

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL BALANCE ENERGETICO EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN DE LIMON TAHITÍ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA

Presentado por:

WILSON A. ARAQUE ECHEVERRY

Director:

ELCY CORRALES ROA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES

MAESTRÍA EN DESARROLLO RURAL

COLOMBIA

2014

Tabla de contenido

1. Introducción	7
1.1 Planteamiento del problema	8
1.2 Justificación	11
1.3 Objetivos	12
1.3.1 Objetivo general:	12
1.3.2 Objetivos específicos:.....	12
2. Marco conceptual.....	13
2.1 El sistema de producción agrícola	14
2.2 Energía y termodinámica.....	15
2.3 Energía y agricultura	16
2.4 Eficiencia y productividad energética	17
2.5 Sostenibilidad agrícola	18
2.6 Desarrollo sostenible	20
2.7 Modelos teóricos de explotación familiar	21
3. Estado del arte	23
4. Contexto y área de estudio	28
5. Metodología	34
5.1 Metodología del cálculo de la eficiencia y productividad energética	37
6. Resultados	43
6.1 Caracterización de sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.	43
6.2 Balance energético de cuatro modelos de sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.	48
6.3 Eficiencia energética y productividad energética de cuatro modelos de de sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	53
7. Discusión.....	55
8. Conclusiones	64
9. Bibliografía.....	66

Lista de tablas

	Pág.
Tabla No. 1 Clave dicotómica de clasificación de los diferentes sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	36
Tabla No. 2 Equivalentes energéticos empleados para la presente investigación.....	42
Tabla No. 3 Balance energético del cultivo de limón Tahití en los cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal).....	49
Tabla No. 4 Eficiencia y productividad energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	51

Lista de Gráficos**Pág.**

Gráfico 1. Balance energético por entrada de energía en los cuatro modelos de explotación en el cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima (kcal).....	51
Gráfico 2. Balance energético en los cuatro modelos de explotación, en el cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima (Kcal).	52
Gráfico 3. Consumo total de energía en los cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal).....	52
Gráfico 4. Eficiencia energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	53
Gráfico 5. Productividad energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	54
Gráfico 6. Total kilos producidos de limón Tahití por Hectarea en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	54

Lista de Imágenes

	Pág.
Imagen 1. Esquema del marco conceptual.....	13
Imagen 2. Esquema básico del sistema de producción agrícola.....	15
Imagen 3. Ubicación del departamento del Tolima.....	28
Imagen 4. Zonas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.....	30
Imagen 5. Mapa de distribución de cuatro modelos de explotación en el cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima.	47

RESUMEN

En el marco de la Teoría General de Sistemas esta investigación presenta la caracterización y análisis de sostenibilidad a partir del balance energético comparativo de cuatro modelos de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima: a) sistemas de producción tipo empresarial, b) modelo de empresa familiar, c) modelo de explotación familiar de subsistencia y d) modelo de explotación familiar moderna.

Para la determinación del balance energético se cuantificaron las entradas y las salidas y de los sistemas de producción calculándolas en unidades de energía (Kilocalorías), deduciendo a partir de esta información la eficiencia en el uso de la energía, la productividad energética, así como los factores de mayor relevancia en la producción de cada modelo evaluado.

Se determinó que es el modelo empresarial el que requiere de mayor cantidad de energía seguido del modelo familiar moderno, empresa familiar y familiar de subsistencia. Esta última representa el modelo con menor cantidad de ingreso de energía; sin embargo, el cálculo de eficiencia energética coloca al modelo familiar de subsistencia como el más eficiente, seguido de los modelos familiar moderna, empresarial y empresa familiar.

Palabras clave: sistemas, sostenibilidad, balance energético, eficiencia energética, productividad energética

1. Introducción

El cultivo del limón Tahití en el departamento del Tolima se encuentra en un importante momento de desarrollo agrícola dada la implementación intensiva en el uso de capital como el uso de tractores, implementación de fumigadoras a motor, máquinas de lavado de la fruta, y máquinas para la selección de fruta. En contraste, se encuentran en estas mismas zonas de desarrollo cítrica, sistemas de producción carentes de dicha tecnología apoyados en la mano de obra familiar para la realización de las diferentes labores implicadas en el proceso productivo.

Los resultados en rendimiento y rentabilidad parecen suponerse al observar el grado de avance tecnológico de los sistemas de producción tecnificados, sugiriendo a estos como los más rentables y eficientes. Sin embargo estas variables no son las únicas que pueden ofrecer una idea de la viabilidad de dichos sistemas de producción agrícola que por demás parecerían omitir el posible impacto al socio ecosistema en el que se desarrollan, lo que podría traducirse en un compromiso de la sostenibilidad de los recursos naturales que involucra, así como de las comunidades que dependen de dichos recursos.

Una actividad agraria orientada a maximizar la producción genera formas de explotación que superan la capacidad de acogida de los ecosistemas o capacidad de carga, es decir el nivel de uso que puede tolerar con impacto escaso, en contraste al concepto de sostenibilidad que propone mantener y aprovechar de forma continuada los recursos (Gómez, 1988). Para Gliessman, (2001) un agroecosistema sostenible “Mantiene la base de recursos de los que depende, se basa en un mínimo de insumos artificiales que ingresan desde fuera del sistema granja, regula plagas y enfermedades a través de mecanismos de regulación interna y es capaz de recuperarse de los disturbios causados por cultivo y cosecha”. (p. 299)

Esta investigación busca comparar la eficiencia energética en diferentes sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima. La comparación de estos sistemas de producción agrícola en unidades de eficiencia y productividad energética, permitió el análisis en el desempeño del uso de la energía en los sistemas de producción evaluados con un enfoque de sistemas. A partir de allí se establecieron elementos de análisis de la sostenibilidad de la producción que aportan elementos para el análisis de algunas iniciativas de emprendimiento planteadas por los programas del gobierno actual.

1.1 Planteamiento del problema

La excesiva intensificación en los sistemas de producción agrícola, el uso indiscriminado de pesticidas, el uso de fertilizantes que lleva al agotamiento de los suelos, la disminución de las reservas de hidrocarburos, la contaminación atmosférica y de las aguas, entre otros, son situaciones que llevan a cuestionar la forma en que se ha venido desarrollando la actividad agropecuaria y conduce a entender la necesidad de preservar nuestro planeta (Altieri, 2001). Las tecnologías modernas suelen a su vez resultar engañosas. Un ejemplo conspicuo es el del sistema agrario norteamericano, reconocido por su enorme eficiencia económica y productiva, altamente mecanizado y con subsidios para el petróleo, es sin embargo, un sistema notablemente ineficiente si se lo mide en términos de la cantidad de energía consumida para producir una cantidad determinada en kilocalorías (Pimentel, 1961). No obstante, si se mide en términos monetarios, genera beneficios enormes y, de ese modo, contribuye al Producto Geográfico Bruto (Max-Neef, 1993), el cual mide el valor económico de la producción con relación a las ventajas competitivas en una región determinada.

La implementación de monocultivos a partir de fuentes de energía no renovables en la agricultura, tales como combustibles fósiles y maquinaria, lleva a plantear interrogantes acerca de la sostenibilidad de estos sistemas de producción dado el elevado costo energético y ambiental. A la hora de evaluar el impacto ecológico y social que puedan tener estos monocultivos que reducen la diversidad e introducen nuevas dinámicas ecológicas y socio eco sistémicas, es necesario indagar cuál es la eficiencia en el uso de los recursos y que factores son de mayor relevancia para el desarrollo y la sostenibilidad de dichos sistemas de producción.

La baja eficiencia en el uso de la energía en las labores agrícolas, no está relacionada necesariamente con una menor productividad, puesto que es a partir de una mayor inversión de energía que se presenta el aumento en la producción. Las fuentes de obtención de energía se derivan principalmente del uso de combustibles fósiles lo que repercute en el cambio climático principalmente en lo que se refiere a la emisión de gases de efecto invernadero, por efecto de una importante fuente de emisión de CH₄ y N₂O y CO₂. Además se estima que el aumento del 31 % de CO₂ atmosférico desde 1750 ha ocasionado el 60 % del calentamiento inducido por los gases efecto invernadero (Malhi, Meir, & Browns, 2002); el N₂O contribuye en 6 % (IPCC, 2001) y el metano en cerca de 15 % (Bokisch, citado por Kotschi & Müller-Säman, 2004).

Durante los últimos años en Colombia se ha venido observando el aumento del área en producción de frutales, jalonando el crecimiento durante el 2012 en 18.3% del crecimiento agrícola y pecuario nacional (MADR, 2013). Dicho crecimiento responde además a políticas de empresarización del agro, por lo que se hace imprescindible en este escenario la adopción entre otras, de maquinaria agrícola para su desarrollo. En este escenario se predice un mayor crecimiento de los cultivos frutales en Colombia, entre los que se destacan principalmente los cítricos.

En la zona que corresponde al valle geográfico del Magdalena a la altura en que se ubican los municipios de Espinal, Flandes, Guamo y Coello, del departamento del Tolima, se encuentra en crecimiento una importante región citrícola dedicada al cultivo de la Limón Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*). Entre las unidades de producción o fincas que constituyen la región citrícola, se observa diferentes grados de tecnificación, diferentes niveles de organización, diferente composición en los miembros del sistema de producción y diferente magnitud del capital invertido por unidad productiva, lo que sugiere una zona citrícola heterogénea compuesta por diferentes tipos de productores, diferentes modelos de producción y diferentes grados de empresarización.

Dado que no existen trabajos en el Tolima que caractericen dichos modelos de producción de Limón Tahití y evalúen la sostenibilidad de manera comparativa entre estos sistemas a partir de la eficiencia en el uso de la energía, surge la necesidad de caracterizarlos y realizar un análisis comparativo a partir del balance energético con el propósito de aportar elementos a análisis relacionados con el uso eficiente de la energía en un marco de sostenibilidad.

Nos planteamos entonces las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuál es la eficiencia energética en diferentes sistemas de producción de limón Tahití en la zona citrícola del departamento del Tolima?

¿Cómo los balances energéticos pueden contribuir a la reflexión sobre la sostenibilidad de estos sistemas de producción?

El análisis de los sistemas de producción desde el punto de vista de la eficiencia energética, permitirá determinar los modelos más eficientes y recomendables para el cultivo de limón Tahití

(*Citrus latifolia Tanaka*) en la región agroclimática que comprende el valle geográfico del Magdalena en el departamento del Tolima, en un contexto de sostenibilidad.

1.2 Justificación

Según Max Neef (1993), en el Desarrollo a Escala Humana, hay un compromiso con la actualización de las necesidades humanas tanto de las generaciones presentes como futuras, lo que lleva a concepto de desarrollo eminentemente ecológico. A la vez que implica construir indicadores capaces de discriminar entre lo que es positivo y lo que es negativo, llevando al diseño e implementación de tecnologías que se ajusten a un proceso de desarrollo verdaderamente eco-humanista que pueda garantizar la sustentabilidad de los recursos naturales para el futuro. Müller (1996) señala como uno de los enfoques para medir la sostenibilidad del desarrollo y la agricultura, la elaboración de estadísticas ambientales con el fin de definir indicadores, como “una herramienta para agregar y simplificar información de naturaleza disímil de una manera útil y ventajosa” (p. 8). Por lo tanto, para el análisis de sostenibilidad de los sistemas de producción, será útil la implementación del balance energético y el conocimiento de indicadores tales como la eficiencia energética y la productividad energética en el análisis del flujo de energía en tanto sistema.

El concepto de eficiencia energética permite incluir una importante variable de comparación entre sistemas agrícolas además de las variables de rendimiento y producción, las cuales se fundamentan únicamente en unidades de medida económicas.

Llevar a cabo una investigación aplicada para el caso de la producción de limón Tahití en el departamento del Tolima busca ser entonces un aporte a este tipo de estudios y al análisis de la

sostenibilidad de sistemas de producción rural en Colombia, frente a una política de empresarización del agro, a partir del balance en el uso de la energía como indicador de la eficiencia en el uso de unos recursos involucrados que implican además un costo económico, el cual no ha sido objeto de evaluación del presente estudio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Evaluar los sistemas de producción de limón Tahití, en el departamento del Tolima, a partir de la determinación de la eficiencia energética.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar los tipos de sistemas de producción de limón Tahití presentes en el departamento del Tolima.
- Determinar la eficiencia energética de los sistemas de producción agrícola de limón Tahití
- Comparar la eficiencia energética entre los sistemas de producción agrícola de limón Tahití, seleccionados.

2. Marco conceptual

La construcción del marco conceptual se presentó según lo expone la imagen No. 1, en donde se sintetizan de manera esquemática los elementos que dieron construcción teórica a esta investigación.

