por el producto de la energía de fibras de yute y la cantidad de sacos de yute. Electricidad (en Joules), se ha calculado por la división de la cantidad de consumo de energía eléctrica y el área total del subsistema beneficio seco. Agua potable (en Joules) empleado en la planta de beneficio seco, se ha obtenido por el producto del consumo de agua, energía del agua y densidad del agua, dividido por el área total del subsistema de beneficio seco. Agua del río (en Joules) empleado para la germinación en producción, asimismo para el lavado de café en la planta de beneficio húmedo, se ha obtenido por el producto del consumo de agua, energía del agua y densidad del agua, dividido por el área total del subsistema correspondiente. Agrocombustible (cascarilla de café) (en kg) utilizado en subsistema beneficio seco para el secado de café orgánico, se ha obtenido por el producto de la energía y la cantidad de la cascarilla.

Los flujos de materiales y equipos de metal, plástico, aluminio y vidrio (en kg), fueron considerados en los tres subsistemas como materiales no renovables de la economía. Mientras que los flujos de materiales y equipos de madera fueron divididos en sus fracciones renovables y no renovables. Las cuales se han obtenido por la división de la masa de los materiales y equipos entre el promedio de la vida útil de los materiales y equipos y entre el área total de los subsistemas correspondientes. Estos flujos se han obtenido en kg.

El flujo de la infraestructura en los tres subsistemas (en kg), fue considerado como materiales no renovables de la economía. Fue calculado dividiendo la masa de la infraestructura entre el promedio de la vida útil de la infraestructura y entre el área total del subsistema correspondiente. Cabe indicar que el sistema de producción orgánico de café dispone infraestructura en los tres subsistemas, mientras que el sistema de producción convencional de café solamente en beneficio en seco.

Los servicios de la economía, fueron divididos en sus fracciones renovables y no renovables, las cuales fueron distribuidos en los tres subsistemas. Donde se ha cuantificado el flujo de mano de obra (en Joule) en función de la cantidad de personal, consumo energético por día de un trabajador, número de días trabajados en el 2013 y el área del subsistema correspondiente (Calories burned search results for occupation 2014).

Posteriormente fueron recopilados los valores de transformidad de fuentes secundarias. Estas transformidades están expresadas en unidades compatibles respecto a los flujos emergéticos. Estos flujos se multiplicaron por sus respectivas transformidades, las cuales están expresadas en seJ/J, seJ/kg y seJ/S/. Finalmente, se obtuvo la emergencia solar equivalente, de los 108 flujos emergéticos de café orgánico y 85 flujos de café convencional en una sola unidad, el seJ/ha.año.

Tabla 1: Evaluación de emergencia del sistema de producción orgánico de café.

Flujos	%R	Dato	Unidad	Transf. seJ/unidad	Unidad	Emergencia Solar (seJ/ha.año)		
						Porción renovable	Porción no renovable	Total
RECURSOS NATURALES						4,80E+15		
RENOVABLES						1,01E+15		
1. Solar	100	6,07E+13	J/ha.año	1,00E+00	seJ/J	6,07E+13	0,00	6,07E+13
2. Viento	100	3,35E+10	J/ha.año	2,45E+03	seJ/J	8,21E+13	0,00	8,21E+13
3. Lluvia	100	4,75E+10	J/ha.año	1,82E+04	seJ/J	8,65E+14	0,00	8,65E+14
4. Semilla	100	5,44E+06	J/ha.año	5,85E+04	seJ/J	3,18E+11	0,00	3,18E+11
NO RENOVABLES						3,79E+15		
5. Pérdida de suelo	0	3,05E+10	J/ha.año	1,24E+05	seJ/J	0,00	3,79E+15	3,79E+15
RECURSOS ECONÓMICOS						2,60E+18		
MATERIALES						1,68E+18	9,18E+17	2,60E+18
Producción						6,14E+15		
Depreciación de materiales y equipos						2,86E+13		
6. Pala	0	2,66E-01	kg/ha.año	8,57E+12	seJ/kg	0,00	2,28E+12	2,28E+12

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN PERÚ...

