

# Análisis comparativo del balance energético en cuatro modelos de Sistemas de Producción de Limón Tahití en el Departamento del Tolima

Wilson A. Araque Echeverry<sup>1</sup>; Elcy Corrales Roa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MSc. Desarrollo Rural, Pontificia Universidad Javeriana; <sup>2</sup>Directora trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana

waaraquee@unal.edu.co

## 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 (*Citrus latifolia* L.) en el municipio de Espinal, 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 salidas 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, eficiencia energética, productividad energética.

## Abstract

In the framework of the General Systems Theory This research presents the characterization and analysis of sustainability from the comparative energy balance of four models of production of Tahiti lemon in the municipality of Espinal, Department of Tolima: a) production systems enterprise-class, b) family business model, c) family farm model subsistence d) model of modern family farm. For determining the energy balance the inputs and outputs of the system of calculating them production units of energy (kilocalories) were quantified, deducing from this information the efficient use of energy, energy productivity and factors more important in the production of each model evaluated. It was determined that is the business model that requires more energy followed the modern family model and family business family subsistence, the latter represents the model with less energy input; however, the calculation of energy efficiency places the family subsistence model as the most efficient, followed by the modern, business and family business family models.

**Keywords:** Systems, sustainability, energy efficiency, energy productivity.

## Introducción

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).

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).

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. Por lo tanto, para el análisis de sostenibilidad de los sistemas de producción, es 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 cultivo del limón Tahití (*C. latifolia*. L.) 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, tal como lo ratifica la Encuesta Nacional Agropecuaria, ENA (DANE, 2015) ubicando al Tolima como el segundo productor de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en Colombia. En contraste, se encuentran en estas mismas zonas citrícolas, 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, así como distintos niveles de organización, composición en los miembros del sistema de producción y magnitud del capital invertido por unidad productiva, lo que sugiere una zona citrícola heterogénea compuesta por diferentes tipos de productores, modelos de producción y grados de empresarización.

Dado que no existen trabajos en el Tolima que caractericen dichos modelos de producción de Limón Tahití (*C. latifolia*. L.) 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.

## Materiales y métodos / 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 (*C. latifolia*. L.), 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 27°C 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, siendo Julio el mes más seco y Noviembre el mes más lluvioso (CORPOICA, 2005).

La caracterización de los sistemas de producción se realizó con base a la adaptación del modelo descrito por Lamarche citado por Forero, *et. al.*, (2002), 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 toma de datos se realizó durante el primer semestre del 2014 y la información capturada fue clasificada con base a una metodología de clave dicotómica según se expone a en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clave dicotómica de clasificación de los diferentes tipos de sistemas de producción de limón tahití (*C. latifolia* L.) en el departamento del Tolima, 2014

---

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.....	FAMILIAR DE AUTOSUBSISTENCIA
	No.....	EMPRESA FAMILIAR
9.	¿La mayor parte de las actividades agrícolas son realizadas con maquinaria agrícola?	
	Si.....	EMPRESARIAL
	No.....	FAMILIAR MODERNA

---

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.

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. Los cálculos fueron realizados con base a la metodología propuesta por la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y Eurostat (2004), tomado de Bowers (1992) y Chas (2010), citado por Olivet & Cobas (2013); y los factores de conversión fueron tomados como se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Equivalentes energéticos empleados para la presente investigación