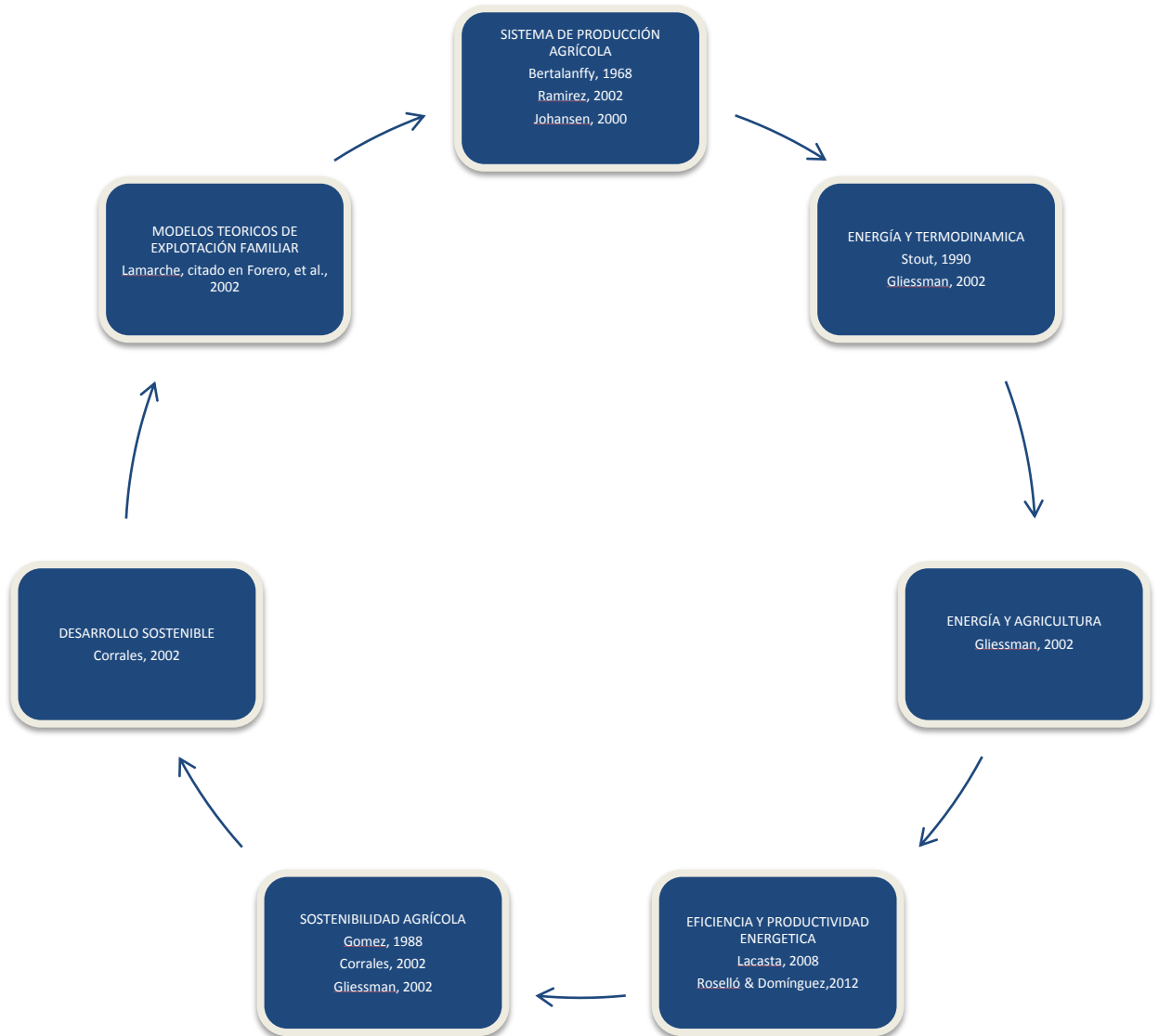


Imagen 1. Esquema del marco conceptual

2.1 El sistema de producción agrícola

Tomando como referencia la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1968) la finca agropecuaria puede entenderse como un sistema de producción agrícola, concebida como un todo organizado en una estructura determinada, inmersa en un contexto, cuyas características, responden a leyes definidas por el ambiente, que regulan sus actividades, flujos y sus relaciones con otras unidades productivas del contexto en que se desarrolla, con la finalidad de obtener alimentos y otros productos que el hombre y la sociedad necesitan.

Como se expone de manera esquemática en la imagen 2, los sistemas de producción agrícola, en tanto sistemas, constan de componentes tales como, las entradas (que pueden ser energía que se utiliza para mover y dinamizar el sistema), materia (que son los recursos que el sistema utiliza para producir salidas), e información (que es todo aquello que reduce la incertidumbre sobre una situación); proporcionan orientación, instrucción y conocimiento con respecto a algo, y permiten programar y planear el comportamiento o funcionamiento del sistema (Ramírez, 2002). Las salidas del sistema son el resultado final de la operación o procesamiento del sistema. Los flujos de salida le permiten al sistema exportar el resultado de sus operaciones al entorno (Ramírez, 2002). Según Johansen (2000) las salidas del sistema se pueden clasificar como positivas o negativas para el medio. El sistema está adaptado al medio si las salidas positivas son mayores que las negativas, lo que determina su viabilidad y capacidad de adaptación a las variaciones de un entorno dinámico.

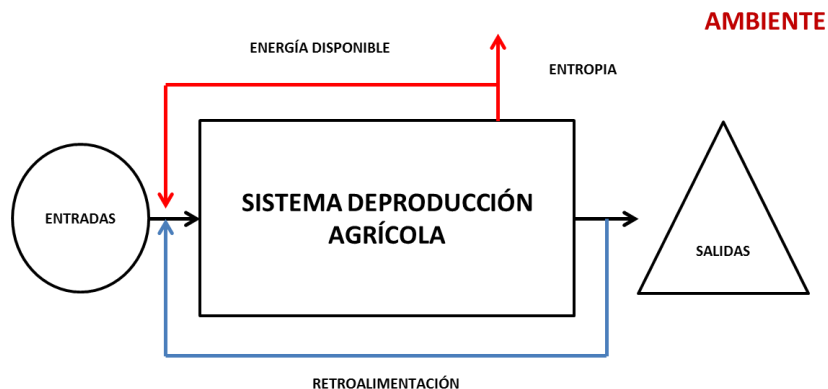


Imagen 2. Esquema básico del sistema de producción agrícola. Fuente: Esta investigación

Otra característica del sistema es la retroalimentación, en el cual parte de la salida es remitida de nuevo como información sobre el resultado preliminar de la respuesta a la entrada, de esta manera hace que el sistema se autorregule, bien sea con el propósito de mantener determinadas variables o enfocar el sistema hacia una meta determinada (Bertalanffy, 1968).

2.2 Energía y termodinámica

Los sistemas de producción agrícola, consisten en un conjunto de componentes interrelacionados que trabajan interdependientemente hacia una meta común mediante la incorporación de entradas y generación de salidas en un proceso de transformación organizado. Dichos procesos se soportan en la disposición de energía requerida en su ejecución. La energía se define como la capacidad de realizar un trabajo como resultado de la fuerza que mueve un cuerpo una distancia determinada (Stout, 1990).

El comportamiento de la energía corresponde a las leyes de la termodinámica:

- La Primera ley de la termodinámica indica que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. La calidad de la energía cambia a medida que se desplaza de un lugar o estado a otro, o a medida que se usa para hacer trabajo (Gliessman, 2002). Lo que permite inferir la transformación de energía en un sistema a partir de la relación entre las salidas y las entradas en unidades de energía estableciendo la eficiencia en dicha transformación.
- Segunda ley de la termodinámica: indica que en la transferencia o transformación de la energía, una parte de esta se convierte en una forma que no puede ser aprovechada, por lo tanto hay una tendencia hacia el caos o entropía y para contrarrestar esta entropía se tiene que usar energía adicional (Gliessman, 2002). En un sistema de producción agrícola se abordará como entropía a toda forma de energía que ya no es aprovechable por el sistema o por otros sistemas, y que puede presentarse como externalidad negativa al tratarse de energía contaminante; por lo tanto el conocimiento de la entropía en un sistema permite hacer inferencias acerca del grado de desaprovechamiento de los recursos y el grado de contaminación que este puede generar al entorno.

2.3 Energía y agricultura

La agricultura es una actividad que soporta sus requerimientos energéticos principalmente en el uso de la radiación como fuente de energía solar a través de su aprovechamiento durante la fotosíntesis. Por este proceso la planta obtiene aumento de biomasa traducida en la conformación de órganos tanto de crecimiento como de reproducción, en donde almacena energía química disponible para otros organismos vivos (Gliessman, 2002).

Con el descubrimiento de la agricultura, las sociedades humanas han llevado a cabo un proceso co – evolutivo en el que las plantas se han beneficiado al asegurar su reproducción,

mediante la protección y la presión selectiva por parte del hombre a cambio del aporte de alimentos y materia prima. A través de la agricultura la energía almacenada es centrada, para después cosecharla y aprovecharla mediante el consumo directo, para alimento de animales que posteriormente se consumen o para generar trabajo (Gliessman, 1997).

Las fuentes energéticas de las plantas son obtenidas por una parte de la radiación solar y por otra parte de los nutrientes disponibles en el medio de crecimiento, factor variable directamente proporcional a la capacidad en rendimiento de la planta, en el que el ser humano participa a través de tecnología de forma directa: a través del aporte de insumos como fertilizantes; o de manera indirecta, como es el caso del uso de maquinaria agrícola en las diferentes labores del cultivo. Todos los agro ecosistemas por sencillos o complejos que sean, requieren de una adición extra de energía además de la que provee el sol, esta energía adicional se requiere debido a la gran remoción de biomasa, energía potencial, de los agro ecosistemas en material cosechado (Gliessman, 2002).

2.4 Eficiencia y productividad energética

El balance energético pone al descubierto los manejos más eficientes y recomendables para una región agroclimática. A través de este balance se determina la Eficiencia Energética la cual para esta investigación se abordó como el **cociente entre la energía calorífica contenida en el producto final y la requerida para su producción**; de igual forma es posible a través del balance determinar la Productividad energética asumida en este trabajo de investigación como la **relación entre el valor energético de una unidad de producto y la energía requerida para su obtención**, es decir que Indica la energía que se necesita para producir una unidad producto (Lacasta, 2008)

Desde el punto de vista de la ecología el análisis energético entendido como el rendimiento de la transformación de la energía implicada en el sistema agrario, mide la eficacia en la conversión de una forma de energía en otra para un ecosistema determinado suponiendo la contabilidad de los flujos de entrada y salida en términos energéticos.

Se asume la eficiencia energética como la relación entre las salidas y entradas de cada sistema, es decir el cociente: salidas/entradas. Para Roselló & Domínguez (2012), si esta relación es igual a 1, indica que “aquello que se extrae es igual a lo que se aporta. Cuando se está por debajo de la unidad, el sistema es deficiente energéticamente; es decir que el sistema consume más energía externa de la que se obtiene de este y cuando se esté por encima de la unidad se extraerá más energía que la que se aporta.

2.5 Sostenibilidad agrícola

La actividad agrícola orientada a maximizar la producción genera formas de explotación que superan la capacidad de acogida de los ecosistemas, en contraste al concepto de sostenibilidad que propone mantener y aprovechar de forma continuada los recursos (Gómez, 1988).

La sostenibilidad está referida a la durabilidad de los sistemas de producción, como la capacidad que tienen para mantenerse en el tiempo. Del mismo modo, Conway & Barbier (citado por Corrales, 2002) indican que la sostenibilidad se refiere al sostenimiento de los recursos empleados frente a situaciones de choque o tensión, sujetos al sistema así como de los insumos humanos que pueden aportarse para contrarrestar dichas tensiones. La sostenibilidad está determinada por la relación entre los sistemas de producción y el entorno ecológico y socio económico en el que se desarrolla, por lo que no debe en tanto sistema exceder los límites del entorno. (Corrales, 2002).

Gliessman (2002) señala con respecto a la importancia de la sostenibilidad en la producción de alimentos, que las innovaciones tecnológicas, además de las prácticas y las políticas que explican el incremento en la productividad, han abusado y degradado los recursos naturales de los que depende la agricultura: suelo, agua y diversidad genética; además de generar una alta dependencia en la implementación de los recursos no renovables como el petróleo. Por lo tanto concluye que la agricultura moderna es insostenible y que carece a largo plazo de potencial para producir suficiente alimento al erosionar las condiciones que le hacen posible.

Según Corrales (2002) el desempeño de la actividad agropecuaria puede analizarse con base a diferentes criterios que se relacionan con la sostenibilidad tales como la productividad, la estabilidad, equidad y eficiencia. . La productividad evalúa el desempeño de la agricultura y “se define como la producción total por unidad de recurso invertido (sea la tierra, el capital o el trabajo)”, (...), “la estabilidad se refiere a la constancia de la productividad frente a pequeñas fuerzas perturbadoras que emergen de los cambios normales y de los ciclos del ambiente que rodea la producción” (...), la equidad “se refiere a la distribución del producto y de los costos de un proceso productivo entre los beneficiarios humanos” (p.6). En cuanto a la eficiencia de la producción esta puede abordarse a partir de varias perspectivas: desde el punto de vista técnico, la cual relaciona la cantidad de producto que se obtiene por unidad de entrada o bien la eficiencia económica que se refiere al resultado en términos monetarios (Corrales, 2002). Por otro lado el análisis de la eficiencia energética es decir el que se hace a partir del cálculo de entradas y salidas en unidades de energía, permite relacionar todas las variables monetarias y no monetarias en el marco de la teoría general de sistemas, a partir del balance energético. Este último tipo de análisis es también una forma de abordar la sostenibilidad.

2.6 Desarrollo sostenible

La situación de insostenibilidad que se presenta en los sistemas de producción agrícola en el país, han sido el resultado de decisiones individuales de los productores, propietarios rurales y en especial de la aplicación de las políticas de desarrollo agropecuario, las cuales se han apoyado de forma expresa en tecnologías altamente dependientes de recursos externos, el uso de semillas mejoradas y la adecuación de nuestras condiciones naturales a las necesidades de estos paquetes tecnológicos (Corrales, 2002).

Corrales (2002) plantea al respecto de la situación de insostenibilidad que “ha significado la negación sistemática a mirar hacia adentro, hacia las posibilidades o ventajas comparativas con las que contamos como país tropical, altamente biodiverso y con enormes posibilidades de producir apoyado en sus propias potencialidades”. (p.12)

La incursión de nuestro modelo de desarrollo en la tendencia mundial ha llevado a que prioricemos los requerimientos tecnológicos con el fin de aumentar la producción y con ello favorecer la economía. Sin embargo esto solo ha obedecido a contemplaciones de tipo económico que dejan a la sostenibilidad en un papel secundario.

La idea de avanzar hacia sistemas de producción tecnificados ha provocado paulatinamente la sustitución de nuestros sistemas agrícolas tradicionales familiares o campesinos hacia sistemas de tipo empresarial, cuyo principio de competitividad se fundamenta en el uso, aplicación y mayor desarrollo de tecnología, la cual a la vez al parecer, provee de las ventajas asociadas con la producción de mayores ingresos traduciéndose en la procura por alcanzar la mayor eficiencia económica de los sistemas de producción. Sin embargo, en muchos casos es probable que dicha eficiencia económica, ventajosa para sus propietarios, no lo sea para el sistema agrícola en sí. Es

decir, que los altos requerimiento energéticos que demandan los avances tecnológicos podrían llevar a colapsar los sistemas de producción agrícola en tanto sistema, al superar la capacidad de los recursos disponibles que requieren para su funcionamiento.