7.	Carretilla	0	1,60E+00	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	1,58E+13	1,58E+13
8.	Paleta (malezas)	0	1,99E-01	kg/ha.año	8,02E+12	seJ/kg	0,00	1,60E+12	1,60E+12
9.	Motosierra	0	4,98E-01	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	4,93E+12	4,93E+12
10.	Machete	0	1,99E-01	kg/ha.año	8,02E+12	seJ/kg	0,00	1,60E+12	1,60E+12
11.	Cosechador	0	3,99E-01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	1,71E+12	1,71E+12
12.	Mochila fumigadora	0	1,60E-01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	6,86E+11	6,86E+11
Depreciación de la infraestructura								5,99E+15	5,99E+15
13.	Vivero de semillas	0					0,00	3,65E+15	3,65E+15
14.	Vivero de plántones	0					0,00	2,33E+15	2,33E+15
Otros Materiales								1,23E+14	1,23E+14
15.	Nitrógeno	0	2,70E+01	kg/ha.año	6,38E+12	seJ/kg	0,00	1,72E+14	1,72E+14
16.	Fósforo	0	-2,85E+01	kg/ha.año	6,55E+12	seJ/kg	0,00	-1,87E+14	-1,87E+14
17.	Potasio	0	4,08E+01	kg/ha.año	2,92E+12	seJ/kg	0,00	1,19E+14	1,19E+14
18.	Fungicidas	0	1,28E+02	kg/ha.año	2,48E+10	seJ/kg	0,00	3,17E+12	3,17E+12
19.	Bolsas de polietileno	0	5,00E-01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,15E+12	2,15E+12
20.	Sacos de polipropileno	0	5,00E-01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,15E+12	2,15E+12
21.	Agua del río	95	1,02E+05	J/ha.año	2,55E+05	seJ/J	2,47E+10	1,30E+09	2,60E+10
22.	Combustible (gasolina)	0	4,05E+07	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	2,67E+12	2,67E+12
23.	Aceite (Shell)	0	1,19E+03	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	7,85E+07	7,85E+07
24.	Teléfono	0	4,79E+00	S./ha.año	2,89E+12	seJ/S.	0,00	1,381E+13	1,38E+13
Beneficio húmedo								6,62E+16	9,11E+16
Depreciación de materiales y equipos								1,55E+16	1,56E+16
25.	Escoba	0	2,16E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	9,28E+14	9,28E+14
26.	Recogedor	0	8,63E+01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	3,71E+14	3,71E+14
27.	Balde	0	1,73E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	7,42E+14	7,42E+14
28.	Tina de rebalse	50	4,32E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	7,96E+12	7,96E+12	1,59E+13
29.	Despulpadora	0	5,76E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	6,50E+15	6,50E+15
30.	Motor (despulpadora)	0	1,54E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,74E+14	1,74E+14
31.	Carretilla	0	2,88E+02	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	2,85E+15	2,85E+15
Continuación de Tabla 1									
32.	Paleta(homogenización)	50	7,19E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	1,33E+13	1,33E+13	2,65E+13
33.	Tubo	0	3,60E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	1,55E+15	1,55E+15
34.	Bandeja secadora	50	8,63E+01	kg/ha.año	7,62E+11	seJ/kg	3,29E+13	3,29E+13	6,58E+13
35.	Pala	0	2,40E+01	kg/ha.año	8,57E+12	seJ/kg	0,00	2,05E+14	2,05E+14
36.	Pozo reservorio	0	7,32E+02	kg/ha.año	1,23E+12	seJ/kg	0,00	9,01E+14	9,01E+14
37.	Tanque (fermentación)	0	8,06E+02	kg/ha.año	1,23E+12	seJ/kg	0,00	9,92E+14	9,92E+14
38.	Tina (fermentación)	50	5,47E+02	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	1,01E+14	1,01E+14	2,02E+14
39.	Camión (café pergamino)	0	8,96E+01	kg/ha.año	1,20E+12	seJ/kg	0,00	1,08E+14	1,08E+14
Depreciación de la infraestructura								3,59E+16	3,59E+16
40.	Planta	0					0,00	1,92E+16	1,92E+16
41.	Secador solar	0					0,00	1,06E+15	1,06E+15
42.	Pozo miel	0					0,00	8,67E+15	8,67E+15
43.	Compostera	0					0,00	6,94E+15	6,94E+15
Otros materiales								1,49E+16	3,96E+16
44.	Saco de polipropileno	0	6,83E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,94E+15	2,94E+15
45.	Agua del río	95	1,02E+11	J/ha.año	2,55E+05	seJ/J	2,47E+16	1,30E+15	2,60E+16
46.	Combustible (gasolina)	0	3,44E+09	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	2,27E+14	2,27E+14
47.	Aceite (Shell)	0	1,01E+05	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	6,67E+09	6,67E+09
48.	Teléfono	0	1,73E+03	S./ha.año	2,89E+12	seJ/S.	0,00	4,99E+15	4,99E+15
49.	Combustible (petróleo)	0	1,10E+11	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	7,28E+15	7,28E+15
Beneficio seco (café verde)								8,46E+17	2,50E+18
Depreciación de materiales y equipos								1,90E+16	1,90E+16
50.	Balanza gramera	0	8,00E-01	kg/ha.año	8,50E+12	seJ/kg	0,00	6,80E+12	6,80E+12
51.	Determinador de humedad	0	8,00E-01	kg/ha.año	9,20E+12	seJ/kg	0,00	7,36E+12	7,36E+12
52.	Mesa para selección	50	5,00E+00	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	9,23E+11	9,23E+11	1,85E+12
53.	Zaranda	0	1,60E+00	kg/ha.año	1,74E+12	seJ/kg	0,00	2,79E+12	2,79E+12
54.	Pluma de muestreo	0	2,00E-01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	2,26E+12	2,26E+12
55.	Piladora	0	1,60E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,81E+14	1,81E+14
56.	Pallets	50	1,20E+02	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	2,21E+13	2,21E+13	4,43E+13
57.	Computadora	0	1,50E+01	kg/ha.año	7,46E+12	seJ/kg	0,00	1,12E+14	1,12E+14
58.	Escritorio	50	2,40E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	4,43E+12	4,43E+12	8,86E+12
59.	Silla	50	4,29E+00	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	7,91E+11	7,91E+11	1,58E+12
60.	Escoba	0	1,50E+01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	6,45E+13	6,45E+13
61.	Recogedor	0	1,00E+01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	4,30E+13	4,30E+13
62.	Tacho	0	1,50E+01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	6,45E+13	6,45E+13
63.	Balanza (café pergamino)	0	1,33E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,51E+14	1,51E+14
64.	Unidad de calor	0	8,00E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	9,04E+14	9,04E+14
65.	Secador rotatorio	0	6,67E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	7,53E+14	7,53E+14
66.	Elevador de cangilones	0	1,85E+02	kg/ha.año	9,55E+12	seJ/kg	0,00	1,76E+15	1,76E+15
67.	Silos de almacenamiento	0	3,60E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	4,07E+15	4,07E+15
68.	Pre limpia tubular	0	8,00E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	9,04E+14	9,04E+14
69.	Despedregador	0	6,15E+01	kg/ha.año	1,02E+13	seJ/kg	0,00	6,28E+14	6,28E+14
70.	Piladora (proceso)	0	8,00E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	9,04E+14	9,04E+14
71.	Seleccionadora (tamaño)	0	1,73E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,96E+15	1,96E+15