Tipo De Entrada	Unidad	Valor Energético	Autor	Libro
<b>Trabajo Humano Pesado (Desmalezado con Machete)</b>	Hora	400-500 kcal/hora	Cox y Atkins (1979), Pimentel (1984) y Zhenfang (1994), citados por Gliessman 2002.	Agroecology Stephen R. Gliessman
<b>Trabajo Humano Suave (Conduciendo Tractor)</b>	Hora	175 – 200 Kcal/hora		
<b>Trabajo Humano Esfuerzo Medio (Monitoreo)</b>	Hora	318.75 Kcal /hora	Propuesto por esta investigación	Se realizó el promedio de consumo energético para actividades de esfuerzo intermedio
<b>Wat Hour</b>	1	0,859845 Kcal	Estadísticas básicas de los mercados de gas y electricidad en México	Prospectiva de Gas Natural 2000 – 2009 <a href="http://www.cre.gob.mx/estadisticas/stat98/conversiones.htm">http://www.cre.gob.mx/estadisticas/stat98/conversiones.htm</a> . Tomado de Reyes, J. (2004)
<b>Diésel</b>	1 L	11414 Kcal	David Pimentel 1961	CRC Handbook of energy Use in Agriculture
<b>Gasolina</b>	1 L	10109 Kcal		
<b>1 Kg de 15-15-15</b>	1 Kg	6788,04 Kcal		
<b>1 Kg de 17-6-18-2</b>	1 Kg	9875 Kcal		
<b>Herbicida</b>	1 cm <sup>3</sup>	0.418 Mj	Denoia, J. ; Vilche, M.;	Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. XVII, núm. 33
<b>Insecticida</b>	1 cm <sup>3</sup>	0,364 Mj	Montico, S.; Tonel, N.; 2006	
<b>FUNGICIDA</b>	1 cm <sup>3</sup>	0,272 Mj		
<b>NITRÓGENO (N)</b>	1 Kg	77,63 Mj		
<b>Fosforo (P)</b>	1 Kg	6,035 Mj		
<b>Potasio (K)</b>	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 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
-------	-------	---------	----------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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

## Resultados y discusión

### Caracterización de sistemas de producción de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima.

Se encontró que existen cuatro modelos de producción de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima, caracterizados de la siguiente manera y distribuidos según indica la figura 1.

- 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

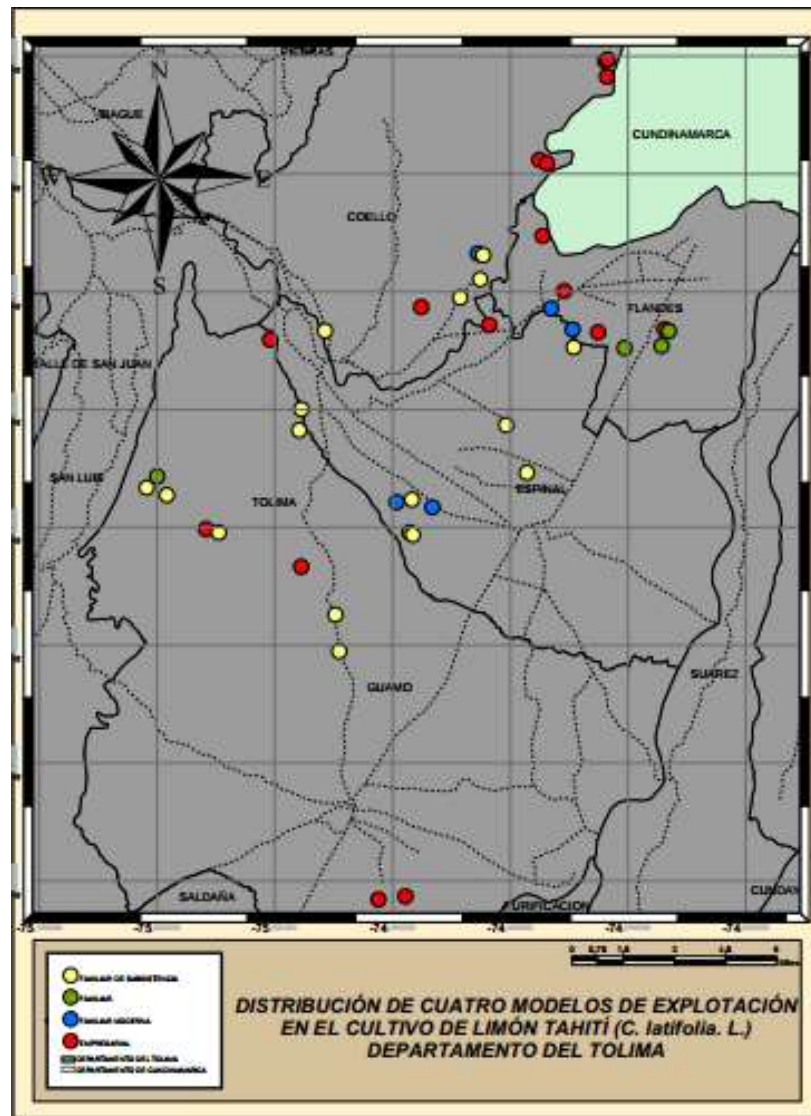
generaciones quienes viven de la finca o cuyo principal ingreso provienen de esta. Los miembros de la familia invierten en esta con la idea de obtener remuneración económica. Algunos de sus miembros en ocasiones generan ingresos extras a los obtenidos por el sistema de producción que pueden ser invertidos 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 sufre 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.



