

Eficiencia energética y económica del cultivo de maíz en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura”, Chiapas, México*

Energy and economic efficiency of maize in the buffer zone of the Biosphere Reserve “La Sepultura”, Chiapas, Mexico

Francisco Guevara-Hernández¹, Luis Alfredo Rodríguez-Larramendi², Manuel Antonio Hernández-Ramos³, María de los Ángeles Fonseca-Flores⁴, René Pinto-Ruiz¹ y Luis Reyes-Muro^{5,8}

¹Facultad de Ciencias Agronómicas-Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozocoautla-Villaflores, km. 84.5. C. P. 30470 Villaflores, Chiapas. Tel: 965 655-3272. (pinto_ruiz@yahoo.com.mx). ²Red de Estudios para el Desarrollo Rural, A. C., Avenida 5ª Norte esquina 5ª. Oriente 22, El Cerrito, Villacorzo, Chiapas. C. P. 30520. ³Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical, UNACH. ⁴Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Carretera vía a Manzanillo Bayamo, km 17.5. Granma, Cuba. C. P. 85100. ⁵Campo Experimental Pabellón-INIFAP. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, C. P. 20671. ⁸Autor para correspondencia: reyes.luis@inifap.gob.mx.

Resumen

Se estudió el balance energético, la capacidad de producción de proteína-energía, y la factibilidad económica de tres sistemas de producción de maíz: policultivo maíz intercalado con frijol (SPM-1), producción de maíz criollo (SPM-2) y producción de maíz mejorado (SPM-3), ubicados en el ejido California dentro de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” en el estado de Chiapas, México. Derivado de una detallada descripción de los sistemas productivos, del análisis de ingresos de energía al sistema, flujos de materia física e insumos utilizados para la producción (Meul *et al.*, 2007) y del análisis de la eficiencia energética (Funes, 2009), se encontró que el sistema de producción de maíz criollo intercalado con frijol mostró la mayor eficiencia energética con 1.12 Mcal producida, en comparación a los sistemas de maíz criollo en monocultivo y maíz mejorado, los cuales tuvieron índices de eficiencia de 1.07 y 0.99, respectivamente. De igual forma, el SPM-1 mostró el mayor potencial energético y proteico, capaz de satisfacer los requerimientos de 9 y 23 personas ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. El mayor beneficio/costo correspondió al sistema de producción con variedades mejoradas SPM-3. Entre los factores energéticos y económicos que

Abstract

Energy balance, production capacity of protein-energy and, economic feasibility of three maize production systems were studied: poly-culture maize intercropped with beans (SPM-1), production of landrace maize (SPM-2) and, production of improved maize (SPM-3), located in the ejido California within the Biosphere Reserve "La Sepultura" in the State of Chiapas, Mexico. Derived from a detailed description of production systems, analysis of energy inputs to the system, physical flows and inputs used to produce material (Meul *et al.*, 2007) and analysis of energy efficiency (Funes, 2009) it was found that the production system of landrace maize intercropped with beans showed the highest energy efficiency with 1.12 Mcal produced, compared to the systems of landrace maize in monoculture and improved maize, which had efficiency ratings of 1.07 and 0.99, respectively. Similarly, the SPM-1 showed the highest energy and protein, capable of meeting the requirements of 9 and 23 individuals ha⁻¹ year⁻¹, respectively potential. The biggest benefit/cost corresponded to the production system with improved varieties SPM-3. Among the energy and economic factors that increase the cost of production is high dependence on chemical inputs and the use of hired labour.

* Recibido: julio de 2015
Aceptado: noviembre de 2015

más encarecen la producción, está la alta dependencia de insumos agroquímicos y el empleo de mano de obra contratada.

Palabras clave: *Zea mays*, alimentación humana, balance energético, sistemas de producción.

Introducción

El maíz es una de las especies de alta importancia en la dieta humana (Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas, 2008) y su uso se ha extendido a la alimentación animal y producción de biocombustibles (Reyes, 1990; Ferraro, 2008).