Por otra parte, según Forero (citado por Corrales, 2002), la adopción masiva de tecnologías modernas por parte del campesinado, ha permitido que este obtenga resultados económicos positivos como una estrategia adaptativa a la que recurre para articularse a los mercados de bienes y servicios. No obstante, en la gran mayoría de los casos en que se implementa tecnologías modernas el campesinado las combina con sus prácticas tradicionales de manejo, lo que puede contribuir a diversificar el riesgo y a conservar algunas de las ventajas reconocibles en los sistemas de producción tradicionales (Corrales, 2002)

2.7 Modelos teóricos de explotación familiar

Forero (citado por Corrales, 2002); plantea que “el campesinado ha adoptado parcial o totalmente la utilización de estas prácticas o tecnologías, muchas de ellas relacionadas con el modelo de Revolución Verde” (...) “Esto no es necesaria o únicamente el resultado de políticas de desarrollo rural explícitas es una estrategia adaptativa a la que recurre el campesinado para articularse a los mercados de bienes y servicios”. (p. 11)

Este proceso de adaptación señalado por Forero (2002), hace que se generen diferentes modelos de producción o configuraciones en los sistemas agrícolas. Al respecto Lamarche (citado en Forero, et al., 2002), define cuatro modelos de explotación familiar: sistema de producción modelo empresarial, modelo de empresa familiar, modelo de explotación familiar de subsistencia y modelo de explotación familiar moderna, cuya diferencia radica en las diferentes formas de apropiación y desarrollo de los medios de producción:

- Modelo empresarial: consiste en relaciones de producciones pocas o nada familiares. La tierra se comercializa como cualquier otro bien. Hay contratación de asalariados. Hay dependencia tecnológica y financiera y la producción se dirige exclusivamente al mercado. Se trata fundamentalmente de una explotación como una empresa.
- Modelo de empresa familiar: hay una importancia primordial de la familia, a partir de la que se estructura la fuerza de trabajo. El patrimonio es exclusivamente familiar y la explotación es pensada en términos de reproducción de la familia. La producción es pensada en términos de ingreso agrícola y el trabajo en término de salario. Se consideran las nociones de remuneración y productividad.
- Modelo explotación familiar de subsistencia; consiste en un grupo de productores con baja producción que emplean técnicas tradicionales. El objetivo principal es satisfacer las necesidades de la familia.
- Modelo de explotación familiar moderna: este grupo se estructura en torno de una doble dinámica, por una parte, la búsqueda constante de una disminución del rol de la familia en las relaciones de producción y por otra una búsqueda de la mayor autonomía posible en dichas relaciones.

3. Estado del arte

Los estudios relacionados con el análisis de la eficiencia en el uso de la energía en sistemas de producción se han desarrollado en diversas partes del mundo, en Colombia también encontramos algunos de ellos, a continuación presentamos los elementos encontrados en los estudios revisados para la presente investigación.

Para Maldonado y Rojas (2011) los objetivos de mejoramiento en los sistemas de producción campesina estudiados, han sido orientados básicamente a la adopción de paquetes tecnológicos que se sustentan en la incorporación de altas fuentes de energía externa a los predios, tales como fertilizantes e insumos de origen fósil, ignorando las particularidades de los ecosistemas tropicales, lo que en ocasiones ha repercutido en niveles de ineficiencia en su implementación. Estos autores proponen además, como indicador de eficiencia el balance de energía, para los sistemas de producción campesina en comparación con los sistemas basados en paquetes tecnológicos dependientes de insumos agroquímicos.

Mora, Martínez & Madrigal (2007) realizan un análisis del beneficio – costo de la energía en 3 modelos de producción de caficultura campesina de Puriscal, Costa Rica, el primero de ellos denominado finca de tecnología orgánica, caracterizada por la utilización de recursos propios al sistema de producción, el segundo fincas denominadas convencionales en las que se distinguió 2 subgrupos: fincas de tecnología mixta, pues combinan técnicas de agricultura orgánica y recursos convencionales como agroquímicos; y fincas de tecnología convencional; determinaron que los análisis de energía permiten evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, señalando que aunque los más altos beneficios financieros en el corto plazo se obtuvieron en el modelo convencional comparados con los modelos orgánico y mixto, desde el punto de vista de la

productividad energética, el modelo orgánico presentó una mayor eficiencia, con un valor de eficiencia de casi el doble de los otros modelos. Del mismo modo Roselló & Domínguez (2012) analizando sistemas de cultivo de cítricos y hortalizas ecológicos y convencionales en Valencia España encontraron una tendencia en las parcelas ecológicas a reducir a la mitad los insumos energéticos, y en consecuencia en mayores índices de eficiencia energética, así como baja eficiencia en los sistemas de producción convencionales o químicos atribuida al mayor consumo por abonos de síntesis.

El informe de alcances del modelo analítico y cálculo de indicadores de desarrollo rural basados en eficiencia energética realizado por la Gobernación de Boyacá propone el Índice Héritage de desarrollo rural (IHDR) como un Índice sintético para medir el desarrollo rural de un territorio soportado en la eficiencia energética del sistema productivo, de la capacidad de satisfacción del consumo social requerido por su población y del aprovechamiento conveniente del potencial de trabajo de su población (Corporación Héritage, 2011).

A través del informe de alcances de la Corporación Héritage en el que se implementa la eficiencia energética como indicador, este se asume como la relación entre la energía incorporada y la energía producida en el sistema productivo en términos de kilocalorías; se relacionó la situación del departamento de Boyacá frente a su autonomía alimentaria aportando elementos para la orientación de estrategias dirigidas al desarrollo integral y disminución de la pobreza. La Corporación Héritage, desarrolla a partir del informe una propuesta de análisis del sector rural en Colombia, principalmente en lo relacionado con la economía campesina, y los conceptos de seguridad alimentaria, soberanía alimentaria y expectativas sociales de las comunidades campesinas, a partir del rol estratégico que desempeñan para el desarrollo del país, con un enfoque basado en el análisis de la eficiencia en los flujos energéticos de la producción

agropecuaria, evidenciando los mayores niveles de eficiencia en los modelos campesinos con relación a la producción agro-empresarial. Con este modelo analítico, la Corporación pretende incluir en las decisiones de política pública y orientación a los actores públicos, privados y comunitarios, en cuanto asegurar un crecimiento equilibrado y conveniente y obtener estabilidad y eficiencia en los flujos de producción, transformación y distribución de la cadena de suministro de alimentos, centrados en el fortalecimiento del mercado interno, la seguridad alimentaria y nutricional de sus territorios, y la conservación de su capacidad energética.

En su análisis de las funciones energéticas rurales para sustentar las zonas urbanas Moreno (2011) sugiere que el problema central de las actividades agrícolas empresariales, desde el punto de vista energético, se manifiesta por el desaprovechamiento de la oferta energética del entorno (radiación solar, trabajo humano, trabajo animal, etc.) y los sistemas naturales de reciclaje de la energía acumulada; lo que crea sistemas dependientes y vulnerables a los riesgos ecológicos y económicos, que deben ser apoyados continuamente con “subsidios” de energía.

Al respecto, aquellos sistemas de producción que soportan sus requerimientos energéticos en el abastecimiento a partir de combustibles fósiles, no renovables, muestran un alto requerimiento energético y una baja eficiencia energética, como lo demuestran estudios realizados tales como, Ricaud (1980 citado por Reyes, 2004) al evaluar las entradas y salidas de energía en el cultivo de caña de azúcar en Louisiana, en el que encuentra que el diesel es la mayor entrada energética debido a las exigencias que se hace a equipo pesado en diferentes operaciones además, de los altos requerimientos de energía en jornales en la siembra.

Mota (citada por Reyes, 2004) encontró al comparar la eficiencia energética en fincas con diferentes manejos agroecológicos en el municipio de San Vicente de Chucurí, Santander; que

los resultados altos en los balances de eficiencia energética total y eficiencia energética industrial indicaron una mayor eficiencia debido a una menor dependencia de entradas culturales.

Pimentel & Heichel, (citado por Reyes, 2004) encuentran que los sistemas sostenibles requieren poca energía fósil, produciendo además una menor erosión. Según estos autores por ejemplo, el incremento de la sostenibilidad a partir de la producción de etanol no es viable dado que los costos energéticos y económicos exceden las ganancias.

Castellanos (2013), determinó la eficiencia energética en sistemas de producción de arroz en el municipio de Purificación, Tolima encontrando que la relación costo beneficio no es significativamente diferente entre un sistema orgánico y un sistema químico y que el sistema de producción químico genera impactos tanto ambientales como sociales que deben evaluarse para el contexto en particular.

Reyes (2004), en el análisis, caracterización y comparación de la eficiencia energética entre diferentes unidades de producción del sistema productivo de caña panelera en fincas ubicadas en el municipio del Valle de San José en el departamento de Santander; encontró que las fincas pequeñas (> 11 Ha - < 80 Ha, con trapiche), reportaron valores bajos de eficiencia energética debido a que las salidas del sistema son muy bajas y las entradas muy altas en unidades de energía, sugiriendo que dicha diferencia se debe a que los trapiches no son óptimos y requieren de mucha energía.

Muñoz (2007), en la caracterización en términos de flujos de energía en sistemas de producción de dos diferentes tipos de agro ecosistemas cacaoteros (híbrido y clonado) en los municipios de Hobo y Rivera, en el departamento del Huila; encontró que en las fincas con

sistemas de producción de cacao clonado, la eficiencia energética industrial¹ es mayor a la eficiencia energética biológica- cultural o “... aquella derivada de fuentes humanas es decir trabajo hecho por el ser humano, por animales o el estiércol (Gliessman, 2002, p.274) . Muñoz (2007) encontró además, que los cultivos con alta producción se relacionan con un manejo con alta cuota de insumos de origen fósil como lo son los fertilizantes y los plaguicidas, señalando que estos no podrán ser sostenibles al depender de insumos externos por tratarse de recursos no renovables de cantidades finitas.

“La insostenibilidad de la producción agropecuaria también se deriva del uso de tecnologías inadecuadas, que puede conducir a la degradación del capital natural y a amenazar la posibilidad de una producción durable. Con el uso de tales tecnologías se empobrece y contamina el suelo y las fuentes de agua (por el uso cada vez mayor de agroquímicos), hay pérdida de biodiversidad (por la especialización de los cultivos) y se genera efecto invernadero” (Corrales, 2002, p. 10). Desde esta perspectiva es posible preguntarse si el desarrollo impuesto - propuesto y asumido por nuestra cultura, es realmente sostenible, o si de lo contrario nos llevará al agotamiento de nuestros recursos.

Para el caso del limón Tahití no se han encontrado estudios relacionados con el balance energético y la implementación de indicadores como la eficiencia energética o la productividad energética en el análisis de sostenibilidad en la zona.

A partir de esta revisión es posible concluir que mayores entradas energéticas orientadas a incrementos de productividad no implican necesariamente una mayor eficiencia energética y que

¹ Definida por Gliessman (citado por Muñoz, 2007) energía cultural industrial: cualquier entrada de energía proveniente de cualquier fuente no biológica como la derivada del petróleo, fisión radioactiva y de fuentes geotérmicas e hidrológicas.

son los sistemas empresariales los que tienden a mostrar una menor eficiencia en el uso de la energía al compararlos como modelos tradicionales, orgánicos o ecológicos.

4. Contexto y área de estudio

El departamento del Tolima está constituido por un área de 23.582 Kilómetros cuadrados (Km^2) y limita por el Norte con el departamento de Caldas, por el Este con el departamento de Cundinamarca, por el Sur con el departamento del Huila y Cauca y por el Oeste con los departamentos de Quindío, Risaralda y Valle del Cauca (PFN, 2006) (Ver imagen 3). La actividad agropecuaria es desarrollada en todo el departamento, encontrando zonas de agricultura mecanizada en áreas con topografía plana, producción cafetera y economía campesina (PFN, 2006).



Imagen3: Ubicación del departamento del Tolima (en rojo). Fuente: ASTRACATOL

En este departamento se encuentran altitudes que van desde los 400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) hasta las nieves perpetuas de los nevados del Tolima y Ruiz a 5.400 m.s.n.m., contando con pisos térmicos que van desde el valle cálido del Magdalena hasta las nieves perpetuas de la cordillera central. En estos pisos térmicos se encuentran diferentes niveles de precipitación que oscilan entre los 1.500 y los 2.000 milímetros (mm) (PFN, 2006).

Se cultivan especies como el ajonjolí, algodón, arracacha, arroz, cacao, café, caña panelera, frijol, maíz, maní, papa, plátano, sorgo, soya y yuca (PFN, 2006).

Para el 2009 el departamento contó con 740,71 Km² dedicados a la producción de frutales contando con 35 especies entre las que sobresalen el cacao, café, caña panelera, plátano, aguacate, mango y limón (CCI, 2009).

La agricultura mecanizada se desarrolla principalmente en clima cálido seco, en terrazas y abanicos que ofrecen las mejores tierras agrícolas, puesto que presentan buenas características físico – químicas y con disponibilidad de riego (PFN, 2006). Hacia esta zona se ubican los municipios productores de limón Tahití en el departamento: Guamo, Espinal, Purificación, Coello, Flandes, Venadillo, Armero, Guayabal y Saldaña (ver en color rojo imagen 4), con un área dedicada al cultivo del Limón estimada en 3681,25 Ha entre área sembrada y área cosechada (CCI, 2009). Los cítricos están considerados bajo un esquema de economía campesina de subsistencia, con un bajo nivel de planificación y tecnificación (MADR, 2005), sin embargo en la actualidad se observan grandes áreas de producción tecnificada con fines empresariales.

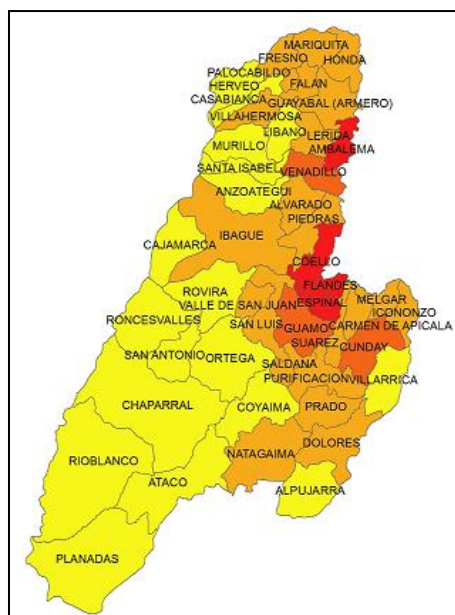


Imagen 4. Zonas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima. Fuente: esta investigación

Según el estudio general de suelos del Tolima los cultivos de limón se encuentran ubicados en suelos de clima cálido seco, de topografía plana y ligeramente plana. Se constituyen básicamente como suelos moderadamente profundos a profundos, bien drenados, fertilidad moderada a alta, aptos para cultivos comerciales de arroz, sorgo, algodón, ajonjolí, maíz, frutales y pastos mejorados (PFN, 2006). Estas zonas cuentan con las cuencas del río Saldaña, río Coello y río Magdalena.