72. Seleccionadora (peso)	0	8,00E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	9,04E+14	9,04E+14
73. Compresor de aire	0	6,67E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	7,53E+14	7,53E+14
74. Seleccionador electrónico	0	1,40E+02	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	1,39E+15	1,39E+15
75. Faja transportadora	0	6,67E+01	kg/ha.año	7,80E+12	seJ/kg	0,00	5,20E+14	5,20E+14
76. Balanza (café verde)	0	1,23E+01	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	1,22E+14	1,22E+14
77. Camión (café verde)	0	1,60E+03	kg/ha.año	1,20E+12	seJ/kg	0,00	1,92E+15	1,92E+15
78. Extinguidor	0	1,07E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,21E+14	1,21E+14
79. Tostadora (muestras)	0	4,62E+00	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	5,22E+13	5,22E+13
80. Molino (muestras)	0	1,54E+00	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,74E+13	1,74E+13
81. Mesa para catación	50	5,00E+00	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	9,23E+11	9,23E+11	1,85E+12
82. Vasos pirex	0	1,60E+01	kg/ha.año	8,40E+11	seJ/kg	0,00	1,34E+13	1,34E+13
83. Cuchara	0	2,00E+00	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	2,26E+13	2,26E+13
84. Útiles de oficina	0	8,00E+01	kg/ha.año	7,80E+12	seJ/kg	0,00	6,24E+14	6,24E+14
Depreciación de la infraestructura							1,25E+17	1,25E+17
85. Planta	0					0,00	1,25E+17	1,25E+17
Otros materiales							7,02E+17	2,36E+18
86. Hilo	0	4,43E+08	J/ha.año	1,90E+06	seJ/J	0,00	8,42E+14	8,42E+14
87. Sacos de yute	50	1,86E+11	J/ha.año	2,55E+06	seJ/J	2,37E+17	2,37E+17	4,74E+17
88. Electricidad	68	2,71E+11	J/ha.año	2,77E+05	seJ/J	5,10E+16	2,40E+16	7,50E+16
89. Agua potable	85	2,18E+08	J/ha.año	6,66E+05	seJ/J	1,24E+14	2,18E+13	1,45E+14
90. Teléfono	0	4,80E+03	S./ha.año	2,89E+12	seJ/S.	0,00	1,30E+16	7,20E+15
91. Combustible (petróleo)	0	1,78E+12	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	1,17E+17	1,17E+17
92. Agrocombustible(cascarilla)	65	1,19E+12	J/ha.año	1,77E+06	seJ/J	1,37E+18	3,15E+17	1,68E+18
SERVICIOS						3,08E+14	3,08E+14	6,16E+14
Producción								1,25E+13
Mano de obra								1,25E+13
93. Producción de café	50	4,46E+06	J/ha.año	2,80E+06	seJ/J	6,25E+12	6,25E+12	1,25E+13
Beneficio húmedo								2,99E+14
Mano de obra								2,99E+14
94. Beneficio húmedo del café	50	1,07E+08	J/ha.año	2,80E+06	seJ/J	1,50E+14	1,50E+14	2,99E+14
Beneficio seco								3,05E+14
Mano de obra						1,52E+14	1,52E+14	3,05E+14
Continuación de Tabla 1								
95. Presidente	50	1,46E+06	J/ha.año	4,00E+06	seJ/J	2,93E+12	2,93E+12	5,85E+12
96. Gerente	50	1,46E+06	J/ha.año	1,10E+07	seJ/J	8,05E+12	8,05E+12	1,61E+13
97. Técnico de campo	50	2,13E+07	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	8,53E+13	8,53E+13	1,71E+14
98. Broquer	50	4,45E+05	J/ha.año	1,10E+07	seJ/J	2,44E+12	2,44E+12	4,89E+12
99. Acopio	50	1,88E+06	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	3,76E+11	3,76E+11	7,52E+11
100. Contador	50	1,84E+06	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	7,36E+12	7,36E+12	1,47E+13
101. Cajera	50	3,68E+06	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	1,47E+13	1,47E+13	2,94E+13
102. Jefe de planta	50	2,13E+06	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	8,53E+12	8,53E+12	1,71E+13
103. Jefe de mantenimiento	50	2,84E+06	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	1,14E+13	1,14E+13	2,27E+13
104. Estibador (planta)	50	3,98E+07	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	7,96E+12	7,96E+12	1,59E+13
105. Chofer (café verde)	50	8,91E+05	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	1,78E+11	1,78E+11	3,56E+11
106. Estibador (transporte)	50	2,05E+06	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	4,11E+11	4,11E+11	8,21E+11
107. Estibador(puerto de Paíta)	50	2,46E+06	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	4,93E+11	4,93E+11	9,86E+11
108. Contador(puerto de Paíta)	50	559E+05	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	2,24E+12	2,24E+12	4,47E+12
EMERGÍA TOTAL								2,60E+18

Fuente: COOPARM, 2013.

Tabla 2: Evaluación de emergía del sistema de producción convencional de café.

Flujos	%R	Dato	Unidad	Transf. seJ/unidad	Unidad	Emergía Solar (seJ/ha.año)		
						Porción renovable	Porción no renovable	Total
RECURSOS NATURALES						4,71E+15		
RENOVABLES						9,27E+14		
1. Solar	100	6,07E+13	J/ha.año	1,00E+00	seJ/J	6,07E+13	0,00	6,07E+13
2. Viento	100	3,55E+08	J/ha.año	2,45E+03	seJ/J	8,70E+11	0,00	8,70E+11
3. Lluvia	100	4,75E+10	J/ha.año	1,82E+04	seJ/J	8,65E+14	0,00	8,65E+14
NO RENOVABLES						3,79E+15		
4. Pérdida de suelo	0	3,05E+10	J/ha.año	1,24E+05	seJ/J	0,00	3,79E+15	3,79E+15
RECURSOS ECONÓMICOS						1,51E+18		
MATERIALES						2,88E+17		
Producción						4,94E+14		
Depreciación de materiales y equipos						3,01E+13		
5. Pala	0	3,53E-01	kg/ha.año	8,57E+12	seJ/kg	0,00	3,02E+12	3,02E+12
6. Carretilla	0	1,41E+00	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	1,40E+13	1,40E+13
7. Paleta (malezas)	0	2,65E-01	kg/ha.año	8,02E+12	seJ/kg	0,00	2,12E+12	2,12E+12
8. Motosierra	0	6,62E-01	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	6,55E+12	6,55E+12
9. Machete	0	2,65E-01	kg/ha.año	8,02E+12	seJ/kg	0,00	2,12E+12	2,12E+12
10. Cosechador	0	5,29E-01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,28E+12	2,28E+12
Otros Materiales						4,64E+14		
11. Semilla	60	5,44E+06	J/ha.año	5,85E+04	seJ/J	1,91E+11	1,59E+11	3,50E+11

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN PERÚ...