En México la producción de maíz tuvo un incremento de 88% en el periodo de 1980-2010, debido fundamentalmente a los avances del mejoramiento genético de la especie y los métodos modernos de cultivo, con uso de fertilizantes sintéticos, agroquímicos y maquinaria, pues la superficie sembrada sólo aumentó 3% (SIAP, 2012). Los métodos tradicionales hacen uso intensivo de mano de obra y semillas criollas, mientras que la agricultura moderna requiere de aportes de energía fósil para la producción, combustibles para la operación de maquinaria y energía eléctrica para extraer agua para el riego (Denoia y Montico, 2010), además de la energía consumida en la elaboración de fertilizantes minerales, insecticidas y herbicidas. En general, los agrosistemas actuales requieren cantidades altas y crecientes de insumos (Denoia *et al.*, 2006), lo que implica elevados costos energéticos.

En la región Frailesca, en el estado de Chiapas, el 88% de los productores de maíz aplica fertilizantes y 76% usa insecticidas y herbicidas (Aguilar, 2010), lo que indica alto gasto de energía industrial en las comunidades rurales que contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) CEDECO (2006). Es evidente la sustitución de tecnologías tradicionales por métodos de producción de altos insumos industriales con mayor costo (Vitta, 2001; Vilche *et al.* 2006).

Es sabido que el uso de fertilizantes y herbicidas, aunado a las variedades e híbridos incrementan los rendimientos de los agrosistemas (Bonel *et al.*, 2005); sin embargo, se requiere estimar el balance energético, la capacidad de producción de proteína-energía y la factibilidad económica de los sistemas

Keywords: *Zea mays*, food, energy balance, production systems.

Introduction

Maize is one of the species of highest importance in the human diet (National Commission for Good Agricultural Practice, 2008) and its use has spread to feed and biofuel production (Reyes, 1990; Ferraro, 2008).

In Mexico, maize production had an increase of 88% in the period 1980-2010, mainly due to progress in genetic improvement of the species and modern farming methods, with use of synthetic fertilizers, chemicals and machinery, as the surface sown only increased 3% (SIAP, 2012). Traditional methods make intensive use of labour and landrace seeds, while modern agriculture requires fossil energy input for production, fuel for the operation of machinery and electric power to pump water for irrigation (DeNoia and Montico, 2010) plus the energy consumed in the production of mineral fertilizers, insecticides and herbicides. Overall, agricultural systems requiring high current and growing amounts of inputs (DeNoia *et al.*, 2006), which implies high energy costs.

In the Frailesca region, in the State of Chiapas, 88% of maize growers apply fertilizers and 76% use insecticides and herbicides (Aguilar, 2010), indicating high industrial energy spending in rural communities it contributes to the emission of greenhouse gases (GHGs) CEDECO (2006). Replacing traditional methods of production technologies for high industrial inputs cost more is evident (Vitta, 2001; Vilche *et al.*, 2006).

It is known that the use of fertilizers and herbicides, together with the varieties and hybrids increase yields of agricultural systems (Bonel *et al.*, 2005); however, it is required to estimate the energy balance, the production capacity of protein-energy and economic feasibility of the systems of production systems. In this case, the evaluation of energy efficiency helps explain the dynamics of power within the estate and the balance between the energy invested and energy produced (Pervanchon *et al.*, 2002 and CEDECO, 2005).

de sistemas de producción. En tal caso, la evaluación de la eficiencia energética permite explicar la dinámica de la energía dentro de la finca y el balance entre la energía invertida y la energía producida (Pervanchon *et al.*, 2002 y CEDECO, 2005).

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad California, municipio de Villaflores, Chiapas, en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera "La Sepultura" (REBISE), entre los 16°15'40.7" latitud norte y 93°36'42.9" longitud oeste, con clima es tropical lluvioso, temperatura media de 24 °C, precipitación media anual de 1023 mm, topografía accidentada y suelos del tipo Regosol + Fozem + Cambisol (INEGI, 2012).

Sistemas de producción

Se evaluaron tres sistemas de producción: maíz intercalado con frijol (SPM-1), maíz criollo (SPM-2), maíz mejorado (SPM-3), cuyas características se presentan en el Cuadro 1.