El desarrollo tecnológico de la producción agrícola en la región ha obedecido a recomendaciones de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica y otras instituciones, tomadas de otras zonas más adelantadas de Colombia sin realizarse el correspondiente ajuste técnico en las zonas de producción. Por otra parte hay una baja oferta de ingenieros agrónomos capacitados en labores de frutales. Sin embargo el departamento y puntualmente la región citrícola, cuenta con el centro de investigación CORPOICA Nataima – Espinal, y el centro de desarrollo Tecnológico del SENA, en donde se preparan a los jóvenes de los municipios en

labores agropecuarias (PFN, 2006); además de la Universidad del Tolima que se encuentra ubicada a alrededor de 50 Kilómetros de la región citrícola.

Dado que la implementación de nuevas tecnologías en la agricultura requieren un alto consumo de combustibles fósiles, contribuyendo a la degradación ambiental, a la erosión en la estructura del suelo, contaminación ambiental por emisión de dióxido de carbono, y producción de alimentos de baja calidad, además del elevado gasto que se presenta por la baja eficiencia en el consumo de la energía que se requiere en estos sistemas de producción agrícola (Ozkan, Akaoz & Fert, 2004), esta iniciativa de empresarización de los sistemas de producción citrícola ha de ser analizada desde una óptica de sostenibilidad por lo que será de utilidad la implementación de indicadores como los que pueden construirse a partir del balance energético tales como la eficiencia en el uso de la energía y la productividad energética.

Según los datos obtenidos durante la Encuesta Nacional Agropecuaria en el 2010, se señaló que en el país existen 62.409 Hectáreas (Ha) plantadas con cítricos, de las cuales 51.665 están en monocultivo y 10.743 en cultivos asociados; la principal especie cultivada es la naranja que totaliza 36.943 Ha (59.2% del total), de las cuales 30.599 Ha son de monocultivo (49% del total) y las restantes 6.383 Ha se encuentran asociadas en especial el café. Las 25.466 Ha restantes están compuestas por mandarina, Tangelo, limón (pajarito y Tahití), y en menor proporción, la toronja (Orduz, & Mateus, 2012).

Dado el gran auge en la producción de limón Tahití en el occidente de Cundinamarca, oriente del Tolima y Huila, algunos productores han cambiado cultivos de mango y guanábana por este cítrico (Serie Lasallista de Investigación y ciencia, 2012). En la actualidad según la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2011, se reportan 15.806 Ha de cultivos de limón en edad productiva

en el país, de los cuales 1.951 corresponden al departamento del Tolima, en edad productiva y 2.451 plantadas (DANE – ENA, 2011).

En la zona que corresponde al valle geográfico del Magdalena a la altura en que se ubican los municipios de Coello, Espinal, Flandes y Guamo en el departamento del Tolima, se encuentra en crecimiento una importante región citrícola dedicada al cultivo del limón Tahití (*Citrus latifolia Tanaka*), en donde se viene promoviendo desde hace varios años a través de iniciativas como la llevada a cabo por la corporación PROHACIENDO durante el 2001, patrocinada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, mediante la cual se estableció un modelo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural en el cultivo de los cítricos (Amortegui, 2001); además de iniciativas llevadas a cabo por la asociación hortofrutícola de Colombia ASOHOFRUCOL, con el propósito de estimular la formación empresarial de productores y comercializadores; así como diferentes acuerdos de competitividad como el firmado en el Tolima en el 2002 (MADR, 2005), e incentivos como el de cero aranceles para las exportaciones a los Estados Unidos en el marco del Tratado de Libre Comercio. Este es un escenario que promueve además del cultivo del limón Tahití, la formación de unidades agrícolas empresariales con alto grado de tecnificación que les ubique en la línea de la competitividad a nivel nacional e internacional. De esta forma es expuesto por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural mediante el documento de trabajo No. 107, “la cadena de cítricos en Colombia” en donde señala que la producción de cítricos en el departamento del Tolima se encuentra bajo un esquema de economía campesina de subsistencia, carente de tecnologías apropiadas con fines comerciales, lo que implica baja productividad, así como un mercado deficiente (MADR, 2005). De igual forma, el Ministerio de Agricultura señala que el auge en la producción de limón Tahití ha hecho que productores de mango y guanábana realicen inversiones de mediana envergadura, caracterizados

por poseer formación superior, capital de riesgo y extensiones de tierra cosechadas que varían entre 10 y 15 Ha (MADR, 2005).

Sin embargo, entre las unidades de producción o fincas que constituyen la región citrícola, no se aprecian únicamente economías de subsistencia o empresariales, como lo señala el Ministerio de Agricultura, sino que se observan diferentes grados de tecnificación, diferentes niveles de organización, de composición en los miembros del sistema de producción y de magnitud del capital invertido por unidad productiva, lo que sugiere una zona citrícola heterogénea compuesta por diferentes tipos de productores y/o modelos de producción que no consisten únicamente en economías empresariales o de subsistencia, y que son además economías con diferentes potenciales productivos.

5. Metodología

El trabajo de investigación se desarrolló en la zona citrícola del departamento del Tolima, en lo que corresponde a los municipios de Espinal, Coello, Flandes y Guamo; entre los que se llevó a cabo visitas técnicas de exploración en 43 predios productores de limón Tahití, cuya área oscila desde 0,1 Ha hasta 80 Ha, sumando un área total de 470,3 Ha; ubicados sobre un rango altitudinal que va de los 280 m.s.n.m. hasta los 439 m.s.n.m. En esta zona citrícola el relieve se encuentra constituido por suelos planos a ligeramente planos, la temperatura media anual es de 57% y la evaporación anual 1.665 mm en promedio. El clima en el área de estudio corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical, según el esquema de Holdridge, con precipitación media anual que presenta un rango entre 1.000 y 1500 mm anuales, con distribución bimodal, es decir que presenta dos periodos de lluvias, siendo Julio el mes más seco y Noviembre el mes más lluvioso (CORPOICA, 2005).

Esta zona citrícola cuenta con una infraestructura vial constituida por vías secundarias en afirmado en general en buen estado, que presenta algunas dificultades de acceso durante época de lluvia así como vías principales en asfalto como la vía panamericana.

La actividad agroindustrial e industrial se encuentra concentrada principalmente hacia la ciudad de Ibagué, así como en los municipios de Guamo, Espinal y Honda, con cultivos de arroz, algodón y sorgo (PFN, 2006). En la región citrícola se observan además otras especies agrícolas como cacao, guayaba manzana, mango, ajonjolí y maíz.

Los predios visitados fueron clasificados de acuerdo con los siguientes criterios:

- ¿Cuál es la **fente de mano de obra** para las labores agrícolas?
- ¿Hay **presencia de tractor**?
- ¿Presencia de **administrador o encargado** del cultivo?

- ¿El **encargado o administrador** del cultivo tiene **formación técnica o universitaria**?
- ¿Los **propietarios del predio residen** en la unidad de producción?
- ¿Los propietarios del predio **obtienen ingresos de fuentes diferentes al sistema de producción**?
- ¿Los **ingresos** provenientes **de otras fuentes son invertidos en el cultivo**?
- ¿Cultiva **especies de pancoger**?
- ¿Tiene **oficina o instalaciones** dedicadas a las **labores administrativas** del cultivo?
- ¿Emplea **maquinaria agrícola** en el **establecimiento** del cultivo?
- ¿Emplea **maquinaria agrícola** en el **mantenimiento** del cultivo?
- ¿Emplea **maquinaria agrícola** en la **cosecha** del cultivo?
- ¿Cuenta con **maquinaria** para la **clasificación** de la fruta?

Con base en los anterior se procedió a la caracterización de los sistemas de producción ajustando el modelo descrito por Lamarche y citado en Forero, Torres, Ortiz, Durana, Galarza, Corrales, Rudas, (2002) (ver CD anexo pestaña: clasifica sist. producción), desarrollados a partir de las diferencias que se observaron en la mayor parte de los sectores productivos en relación a las diferentes clases sociales y la forma en que estas se apropian y desarrollan los medios de producción. Este autor establece 4 modelos: Empresarial, familiar moderno, empresa familiar y familiar de subsistencia. La caracterización concreta para la zona de estudio se presenta en la sección de resultados.

La toma de datos se realizó durante el primer semestre del 2014 y la información fue capturada directamente en archivo Excel.

La clasificación de los predios se realizó con base a una metodología de clave dicotómica según se expone a continuación:

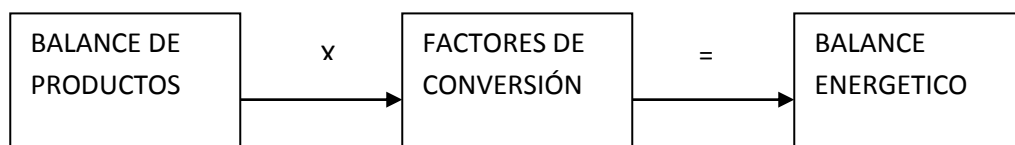
Tabla No. 1 CLAVE DICOTOMICA DE CLASIFICACIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LIMÓN TAHITÍ EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA	
1. ¿Los propietarios del predio residen en la unidad de producción?	
Si.....	ir a pregunta 2
No.....	3
2. ¿Cuál es la fuente de mano de obra para las labores agrícolas?	
Familiar.....	4
Jornal y/o contrato.....	5
3. ¿Presencia de administrador o encargado del cultivo?	
Si.....	6
No.....	7
4. ¿Los propietarios del predio obtienen ingresos de fuentes diferentes al sistema de producción?	
Si.....	7
No.....	5
5. ¿Tiene oficina o instalaciones dedicadas a las labores administrativas del cultivo?	
Si.....	9
No.....	6
6. ¿El encargado o administrador del cultivo tiene formación técnica o universitaria?	
Si.....	9
No.....	7
7. ¿Los ingresos provenientes de otras fuentes son invertidos en el cultivo?	
Si.....	8
No.....	9
8. ¿gran parte de su dieta alimenticia proviene de especies de pan coger cultivadas en el predio?	
Si.....	<i>FAMILIAR DE AUTOSUBSISTENCIA</i>
No.....	<i>EMPRESA FAMILIAR</i>
9. ¿La mayor parte de las actividades agrícolas son realizadas con maquinaria agrícola?	
Si.....	<i>EMPRESARIAL</i>
No.....	<i>FAMILIAR MODERNA</i>

La selección de predios para la toma de datos y realización del balance energético respectivo, se realizó con base a la información registrada en visita técnica, delimitando una finca por cada

modelo de producción desde las entradas al sistema en forma de insumos hasta la salida del producto, sin considerar los procesos posteriores que se dan al mismo, tales como transporte y transformación. La selección de fincas se realizó a partir de la disposición de la persona encargada del sistema de producción a contestar la encuesta del ciclo productivo. Las preguntas de la encuesta se dirigieron a la consulta de las unidades físicas de trabajo humano, consumo de combustible, consumo de energía eléctrica, insumos agrícolas y cantidad de fruta producida, durante el ciclo del cultivo estimado para 10 años, desde la siembra hasta la última cosecha. Por lo tanto, para la realización del balance energético, se tuvo en cuenta variables monetarias y no monetarias, sin embargo su cuantificación fue netamente energética sin incluir ninguna consideración económica de las variables. Todas estas preguntas están orientadas a obtener la información necesaria para llegar al cálculo de la eficiencia y productividad energéticas (ver CD anexo pestañas: empresarial, familiar moderna, empresa familiar y familiar de subsistencia).

5.1 Metodología del cálculo de la eficiencia y productividad energética

Para el cálculo de la eficiencia energética se realizó la contabilización del flujo de energía en las diferentes actividades del sistema de producción, según la metodología de la Agencia Internacional de la Energía.



FUENTES: AIE y Eurostat (2004), TOMADO DE Chas, M. 2010

El proceso consistió en tomar cada una de las unidades físicas de los balances de productos obtenidas en campo por Hectárea, tales como horas de trabajo, número de días de trabajo, consumo de combustible, consumo de energía eléctrica, cantidad de agro insumos requerida para cada actividad; convirtiéndolas en la unidad de energía seleccionada Kilocorías (Kcal) al multiplicar por el factor de conversión respectivo, el cual se obtuvo mediante la consulta de fuentes secundarias (ver tabla 1). De esta manera, las unidades de medida en los balances de productos conformados por las unidades físicas, pueden llevarse al balance energético que son las unidades energéticas.

Para el cálculo del balance energético en cada una de las labores del proceso productivo se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Bowers, (1992), implementada por Olivet & Cobas, (2013). En la cual se contabiliza tanto la energía directa, que incluye la energía asociada al consumo de combustible, mano de obra empleada en las diferentes labores y energía aportada a través de los insumos agrícolas; y energía indirecta asociada a la utilización de la maquinaria, en la que se tiene en cuenta la fabricación del equipo, reparación y mantenimiento del equipo, transporte del equipo y vida útil. La metodología es desarrollada a continuación:

Energía asociada al consumo de combustible (E_c) (Kcal/Ha)

$$E_c = C_c E_e$$

Donde:

C_c , es el consumo de combustible (Gal / ha)

E_e , es el equivalente energético del combustible (10.109 Kcal/litro (gasolina); 11.414Kcal/L (Diesel)).

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

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

Donde:

E_f : Es el factor energético debido a la fabricación del equipo (87 MJ/Kg), (Bowers, 1992); (citado por Olivet & Cobas, 2013)

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

E_t , es el factor energético debido al transporte del equipo desde la fábrica (88 MJ kg⁻¹), (Bowers, 1992) (citado por Olivet & Cobas, 2013);

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

V_u , es la vida útil del equipo (h);

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

v_{tr} , es la velocidad real de trabajo (km h⁻¹).

Los valores del factor energético que corresponde a reparación y mantenimiento del tractor corresponde a:

- Energía de reparación: 49% (Bowers, 1992) (citado por Olivet & Cobas, 2013)
- Vida útil: 12000 (h) (ASAE, 2006) (citado por Olivet & Cobas, 2013).