12. Nitrógeno	0	5,38E+01	kg/ha.año	6,38E+12	seJ/kg	0,00	3,43E+14	3,43E+14
13. Fósforo	0	3,82E+00	kg/ha.año	6,55E+12	seJ/kg	0,00	2,50E+13	2,50E+13
14. Potasio	0	2,80E+01	kg/ha.año	9,92E+12	seJ/kg	0,00	8,17E+13	8,17E+13
15. Sacos de polipropileno	0	5,00E-01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,15E+12	2,15E+12
16. Agua del río	95	7,15E+04	J/ha.año	2,55E+05	seJ/J	1,73E+10	9,11E+08	1,82E+10
17. Combustible (gasolina)	0	3,38E+07	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	2,23E+12	2,23E+12
18. Aceite (Shell)	0	9,91E+02	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	6,54E+07	6,54E+07
19. Teléfono	0	5,08E+00	S./ha.año	2,89E+12	seJ/S/.	0,00	1,47E+13	1,47E+13
Beneficio húmedo							4,05E+16	4,75E+16
Depreciación de materiales y equipos							3,03E+16	3,03E+16
20. Escoba	0	2,54E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	1,09E+15	1,09E+15
21. Recogedor	0	6,78E+01	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,92E+14	2,92E+14
22. Tina fermentación(plástico)	0	4,24E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	1,82E+15	1,82E+15
23. Tina fermentación(madera)	50	3,39E+02	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	6,25E+13	6,25E+13	1,25E+14
24. Despulpadora	0	6,78E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	7,66E+15	7,66E+15
25. Carretilla	0	5,65E+02	kg/ha.año	9,90E+12	seJ/kg	0,00	5,59E+15	5,59E+15
26. Paleta (homogenización)	50	8,47E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	1,56E+13	1,56E+13	3,13E+13
27. Balde	0	1,02E+03	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	4,37E+15	4,37E+15
28. Pala	0	3,39E+01	kg/ha.año	8,57E+12	seJ/kg	0,00	2,90E+14	2,90E+14
29. Camión (café pergamino)	0	7,53E+03	kg/ha.año	1,20E+12	seJ/kg	0,00	9,06E+15	9,06E+15
Otros materiales							1,03E+16	1,71E+16
30. Sacos de polipropileno	0	5,05E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	2,17E+15	2,17E+15
31. Agua del río	95	2,83E+10	J/ha.año	2,55E+05	seJ/J	6,85E+15	3,61E+14	7,21E+15
32. Teléfono	0	1,63E+03	S./ha.año	2,89E+12	seJ/S/.	0,00	4,70E+15	4,70E+15
33. Combustible (petróleo)	0	7,30E+10	J/ha.año	6,60E+04	seJ/J	0,00	4,82E+15	4,82E+15
Beneficio seco (café tostado - molido)							1,18E+18	1,46E+18
Depreciación de materiales y equipos							3,19E+16	3,21E+16
34. Balanza gramera	0	1,09E+01	kg/ha.año	8,50E+12	seJ/kg	0,00	9,27E+13	9,27E+13
35. Determinador de humedad	0	7,26E+00	kg/ha.año	9,20E+12	seJ/kg	0,00	6,68E+13	6,68E+13
36. Mesa para selección	50	1,63E+02	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	3,02E+13	3,02E+13	6,03E+13
37. Zaranda para acopio	0	7,26E+00	kg/ha.año	1,74E+12	seJ/kg	0,00	1,27E+13	1,27E+13
38. Pluma de muestreo	0	1,82E+00	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	2,05E+13	2,05E+13
39. Pilador	0	7,26E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	8,21E+14	8,21E+14
Continuación de Tabla 2								
40. Pallets	50	3,63E+02	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	6,70E+13	6,70E+13	1,34E+14
41. Computadora	0	9,08E+01	kg/ha.año	7,46E+12	seJ/kg	0,00	6,77E+14	6,77E+14
42. Escritorio	50	2,72E+02	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	5,03E+13	5,03E+13	1,01E+14
43. Silla	50	5,45E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	1,01E+13	1,01E+13	2,01E+13
44. Escoba	0	2,45E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	1,05E+15	1,05E+15
45. Recogedor	0	1,45E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	6,25E+14	6,25E+14
46. Tacho	0	2,18E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	9,37E+14	9,37E+14
47. Balanza (café pergamino)	0	1,21E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,37E+15	1,37E+15
48. Elevador neumático	0	1,12E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,26E+15	1,26E+15
49. Piladora (proceso)	0	1,45E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,64E+15	1,64E+15
50. Seleccionadora (tamaño)	0	3,03E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	3,42E+15	3,42E+15
51. Tostadora	0	4,24E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	4,79E+15	4,79E+15
52. Molino	0	3,63E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	4,10E+14	4,10E+14
53. Selladora (plástico)	0	5,45E+00	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	6,16E+13	6,16E+13
54. Selladora (trilaminado-kraft)	0	9,08E+00	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,03E+14	1,03E+14
55. Balde	0	2,72E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	1,17E+15	1,17E+15
56. Extintidor (12kg)	0	4,84E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	5,47E+14	5,47E+14
57. Balón para gas (45kg)	0	8,17E+02	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	9,23E+15	9,23E+15
58. Espátula	0	1,09E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	1,23E+14	1,23E+14
59. Botiquín	50	1,82E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	3,35E+12	3,35E+12	6,70E+12
60. Mesa para catación	50	4,54E+01	kg/ha.año	3,69E+11	seJ/kg	8,38E+12	8,38E+12	1,68E+13
61. Vasopirex	0	1,09E+02	kg/ha.año	8,40E+11	seJ/kg	0,00	9,15E+13	9,15E+13
62. Cuchara	0	2,18E+01	kg/ha.año	1,13E+13	seJ/kg	0,00	2,46E+14	2,46E+14
63. útiles de oficina	0	3,81E+02	kg/ha.año	7,80E+12	seJ/kg	0,00	2,97E+15	2,97E+15
Depreciación de la infraestructura							7,66E+17	7,66E+17
64. Planta	0					0,00	7,66E+17	7,66E+17
Otros materiales							3,80E+17	6,61E+17
65. Hilo	0	2,68E+08	J/ha.año	1,90E+06	seJ/J	0,00	5,10E+14	5,10E+14
66. Envases de yute	50	1,34E+11	J/ha.año	2,55E+06	seJ/J	1,71E+17	1,71E+17	3,42E+17
67. Electricidad	68	5,74E+11	J/ha.año	2,77E+05	seJ/J	1,08E+17	5,08E+16	1,59E+17
68. Agua potable	85	2,83E+09	J/ha.año	6,66E+05	seJ/J	1,60E+15	2,83E+14	1,89E+15
69. Teléfono	0	1,53E+04	S./ha.año	2,89E+12	seJ/S/.	0,00	4,42E+16	4,42E+16
70. Combustible (gas)	0	1,03E+11	J/ha.año	4,80E+04	seJ/J	0,00	4,93E+15	4,93E+15
71. Envase (papel kraf)	0	6,24E+03	kg/ha.año	3,90E+12	seJ/kg	0,00	2,43E+16	2,43E+16
72. Envase(trilaminados)	0	1,66E+04	kg/ha.año	3,42E+12	seJ/kg	0,00	5,69E+16	5,69E+16
73. Etiqueta	0	8,32E+02	kg/ha.año	4,30E+12	seJ/kg	0,00	3,58E+15	3,58E+15
74. Cajas de cartón	0	1,04E+04	kg/ha.año	3,90E+12	seJ/kg	0,00	4,05E+16	4,05E+16
SERVICIOS						6,41E+14	6,41E+14	1,28E+15
Producción								4,75E+12
Mano de obra								4,75E+12
75. Producción de café	50	1,70E+06	J/ha.año	2,80E+06	seJ/J	2,38E+12	2,38E+12	4,75E+12
Beneficio húmedo								1,49E+14
Mano de obra								1,49E+14
76. Beneficio húmedo	50	5,30E+07	J/ha.año	2,80E+06	seJ/J	7,43E+13	7,43E+13	1,49E+14
Beneficio seco								1,13E+15