Análisis de la información

Se realizó un análisis bajo el enfoque de sistemas, que implica la identificación y caracterización de los componentes del sistema de producción de maíz, entradas, salidas y relaciones entre componentes (Guevara *et al.* 2011). Para describir las labores de cada sistema se empleó la metodología propuesta por Geilfus (1997).

Balance energético

Se empleó el método de análisis descrito por Meul *et al.* (2007), que considera los ingresos de energía al sistema, flujos de materia física e insumos utilizados para la producción. Con base en la metodología de Funes (2009) se calculó la eficiencia energética, mediante las variables: área del sistema productivo, tipo y cantidad de alimentos o productos obtenidos y gastos energéticos directos o indirectos de la producción, que incluye fuerza de trabajo humano y animal, empleo de combustibles y fertilizantes, entre otros insumos. Adicionalmente se usaron los criterios expuestos por Márquez *et al.* (2011) que consideran la energía directa e indirecta que se utiliza en la producción.

Materials and methods

Study area

The research was conducted at the California community, municipality of Villaflores, Chiapas, in the buffer zone of the Biosphere Reserve "La Sepultura" (REBISE) 15'40.7" between 16° north latitude and 93° 36' 42.9" west longitude, with rainy weather is tropical, average temperature of 24 °C, annual rainfall of 1023 mm, topography and soil type Regosol + Fozem + Cambisol (INEGI, 2012).

Production systems

Maize intercropped with beans (SPM-1), landrace maize (SPM-2), improved maize (SPM-3), whose characteristics are presented in Table 1: Three production systems were evaluated.

Cuadro 1. Características de los sistemas de producción de maíz estudiados.

Table 1. Characteristics of maize production systems studied.

Maíz intercalado con frijol (SPM-1)	Maíz tradicional variedad criolla (SPM-2)	Maíz convencional variedad comercial (SPM-3)
Policultivo maíz - frijol	Monocultivo (maíz)	Monocultivo (maíz)
Uso de semillas criollas, herbicidas, insecticidas y fungicidas	Uso de semillas criollas, herbicidas e insecticidas	Uso de semilla comercial y herbicidas
Menor uso de fertilizantes	Menor uso de fertilizantes	Mayor uso de fertilizantes

Information analysis

An analysis on the systems approach, which involves the identification and characterization of system components maize production, inputs, outputs and relationships between components was performed (Guevara *et al.*, 2011). To describe the work of each system, the proposed methodology used was by Geilfus (1997).

El consumo energético se estimó con la metodología propuesta por Bowers (1992). Con los valores de entradas y salidas, se calculó la eficiencia energética, así como la cantidad de personas que pueden alimentarse, con base en las equivalencias energéticas que se muestran en el Cuadro 2.

Energy balance

The analysis method described by Meul *et al.* (2007) was used, which considers the income of energy to the system, physical material flows and inputs used for production.

Cuadro 2. Equivalencia energética de insumos y productos utilizados en el análisis.

Table 2. Energy Equivalence of inputs and outputs used in the analysis.

Insumo	Unidad	Kcal/unidad	Fuente
Trabajo humano	h	250	Funes (2001)
Trabajo animal	h	1 800	Funes (2001)
Semilla (en general)	kg	25 714	Pimentel (2005)
Diésel	L	9 243	Macera y Astier (1993)
Gasolina	L	8 150	Macera y Astier (1993)
Sulfato de amonio (21%)	kg	10 755	IDAE (2007)
Herbicida	L	57 000	Funes (2001)
Insecticida	L	44 000	Funes (2001)
Maquinaria		21 000	Macera y Astier (1993)
Tractor agrícola	h	1 015	Fluck y Helsl (1992)
Producto (maíz, grano seco)	kg	3 657	Funes (2009)
Frijol	kg	3 322	Funes (2009)

Fuentes de energía directa e indirecta

De acuerdo con Márquez *et al.* (2011) la energía directa es aquella que está contenida en los insumos directos, como combustible, electricidad, fertilizantes, pesticidas, abonos orgánicos y productos biológicos, mientras que la energía indirecta se asocia a los procesos de fabricación, distribución y mantenimiento; por ejemplo, la energía necesaria para obtener el combustible a partir del petróleo crudo, así como la requerida para la fabricación de pesticidas y de la maquinaria que se amortiza en el tiempo.