Energía asociada con la mano de obra empleada (E_{mo}) (Kcal/Ha)

$$E_{mo} = E_h N_j t R$$

Donde:

E_h : Es el equivalente energético del trabajo humano

N_j : Es la cantidad de jornales que se requieren en una determinada labor

t : es una constante que equivale a 8 horas jornal

R : es el número de veces que se realiza una determinada actividad en el año

Energía eléctrica

$$E_e = C_{Kwatts} 859,84 \text{ Kcal}$$

Donde:

C_{Kwatts} : es el consumo de energía en Kilowatts

Eficiencia energética

Este indicador establece la razón entre las unidades energéticas producida y la energía invertida en los insumos (Fluck y Baird, 1980, Fluck, 1995),

$$E.E. = \frac{E_s}{I}$$

I

Donde

E_s: Cantidad de producto cosechado en Kilocalorías

I: cantidad de insumos en Kilocalorías

Se asume la eficiencia energética como la relación entre las salidas y entradas de cada sistema, es decir el cociente: salidas/entradas. Para Roselló & Domínguez (2012), si esta relación es igual a 1, indica que “aquello que se extrae es igual a lo que se aporta. Cuando se está por debajo de la unidad, el sistema es deficiente energéticamente; es decir que el sistema consume más energía externa de la que se obtiene de este y cuando se esté por encima de la unidad se extraerá más energía que la que se aporta.

Productividad energética

Este indicador relaciona la cantidad de producto obtenido por la energía invertida en el proceso de producción (Fluck & Baird, 1980, Fluck, 1995),

$$P.E. = \frac{I}{P}$$

I: cantidad de insumos que ingresan en Kilocalorías

P: Producción en Kilogramos de producto utilizable.

Los equivalentes energéticos empleados para hacer el cálculo de la eficiencia y productividad energéticas se presenta en la siguiente tabla

Tabla No. 2 Equivalentes energéticos empleados para la presente investigación

TIPO DE ENTRADA	UNIDAD	VALOR ENERGETICO	AUTOR	LIBRO
Trabajo humano pesado (desmalezado con machete)	Hora	400-500 kcal/hora	Cox y Atkins (1979), Pimentel (1984) y Zhenfang (1994), citados por Gliessman 2002.	Agroecology Stephen R. Gliessman
Trabajo humano suave (conduciendo tractor)	Hora	175 – 200 Kcal/hora		
Trabajo humano esfuerzo medio (monitoreo)	Hora	318.75 Kcal /hora	Propuesto por esta investigación	Se realizó el promedio de consumo energético para actividades de esfuerzo intermedio
Wat hour	1	0,859845 Kcal	Estadísticas básicas de los mercados de gas y electricidad en México	Prospectiva de Gas Natural 2000 – 2009 http://www.cre.gob.mx/estadisticas/stat98/conversiones.htm . Tomado de Reyes, J. (2004)
Diésel	1 L	11414 Kcal	David Pimentel 1961	CRC Handbook of energy Use in Agriculture
Gasolina	1 L	10109 Kcal		
1 Kg de 15-15-15	1 Kg	6788,04 Kcal		
1 Kg de 17-6-18-2	1 Kg	9875 Kcal		
Herbicida	1 cm ³	0.418 Mj	Denoia, J. ; Vilche, M.; Montico, S.; Tonel, N.; 2006	Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. XVII, núm. 33
Insecticida	1 cm ³	0,364 Mj		
Fungicida	1 cm ³	0,272 Mj		
Nitrógeno (N)	1 Kg	77,63 Mj		
Fosforo (P)	1 Kg	6,035 Mj		
Potasio (K)	1 Kg	14,41 Mj		
Limón	100 g	47 Kcal	USDA National Nutrient Database for Estándar	1. REFERENCIA EN INTERNET USDA National Nutrient Database for Standard ReferenceRelease 26 Basic Report 09156, Lemon peel, raw Report Date:August 08, 2014 16:37 EDT Nutrient values and weights are for edible portion

Nota: Para la realización de los cálculos todas las unidades de medida fueron llevadas a Kilocalorías.

6. Resultados

6.1 Caracterización de sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.

Como se explicó en el capítulo de metodología, para la caracterización nos apoyamos en la propuesta de modelos explotación de Lamarche (citado en Forero et al., 2002), sin embargo esta clasificación no se realizó de manera literal sino que fue ajustada con fines pertinentes al objeto de estudio a partir de la información obtenida en los 42 predios a los que se realizó visita técnica. Se encontró las siguientes características para los diversos modelos de producción en la zona de estudio, lo que permitió su clasificación.

- **Modelo empresarial:** Sistemas de producción agrícola constituidos como empresa agrícola que cuentan con una nómina constante o contratan toda la mano de obra que se requiere en las diferentes labores del cultivo incluyendo la parte administrativa del mismo. Se observa alta dependencia tecnológica desde la siembra hasta la cosecha y clasificación de la fruta. Cuentan con un administrador del sistema de producción o empresa. Consisten en grandes áreas de cultivo de alrededor de 10 o más Ha.
- **Modelo de empresa familiar:** Se trata de sistemas de producción en los que la mano de obra está constituida por la familia. La finca pertenece a un grupo familiar que por lo general está compuesto por dos o más generaciones quienes viven de la finca o cuyo principal ingreso provienen de esta. Los miembros de la familia invierten en esta con la idea de obtener remuneración económica. Algunos de sus miembros en ocasiones generan ingresos extras a los obtenidos por el sistema de producción que pueden ser invertidos para beneficio del sistema de producción y por ende de la familia. Por lo general se constituyen en áreas de hasta 4 Ha.

- **Modelo explotación familiar de subsistencia;** consiste en un grupo de productores con baja producción que emplean técnicas tradicionales. No disponen de recursos de inversión para el sistema de producción el cual supe escasamente las necesidades de la familia. Estos predios por lo general contienen otras especies agrícolas y pecuarias que son requeridas para la alimentación de los miembros de la familia y que rara vez generan ingresos adicionales. Se trata de predios que por lo general no exceden el área de 1 Ha.
- **Modelo de explotación familiar moderna:** En este grupo se encuentra por una parte una gran disminución en el rol de la familia en las relaciones de producción principalmente en lo relacionado con la mano de obra. Sin embargo puede tratarse de sistemas de producción familiares en los que alguno de sus miembros adquiere formación académica con la visión de constituir su sistema de producción en un sistema empresarial. En alguno de los casos se puede encontrar que estos predios cuentan con agregados o encargados, sin embargo el grado de organización administrativa y tecnológica no les constituye como un modelo empresarial. Se constituyen en áreas que pueden alcanzar hasta las 10 Ha.

De los 42 predios visitados se encontró que 13 de ellos corresponden a empresas familiares de subsistencia, las cuales suman un área total de 6,1 Ha; 8 predios pertenecen al tipo de empresa familiar, sumando un área total de 21,5 Ha; 5 predios corresponden al tipo de explotación familiar moderna, los cuales suman un área total de 33 Ha y 16 predios corresponden al tipo empresarial, sumando un área total de 405,7 Ha (véase Imagen 5 para la localización de los predios visitados y clasificados por modelo, en la zona de estudio).

El análisis detallado del balance energético para determinar la eficiencia y la productividad energética se hizo en 4 predios, representando cada uno de los modelos anteriormente

descritos. A continuación se presenta la descripción de cada uno de estos predios (véase Imagen 5 para localización de unidades seleccionadas).

- **Modelo de explotación familiar de subsistencia:** Predio la Victoria, ubicado en la vereda la Dulce en el municipio de Espinal. Coordenadas geográficas: N 4,22637; W - 74,87296. Altitud: 326 m.s.n.m. Se trata de un cultivo de limón Tahití de propiedad de don Arcecio Tovar, el cual cuenta con un área de 0,5 Ha. Carece totalmente de maquinaria agrícola, por lo tanto depende de la mano de obra de don Arcesio y de su hijo de 19 años quien es bachiller pero carece de empleo, por lo que él, su padre y su hermana de 12 años dependen de los ingresos que pueden obtener mediante la vía del cultivo de limón Tahití, además de ingresos ocasionales por la oportunidad de jornaleo en otros predios en la zona. En el predio se observan especies para el autoconsumo tales como arboles de mango, yuca y gallinas.
- **Modelo de empresa familiar:** Predio el Triunfo, ubicado en la vereda Camalá en el municipio de Flandes. Coordenadas geográficas: N 4,24277; W 74,88258. Altitud: 329 m.s.n.m. Esta finca de 3,5 Ha es de propiedad del señor José Benavides Capera. Aunque carecen de maquinaria agrícola cuenta con una camioneta con la que se apoyan en todas las labores que se requieren dentro del cultivo. La mano de obra está apoyada por los tres hijos de don José, quienes residen al igual que don José en el predio. Dos de los hijos de don José obtienen ingresos extras a los que proporciona la finca, los cuales se implementan tanto en la manutención de sus familias como en inversión para la finca. Contratan ocasionalmente mano de obra extra según se requiera en las labores de la finca.
- **Modelo de explotación familiar moderna:** Predio Retorno, ubicado en la vereda Guasimal en el municipio del Espinal. coordenadas geográficas: N. 4,16058; W -74,9481.

Altitud: 368 m.s.n.m. Este es un predio de 12 Ha de propiedad del señor Ramiro Pinilla, quien cuenta con el señor Juan Guillermo Acero como encargado del predio. La totalidad de la mano de obra es contratada, no familiar. El predio cuenta con una mediana envergadura tecnológica para el sistema de riego y tractor.

- **Modelo empresarial:** predio la Esperanza, ubicado en la vereda Agua Blanca en el municipio de Espinal. Coordenadas geográficas: N 4,2357552; W -74,9088276. Altitud: 322 m.s.n.m. Área: 14,5 Ha. Este predio es de propiedad de la empresa AGROLIMON S.A., la cual además cuenta con otros predios de producción de limón Tahití tales como: Predio Santa Bárbara, ubicado en la vereda la Morena en el municipio del Espinal. Coordenadas geográficas: N 4,20361; W -74,89166. Altitud: 337 m.s.n.m. Área: 15 Ha. predio Yulima, ubicado en la vereda Puerta Blanca en el municipio del Espinal. Coordenadas geográficas: N 4,27378; W -74,88633. Altitud 308 m.s.n.m. Área: 29,3 Ha; predio las Villas, ubicado en la vereda Agua Blanca en el municipio de Espinal. Coordenadas geográficas: N 4,226697; W -74,909744. Altitud: 330 m.s.n.m. Área: 22,5 Ha; Lo que suma un total de 81,3 Ha a nombre de la empresa. La empresa AGROLIMON implementa mano de obra contratada en su totalidad y cuenta con profesionales tanto para labores administrativas como técnicas. Gran parte de las labores se realizan mediante maquinaria agrícola incluyendo las labores de pos cosecha para la cual implementan bandas transportadoras y clasificadoras de fruta.

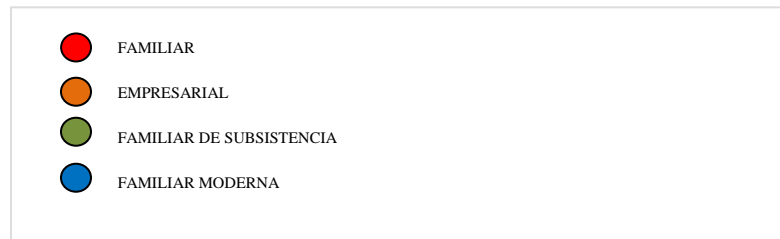
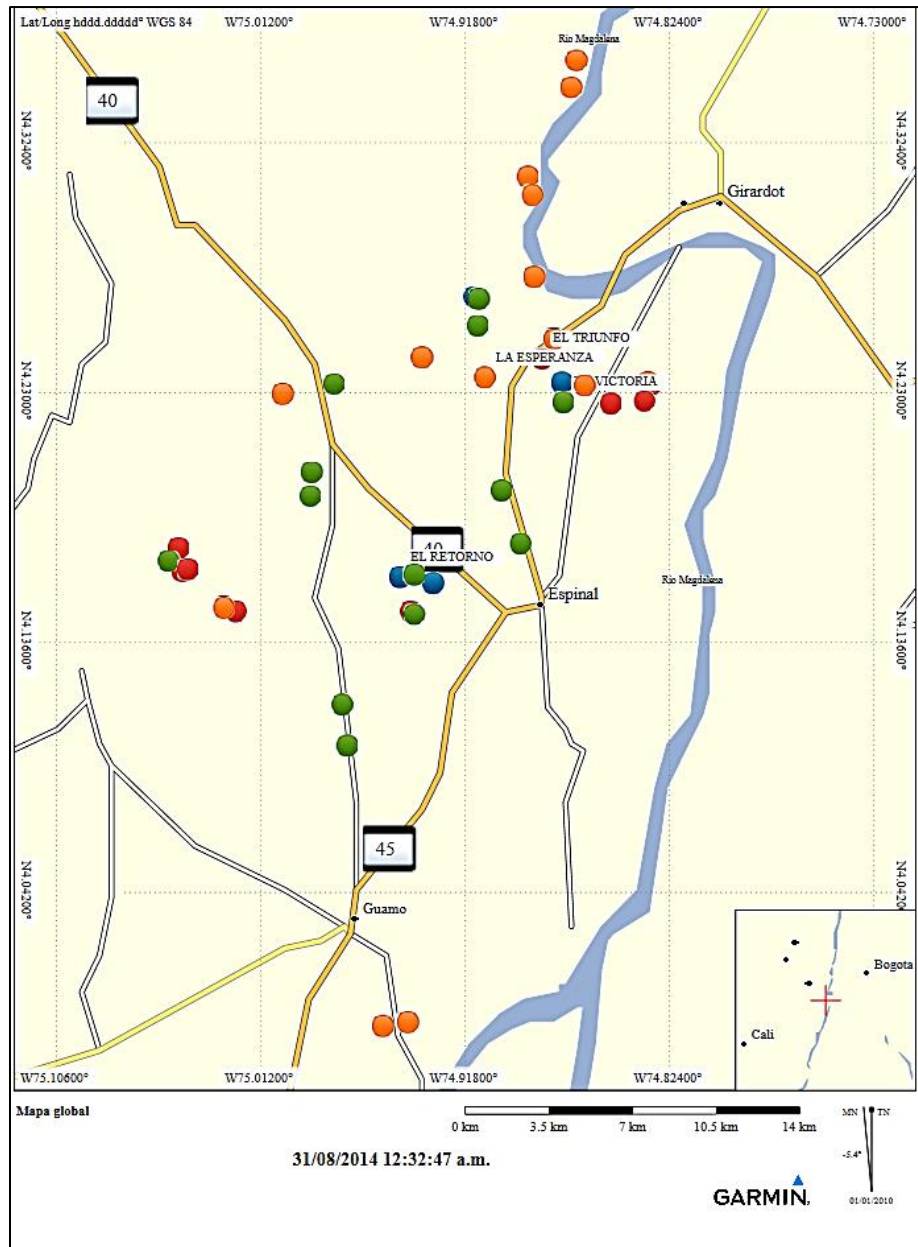


Imagen 5. Mapa de distribución de cuatro modelos de explotación en el cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima. Fuente: esta investigación con aplicación del Software Garmin

6.2 Balance energético de cuatro modelos de sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.

Para el balance energético se tuvo en cuenta la energía de uso directo asociada al combustible, a la mano de obra, insumos agrícolas, energía eléctrica y energía de uso indirecto asociada a la utilización de maquinaria.