Mano de obra						5,64E+14	5,64E+14	1,13E+15
77. Presidente	50	1,33E+07	J/ha.año	4,00E+06	seJ/J	2,66E+13	2,66E+13	5,31E+13
78. Gerente	50	1,33E+07	J/ha.año	1,10E+07	seJ/J	7,31E+13	7,31E+13	1,46E+14
79. Técnico de campo	50	3,23E+07	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	1,29E+14	1,29E+14	2,58E+14
80. Acopio	50	1,71E+07	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	3,42E+12	3,42E+12	6,83E+12
81. Contador	50	1,67E+07	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	6,68E+13	6,68E+13	1,34E+14
82. Cajera	50	1,67E+07	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	6,68E+13	6,68E+13	1,34E+14
83. Jefe de planta	50	1,94E+07	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	7,74E+13	7,74E+13	1,55E+14
84. Jefe de mantenimiento	50	2,58E+07	J/ha.año	8,00E+06	seJ/J	1,03E+14	1,03E+14	2,06E+14
85. Estibador (planta)	50	9,03E+07	J/ha.año	4,00E+05	seJ/J	1,81E+13	1,81E+13	3,61E+13
EMERGÍA TOTAL						1,51E+18		

Fuente: COOPARM, 2013.

En la Tabla 3 se presenta el resumen de los flujos emergéticos del sistema de producción orgánico y convencional de café. En los recursos renovables de la naturaleza se ha considerado los flujos de sol, lluvia, viento y semilla; este último no se consideró en la producción de café convencional; asimismo se consideró las fracciones renovables de los materiales de la economía y servicios de la economía. En el cálculo de los recursos no renovables de la naturaleza se consideró el flujo de pérdida de suelo.

En producción orgánico de café, en los materiales de la economía se consideraron 87 flujos emergéticos de los 108 que tiene el sistema. De los 87 flujos, algunos son considerados como materiales no renovables de la economía y otros fueron divididos en sus fracciones renovables y no renovables. En los servicios de la economía se ha considerado 16 flujos emergéticos de los 108 que tiene el sistema, las cuales fueron divididos en sus fracciones renovables y no renovables; donde los servicios renovables de la economía corresponden al 50% de la mano de obra (Cavalett, Ferraz y Ortega, 2004).

En producción convencional de café, en los materiales de la economía se consideraron 70 flujos emergéticos de los 85 que tiene el sistema. De los 70 flujos, algunos son considerados como materiales no renovables de la economía y otros fueron divididos en sus fracciones renovables y no renovables. En los servicios de la economía se ha considerado 11 flujos emergéticos de los 85 que tiene el sistema, las cuales fueron divididas en sus fracciones renovables y no renovables; donde los servicios renovables de la economía corresponden al 50% de la mano de obra (Cavalett, Ferraz y Ortega, 2004).

Finalmente, se agruparon el total de recursos de la naturaleza y total de recursos de la economía. Cabe indicar que en los recursos renovables de la naturaleza (R^*) se incluyeron las partes renovables de materiales y servicio. El total de los recursos de la naturaleza en el café orgánico fue de $1,68E+18$ seJ/ha.año, que representa el 64,71% del total de emergía del sistema ($2,60E+18$ seJ/ha.año), valor superior al café convencional de $2,93E+17$ seJ/ha.año, que equivale a 19,37% del total de la emergía del sistema ($1,51E+18$ seJ/ha.año). A su vez el total de los recursos de la economía en el café orgánico fue de $9,19E+17$ seJ/ha.año, que representa el 35,29% del total de emergía del sistema, valor inferior al café convencional de $1,22E+18$ seJ/ha.año, que equivale a 80,63% del total de emergía del sistema. En la Figura 3 se muestra la comparación entre los flujos emergéticos del sistema de producción de café orgánico y convencional.

Tabla 3: Resumen de flujos emergéticos del sistema de producción orgánico y convencional de café.

Símbolo	Flujos emergéticos	Ecuaciones	Valor obtenido (seJ/ha.año)		Valor obtenido (%)	
			Café orgánico	Café convencional	Café orgánico	Café convencional
R^*	Recursos renovables naturaleza	$R^* = Mr + Sr + R$	1,68E+18	2,89E+17	64,56	19,12
Mr	Materiales renovables economía	$Mr = Mr_1 + Mr_2 + \dots + Mr_n$	1,68E+18	2,88E+17	64,51	19,01
Sr	Servicios renovables economía	$Sr = Sr_1 + Sr_2 + \dots + Sr_n$	3,08E+14	6,41E+14	0,01	0,04
N	Recursos no renovables naturaleza	$N = N_1 + N_2 + \dots + N_n$	3,79E+15	3,79E+15	0,15	0,25
I	Total recursos naturaleza	$I = R^* + N$	1,68E+18	2,93E+17	64,71	19,37
Mn	Materiales no renovables economía	$Mn = M_1 + M_2 + \dots + M_n$	9,18E+17	1,22E+18	35,28	80,59
Sn	Servicios no renovables economía	$Sn = Sn_1 + Sn_2 + \dots + Sn_n$	3,08E+14	6,41E+14	0,01	0,04
F	Total recursos economía	$F = Mn + Sn$	9,19E+17	1,22E+18	35,29	80,63
Y	Emergía utilizada	$Y = I + F$	2,60E+18	1,51E+18	100,00	100,00

R = Recursos renovables de la naturaleza (solar, viento, lluvia y semilla)

Fuente: Tabla 1 y 2.