Energía directa (Ed) Márquez *et al.* (2011)

a) Energía asociada al consumo de combustible (E_{dc}) (Mcal/ha)

$$E_{dc} = C_c * E_{eg} \tag{1}$$

Donde: C_c= consumo de combustible (L/ha); E_{eg}= equivalente energético del gasóleo (41 MJ/L).

b) Energía asociada a la mano de obra empleada (E_{dh}) (MJ/ha)

$$E_{dh} = E_h * \frac{n_{ob}}{C_{tob}} \tag{2}$$

Based on the methodology by Funes (2009) energy efficiency was calculated using the variables: production system area, type and amount of food or products obtained direct or indirect energy costs of production, including human labour and animal, use of fuels, fertilizers and other inputs. Additionally the criteria set by Márquez *et al.* (2011) were used, who consider the direct and indirect energy used in production. The energy consumption was estimated using the methodology proposed by Bowers (1992). With the values of inputs and outputs, energy efficiency and the number of people who can feed, based on energy equivalence shown in Table 2 was calculated.

Direct and indirect sources of energy

According to Marquez *et al.* (2011), direct energy is that which is contained in the direct inputs such as fuel, electricity, fertilizer, pesticides, organic fertilizers and biological products, while indirect energy associated processes manufacturing, distribution and maintenance; for example, the need to obtain fuel from crude oil energy and required for the manufacture of pesticides and machinery, which is amortized over time.

Direct energy (Ed) Marquez *et al.* (2011)

Donde: E_h = equivalente energético del trabajo humano (1.96 MJ/h para el hombre y 1.57 MJ/h para la mujer) (Mandal *et al.*, 2002); n_{ob} = cantidad de obreros que participan en una determinada labor; C_{tob} = capacidad de trabajo de los obreros agrícolas (ha/h).

c) Energía asociada a los animales utilizados en labores de tiro (E_{da}) (MJ/ha)

$$E_{da} = \frac{E_a n_a}{C_{ta}} \quad 3)$$

Donde: E_a = equivalente energético del trabajo animal (5.05 MJ/h); n_a = cantidad de animales que participan en una determinada labor; C_{ta} = capacidad de trabajo de los animales (ha/h).

Eficiencia energética

Para calcular la eficiencia energética de los sistemas de producción se utilizó la siguiente ecuación (Funes *et al.*, 2011):

$$E_c = \frac{\sum_{i=1}^s m_i e_i}{\sum_{j=1}^T I_j \times f_j} \quad 4)$$

Donde: E_c = eficiencia energética; S = número de productos; m = cantidad de producto (kg); e = contenido energético del producto (MJ/kg); T = número de insumos; I = cantidad de insumos (kg); f = Energía requerida para producir un insumo (MJ/kg).

Para calcular la energía producida y consumida se utilizaron las fórmulas siguientes:

$$EP = \frac{\text{Producción} * CE}{1000} \quad 5)$$

$$EC = \text{Gastos} * CE/10 \quad 6)$$

Donde: EP = energía producida; EC = energía consumida; Producción = rendimiento (kg ha⁻¹); Gasto = gasto de insumos; CE = contenido energético según la equivalencia energética que se muestra en el Cuadro 1 en Kcal/unidad de medida.

Se cuantificaron además los indicadores relativos a la productividad del sistema, como la cantidad de energía (MJ/ha/año) y proteína (kg/ha/año) producida y, en correspondencia, la cantidad de personas que podría sustentar el sistema de acuerdo con la demanda promedio de una persona por año de dichos nutrientes (Funes *et al.*,

a) Associated fuel consumption (E_{dc}) Energy (Mcal / ha)

$$E_{dc} = C_c * E_{eg} \quad 1)$$

Where: C_c = fuel consumption (L/ha) E_{eg} = energy equivalent of oil (41 MJ / L)

b) Energy associated with labour employed (E_{dh}) (MJ/ha)

$$E_{dh} = E_h * \frac{n_{ob}}{C_{tob}} \quad 2)$$

Where: = energy equivalent of human labour (1.96 MJ/h for men and 1.57 MJ/h for women) (Mandal *et al.*, 2002); n_{ob} = number of workers involved in a given task

C_{tob} = capacity work of agricultural workers (ha/h).

c) Energy associated with animals used in work (E_{da}) (MJ/ha)

$$E_{da} = \frac{E_a n_a}{C_{ta}} \quad 3)$$

Where: E_a = energy equivalent of the animal work (5.05 MJ/h) = number of animals involved in a particular task; = working capacity of animals (ha/h).