En la tabla No. 2 se presentan los resultados del balance energético de los cuatro modelos de producción. En estos se encontró que es el sistema empresarial el que implementa mayor cantidad de energía (107.087.428,3 Kcal), con un balance favorable de + 40.022.571,7; superando los requerimientos energéticos en, 45,26% al modelo de explotación familiar moderna, 51,93% al modelo familiar y 78,04% al familiar de subsistencia, el cual es el modelo con menor implementación de energía (véase gráfico No. 3). Se observa además que es el consumo de energía en insumos agrícolas y combustibles, los que mantienen el valor más alto en los modelos empresarial, explotación familiar moderna y empresa familiar (véase gráfico No. 1) y que es el consumo de energía de uso indirecto asociado a la utilización de maquinaria la que muestra el menor valor de entrada. Por otra parte se observa un alto aporte energético proveniente de la energía eléctrica en el modelo familiar de subsistencia (véase gráfico No. 2) lo que es explicado por la carencia de un sistema de riego a partir de una motobomba por lo que es regularmente alquilada e implementada como mecanismo de riego por inundación durante el mayor número de horas posible, con el fin de aprovechar al máximo el costo del alquiler. Es importante resaltar que este no es el sistema de riego adecuado para el cultivo del limón Tahití dado que favorece la aparición de problemas sanitarios, así como asfixia en las raíces por falta de oxígeno.

Tabla No. 3 *Balance energético del cultivo de limón Tahití en los cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal) (en rojo los valores más altos, en azul los valores más bajos)*

BALANCE ENERGETICO	EMPRESARIAL	EXPLORACIÓN FAMILIAR MODERNA	FAMILIAR	FAMILIAR SUBSISTENCIA	DE
MANO DE OBRA (Kcal)	15.592.045	58.29.352,5	6.632.397,75	4.577.272,87	
COMBUSTIBLE (Kcal)	32.930.433,24	15.666.735,9	6.305.199,35	850.530,24	
INSUMOS AGRICOLAS (Kcal)	37.533.341	28.993.828,76	30.415.950,1	7.258.576,66	
ENERGÍA ELECTRICA (Kcal)	21.029.072,49	8.127.773,75	8.125.488	10.833.984	
ENERGIA DE USO INDIRECTO (Kcal)	2536,54	2350,24	921,94	3506,25	
TOTAL INGRESOS (Kcal)	107.087.428,3	58.620.041,15	51.479.957,14	23.523.870,02	
TOTAL EGRESOS (Kcal)	147.110.000	82.720.000	50.760.000	51.782.720	
BALANCE (Kcal)	+ 40.022.571,7	+ 24.099.958,85	-719.957,14	+ 28.258.849,98	
RELACIÓN KCAL PRODUCIDAS POR UNIDAD INVERTIDA	1:1,37	1:1,41	1: 0,98	1: 2,2	

Fuente: esta investigación

Por otra parte se observa en el modelo familiar de subsistencia (véase gráfico No. 2), un bajo consumo de combustible, lo que es explicado por la falta de acceso a maquinaria agrícola, así como la alta dependencia de la fuente de energía proveniente de la mano de obra, lo que además sugiere la poca tecnificación de este y el gran esfuerzo humano para realizar las actividades requeridas al tratarse de un sistema de producción cuya principal fuente de mano de obra radica en la familia. Sin embargo al observar el valor que arroja el cálculo de energía de uso indirecto, se tiene que presenta el valor más alto en comparación a los datos arrojados por los otros tipos de modelos de producción, esto se debe a las características propias del tractor empleado en las labores.

Se observa además, el alto valor en consumo de energía en todas las variables del sistema tipo empresarial, en razón de la implementación permanente de maquinaria agrícola, programas regulares de fertilización, control de malezas, controles sanitarios, así como el uso de maquinaria para la labor de cosecha (véase gráfico No. 1).

De igual manera los datos muestran el alto y permanente suministro de insumos agrícolas en todos los sistemas de producción evaluados, lo que podría sugerir un alto grado de dependencia de estos para la producción agrícola del limón Tahití. En el caso del suministro de energía en insumos agrícolas para el caso del sistema familiar de subsistencia se observa un bajo suministro, lo que es reflejado en la baja producción del mismo (110.176 Kilos), en comparación a la producción en los sistemas familiar moderna y empresarial (véase tabla No. 3 y gráfico No. 6) aunque con un balance de + 28.258.849,98; superior al encontrado en el modelo familiar moderno (+ 24.099.958,85) (véase tabla No. 2). Sin embargo se observa que el valor más bajo en producción se presenta es en el sistema empresa familiar con un valor de 108.000 kilos (véase tabla No. 3 y gráfico No. 6), así como un balance desfavorable (-719.957,14); lo que podría explicarse por un mayor suministro de agua en el sistema familiar de subsistencia reflejado en el mayor suministro de energía eléctrica por efecto del uso de una motobomba para el riego (véase gráfico No. 2), con un aporte total de 10.833.984 Kcal, en comparación al sistema familiar en el que se realiza un aporte de 8.125.488 Kcal (véase tabla No. 2).

Tabla No. 4. *Eficiencia y productividad energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima (en rojo los valores más altos, en azul los valores mas bajos)*

	EMPRESARIAL	FAMILIAR MODERNA	EMPRESA FAMILIAR	FAMILIAR DE SUBSISTENCIA
CONSUMO ENERGETICO (Kcal)	107.087.428,3	58.617.755,4	51.479.957,1	23.523.870
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA (Kcal)	147.110.000	82.720.000	50.760.000	51.782.720
PRODUCCIÓN KILOS (K)	313.000	176.000	108.000	110.176
EFICIENCIA ENERGETICA	1,37	1,41	0,98	2,20
PRODUCTIVIDAD ENERGETICA	342,13	333,05	476,66	213,51

Fuente: esta investigación

En los datos se observa además una baja participación de energía de uso indirecto asociada a la utilización de la maquinaria, con respecto a las demás entradas (Véase gráfico No. 1), lo que sugiere una baja relevancia de este insumo en el cálculo de la eficiencia en el uso de la energía.

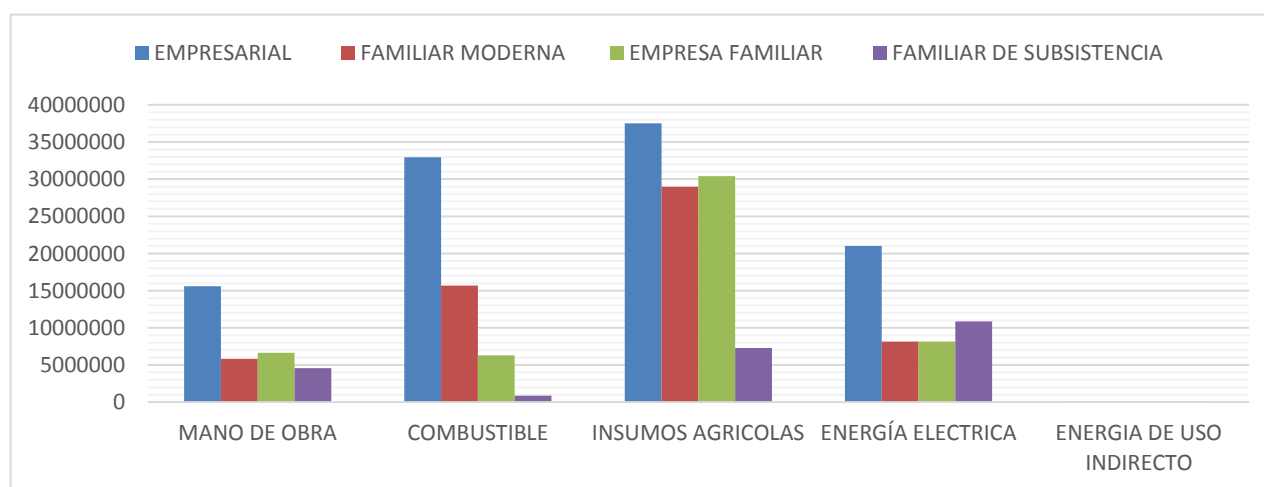


Gráfico 1. *Balance energético por entrada de energía en los cuatro modelos de explotación en el cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima (kcal). Fuente: esta investigación*

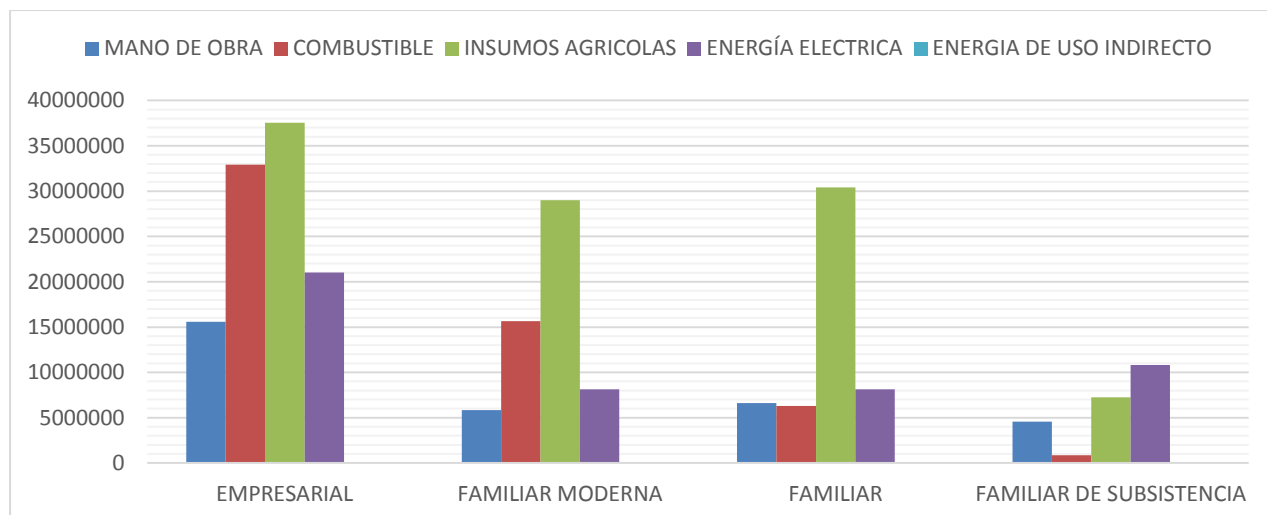


Gráfico 2. Balance energético en los cuatro modelos de explotación, en el cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima (Kcal). Fuente: esta investigación

En el gráfico No. 3 se presenta el consumo total de energía por cada modelo de producción (véase también tabla No. 2), se observa un aumento en el ingreso de energía a partir del modelo familiar de subsistencia hasta el modelo empresarial; lo que sugiere que en la medida que el sistema de producción es más complejo en tanto sistema y hay mayor implementación de maquinaria e insumos agrícolas será mayor el requerimiento de energía para su funcionamiento.

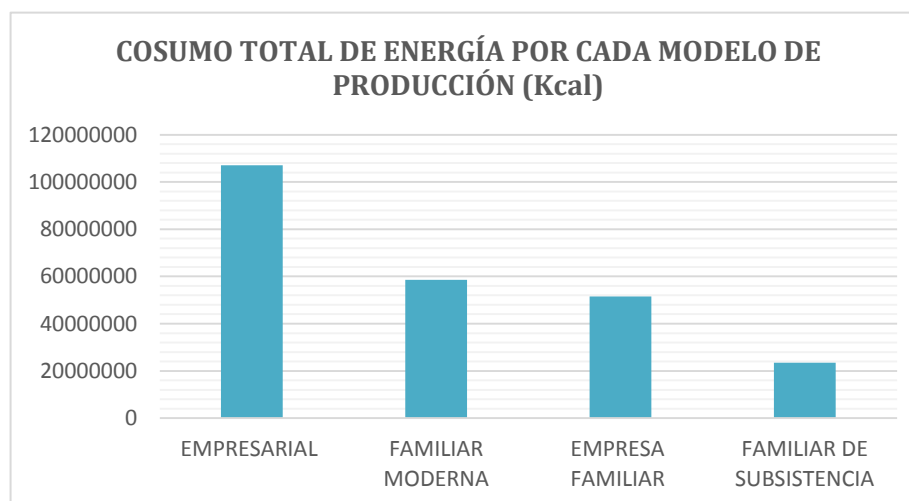


Gráfico 3. Consumo total de energía en los cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal). Fuente: esta investigación

6.3 Eficiencia energética y productividad energética de cuatro modelos de sistemas de producción de limón Tahití en el departamento del Tolima.

Los valores de eficiencia se realizaron para un ciclo del cultivo estimado de 10 años. Se encontró que el sistema con mayor eficiencia en el uso de la energía es el modelo familiar de subsistencia con un valor de 2,2; además que el sistema con menor eficiencia en el uso de la energía es el sistema de empresa familiar con un valor de 0,98 (véase tabla No. 3), lo que se debe a la baja cantidad de fruta producida (108.000 Kilos), (véase tabla No. 3 y gráfico No. 6) y no como consecuencia de un bajo suministro de energía al sistema, puesto que es mayor la cantidad de energía suministrada al modelo de empresa familiar que la energía suministrada al modelo familiar de subsistencia (véase gráfico No. 3). Del mismo modo se observó un menor índice de productividad energética en el modelo familiar de subsistencia, puesto que se requiere de 213,51 Kcal para la producción de 1 kilo de limón Tahití, mientras que en la empresa familiar se requiere de 476,66 Kcal para la producción de 1 kilo de esta misma fruta (véase tabla No. 3 y gráfico No. 5).