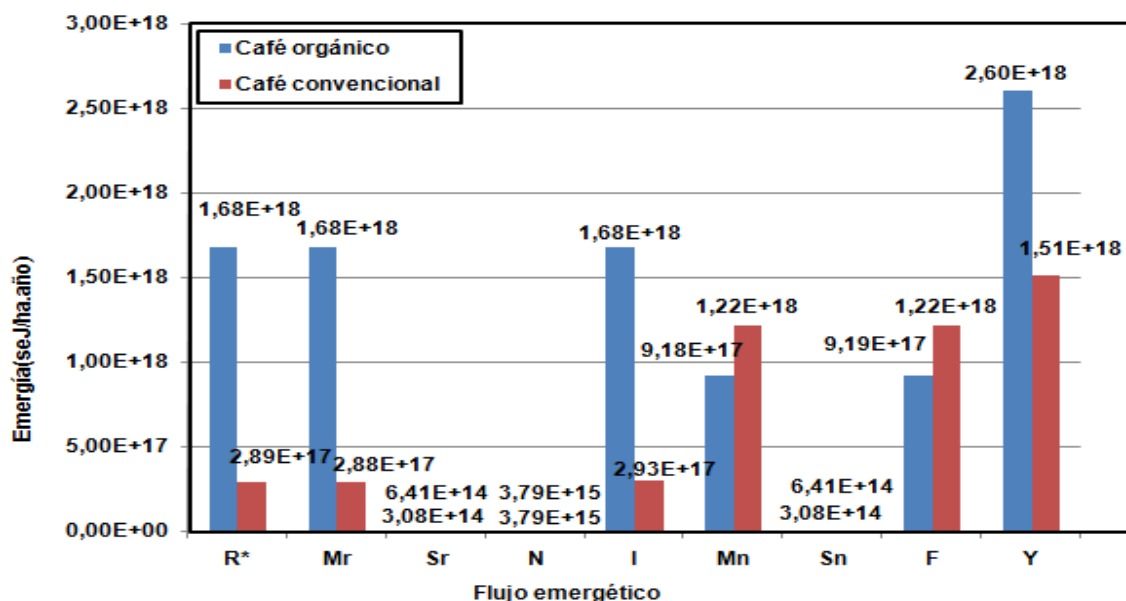


Fig. 3: Comparación entre los flujos energéticos del sistema de producción de café orgánico y convencional.

Fuente: Tabla 3.

En la Tabla 4 se muestran los índices energéticos del sistema de producción orgánico y convencional de café. La transformidad (Tr) se ha obtenido por la división del total de flujos incorporados al sistema (Y) entre el valor de la energía del producto obtenido (E). Este valor ha sido calculado tomando como base la cantidad de J/ha.año del café verde, que es de 1,59E+13 y 9,24E+11 de café tostado - molido. La renovabilidad (%R) fue calculado dividiendo el valor de los recursos renovables de la naturaleza incorporados al sistema (R) entre el total de flujos (Y). La tasa de eficiencia energética (EYR) fue calculado a partir de la relación entre el total de flujos incorporados (Y) y la aportación del total de recursos de la economía (F). La tasa de carga ambiental (ELR) fue calculado sumando los recursos no renovables incorporados por la naturaleza (N) y el total de aportaciones de la economía (F) entre el total de recursos renovables incorporados por la naturaleza (R). La tasa de inversión energética (EIR) fue obtenida por la relación de la aportación de la economía (F) y los recursos de la naturaleza (I). El índice de sostenibilidad energética (ESI) fue calculado de la división de la tasa de eficiencia energética (EYR) entre la tasa de carga ambiental (ELR), obteniendo el valor de 5,16 para el café orgánico y 0,29 para el café convencional.

En la Figura 4 se presenta la comparación de los índices energéticos de los sistemas de producción de café orgánico y convencional.

Tabla 4: Índice energético del sistema de producción orgánico y convencional de café.

índices	Ecuaciones	Valor obtenido		Unidad
		Café orgánico	Café convencional	
Transformidad (Tr)	$Tr = Y/E$	1,64E+05	1,64E+06	seJ/J
Renovabilidad (%R)	$\%R = (R*/Y)*100$	64,56	19,12	%
Tasa de eficiencia energética (EYR)	$EYR = Y/F$	2,83	1,24	Adimensional
Tasa de carga ambiental (ELR)	$ELR = (N+F)/(R*)$	0,55	4,23	Adimensional
Tasa de inversión energética (EIR)	$EIR = F/I$	0,55	4,16	Adimensional
Índice de sostenibilidad energética (ESI)	$ESI = EYR/ELR$	5,16	0,29	Adimensional

Fuente: Tabla 3.

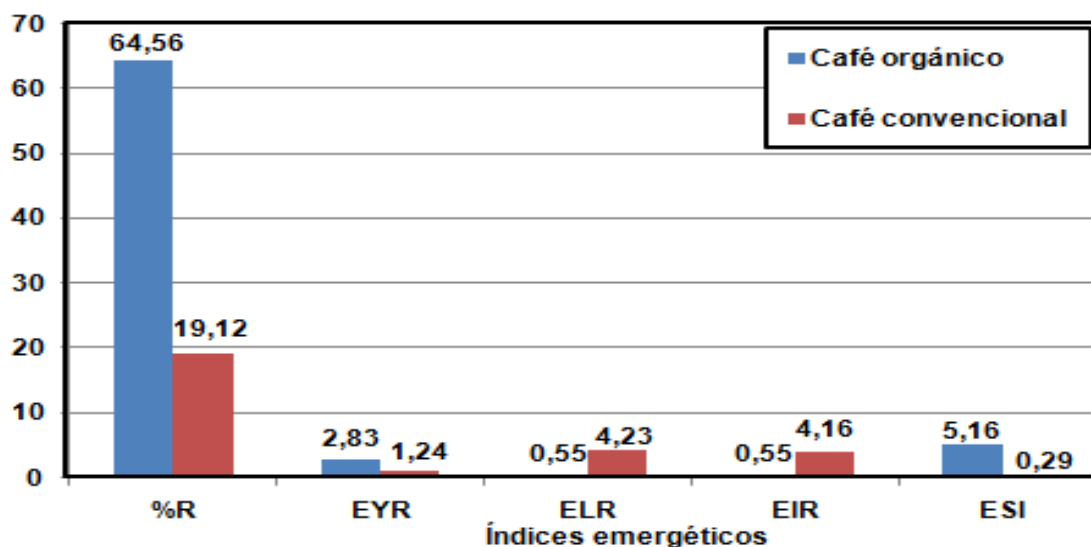


Fig. 4: Comparación entre los índices emergéticos del sistema de producción de café orgánico y convencional.

Fuente: Tabla 4.