Energy efficiency

The following equation (Funes *et al.*, 2011) was used to calculate the energy efficiency of production systems:

$$E_c = \frac{\sum_{i=1}^s m_i e_i}{\sum_{j=1}^T I_j \times f_j} \quad 4)$$

Where: E_c = energy sufficiency; S = number of products; m = amount of product (kg); e = energy content of the product (MJ/kg); T = number of inputs; I = input quantity (kg); f = energy required to produce an input (MJ / kg).

To calculate the energy produced and consumed the following formulas were used:

$$EP = \frac{\text{Production} * CE}{1000} \quad 5)$$

$$EC = \text{Expenses} * CE/10 \quad 6)$$

Where: EP = energy produced; EC = energy consumed; Production = yield (kg ha⁻¹); Expenditure = spending inputs; EC = energy content as energy equivalence shown in Table 1 in Kcal/measurement unit.

2011). Los contenidos de energía y proteína para los cálculos fueron tomados de Gebhardt *et al.* (2007). Las equivalencias energéticas utilizadas para calcular los gastos en insumos directos e indirectos fueron las reportadas por García-Trujillo (1996) y Funes *et al.* (2011).

$$Pe = \frac{\sum_{i=1}^S m_i * \frac{r_i}{100} * e_i}{R_e} \quad 7)$$

Donde: Pe= personas que se sustentan sobre la base de la energía producida; m_i = producción de cada producto (kg); e_i = contenido energético de cada producto (MJ); A= área de la finca (ha); R_e = requerimiento energético de una persona (kg/ha).

Para el cálculo de la cantidad de personas que se pueden alimentar teniendo en cuenta los requerimientos proteicos se empleó la fórmula siguiente (Funes *et al.*, 2011):

$$Pp = \frac{\sum_{i=1}^S m_i * \frac{r_i}{100} * p_i}{R_p} \quad 8)$$

Donde: Pe= personas que se sustentan sobre la base de la proteína producida; m_i = producción de cada producto (kg); p_i = contenido proteico de cada producto (MJ); A= área de la finca (ha); R_p = requerimiento proteico de una persona (kg/ha).

Según Funes (2001) el consumo energético promedio de una persona es de 1022 Mcal/año, mientras que en consumo de proteína vegetal es de 15.3 kg/año.

Eficiencia económica del sistema de producción

Para estimar la eficiencia económica de los sistemas de producción de maíz se utilizaron los costos de producción y los ingresos por la venta de la cosecha, a fin de calcular la relación Beneficio/Costo (RBC), mediante la fórmula siguiente:

$$RBC = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Costos}} \quad 9)$$

Resultados y discusión

Características de los sistemas de producción de maíz

En el SPM-1 siembra la variedad de maíz criollo conocido localmente como "precoz". Se emplean 20 kg ha⁻¹, obtenidos de la cosecha del ciclo anterior. Los productores que lo siembran lo hacen en promedio de 2 ha, con rendimiento promedio de 2 t ha⁻¹. La producción es para autoconsumo,

Indicators on system productivity, as the amount of energy (MJ/ha/year) and protein (kg/ha/year) produced and further quantified correspondingly the number of people who could support the system according with average demand of one person per year of these nutrients (Funes *et al.*, 2011). The energy and protein content for the calculations were taken from Gebhardt *et al.* (2007). Energy equivalence used for calculating the costs, direct and indirect inputs were those reported by Garcia-Trujillo (1996) and Funes *et al.* (2011).

$$Pe = \frac{\sum_{i=1}^S m_i * \frac{r_i}{100} * e_i}{R_e} \quad 7)$$

Where: Pe = people who sustain themselves on the basis of the energy produced; m_i = production of each product (kg); e_i = energy content of each product (MJ); A = area of the farm (ha); R_e = energy requirement of a person (kg/ha).