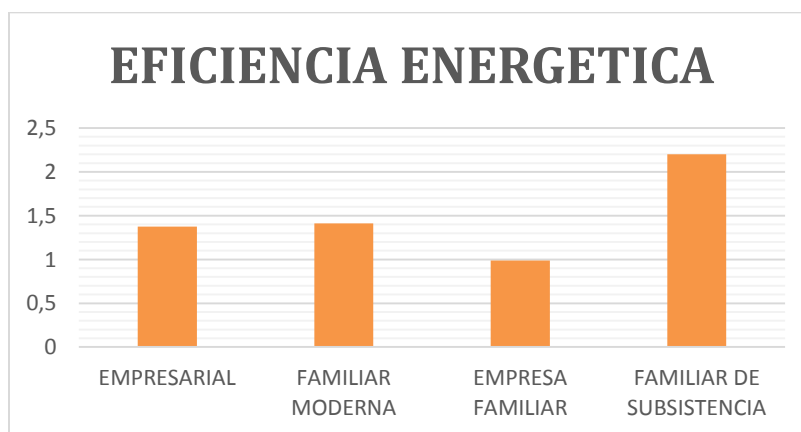


Gráfico 4. Eficiencia energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima. Fuente: esta investigación



Gráfico 5. Productividad energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima. Fuente: esta investigación

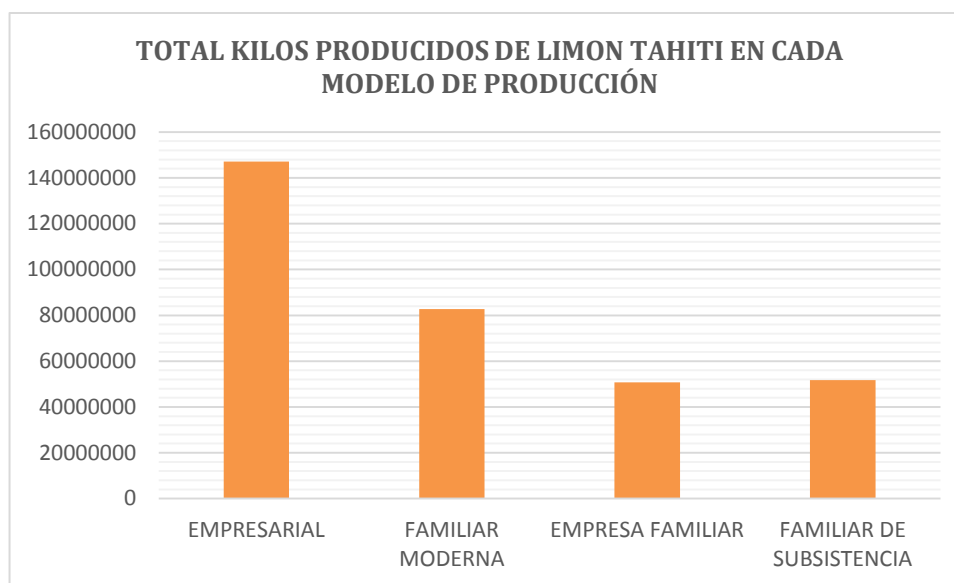


Gráfico 6. Total kilos producidos de limón Tahití por Hectárea, en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití en el departamento del Tolima. Fuente: esta investigación

En el sistema modelo empresarial la eficiencia en el uso de la energía fue de 1,37 y en el sistema familiar moderna del 1,41 (véase tabla No. 3 y gráfico No. 4); requiriéndose de 342,13 Kcal para la producción de 1 kilo de limón Tahití en el modelo empresarial y de 333,05 Kcal para

la producción de la misma fruta en el modelo familiar moderna (véase tabla No. 3 y gráfico No. 5).

A pesar de que la eficiencia en el uso de la energía en el modelo empresarial no fue la más baja al compararla con los otros modelos, es importante enfatizar en el hecho de que es este el modelo con mayor requerimiento de energía. Sin embargo esta no se refleja en el indicador de eficiencia por efecto de la alta producción, la cual dista enormemente de los demás sistemas de producción con 313.000 kilos frente a 176.000 kilos producidos en el modelo familiar moderna, 108.000 kilos en el modelo empresa familiar y 110.176 kilos en el familiar de subsistencia (véase tabla No. 3).

7. Discusión

El estudio actual corrobora que hay un aumento en el consumo de energía en la medida que los sistemas de producción avanzan hacia formas empresariales. Esto es posible según lo plantea Pinto, (2004), como una consecuencia en el aumento del ingreso económico, lo cual no es corroborado por el estudio pero que puede deducirse a partir de la forma en que se encuentran configurados los predios tecnológica y administrativamente, dado que se requiere de una mayor inversión económica para adquirir formas complejas de organización tecnológica y empresarial. De igual manera estas formas complejas de organización empresarial, implican variaciones en los requerimientos energéticos, no únicamente en la forma que lo señala Hernán, (2009), al citar el llamado programa XXI, sugiriendo que “la energía es esencial para el desarrollo económico y social”, sino que podríamos incluir que se trata de una relación (energía – desarrollo económico) de dos vías, en la que además el desarrollo económico implica el aumento del consumo de energía. Un ejemplo de esto es que en la medida que los sistemas de producción adquieren

mayores niveles tecnológicos posibilitados por los ingresos o la inversión, están obligados a aumentar sus requerimientos energéticos para poder mantener esta tecnología en funcionamiento.

Sin embargo al incluir como elemento de análisis el concepto de eficiencia energética, encontramos que esta no se presenta necesariamente con la misma tendencia del aumento en el consumo de energía en la medida que hay una empresarización de los sistemas de producción, sino que es un indicador que al relacionar entradas y salidas al sistema está sujeto a análisis más cuidadosos que la mera cuantificación de ingresos energéticos al sistema.

Los resultados obtenidos en esta investigación señalaron que la eficiencia energética fue mayor en los sistemas de producción familiar de subsistencia y familiar moderna al compararle con la eficiencia en el uso de la energía del modelo empresarial. Sin embargo, los datos revelaron una menor eficiencia energética en el caso del modelo de empresa familiar frente al modelo empresarial, como una consecuencia de la baja producción del modelo de empresa familiar, la cual es la de menor valor con 108.000 Kilos y un importante consumo de energía por parte del sistema (51.479.957,14 Kcal), el cual es mayor que el consumo familiar de subsistencia en 50,30 % y cuya distancia del consumo de energía con el sistema de explotación moderna es tan solo del 12,18%. Es decir que el sistema familiar implicó un consumo de energía muy cercano al requerido por el modelo de explotación familiar moderna y una producción de fruta menor al modelo familiar de subsistencia, por lo tanto una deficiente eficiencia energética en comparación a los otros modelos analizados. Resultados similares fueron reportados por Reyes (2004) en el sistema productivo de caña panelera, quien encontró que las fincas pequeñas reportaron valores bajos de eficiencia debido a valores bajos en las salidas y entradas muy altas en unidades de energía.

Esto sugiere que no todo modelo de producción familiar campesina conlleva a una mayor eficiencia en el uso de la energía al compararlo con modelos empresariales. De igual manera este caso indica que al reducir los insumos energéticos no necesariamente hay mayores índices de eficiencia energética como lo sugieren Roselló & Domínguez (2012); dicha aseveración omite el hecho de que una menor entrada de insumos tales como fertilizantes o riego puede implicar una disminución en las salidas (producción obtenida) , lo que afecta el indicador de eficiencia energética. Esto es lo que se observa al comparar las eficiencias de los modelos empresarial y empresa familiar en la zona de estudio, en los que se encontró una mayor eficiencia en el uso de energía en el modelo empresarial debido a una considerable producción de fruta con 313.000 Kilos en contraste a los 108.000 Kilos obtenidos por el modelo empresa familiar. De esta manera el modelo empresarial a pesar de presentar los valores más altos de consumo energético en insumos y combustible fósil, esto no representa necesariamente una baja eficiencia energética como lo sugieren los estudios de Ricaud citado por Reyes (2004), quien relaciona una baja eficiencia con la entrada energética del diésel al sistema de producción; o los estudios hechos por Maldonado & Rojas (2011) quienes igualmente señalan esta relación entre fertilizantes e insumos de origen fósil con niveles de ineficiencia.

Es importante tener en cuenta que en el caso expuesto en esta investigación, el balance energético se realizó para un cultivo perenne con un ciclo largo de producción (10 años), que contrasta con el ejemplo citado por Reyes (2004) en caña de azúcar, la cual alcanza un ciclo de hasta cinco años, haciendo cortes cada 12 meses; lo que implica un aumento en las labores del cultivo y en los aportes en insumos, cuya frecuencia no es la misma en el caso de cultivos perennes. De igual manera se debe tener en cuenta que la producción campesina estudiada en esta investigación no se identificó con una producción ecológica, sino que se trata de agricultura

convencional que se basa en la implementación de insumos químicos y maquinaria agrícola practicada por diferentes modelos de producción, lo que abarca diferentes grados y/o medidas de implementación de dichas prácticas, y que además sugiere que no toda la agricultura de modelo campesino o familiar se encuentra en un marco de producción ecológica sino que obedece como lo sugiere Forero (2002) a una dinámica en la capacidad adaptativa del campesinado a un entorno, que en este caso requiere de la empresarización de su sistema de producción, tanto por el mercado como por políticas de gobierno tales como el programa de empresarización para organizaciones de productores agropecuarios adscritas al proyecto del ministerio de agricultura: Apoyo a Alianzas Productivas.

Por otra parte los resultados de esta investigación coinciden con los aportes de Gliessman, (2002) quien relaciona la alta producción con una alta cuota de insumos de origen fósil como lo son los fertilizantes y los plaguicidas, además del combustible; puesto que es el modelo empresarial el que presenta mayor valor en entradas energéticas y mayor valor de producción con respecto a los otros modelos. Esta relación implica como lo indica Gliessman, una situación de insostenibilidad dado que dependen de insumos externos no renovables, por demás finitos. Sin embargo en nuestra investigación el modelo que presentó menor valor de eficiencia energética fue el modelo empresa familiar, principalmente por un alto aporte de insumos agrícolas para producir una baja cantidad de fruta, por lo tanto una alta productividad energética con un valor de 476,66 Kcal para la obtención de 1 Kilo de fruta. Este caso es una excepción a la relación propuesta por Gliessman, puesto que una alta cuota de insumos de origen fósil no implicó para el caso una alta productividad. No obstante, este es un resultado cuestionable en razón a que pueden existir otras variables locales de análisis que pueden explicar la baja productividad. Es decir, aspectos relacionados con el manejo agronómico y con la zona geográfica específica, tales como:

la estructura del suelo, capacidad de retención de agua del suelo, presencia de capas endurecidas que eviten la pérdida de agua por percolación, eficiencia de los insumos agrícolas empleados, eficiencia en el método de aplicación de insumos, calidad genética del material de propagación empleado en el cultivo, presencia de elementos que inactiven el potencial nutricional de fertilizantes presentes en el suelo pero no disponibles para la planta entre otros, de los que depende el potencial de producción del cultivo, los cuales se asumieron homogéneos para los sistemas de producción estudiados. Para efecto del presente análisis se considerara que la baja producción del modelo empresa familiar puede ser atribuible al bajo suministro de agua (que debe extraerse con motobomba= energía eléctrica), el bajo consumo de energía eléctrica puede estar significando baja utilización de la motobomba, diagnostico que requiere de un seguimiento y evaluación agronómica.

¿Cómo los balances energéticos pueden contribuir a la reflexión sobre la sostenibilidad de estos sistemas de producción?

Los balances energéticos son útiles en la medida que nos permiten comparar diferentes sistemas de producción a partir de la determinación de la cantidad de entradas de energía que se requiere para obtener un producto en unidades de energía; por lo tanto esta relación constituye la cantidad de energía cosechada por unidades de energía suministrada, estableciendo la eficiencia con que fue utilizada, así como las ganancias netas de energía capturada por los cultivos.

Los resultados de esta investigación revelan que hay aparentemente una ganancia de energía, sin embargo no debe olvidarse, como lo indican las leyes de la termodinámica, que la energía no puede ser creada, por lo tanto los datos obtenidos no sugieren la creación de energía sino un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles de manera intrínseca a los sistemas de

producción, tales como la energía solar, el potencial genético de la especie cultivada y las características físico – químicas del suelo. Al respecto debe tenerse en cuenta que el modelo con mayor eficiencia energética fue el modelo familiar de subsistencia, el cual presentó la menor entrada de energía con una producción superior a la de la empresa familiar moderna; de igual manera debe tenerse en cuenta que los modelos familiar moderna y empresarial presentaron eficiencias superiores a 1, lo que sugiere que en estos modelos hay un alto aprovechamiento de recursos intrínsecos (los cuales deberían ser aún determinados), es decir que su productividad no depende solamente de los recursos que se suministran. Sin embargo para fines de este estudio no fue necesario la identificación de dichos recursos intrínsecos, en razón a que la investigación pretende presentar de manera comparativa los ingresos y egresos aportados por la mano del hombre a los cuatro modelos de producción evaluados.

De esta manera tenemos una producción de limón Tahití en el departamento del Tolima que presenta diferentes modelos de producción: los modelos empresarial, familiar moderna y empresa familiar dependientes de altas cantidades de insumos provenientes principalmente de fuentes fósiles no renovables, por demás finitas, y por otra parte un modelo familiar de subsistencia con un bajo suministro de energía, una alta eficiencia y una baja producción aunque superior a la que presentó el modelo de empresa familiar, lo que sugiere que hay una cantidad de energía que proviene de la extracción de recursos intrínsecos además del recurso agua.

Para Roselló & Domínguez (2012) una eficiencia energética por debajo de la unidad, implica que el sistema es deficiente energéticamente; es decir que el sistema consume más energía externa de la que se obtiene de este y cuando se esté por encima de la unidad se extraerá más energía que la que se aporta. Es decir, que tanto por debajo de la unidad como por encima de la unidad hay una cantidad de energía implicada en algún proceso de transformación de la materia

que es preciso identificar para el análisis de sostenibilidad del sistema. La diferencia entre estos resultados por debajo o superiores a la unidad, radicaría por lo tanto en que por debajo de la unidad hay pérdidas de energía que obedecen a la segunda ley de la termodinámica que indica que en la transferencia de energía hay una forma que no puede ser aprovechada asociada a contaminación o entropía; por otra parte, valores superiores a 1 sugieren que hay una extracción de recursos intrínsecos al sistema que depende en alguna medida del potencial que tenga el cultivo para extraerlos y del manejo agronómico que se le dé.

