
Scientia Agroalimentaria

ISSN: 2339-4684

Vol. 1 (2013) 33-38

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ DE PURIFICACIÓN (TOLIMA)

ENERGY EFFICIENCY IN RICE PRODUCTION SYSTEMS OF PURIFICACION (TOLIMA)

Castellanos Lozano, Edgar H.¹

Resumen

Se determinó la eficiencia energética de sistemas de producción de arroz en Purificación (Tolima). La energía requerida para producir 1 kg de arroz fluctuó entre 314 kcal en un sistema orgánico orientado a mercados selectivos y 696 kcal en el sistema prevaleciente de altos insumos químicos. La relación costo-beneficio no es significativamente diferente para estos dos sistemas, aunque se advierte que en el segundo se generan impactos tanto ambientales como sociales, que deben evaluarse en el contexto del departamento del Tolima. Desde el punto vista de la sostenibilidad, se advierte cómo el determinismo económico, proyectado en el ámbito gremial y en la configuración de unidades productivas arroceras, no restituye y aún menos preserva atributos ambientales de los territorios donde la actividad se ha desarrollado.

Palabras clave: energía, sostenibilidad, termodinámica, producción agrícola, variedades de arroz.

Abstract

Energy efficiency in rice production systems was evaluated in Purificacion, Tolima (a province in Colombia). The energy required to produce 1 kg of rice ranged from 314 kcal in an organic rice system oriented to selective markets, to 696 kcal in the major system of higher chemical inputs. Benefit-cost relationship is not different for these two systems, although it is warned that in the second there are probably impacts both environmental and social that must be evaluated in the context of Tolima provinces. Form the sustainability perspective, some economics determinism is perceived with gremial and farm level projection, and in the setting of rice producing units, there is not restitution or even less preservation of environmental attributes from territories where rice activity has been developing.

Keywords: Energy efficiency, sustainability, thermodynamics, agricultural production.

¹ Profesor de Cátedra, Facultad de Ingeniería Agronómica Universidad del Tolima. Barrio Santa Helena, A.A. 546, correo: edhecalo@gmail.com

Introducción

La función de producción ordinaria describe las entradas y salidas monetarias del proceso agrario, y deja de lado los intercambios de energía entre insumos y productos. Algunos autores han establecido una metodología para calcular la eficiencia energética en predios agrícolas, cuantificando los ingresos representados en insumos y las salidas representadas en productos [1].

La alta dependencia de insumos externos en el cultivo de arroz suscita un elevado aporte energético, que no es compensado con el producto obtenido en la cosecha, la que se realiza con medios mecánicos, escasa ocupación de mano de obra y la trilla de variedades comerciales sin más selectivos y retribuyen el esfuerzo del agricultor con un escaso margen de rentabilidad.

Un análisis socioeconómico riguroso en el ámbito local debe considerar el conocimiento científico de los grandes equilibrios ecológicos y del peso que en ellos tienen los conceptos de renovabilidad y de limitación de los recursos y las leyes de la termodinámica. En la década de los años setenta del siglo pasado, la geografía del consumo daba cuenta de disponibilidades nutricionales en diversos grupos de países, aun aseverando que algunos se encontraban en vías de llegar al desarrollo, concepto biológico que supone un estado más completo donde la sociedad rural es más autodeterminante, en contraste con las actuales políticas asistencialistas, sobre todo, en lo rural y en la nutrición humana.

El arroz es un cultivo tradicional importante en las llanuras del Tolima; sin embargo, no ha contado con una auditoría energética que cuantifique el potencial de los residuos de cosecha para labores domésticas o en plántales agroindustriales. La cosecha de la biomasa residual del arroz en nuestros países podría proveer 5.80×10^{18} J/año. Algunos estudios han calculado el potencial energético de la biomasa derivada de los residuos de un cultivo de arroz en tres situaciones [2] (Tabla 1).

La energía disponible para labores de cocción de alimentos o calentamiento oscila entre 3.70×10^9 y 8.33×10^9 J/ha y la energía para usarse en forma de metanol entre 1.85×10^9 y 4.17×10^9 J (ha/año).

Este trabajo pretende estimar la diferencia entre los insumos utilizados en tres sistemas de producción de arroz: variedad destinada a mercados sofisticados con manejo orgánico y trilla manual, cultivo en transición a control químico de arvenses con variedad *gourmet* y trilla mecánica y paquete agrícola moderno basado en alto subsidio externo.