To calculate the number of people that can be fed given protein requirements the following formula (Funes *et al.*, 2011) was used:

$$Pp = \frac{\sum_{i=1}^S m_i * \frac{r_i}{100} * p_i}{R_p} \quad 8)$$

Where: Pe = people who sustain themselves on the basis of the protein produced; m_i = production of each product (kg); p_i = protein content of each product (MJ); A = area of the farm (ha); R_p = protein requirement of a person (kg ha⁻¹).

According to Funes (2001), the average energy consumption of a person is 1022 Mcal/year, while consumption of vegetable protein is 15.3 kg/year.

Economic efficiency of the production system

To estimate the economic efficiency of the production systems of maize production costs and revenue from the sale of the harvest, in order to calculate the benefit/cost (RBC) ratio by the following formula is used:

$$RBC = \frac{\text{Income}}{\text{Costs}} \quad 9)$$

Results and discussion

Characteristics of maize production systems

At SPM-1 seeding of landrace maize variety known locally as "premature". We used 20 kg ha⁻¹, obtained from the harvest of the previous cycle. Producers who plant make an average

siendo 35% para el consumo familiar y el resto para la alimentación de animales. El frijol se cultiva durante la etapa comprendida entre la "dobla" y la cosecha del maíz, siembran la variedad "frijol vaina blanca" a razón de 48 kg ha⁻¹ de semilla, con un rendimiento promedio de 700 kg ha⁻¹. De la producción total, 79% se comercializa y el resto es para autoconsumo. El mayor gasto de energía del sistema proviene de fuentes externas por la compra de herbicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes y combustible. La energía del trabajo humano es aportada por la mano de obra familiar y sólo en la siembra y la aplicación de fertilizantes ya que para el desgrane se requiere pago de mano de obra. El cultivo requiere 125 jornales ha⁻¹, de los cuales el 35% se paga.

En el SPM-2 se utiliza la variedad precoz y 20 kg ha⁻¹, también provenientes de la cosecha anterior. En promedio los productores que lo usan, siembran 1.0 ha y produce alrededor de 2 250 kg ha⁻¹. El 55.5% de la producción se comercializa y el resto es para autoconsumo. Aproximadamente 13.5% del grano se destina a la alimentación de animales, preferentemente aves de traspatio, el resto es para el consumo de la familia. La mayor proporción de energía utilizada entra al sistema a través de herbicidas, insecticidas y fertilizantes, utiliza 103 jornales ha⁻¹, de los cuales 78 se cubren con trabajo familiar y el resto es contratado.

En el SPM-3 se emplea en promedio 20 kg ha⁻¹ de semilla de variedades mejoradas de maíz (híbridos comerciales). Se ha observado que estos materiales son susceptibles a la pudrición de la mazorca en temporada de lluvias intensas, que ocasionan pérdidas hasta de 50% de la cosecha. La parcelas de maíz son en promedio de 3 ha. El rendimiento promedio es de 2 600 kg ha⁻¹. El 100% de la producción se destina a la comercialización. Al igual que los otros dos sistemas, el mayor gasto energético proviene de fuentes externas para adquirir los herbicidas, fertilizantes y el combustible. Se requieren 104 jornales ha⁻¹ de los cuales 30 se cubren con fuerza de trabajo contratada. En el Cuadro 3 se muestran las cantidades de insumos utilizados en los sistemas evaluados.