IV. DISCUSIÓN

El sistema de producción de café orgánico muestra una transformidad (Tr) de $1,64E+05$ seJ/J, inferior al café convencional de $1,64E+06$ seJ/J. Fernandez (2008) indica que la transformidad es una medida de la eficiencia del sistema estudiado, cuanto mayor sea su valor, menor es la eficiencia del sistema. Por lo tanto en el presente estudio, de acuerdo con la relación de flujos incorporados al sistema existe una mayor eficiencia de generación de energía en el producto final al salir del sistema de producción de café orgánico. Esto se debe que en el proceso existe una menor incorporación de materiales no renovables de la economía de $9,18E+17$ seJ/ha.año, la cual representa el 35,28 %. Mientras que en el café convencional existe una mayor incorporación de materiales no renovables de la economía, $1,22E+18$ seJ/ha.año, equivalente a 80,63 %. La cual indica que las inversiones que realizan los productores de café orgánico son inferiores a los productores de café convencional. Esto significa que el sistema de producción de café orgánico utiliza mayor cantidad de recursos renovables, principalmente materiales renovables de la economía, por lo cual es más eficiente que el café convencional. Cuadra y Rydberg (2006) calcularon las transformidades para el sistema de producción de café en Nicaragua, obteniendo valores para café verde de $1,77E+06$ seJ/J y café tostado de $3,64E+06$ seJ/J. Asimismo, Suca y Siche (2012) obtuvieron $4,75E+07$ seJ/J en café orgánico de la región Junín. Dichos valores son superiores al café orgánico y convencional de la provincia Rodríguez de Mendoza, Amazonas.

La renovabilidad (%R), es una medida directa de la sostenibilidad. Cuanto más alto sea su valor, mayores son las oportunidades del sistema para mantenerse en el largo plazo. El sistema de producción de café orgánico es de 64,56%, este resultado es superior comparado con el sistema convencional de 19,12%. La razón de que el sistema de producción de café orgánico presenta mayor renovabilidad se debe al mayor aporte de los recursos renovables de la naturaleza de 64,56% en comparación con el sistema convencional de 19,12%. Cabe indicar que el mayor valor de aporte de los recursos renovables de la naturaleza del café orgánico proviene principalmente de los materiales renovables de la economía que representa el 64,51% en el sistema, mientras que en el café convencional el aporte de dicho recurso es 19,01%. Suca y Siche (2012) reportaron 49,78% de renovabilidad para el café orgánico de Junín, valor inferior al café orgánico de Amazonas.

En el presente estudio el valor de la tasa de eficiencia emergética (EYR) en el sistema orgánico fue de 2,83, valor superior al sistema convencional de 1,24. Ulgiati, Brown, Bastianoni y Marchettini (1995) afirman que valores superiores a uno de EYR indican que el sistema fue capaz de disponer energía

primaria para la sociedad y cuanto mayor es este valor, mayor es la eficiencia del sistema en la utilización de los recursos invertidos de la economía. Según los resultados el sistema de producción de café orgánico muestra mayor nivel de eficiencia energética, la cual se debe al mayor aporte de recursos naturales al sistema con un valor de 64,71%, principalmente en la utilización de los materiales renovables de la economía. Cabe indicar que en el café convencional se observa menor aporte de los recursos naturales de 19,37%; lo que indica que el sistema de producción de café orgánico es más eficiente en la ganancia de energía primaria. Suca y Siche (2012) reportaron para el café orgánico 2,27 de EYR, valor inferior al café orgánico del presente estudio.

La tasa de carga ambiental (ELR) es una medida del impacto ambiental derivado del sistema productivo. Según Brown y Ulgiati (2002) valores de $ELR = 2$ indican sistemas de bajo impacto, $3 < ELR < 10$ indican sistemas que causan moderado impacto y $ELR > 10$ valores están asociados con los sistemas que causan grandes impactos ambientales. En el presente estudio la ELR en el sistema de producción de café orgánico fue de 0,55, inferior en comparación al sistema convencional de 4,23. En consecuencia el mayor impacto al medio ambiente es generado por el sistema de producción de café convencional, porque su energía proviene de recursos no renovables, principalmente de los materiales no renovables de la economía con 80,59%, en comparación al café orgánico que incorpora 35,28% de dicho recurso. Suca y Siche (2012) reportaron 1,92 de ELR en café orgánico en Satipo (Junín). Cuadra y Rydberg (2006) obtienen valores de 8,5 de ELR en la producción de café verde en Nicaragua. A su vez Guillén (2007) indica que los sistemas con gran dependencia al exterior en insumos como fertilizantes, tienen índices de carga ambiental mayores de uno. Entre estos sistemas se encuentran: producción de maíz, café y caña de azúcar; la característica común de estos sistemas es el uso de agroquímicos y sus índices de carga fueron de 8,14, 19,85 y 20,89, respectivamente.

La tasa de inversión energética (EIR) indica la inversión de la sociedad para producir un bien, en relación con la contribución de la naturaleza. Puede ser utilizado para evaluar la eficiencia o la competitividad del sistema productivo en la utilización de recursos invertidos de la economía. Mientras menor sea el valor, será más competitivo. $EIR < 1$, indica que el proceso obtiene más energía del medio ambiente y es menos intensivo (Odum, 1996). En el presente estudio el EIR para el sistema de producción de café orgánico fue 0,55, inferior al sistema convencional de 4,16; lo que indica que los productos orgánicos son más competitivos que los convencionales. La alta eficiencia del sistema de producción de café orgánico se debe al mayor aporte de los recursos naturales al sistema de 64,71%, principalmente en la utilización de los materiales renovables de la economía. Suca y Siche (2012) reportaron 0,79 de EIR en la producción de café orgánico en Satipo (Junín). Asimismo, Guillén (2007) manifiesta que el sistema de producción de café en México, empleando fertilizantes químicos tiene 9,35 de EIR. Por lo tanto, el sistema de producción de café orgánico en la provincia Rodríguez de Mendoza, Amazonas es más competitivo que los sistemas de producción de café de Junín y México.