Tabla 1. Potencial energético de la biomasa en tres sistemas de producción de arroz.

| Método | Energía potencial disponible J/(ha año) | Energía neta disponible (J) |
|------------------------|--|--------------------------------|
| Tradicional | 3.70×10^{10} | 3.43×10^{10} |
| Intensivo mano de obra | 7.93×10^{10} | 7.25×10^{10} |
| Intensivo capital | 8.36×10^{10} | 7.02×10^{10} |

Materiales y Métodos

El estudio se realizó durante la temporada agrícola del primer semestre de 2011, en 3 ha de un predio arrocero de la vereda Holanda del municipio de Purificación (Tolima). Se utilizaron tres tratamientos, registrando tanto costos financieros como energéticos:

- 1 ha sembrada con una variedad aromática de porte alto con genealogía hindú, trasplante manual y aplicación exclusiva de caldos microbiológicos y abonos sólidos orgánicos.
- 1 ha sembrada con una variedad cateto tipo japonico, aplicación de herbicidas y manejo nutricional basado también en abonos orgánicos sólidos y líquidos.
- 1 ha sembrada con la variedad 733, aplicación de agroquímicos en todas las etapas del cultivo y nutrición basada en fertilizantes de síntesis química.

Se realizó el seguimiento a cada variedad consignando los rubros demandados en la preparación de suelos, nutrición vegetal, control fitosanitario y recolección, cuantificando la energía requerida en cada etapa del proceso productivo y asignando a cada tipo de jornada o insumo un equivalente energético.

En la Tabla 2, se recopilan algunos equivalentes energéticos, según determinaciones de campo [3].

En los tratamientos orgánico y parcial, se incorporó un cultivo verde (frijol Caupi *Vigna unguiculata* L. Walp) mediante el triple pase de rastra. El tratamiento convencional no recibió abono verde. En el fanguero, el terreno queda con una textura fangosa y profunda, se hacen tres pases de rastra en seco intercalando el paso del tractor en direcciones contrarias.

Los tres pases de batida del suelo también se realizan intercalando la dirección del tractor entre cada pasada. Se aplica lámina de agua y se nivela con pala, y finalmente el terreno se encuentra listo para el inmediato trasplante de las plántulas de arroz.

Tabla 2. Valores de energía y equivalencias.

| Insumo | Energía equivalente |
|--|---------------------|
| 1 jornada hombre ¹ | 4352 |
| 1 jornada animal ¹ | 21 700 |
| Tractor ² | 22 358 |
| Arado ² | 15 943 |
| Rastra ² | 15 273 |
| Pulverizadora ² | 15 000 |
| Fertilizador ² | 15 330 |
| Cosechadora ² | 20 930 |
| Arroz ² | 2952 |
| N (urea) ² | 16 485 |
| N (salitre) ² | 5037 |
| N (fosfato diamónico) ² | 10 543 |
| P ₂ O ₅ ² | 3380 |
| K ₂ O ² | 2303 |
| MCPA (Hedonal) ² | 30 495 |
| Propanil ² | 52 536 |
| Petróleo ³ | 11 414 |

¹ kcal, ² kcal/kg, ³ kcal/L

Resultados y discusión

Mediante el registro y contabilización de las actividades implementadas y de los insumos aplicados en cada uno de los tres tratamientos, se realizaron las equivalencias en unidades energéticas (1 MJ = 239 kcal). El cálculo para labores de mecanización toma en cuenta la potencia total absorbida y la energía consumida por hectárea, por cada implemento [4]. El gasto total de energía en la producción de arroz fue de 1061 Mcal para el sistema de arroz *gourmet* bajo en insumos tóxicos, de 1449 para el sistema que incorpora la aplicación de herbicidas y de 3915 para el sistema de intensivo en mecanización y agrotóxicos.

El menor gasto energético en el primer sistema puede explicarse por la utilización de insumos de menor equivalencia energética (mano de obra, menor nivel de mecanización) y la utilización de menores

cantidades de insumos, en especial, fertilizantes de síntesis químicas y plaguicidas.

Algunos ensayos en Chile determinaron el gasto total de energía en producción de arroz entre 2739 y 2814 Mcal [5], y concluyeron que las alternativas más viables para usar eficientemente los recursos energéticos en la producción de arroz son fertilizar racionalmente y mejorar la eficiencia, ejecutando oportunamente buenas prácticas agronómicas.