**Figura 1.** Mapa de distribución de cuatro modelos de explotación en el cultivo de limón Tahití (*C. latifolia* L.) en el departamento del Tolima, 2014.

**Balance energético de cuatro modelos de sistemas de producción de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima.**

Los resultados revelaron que es el sistema empresarial el que implementa mayor cantidad de energía 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 (Figura 3 y Tabla 4).

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 y que es el consumo de energía de uso indirecto asociado a la utilización de maquinaria la que muestra el menor valor de entrada (Tabla 3 y Figura 3). Por otra parte se observa en el modelo familiar de subsistencia (Figura 3 y Tabla 4), 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.

**Tabla 3.** Consumo energético del cultivo de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal), 2014.

	Mano de Obra (Kcal)	Combustible (Kcal)	Insumos Agrícolas (Kcal)	Energía Eléctrica(Kcal)	Energía de Uso Indirecto (Kcal)
EMPRESARIAL	15.592.045	32.930.433,24	37.533.341	21.029.072,49	2536,54
FAMILIAR MODERNA	5.829.352,5	15.666.735,90	28.993.828,76	8.127.773,75	2350,24
FAMILIAR	6.632.397,75	6.305.199,35	30.415.950,10	8.125.488	921,94
FAMILIAR DE SUBSISTENCIA	4.577.272,87	850.530,24	7.258.576,66	10.833.984	3506,25



**Tabla 4.** Balance energético del cultivo de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal), 2014.

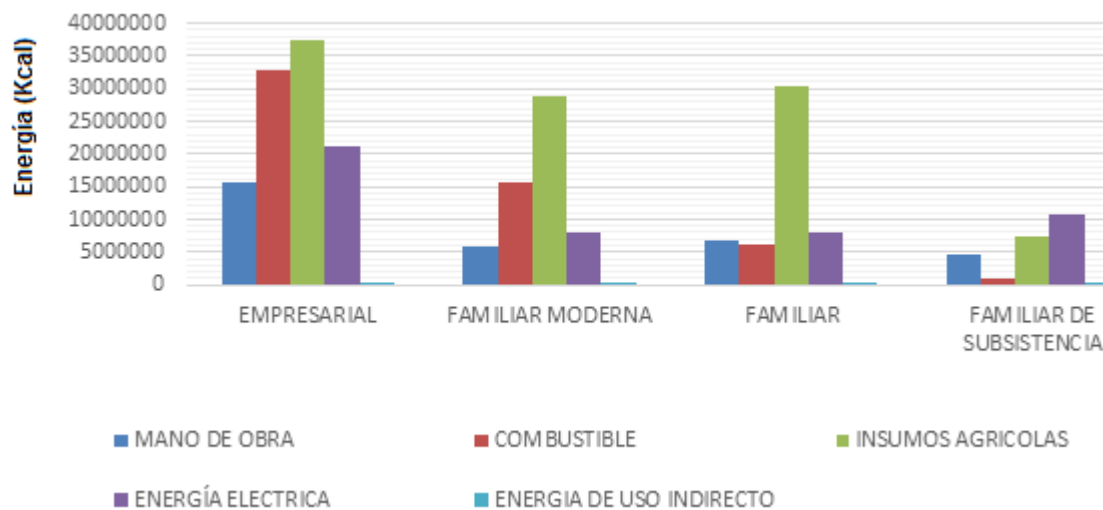
	Total Ingresos (Kcal)	Total Egresos (Kcal)	Balance (Kcal)	Relación Kcal Producida/Unidad Invertida
<b>EMPRESARIAL</b>	107.087.428,3	147.110.000	40.022.571,70	1: 1,37
<b>FAMILIAR MODERNA</b>	58.620.041,15	82.720.000	24.099.958,85	1: 1,41
<b>FAMILIAR</b>	51.479.957,14	50.760.000	-719.957,14	1: 0,98
<b>FAMILIAR DE SUBSISTENCIA</b>	23.523.870,02	51.782.720	28.258.849,98	1: 2,2