Descripción del ciclo anual de los sistemas de producción

De manera general, el calendario de actividades agrícolas en los tres sistemas de producción de maíz es similar, excepto en el SPM-1, que tiene actividades adicionales para el manejo del frijol. Durante abril y mayo se realiza el rastrojeo (introducción de ganado vacuno sobre los residuos de la cosecha del ciclo anterior), la construcción de las brechas corta-fuegos, la quema y la aplicación de herbicidas. La siembra del maíz se realiza en junio, cuando inicia la época de lluvias. En los tres

of 2 ha, with average yield of 2 t ha⁻¹. The production is for home consumption, with 35% for household consumption and the rest for animal feed. The beans are grown during the period between the "bends" and the maize harvest, plant variety "white bean pod" at the rate of 48 kg ha⁻¹ seeds, with an average yield of 700 kg ha⁻¹. Of the total production, 79% is sold and the rest is for consumption. The increased energy expenditure system from outside sources for the purchase of herbicides, insecticides, fungicides, fertilizers and fuel. The energy of human labour is provided by family labour and only in planting and fertilizer application as payment for the shelling of labour is required. The crop requires 125 ha⁻¹ wages, of which 35% is paid.

In the SPM-2 are uses the early variety and 20 kg ha⁻¹, also from the previous harvest. On average producers who use it, they sow 1 ha and produces about 2250 kg ha⁻¹. 55.5% of the production is sold and the rest is for consumption. Approximately, 13.5% of the grain used to feed animals, preferably backyard birds, the rest is for family consumption. The largest proportion of energy used enters the system through herbicides, insecticides and fertilizers use 103 ha⁻¹ wages, of which 78 are covered with family work and the rest is hired.

In the SPM-3 is used on average 20 kg ha⁻¹ of improved maize seed (commercial hybrids) varieties. It has been observed that these materials are susceptible to ear rot season of heavy rains, causing losses up to 50% of the crop. The maize plots are on average 3 ha. The average yield was 2600 kg ha⁻¹. 100% of the production goes to marketing. Like the other two systems, the increased energy expenditure comes from external sources to acquire herbicides, fertilizers and fuel. Wages 104 ha⁻¹ of which 30 are covered with hired work force are required. Table 3 shows the amounts of inputs used in the systems evaluated are shown.

Description of the annual cycle of production systems

In general, the timing of agricultural activities in the three maize production systems is similar, except in the SPM-1, which has additional activities for bean management. During April and May the "rastrojeo" is performed (introduction of cattle on crop residues from the previous cycle), the construction of firebreaks gaps, burning and herbicide application is made. Maize planting takes place in June, when the rainy season starts. In all three systems, two applications of fertilizer are made during July and August. In systems monoculture maize herbicides applied during June and July and the SPM-1 system two additional applications for bean crops in August and September are made. The harvest takes place in December,

sistemas se realizan dos aplicaciones de fertilizantes durante julio y agosto. En los sistemas de maíz de monocultivo los herbicidas se aplican durante junio y julio y en el sistema SPM-1 se realizan dos aplicaciones adicionales para el cultivo del frijol entre agosto y septiembre. La cosecha se realiza en diciembre, aunque en ocasiones se pospone hasta enero o febrero del siguiente año (Cuadro 4). Aguilar (2010), realiza una descripción similar para estos sistemas de producción.

but sometimes it is postponed until January or February next year (Table 4). Aguilar (2010), makes a similar disclosure for these systems.

Management labour

The length of the day and its cost depends on the type of work and its origin, whether family or hired. For example, when labour is needed, the maximum working time is 6 h⁻¹

Cuadro 3. Cantidades de insumos utilizados por ciclo de cultivo en cada sistema estudiado.

Table 3. Quantities of inputs used per crop cycle in each studied system.

Insumos	Unidad de medida	Cantidad de insumos utilizados (por ha)		
		SPM-1	SPM-2	SPM-3
Semilla (maíz)	kg	20	20	20
Semilla (frijol)	kg	48	0	0
Diésel	L	5	5	5
Gasolina	L	7.5	0	0
Sulfato de amonio (21% de N)	Kg	500	600	800
Glifosato	L	2.5	2.5	0
Paraquat	L	10	3	2
2-4 D amina	L	0	1	2
Paraquat + Diuron	L	0	0	2
Lambda cyalotrina	L	1	0	0
Paratión metílico	L	2	0	0
Monocotofos	L	2	0.05	0
Fosfuro de aluminio	Pastilla	3	3	0
Cipermetrina	L	0	1	0
Mancozeb	Kg	5	0	0

Cuadro 4. Calendario de actividades de los tres sistemas de producción de maíz estudiados.

Table 4. Schedule of activities of the three systems studied maize production.