El índice de sostenibilidad energética (ESI) en el sistema de producción de café orgánico fue de 5,16 y en el sistema convencional se obtuvo un valor de 0,29. Según Brown y Ulgiati (2002) manifiestan que valores de sostenibilidad energética inferiores a uno indican sistemas que consumen recursos, en tanto que valores superiores a uno indican sistemas que contribuyen con la aportación de recursos para uso de la economía sin afectar al equilibrio del medio ambiente. Así los valores inferiores a uno están asociados a las economías altamente desarrolladas y orientadas para el consumo. En el presente estudio el valor de 5,16 de ESI del café orgánico, indicaría un menor consumo de recursos económicos de 35,29%; y un mayor aporte de la naturaleza de 64,71%, principalmente en la utilización de los materiales renovables de la economía. Mientras que en el café convencional el ESI de 0,29, indicaría un mayor consumo de recursos económicos, que es de 80,63% y un menor aporte de la naturaleza de 19,37%. Lo que significa que el sistema de producción de café orgánico es sostenible ambientalmente y no el convencional en la provincia Rodríguez de Mendoza, Amazonas. Asimismo, Suca y Siche (2012) obtuvieron un valor de ESI para el café orgánico de 1,19; lo cual indica que el café orgánico de Amazonas es más sostenible ambientalmente que el café orgánico de Junín.

V. CONCLUSIONES

El sistema de producción orgánico de café presenta un mayor aporte de recursos de la naturaleza (64,71%) con respecto al aporte de la economía (35,29%). Se obtuvieron indicadores de sostenibilidad favorables (64,56% de renovabilidad, 2,83 de tasa de eficiencia emergética, 0,55 de tasa de carga ambiental, 0,55 de tasa de inversión emergética y un índice de sostenibilidad emergética de 5,16) que indican que el sistema de producción orgánico de café en la provincia Rodríguez de Mendoza presenta un buen nivel de organización, un menor impacto al ecosistema y sostenible ambientalmente (Brown y Ulgiati). Asimismo socialmente es de un gran impacto, porque permite desarrollar modelos de producción de café sostenible a largo plazo, contribuyendo a la satisfacción continua de las necesidades de los caficultores.

El sistema de producción convencional de café presenta un mayor aporte de recursos de la economía (80,63%) con respecto al aporte de la naturaleza (19,37%). Se obtuvieron indicadores de sostenibilidad no tan favorables (19,12% de renovabilidad, 1,24 de tasa de eficiencia emergética, 4,23 de tasa de carga ambiental, 4,16 de tasa de inversión emergética y un índice de sostenibilidad emergética de 0,29) que indican que el sistema de producción convencional de café en la provincia Rodríguez de Mendoza no presenta un buen nivel de organización, un elevado impacto negativo al ecosistema y no sostenible ambientalmente (Brown y Ulgiati).

Por consiguiente, los sistemas de producción de café orgánico son sostenibles ambientalmente y no los convencionales, en la provincia Rodríguez de Mendoza, Amazonas (Perú).

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento a la Cooperativa Agraria Rodríguez de Mendoza (COOPARM), por las facilidades brindadas durante la ejecución de la investigación, así como a los profesionales que colaboraron con sus valiosos aportes y sugerencias.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAVO R., F., ESPINOZA B., C., GANOZA M., L., SANCHEZ P., I.G. y REYES G., M. 2009. **Tablas Peruanas de composición de alimentos.** Ministerio de Salud. Lima - Perú. p.46.
- BROWN, M. T. y ULGIATI, S. 2002. **Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems.** *Journal of Cleaner Production*, 10: 321 – 334.
- CASTAÑEDA, E. 2004. **Bases potenciales: De la chacra cafetalera diversificada y amigable con el medio ambiente.** Perú: Tecnatrop S.R.L. p.158.
- CUADRA, M. y RYDBERG, T. 2006. **Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua.** *Ecological Modelling*, 196: 421-433.
- CALORIES BURNED SEARCH RESULTS FOR OCCUPATION. 2014. Nueva York. (<http://calorielab.com/bumed/?mo=se&gr=11&ti=Occupation&wt=150&un=lb&kg=68>; consultado el 12 de enero 2015).
- CAVALETT, C., FERRAZ Q., J. y ORTEGA, E. 2004. **Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in south Brazil.** Proceedings of IV Biennial International Workshop “Advances in Energy Studies”. p. 239 – 256. (<http://www.unicamp.br/fea/ortega/energy/Otavio.pdf>; consultado el 15 de febrero, 2014).
- COOPARM (2013). **Sistema de producción de café orgánico y convencional.** Rodríguez de Mendoza – Amazonas.
- DURÁN, R., G. 2007. **Empresa y medio ambiente: Políticas de gestión ambiental.** Madrid. p. 60.
- DIRECCIÓN REGIONAL AGRARIA AMAZONA. 2013. Chachapoyas – Amazonas.

- FERNÁNDEZ P., C. L. 2008. **Avaliacao da sustentabilidade ampliada de productos agroindustriais. Estudio de caso: Suco de Laranja e Etanol.** Tesis Doctoral. Universidade Estadual de Campinas, Campina, Brasil.
- GRANADOS S., J. 2010. **Manual de medio ambiente y sostenibilidad.** Madrid: Dykinson, S. L. p. 57.
- GUILLÉN T., H.A. 2007. **Contabilidad ambiental usando emergía: caso 2: sostenibilidad de sistemas agro-silvícolas y agro-industriales en Chiapas, México.** (<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico13/092.pdf>; consultado el 8 de octubre, 2013).
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE DE CEJA DE SELVA. 2013. *Proyecto Promarena.* Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – Perú.
- OÑATE, J. 2002. **Evaluación ambiental estratégica: la evaluación de políticas, planes y programas.** España.
- ODUM, H.T. 1996. **Environmental accounting: emergy and environmental decision making.** New York. John Wiley.
- ORTEGA, E. 2007. **Introducción a la metodología emergética.** (<http://www.unicamp.br/fea/ortega>; consultado el 12 de abril, 2015).
- ORTEGA, E. 1998. **Tabela de transformidades.** (<http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm>; consultado el 5 de enero, 2015).
- SUCA, F., SUCA, G. y SICHE, R. 2012. **Sostenibilidad ambiental del sistema de producción de café orgánico en la región de Junín.** *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 2(2):118-129.
- SICHE, R. 2007. **Avaliacao ecológica – termodinámica e económica de nacoes: o Perú como estudo de caso.** Tesis Doctoral. Universidad Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.
- SICHE, R. y ORTEGA, E. 2006. **Emergy-based sustainability of the Peruvian economy.** In: EMERGY SYNTHESIS 4: Theory and Applications of the Emergy Methodology. Biennial Emergy Analysis Conference 4, 11.1-11.13.
- SENAMHI 2003. **Atlas de energía solar del Perú.** Lima – Perú.
- ULGIATI, S., BROWN, M.T., BASTIANONI, S. y MARCHETTINI, N. 1995. **Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources.** *Ecological Engineering*, 5:519-531.