De igual manera los datos muestran el alto y permanente suministro de insumos agrícolas en todos los sistemas de producción evaluados (Tabla 3), lo que podría sugerir un alto grado de dependencia de estos para la producción agrícola del limón Tahití (*C. latifolia*. L.). 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 (tabla 5). 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, lo que podría explicarse por un mayor

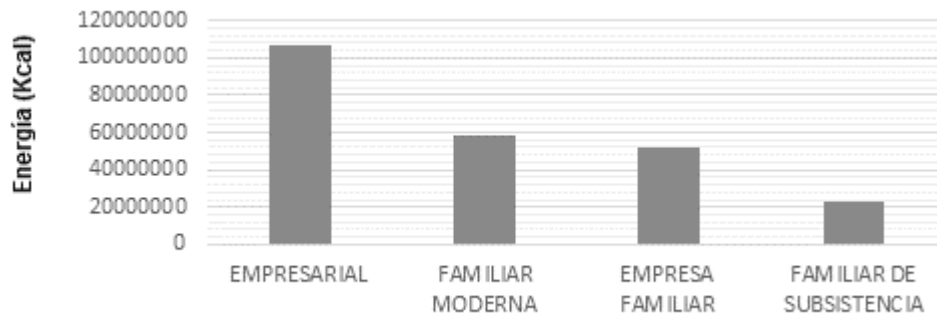
suministro de agua en el sistema familiar de subsistencia reflejado en el mayor suministro de energía eléctrica por efecto del uso de una motobomba para el riego, con un aporte total de 10.833.984 Kcal, en comparación al sistema familiar en el que se realiza un aporte de 8.125.488 Kcal (tabla 3). De igual manera, 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 (Figura 3 y Tabla 4).

**Tabla 5.** Eficiencia y productividad energética en cuatro modelos de explotación de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima, 2014.

	Consumo Energético (Kcal)	Producción Energética (Kcal)	Producción Kilos (K)	Eficiencia Energética	PRODUCTIVIDAD ENERGÉTICA
<b>EMPRESARIAL</b>	107.087.428,30	147.110.000	313.000	1,37	342,13
<b>FAMILIAR MODERNA</b>	58.617.755,40	82.720.000	176.000	1,41	333,05
<b>FAMILIAR</b>	51.479.957,10	50.760.000	108.000	0,98	476,66
<b>FAMILIAR DE SUBSISTENCIA</b>	23.523.870	51.782.720	110.176	2,2	213,51



**Figura 2.** Balance energético en cuatro modelos de explotación, en el cultivo de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima (Kcal), 2014.

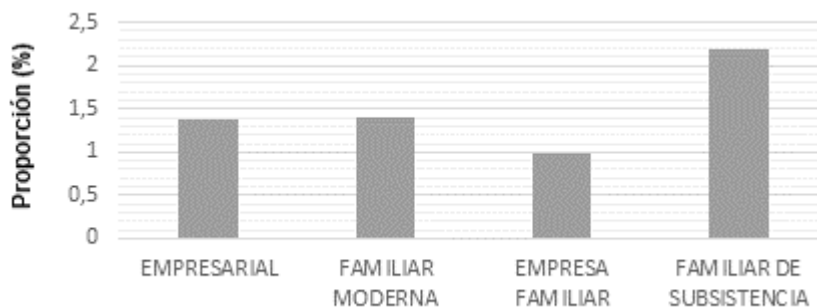


**Figura 3.** Consumo total de energía en los cuatro modelos de explotación en el departamento del Tolima (Kcal), 2014.

**Eficiencia energética y productividad energética de cuatro modelos de sistemas de producción de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) 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 lo que se debe a la baja cantidad de fruta producida (108.000