Los insumos de mayor consumo energético fueron utilizados en el sistema convencional actual, mientras que en los dos primeros se aprecia un gran componente de trabajo humano en labores tanto de siembra como de cosecha. En el primer sistema, se obtuvo semilla básica de una variedad japónica que corresponde a plantas con hojas erectas de color verde intenso y una menor capacidad de macollamiento que las de tipo índica.

Esta variedad utilizada en la cocina oriental es insensible al fotoperiodo y tolera bajas temperaturas, además, tiene mayor respuesta al nitrógeno [6], que en este caso se aplicó vía caldos microbiológicos, resultado de la fermentación de biomásas con alto valor proteínico.

Los ensayos complementarios en Purificación demostraron que la reunión de prácticas agronómicas de interés orgánico o ecológico permite que las plantas de arroz expresen 1612 g/m² de materia seca en un mismo tiempo y el 4 % de vaneamiento superando otros manejos productivos.

Esta variedad tipo japónico reportó 33 t/(ha año) de biomasa residual, factor que puede considerarse en la incorporación de 20 t/ha como mínimo de residuos de cosecha con todos sus efectos en el mejoramiento gradual de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Tabla 3. Rubros productivos (miles de pesos/ha).

| Rubro | Orgánico | | Parcial | | Comercial | |
|----------|----------------------|--------------------|---------|-------|-----------|-------|
| | Energía ¹ | Costo ² | Energía | Costo | Energía | Costo |
| Jornales | 618 | 2482 | 135 | 612 | 70 | 145 |
| Insumos | 342 | 419 | 1171 | 1022 | 3702 | 1448 |
| Máquina | 101 | 2020 | 143 | 2360 | 143 | 2360 |
| Total | 1061 | 4921 | 1449 | 3994 | 3915 | 4003 |

¹Mcal, ²Peso colombiano

El manejo convencional de ciclos continuos de arroz variedad 733 con el segundo mayor costo financiero, como se expresa en la Tabla 3, y cuadruplicando la energía invertida con respecto al tratamiento orgánico sugieren un grado de insostenibilidad del cultivo, toda vez que el continuo paso de maquinaria degrada las

condiciones físicas y se podrían estar consolidando patios de infección si no se aplican acertadamente hongos antagonistas para el tratamiento de la semilla.

En la Tabla 4 se resumen las actividades implementadas en cada uno de los sistemas de producción.

Cuando el sistema de producción en finca ya se ha desarrollado en una zona, la sustitución de insumos convencionales (altos en energía indirecta) por insumos orgánicos o prácticas culturales pueden generar ahorros de energía, puesto que los insumos

inorgánicos o de síntesis química son elaborados a partir de altas inversiones de energía fósil, mientras que los insumos orgánicos se obtienen de residuos de plantas y animales usando procesos microbiológicos [7].

Tabla 4. Actividades de cultivo en tres sistemas de producción de arroz en Purificación por hectárea (2011).

| Concepto | Sistemas de producción | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------|------------------|-----------|------|-----------|-----|
| | Aromático | | Cateto | | 733 | |
| | Costo ¹ | Can ² | Costo | Can | Costo | Can |
| Mano de obra ³ | | | | | | |
| Caballoneo | 30 000 | 2 | 30 000 | 2 | | |
| Siembra | | | 21 000 | 3 | 21 000 | 3 |
| Trasplante | 880 000 | 44 | | | | |
| Limpieza canal | 120 000 | 8 | 135 000 | 9 | | |
| Desyerba | 780 000 | 52 | 165 000 | 11 | | |
| Aplicaciones | 132 000 | 4 | 132 000 | 4 | | |
| Deshierbe máquina | 150 000 | 10 | | | | |
| Nutrición semillero | 4000 | 1 | | | | |
| Aplicación abono | 26 000 | 1 | 26 000 | 1 | | |
| Cosecha | 180 000 | 10 | 103 000 | 1 | 103 000 | 1 |
| Pilada | | | | | | |
| Insumos | | | | | | |
| Semilla ⁴ | | | 170 000 | 113 | 408 000 | 170 |
| Bolero ⁵ | | | 87 000 | 3 | | |
| Clomazone ⁵ | | | 26 400 | 1.2 | | |
| Soil aid ⁴ | | | | | 66 000 | 0.1 |
| Urea ⁴ | 656 000 | 10 | 656 000 | 10 | 343 000 | 350 |
| SAM ⁴ | | | | | 106 500 | 150 |
| DAP ⁴ | | | | | 139 300 | 100 |
| KCl ⁴ | | | | | 180 000 | 150 |
| Menores ⁴ | | | | | 65 000 | 20 |
| Arrosil ⁴ | | | | | 92 000 | 0.1 |
| Sulfato de zinc ⁴ | | | | | 58 000 | 20 |
| Glifofed ⁵ | | | | | 40 000 | 8 |
| Caldo microbiológico ⁵ | 84 800 | 66 | 76 800 | 48 | | |
| Compost ⁴ | 300 000 | 1500 | 300 000 | 1500 | | |
| Compost semillero ⁴ | 63 000 | 1 | | | | |
| Empaque ⁵ | | | 71 000 | 1 | | |
| Maquinaria ⁶ | | | | | | |
| Arado rastra | 370 000 | 4 | 370 000 | 4 | 370 000 | |
| Batido | 540 000 | 6 | 540 000 | 6 | | |
| Caballoneo | 20 000 | | 20 000 | | | |
| Nivelación | 90 000 | 1 | 90 000 | 1 | | |
| Cosecha | | | 200 000 | | 200 000 | |
| Servicios ¹ | | | | | | |
| Arriendo | 1 000 000 | | 1 000 000 | | 1 000 000 | |
| Transporte | | | 140 000 | 1 | 140 000 | |
| Total | 9 076 154 | | 4 359 200 | | 3 207 800 | |
| Producción ⁷ | 3375 | | 3750 | | 5625 | |
| Precio de venta ⁸ | 2000 | | 1500 | | 952 | |
| Ingreso ¹ | 6 750 000 | | 5 625 000 | | 5 355 000 | |