Este tipo de reflexiones aportan elementos de análisis a la sostenibilidad en los sistemas de producción, puesto que la definición del balance energético permite la construcción de indicadores de eficiencia en el uso de la energía, así como elementos y criterios que definen los factores más relevantes para la producción en cada modelo de explotación.

Por otra parte este tipo de análisis ofrece un criterio al momento de determinar cuál o cuáles de los modelos analizados son los más recomendables en un contexto de sostenibilidad. Al respecto los resultados revelan que aunque el modelo de producción familiar de subsistencia presentó el valor más alto de eficiencia energética, implica una alta dependencia de los recursos intrínsecos, los cuales deben definirse claramente con el fin de que sea posible medir el impacto sobre estos. En este caso se encontró además, que presenta una muy baja producción en comparación a la obtenida por los modelos empresarial y familiar moderna, por lo tanto este sistema que implica una mayor extracción de recursos intrínsecos y una baja producción, no sería del todo recomendable localmente hasta no definir dichos recursos intrínsecos y el impacto que estos modelos de agricultura generan en ellos. En contraste, los modelos empresarial y familiar moderna, los resultados mostraron que aunque hay extracción de recursos intrínsecos es menor que en el caso del modelo familiar de subsistencia, y que además presentan valores altos

de producción, superior en 284 % a la producción familiar de subsistencia, sin embargo presentaron una menor eficiencia energética aunque superior a 1, como se mencionó anteriormente.

Por lo tanto este balance energético aporta herramientas y elementos de análisis que pueden servir como criterios favorables o desfavorables a la política de empresarización del agro en un marco de sostenibilidad, a partir de la presentación de: un modelo de producción con una alta eficiencia en el uso de energía suministrada con una alta extracción de recursos intrínsecos y baja producción (modelo familiar de subsistencia), modelos con menor eficiencia energética que el modelo familiar de subsistencia (aunque superior a 1), menor extracción de recursos intrínsecos y alta producción (modelo empresarial y familiar moderna) o el modelo de empresa familiar con baja eficiencia energética, baja producción y pérdida de energía por entropía.

Por otra parte, este tipo de investigaciones suscita interrogantes relacionados con el reflejo económico que pueda implicar la racionalidad energética, a lo que debemos ser claros de manera reiterada que no fue parte del objeto de este trabajo de investigación; sin embargo de manera reflexiva es posible presentar algunas consideraciones al respecto.

Al realizar una segunda lectura del documento y con la idea de encontrar señales que nos ubiquen alrededor de esta inquietud, se encuentra que todas las variables para las que se realizó el cálculo del balance energético son variables que tienen un costo económico, por lo tanto es posible que exista algún tipo de relación entre el flujo de energía y el flujo monetario del sistema de producción. Al respecto debe asumirse que en el caso de la mano de obra familiar, a pesar de que esta no sea cancelada directamente en efectivo a cada uno de los integrantes de la familia, implica

un costo por jornal o por actividad realizada. Debe tenerse en cuenta además que los insumos que por lo general presentan mayor costo económico y energético son los agroquímicos y el combustible; además, las fluctuaciones en el precio de los combustibles afectan el costo de dichos agroinsumos, lo que coincide con las consideraciones tenidas en cuenta con relación a los equivalentes energéticos de estos agroquímicos en donde está implícito los requerimientos por manufactura, relacionados directamente con el uso de combustibles fósiles.

Otra consideración importante en esta reflexión, está relacionada con la pérdida de energía por entropía, la cual desde el marco de la teoría general de sistemas puede relacionarse con el costo económico de empaques, repuestos de tractor como llantas, entre otros; los cuales implican un gasto obligatorio de los recursos energéticos y económicos que no son reflejados de manera directa en el proceso de producción, es decir que este consumo energético y económico no es transformado en producto.

De igual manera se encuentra que las variables relacionadas como factores intrínsecos consisten en factores no monetizados por los que no hay una transacción económica, de la misma forma que no se calculó la energía solar por no formar parte del subsidio energético aportado por el hombre a los sistemas de producción.

Por lo tanto estas consideraciones sugieren que es posible determinar una relación entre el flujo de unidades energéticas y el flujo de unidades económicas a través de estudios que determinen el grado de relación y la proporción que puede haber entre estas distintas lecturas de los sistemas de producción agrícola.

8. Conclusiones

- En el departamento del Tolima existen cuatro modelos de producción de limón Tahití: sistemas de producción modelo empresarial, modelo de empresa familiar, modelo de explotación familiar de subsistencia y modelo de explotación familiar moderna, cuya diferencia radica en las diferentes formas de apropiación y desarrollo de los medios de producción, además de la cantidad de energía que requieren en el proceso productivo. Se determinó que es el modelo empresarial el que requiere de mayor cantidad de energía seguido del modelo familiar moderna, empresa familiar y familiar de subsistencia, el cual fue el modelo que presentó menor cantidad de ingreso de energía.
- La mayor cantidad de energía suministrada a todos los modelos de producción, es la energía proveniente de los insumos agrícolas y la más baja proviene de la energía de uso indirecto asociada a la utilización de la maquinaria.
- Los datos obtenidos sugieren que en la medida que los sistemas de producción de limón Tahití acaecen al proceso de empresarización, requieren de mayores ingresos de energía para su sostenimiento.
- El modelo con mayor eficiencia energética fue el modelo familiar de subsistencia, seguido de los modelos familiar moderna, empresarial y empresa familiar. sin embargo los valores de eficiencia energética en los modelos empresarial y familiar moderna, fueron superiores a 1, lo que sugiere que se obtuvo más energía de la que se aporta. En el caso del modelo empresa familiar se obtuvo un valor de eficiencia energética menor a la unidad, lo que sugiere que hay pérdida de energía. Sin embargo el valor fue muy cercano a 1.
- El balance energético comparativo en los cuatro modelos de producción, muestra que no hay necesariamente una relación directamente proporcional entre el ingreso de energía por

parte de los sistemas de producción y la producción obtenida por este, es decir que a mayor ingreso de energía no hay necesariamente mayor producción; lo que sugiere que existen factores intrínsecos a los sistemas de los cuales puede depender la eficiencia con que estos transforman la energía.

- Los datos obtenidos indican que los diferentes modelos de cultivo de limón Tahití en el departamento del Tolima presentan un uso eficiente de la energía al encontrarse en valores muy cercanos a 1 y mayores a 1, sugiriendo que son sostenibles, por lo tanto favorables para el desarrollo sostenible de la producción agrícola con base a esta especie cultivada.

9. Bibliografía

Altieri, M.A. (2001). Agroecología: principios y estrategias desde la perspectiva cubana. En: Transformando el campo cubano. Ed. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales (ACTAF). La Habana, Cuba. 284 pp

Asae, Standard. (2006). *Estimating agricultural field machinery costs*, By: Shuler, R.T., Extension Agricultural Engineer, USA .

Bertalanffy, L. (1968). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de cultura económica.

Bowers, W. (1992). Agricultural field equipment. *Energy in World Agriculture, Energy in Farm Production*, 6, 117-129.

Castellano, L. & E.H. (2013). Eficiencia energética en sistemas de producción de arroz de purificación (Tolima). *Scientia Agroalimentaria*. Vol. 1: 33-38.

CCI (Corporación Colombia Internacional). (2009). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2007-2008*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Corpoica Nataima.

Corrales, E. (2002). Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No. 5. Instituto de Estudios Rurales, IER, Pontificia Universidad Javeriana.

Chas, M. L (2010). La elaboración de estadísticas energéticas. Comparación del balance energético gallego y de otras comunidades autónomas. *Revista Galega de Economía*, 19 (1), 1-16.

CORPOICA. (2005). *Zonificación agroecológica, evaluación económica y organización socio empresarial de sistemas de producción prioritarios en el área de desarrollo rural sur oriente del Tolima*. Mosquera, Colombia: CORPOICA.

Corporación Heritage. (2011). *modelo analítico y calculo de indicadores de desarrollo rural basados en eficiencia energética informe de alcances*. Boyacá, Colombia: Gobernación de Boyacá.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) 2011. Resultados encuesta nacional agropecuaria (ENA). Dirección de Metodología y Producción Estadística – DIMPE –

Denoia, J., Vilche, M., Montico, S., & Tonel, N. (2006). Análisis descriptivo de la evolución de los modelos tecnológicos difundidos en el Distrito Zavalla (Santa Fe) desde una perspectiva energética. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 17(33), 209-226.

Fluck, R. C. & Baird, C. D. (1980). *Agricultural energetic*. Gainesville, USA: Avi Publishing Company.

Forero, J. (2002). *La economía campesina colombiana 1990 – 2001*. Cuadernos Tierra y Justicia. Bogotá, Colombia: ILSA.

Forero, J., Torres, L., Ortiz, P., Durana, C., Galarza, J., Corrales, E., & Rudas, G. (2002). *Sistema de producción rurales en la región Andina Colombiana, Análisis de su viabilidad económica, ambiental y cultural*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de estudios ambientales y rurales. Instituto de Estudios Rurales (IER).

Gliessman, S. R. (1997). *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. California, USA: University of California. Arbor press.

Gliessman, S. R. (2001). *Agroecology. The Ecology of sustainable food systems*. California, USA: CRC Press. Second Edition. University of California Santa Cruz.

Gliessman S. R. (2002). *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.

Gómez- Orea, D. (1988). *Evaluación del impacto ambiental de proyectos agrarios*. Madrid, España: IRYDA, Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación.

Hernan, D. (2009). Criterios operativos para el desarrollo sostenible, en Moreno, M. (2011). Las funciones energéticas rurales para sustentar las zonas urbanas. *Espacios Públicos*, 14(32), 223-247.

Johansen, O. (2000). *Introducción a la Teoría General de Sistemas*. Bogotá: Limusa.

Kotschi, J., & Müller-Säman K. (2004). *The Role of Organic Agriculture in Mitigating Climate Change – A Scoping Study*. IFOAM. Bonn.

Lacasta, C., & Meco, R. (2008). *Productividad Energética De Cultivos Herbáceos, Estudio Comparativo De Manejos De Agriculturas Convencional, De Conservación Y Ecológica*. VIII Congreso SEAE: Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible.

Maldonado, L., & Rojas, S. (2011). *Economía Campesina Y Soberanía Alimentaria En El Departamento De Santander, Modelo Analítico Basado En La Eficiencia Energética De Los Sistemas De Producción Caso Simacota*. (Trabajo de grado para obtener el título de Economista). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Malhi, Y., Meir, P., & Browns, S. (2002): Forests, carbon and global climate. En: Swinland IR (ed): *Capturing Carbon and Conservating Biodiversity – The market approach*. Londres, Inglaterra: The Royal Society.

Max-Neef, M. (1993). *Desarrollo a escala Humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Barcelona, España: Icaria editorial, S.A.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2005). *La Cadena de cítricos en Colombia*. Bogotá, Colombia, MADR.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2013). *Memorias al congreso de la Republica 2012 – 2013*. Bogotá: Colombia, MADR.

Mora, J., Martínez, C., & Madrigal, O. (2007). *Mano De Obra, Análisis Beneficio - Costo Y Productividad De La Energía En La Caficultura Campesina De Puriscal, Costa Rica*. San José, Costa Rica: Programas de Investigación de la Universidad de Costa Rica y programa Sinecología y Restauración de Ecosistemas terrestres (Sireco)

Moreno, M. (2011). Las funciones energéticas rurales para sustentar las zonas urbanas. *Espacios Públicos*, 14(32), 223-247.

Müller S. (1996). ¿Cómo medir la sostenibilidad?: una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. San José, CR, GTZ. 56 p. (Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales).

Muñoz L. (2007). *Eficiencia energética de dos tipos de agroecosistemas cacaoteros (hibrido y clonado) en los municipios el hobo y rivera, departamento del Huila*. (Trabajo de investigación para optar al título de Ecólogo). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Olivet, Y., & Cobas, D. (2013). Balance energético de dos aperos de labranza en un Fluvisol para el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* Lam). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22 (2), 21-25.

Orduz, J., & Mateus, D. (2012). *Generalidades de los cítricos y recomendaciones agronómicas para su cultivo en Colombia*. Medellín, Antioquia: Serie Lasallista Investigación y ciencia. MADR, CORPOICA, Universidad de Antioquia.

Ozkan, B., H. Akcaoz., & C. Fert. (2004). Energy input - output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29, 39 – 51.

Pimentel, D. (1961). *CRC Handbook of energy Use in Agriculture*. New York, USA: State College of Agriculture and Life Sciences.

Pinto, F. (2004). Energías renovables y desarrollo sostenible en zonas rurales de Colombia. El caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 53, 103-132.

Plan Frutícola Nacional (PFN). (2006). *Desarrollo de la fruticultura en Tolima*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR, Gobernación del Tolima, Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola – FNFH, Asociación Hortofrutícola de Colombia – ASOHOFRUCOL, Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca – SAG.

Ramírez, L. (2002). *Teoría de sistemas*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Reyes, J. (2004). *Eficiencia energética del sistema de producción, “caña panelera” en el municipio del valle de San José, departamento de Santander, Colombia*. (Trabajo de

investigación para optar al título de Ecólogo). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Roselló-Oltra, J., & Domínguez-Gento, A. (2012). *Comparación del balance energético y de los costos económicos en cítricos y hortalizas valencianas en cultivo ecológico y convencional*. Barcelona, España: Universitat de les Illes Balears. Estació Experimental Agrària de Carcaixent.

Serie Lasallista de Investigación y ciencia. (2012). *Cítricos: cultivo, poscosecha e industrialización*. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista.

Stout Bill. (1990). *Handbook of Energy for World Agriculture*. New York, USA: Elsevier Applied Science Publishers.

REFERENCIAS EN INTERNET

USDA National Nutrient Database for Standard Reference Release 26 Basic Report 09156,

Lemon peel, raw Report Date: August 08, 2014 16:37 EDT Nutrient values and weights are for edible portion. Recuperado de :

<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2335?fg=Fruits+and+Fruit+Juices&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=125&sort=&qlookup=>.

Amortegui, I. (2001). El cultivo de los cítricos. Modelo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial del Tolima. PROHACIENDO. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Programa nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA. Recuperado de http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/El%20cultivo%20de%20los%20citricos%20Limon.pdf

ASTRACOL (2014). La pluma.net. Agencia APP – red de prensa no alineada. Recuperado de:
http://www.es.lapluma.net/index.php?option=com_content&view=article&id=4805:2013-05-12-01-39-21&catid=90:impunidad&Itemid=422