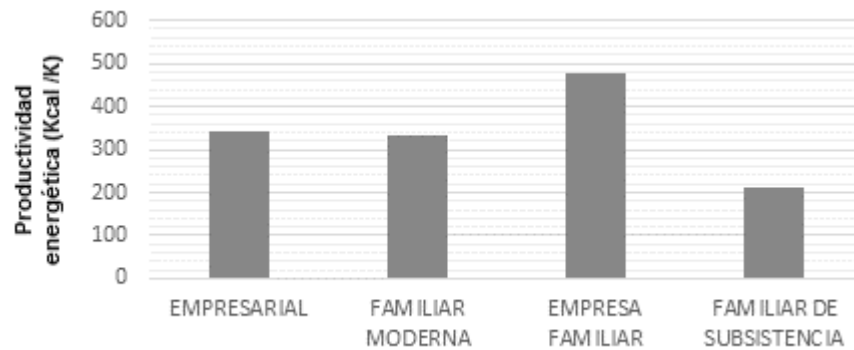
Kilos), (tabla 5) y no como consecuencia de un bajo suministro de energía al sistema, puesto que es mayor la cantidad de energía suministrada al modelo de empresa familiar que la energía suministrada al modelo familiar de subsistencia (Figura 4 y Tabla 4). Del mismo modo se observó un menor índice de 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 (*C. latifolia*. L.), mientras que en la empresa familiar se requiere de 476,66 Kcal para la producción de 1 kilo de esta misma fruta (tabla 5 y Figura 4).



**Figura 4.** Porcentaje de Eficiencia energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima (%), 2014.

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 (véase Figura 5).



**Figura 5.** Productividad energética en los cuatro modelos de explotación de limón Tahití (*C. latifolia*. L.) en el departamento del Tolima (Kcal/K), 2014.

## 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.

Los resultados obtenidos en esta investigación señalan 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). 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 un 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 los sistemas de producción analizados en esta investigación no están identificados como sistemas de producción orgánicos y convencionales como lo expone en su trabajo de investigación Mora, Martínez & Madrigal (2007), quienes 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, el segundo fincas convencionales de tecnología mixta (recursos orgánicos y químicos) y el tercer grupo de fincas con tecnología convencional; 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 requiere de la modernización de su sistema de producción.

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 implico 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.

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.

### Conclusiones

- En el departamento del Tolima existen cuatro modelos de producción de limón Tahití (*C. latifolia*. L.): 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 moderno, 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 (*C. latifolia*. L.) avanzan tecnológicamente, requieren de mayores ingresos de energía para su sostenimiento.
- 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 (*C. latifolia*. L.) 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.

### 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
- Bowers, W. 1992. Agricultural field equipment. *Energy in World Agriculture, Energy in Farm Production*, 6, 117-129.
- Corrales, E. 2002. Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos. Cuadernos Tierra y Justicia No. 5. Instituto de Estudios Rurales, IER, Pontificia Universidad Javeriana. 49 p.
- 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.
- 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.
- Forero, J. 2002. *La economía campesina colombiana 1990–2001*. Cuadernos Tierra y Justicia. Bogotá, Colombia: ILSA. 45 p.
- 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). 235 p.
- Gliessman, S. R. 2001. *Agroecology. The Ecology of sustainable food systems*. California, USA: CRC Press. Second Edition. University of California Santa Cruz. 403 p.
- Gliessman S. R. 2002. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 361 p.
- Gómez-Orea, D. 1988. *Evaluación del impacto ambiental de proyectos agrarios*. Madrid, España: IRYDA, Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación.
- 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. 126 p.
- 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). 12 p.
- 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.
- Pimentel, D. 1961. *CRC Handbook of energy Use in Agriculture*. New York, USA: State College of Agriculture and Life Sciences. 475 p.
- 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.
- 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. 193 p

#### REFERENCIAS EN INTERNET

DANE, 2015. Boletín mensual: INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.

[http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol\\_Insumos\\_nov\\_2015.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_nov_2015.pdf)

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.  
<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2335?fg=Fruits+and+Fruit+Juices&man=&lfacet=&format=&count=&max=25&offset=125&sort=&qlookup=>. (Consultado 09 de Noviembre del 2014)

**Fecha de Recepción:** 17 Agosto 2015

**Fecha de Aceptación:** 4 Octubre 2015