¹ Valor de cada rubro (peso colombiano), ² Cantidad consumida de cada rubro, ³ Jornal, ⁴ kg, ⁵ L, ⁶ h/ha, ⁷ t, ⁸ Peso colombiano/kg

La energía necesaria para producir 1 kg de arroz en el primer sistema es de 314 kcal/kg, mientras que en el sistema en transición es de 386 kcal/kg y en el sistema convencional de 696 kcal/kg. A menor cantidad, mayor es la eficiencia energética del sistema. La Tabla 5 resume el equivalente energético para cada rubro productivo. En el piedemonte llanero, se han identificado los componentes ecosistémicos, técnicos,

sociales y económicos de tres sistemas de producción a través del análisis de zonas agroecológicas, según observaciones sobre cartografía a escala 1:100 000.

Allí se determina un promedio general del 29 % de sostenibilidad, que debe incrementarse al 60 % buscando mejorar la eficiencia de los procesos biológicos y tecnológicos [8].

Tabla 5. Equivalente energético por rubro productivo por hectárea (Purificación, 2011).

| Tratamiento | Orgánico | | | Parcial | | | Convencional | | | |
|-----------------------------------|----------|------------------|----------------------|--------------------|-------|-----------|--------------|------|-----------|-----------|
| | Rubro | Can ² | Energía ³ | Costo ⁴ | Can | Energía | Costo | Can | Energía | Costo |
| Mano de obra ¹ | | | | | | | | | | |
| Caballoneo | 2 | 8.7 | 30 000 | 2 | 8.7 | 30 000 | 3 | 13.1 | 21 000 | |
| Siembra | | | | 3 | 13.1 | 21 000 | 3 | 13.1 | 21 000 | |
| Trasplante | 44 | 191.5 | 880 000 | | | | | | | |
| Limpieza canal | 8 | 34.8 | 120 000 | 9 | 39.2 | 135 000 | 9 | 39.2 | | |
| Desyerba | 52 | 226.3 | 780 000 | 11 | 47.9 | 165 000 | | | | |
| Aplicaciones | 4 | 17.4 | 132 000 | 4 | 17.4 | 132 000 | | | | |
| Deshierbe maquina | 10 | 43.5 | 150 000 | | | | | | | |
| Nutrición semillero | 1 | 4.4 | 4000 | | | | | | | |
| Aplicación abono | 1 | 4.4 | 26 000 | 1 | 4.4 | 26 000 | | | | |
| Cosecha | 10 | 43.5 | 180 000 | 1 | 4.4 | 103 000 | 1 | 4.4 | 103 000 | |
| Pilada | 10 | 43.5 | 180 000 | | | | | | | |
| Subtotal | 142 | 618 | 2 482 000 | 31 | 134.9 | 612 000 | 16 | 69.6 | 145 000 | |
| Insumos | | | | | | | | | | |
| Semilla ³ | 113 | 334 | 271 200 | 113 | 334 | 271 200 | 170 | 502 | 408 000 | |
| Bentiocarb ⁶ | | | | 3 | 564.9 | 87 000 | | | | |
| Clomazone ⁶ | | | | 1.2 | 226 | 26 400 | | | | |
| Soil aid ⁵ | | | | | | | 0.1 | | | 66 000 |
| Urea ⁵ | | | | 500 | 38.3 | 490 000 | 350 | 2596 | | 343 000 |
| SAM ⁵ | | | | | | | 3 | 316 | | 106 500 |
| DAP ⁵ | | | | | | | 100 | 68 | | 139 300 |
| KCl ⁵ | | | | | | | 150 | 207 | | 180 000 |
| Menores ⁵ | | | | | | | 20 | 4 | | 65 000 |
| Arrosil ⁵ | | | | | | | 0.1 | 1 | | 92 000 |
| Sulfato de zinc ⁵ | | | | | | | 20 | 4 | | 58 000 |
| Glifofed ⁶ | | | | | | | 8 | 4 | | 40 000 |
| Caldo microbiológico ⁶ | 66 | 2 | 84 800 | 48 | 1 | 76 800 | | | | |
| Compost ⁴ | 1500 | 6 | 300 000 | 1500 | 6 | 300 000 | | | | |
| Compost semillero ⁴ | 1 | | 63 000 | | | | | | | |
| Empaque ⁵ | | | | 10 | 1 | 71 000 | | | | |
| Subtotal | 1680 | 342 | 419 000 | 1685 | 1171 | 1 022 400 | 225 | 3702 | 1 497 800 | |
| Maquinaria ⁷ | | | | | | | | | | |
| Arado rastra | 4 | 31 | 370 000 | 4 | 31 | 370 000 | 4 | 31 | 370 000 | |
| Batido | 6 | 30 | 540 000 | 6 | 30 | 540 000 | 6 | 30 | 540 000 | |
| Caballoneo | | 10 | 20 000 | | 10 | 20 000 | | 10 | 20 000 | |
| Nivelación | 1 | 30 | 90 000 | 1 | 30 | 90 000 | 1 | 30 | 90 000 | |
| Cosecha | | | | | 42 | 200 000 | | 42 | 200 000 | |
| Servicios ⁴ | | | | | | | | | | |
| Arriendo | | | 1 000 000 | | | 1 000 000 | | | | 1 000 000 |
| Transporte | | | | 1 | | 140 000 | 1 | | | 140 000 |
| Subtotal | | 101 | 2 020 000 | | 143 | 2 360 000 | | 143 | 2 360 000 | |
| Total | | 1061 | 4 921 000 | | 1449 | 5 340 654 | | 3915 | 4 002 800 | |

¹ Jornal, ² Cantidad consumida de cada rubro, ³ Mcal, ⁴ Valor de cada rubro (peso colombiano), ⁵ kg, ⁶ L, ⁷ h/ha

Un análisis estático para Colombia concluyó que la energía útil en sistemas convencionales de arroz riego equivale a 35 142 Mcal/(ha año), menor que la energía desaprovechada (48 447 Mcal/(ha año)) que genera una condición parcial de insostenibilidad [9]. La relación costo-beneficio aunque es similar en los sistemas orgánico y convencional, en este último se obtiene a través de un elevado consumo energético, que resulta en una menor sostenibilidad desde el punto de vista ambiental, sobre todo, a luz de la termodinámica al depender de fuentes fósiles agotables en el mediano plazo.

La biomasa residual es mayor en el sistema orgánico, lo que puede conllevar el análisis de valores de uso en

este material que en lotes de manejo convencional es enfardada para nutrición animal o incinerada, lo que acarrea efectos sobre la calidad del aire local.

La configuración de sistemas productivos en el Tolima responde a criterios orográficos, atendiendo, primordialmente, a las políticas públicas, la estructura agraria y las señales del mercado, que desconocen las bases biofísicas sobre las que descansa la generación de bienes y servicios. Se tienen zonas especializadas por producto, resultado de una ampliación de la frontera agrícola no planificada, que determinan la estructuración de mercados selectivos que invocan el suministro de materias primas sin la debida restitución de recursos naturales y generan conflictos tanto entre

el hombre y la naturaleza como entre el hombre y sus congéneres por el acceso a los recursos naturales.

Con el desmonte de la orientación del Estado en aspectos cruciales de la asistencia técnica y políticas apropiadas a las necesidades del sector rural y de las actividades agropecuarias, las opciones de un desarrollo rural encaminado a una productividad sustentable y con incorporación tecnológica que al mismo tiempo valorara las tecnologías locales de producción se fue desdibujando hasta el punto de dejar a los sectores de productores rurales sometidos al perverso juego de la oferta y demanda, controlada no por dinámicas endógenas, sino por los mecanismos del capitalismo transnacional que, justamente, ha venido impulsando mecanismos antiéticos de *dumping* a la producción de los países dependientes, para facilitar vía tratados el ingreso de todos sus excedentes agrícolas y pecuarios.

En la Tabla 6, se aprecia el peso de cada factor productivo desde el punto de vista energético y financiero.

Tabla 6. Parámetros productivos en sistemas.

| Parámetro | Sistemas de producción | | |
|-------------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| | Orgánico | Parcial | Comercial |
| Producción ¹ | 3375 | 3750 | 5625 |
| Precio venta ² | 2000 | 1500 | 952 |
| Ingreso ³ | 6 750 000 | 5 625 000 | 5 355 000 |
| B/C ⁴ | 1.4 | 1 | 1.3 |
| Biomasa residual ¹ | 33 | 23 | 13 |

¹ t, ² Peso colombiano/kg, ³ Peso colombiano, ⁴ Relación B/C.

Desde el punto de vista energético, los sistemas parcial y comercial intensifican el uso de insumos, mientras que el orgánico lo hace en la utilización de mano de obra al recurrir a labores de trasplante y trilla manual, con implicaciones sobre el nivel de empleo local y la ampliación de base genética al manejar variedades alternativas.

Conclusiones

El consumo de energía para producir 1 kg de arroz paddy en las condiciones de Purificación (Tolima) fluctuó desde 314 Mcal en una variedad aromática tipo japonico con manejo orgánico, siguiendo con 386 Mcal para un sistema en transición que involucraba control químico de arvenses hasta 696 Mcal para un sistema convencional de altos subsidios energéticos.

La variedad tipo japonico genera mayor forraje por unidad de área en sistema de trasplante, ofreciendo una alternativa para su uso como combustible en hornos energéticos en plantas cementeras o planteles agroindustriales, que disminuyen el uso de carbón mineral y las emisiones de azufre hacia la atmósfera.

El determinismo económico en la actividad agrícola, a la vez que no promueve sistemas de pleno empleo, implementa un subsidio energético que en costo de oportunidad, posiblemente, generaría un mayor y equitativo efecto territorial.

La relación B/C tanto para el tratamiento orgánico como para el convencional supera la unidad, y demuestra el potencial de prácticas agronómicas con carácter ecológico dentro de mercados especializados, que generan un valor adicional a los bienes agrícolas que hagan ver su compromiso con sistemas de innovación social y productivo.

Referencias

- [1] Fluck, R.; Baird, C. (1980). *Agricultural energetic* (Avi Publishing, University of Florida, USA).
- [2] Freedman, S. (1983). The use of rice crop residues as a non-commercial energy source. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 10, 63-74.
- [3] Paneque, R.P.; Miranda, C.A.; Suárez, G.M.; Abraham, F.N. (2009). Costos energéticos y de explotación del cultivo del arroz en fangueo directo. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2), 2-6.
- [4] De Dios, C. (1972). Potencia y energía absorbidas por máquinas de labranza y siembra (INTA, Buenos Aires).
- [5] Hetz H., E.; Olmos S., G. (1992). Utilización de energía en la producción de arroz (*Oriza sativa* L) en la zona centro-sur. *Ciencia e Investigación Agraria*, 19(1-2), 17-22.
- [6] Acosta Buitrago, J.O. (2011). Evaluación del sistema intensivo de cultivo arrocero (SICA) en el municipio de Purificación, Tolima (Trabajo de grado, Girardot, Colombia, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ingeniería Agronómica).
- [7] Mora, D.J. (2006). Análisis beneficio-costo y cuantificación de la energía invertida en sistemas de caficultura campesina en Puriscal, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 30(2), 71-82.
- [8] Castellanos Lozano, E.H. (2002). Evaluación de sostenibilidad en el sistema de producción de leche del municipio de Aguazul (Casanare) (Tesis de maestría, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia-IDEA).
- [9] Moreno, G. (2001). Obtención de un modelo para la evaluación de los flujos de energía en la agricultura y su aplicación en el cultivo arroz riego (IDEAM, Bogotá DC).