Sistema	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
SPM-1	R B	Q H S H	H F	H F	D S H R			R	C E A
SPM-2		Q	S H	F H	F				C E A
SPM-3			Q H S	F H	F				C E A

R= rastreo; B= brecha corta fuegos; Q= quema; H= aplicación de herbicidas; S= siembra; F= fertilización; D= doblar; C= cosecha; E= desgrane; A= acarreo.

Manejo de la mano de obra

La duración de la jornada y su costo depende del tipo de trabajo y de su origen, ya sea familiar o contratada. Por ejemplo, cuando se necesita mano de obra, el máximo tiempo de trabajo es de 6 h jornal⁻¹ y se paga a 70 \$ jornal⁻¹, en el

wages and wages paid \$70⁻¹, shelling maize in only about 1 h works full wage is paid when it is family labour, the producer gets to work up to 10 h⁻¹ wages, and burning, the producer remains in the plot up to 24 hours to control the fire, according to the regulations of the National Commission of Natural Protected Areas (CONANP).

desgrane del maíz solo se trabaja alrededor de 1 h y se paga jornal completo, cuando es trabajo familiar, el productor llega a trabajar hasta 10 h jornal⁻¹, y en la quema, el productor permanece en la parcela hasta 24 h para el control del fuego, de acuerdo a las regulaciones de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).

Balance energético

El SPM-1 y el SPM-2 tuvieron una eficiencia energética superior a 1.0, lo cual indica factibilidad en comparación con SPM-3, el cual requirió mayor cantidad de energía que la producida por el cultivo de maíz. Al respecto, Funes *et al.* (2011) encontraron que los sistemas menos diversificados fueron los menos productivos, por lo tanto, aunque la producción de un cultivo sea menor, la diversificación del sistema lo hace más rentable energéticamente. Por otra parte, la eficiencia energética del SPM-3 (0.99) fue muy cercana a la obtenida por Alemán y Brito (2003) en un sistema de maíz en monocultivo, con métodos convencionales de manejo. Sin embargo, si se comparan los resultados con los estudios de Pimentel (1980), los tres sistemas muestran baja eficiencia energética, dado que promedio en el cultivo de maíz fue de 10 Mcal producidas por Mcal invertida.

El balance energético es afectado significativamente por los insumos externos para mantener las producciones agropecuarias (Valdés *et al.*, 2009). Al analizar la intensidad energética, en los SPM-1 y el SPM-2 se muestra que para producir 1 kg de maíz se utilizan 3.18 y 3.40 Mcal, respectivamente. Ambos son dependientes de energía fósil y de agroquímicos, e ineficientes en cuanto al uso de esta fuente de energía y no son sostenibles a largo plazo, acorde a lo encontrado por Pimentel y Pimentel (2005). Del uso de energía proveniente de agroquímicos, se reporta que más de 50% depende del aporte del fertilizante sulfato de amonio (IDEA, 2007).

En los sistemas de producción estudiados se gastan alrededor de 5,377.5, 6,453.0 y 8,604.0 Mcal, que contribuyen a obtener 0.37, 0.35 y 0.30 kg de maíz, en cada uno de los sistemas respectivamente. Por otra parte, el mayor gasto energético de insumos como herbicidas e insecticidas en el SPM-1, se debe a los insumos requeridos para combatir las plagas y enfermedades del cultivo del frijol. Sin embargo, el aporte energético de este cultivo tiende a compensar dichos gastos. En cuanto a otros insumos, como es el aporte energético por combustible, es muy poco en los tres sistemas, pues sólo se consume en el desgrane del maíz, por el empleo de maquinaria (tractor) y la desgranadora y en algunos casos, para el traslado de la cosecha.

Energy balance

The SPM-1 and the SPM-2 had an energy efficiency higher than 1, indicating feasibility compared with SPM-3, which required more energy than that produced by the maize crop. In this regard, Funes *et al.* (2011) found that less diversified systems were less productive; therefore, although the production of a crop is smaller, diversification of the system makes energy more profitable. Moreover, energy efficiency SPM-3 (0.99) was very close to that obtained by Alemán and Brito (2003) in a system of maize in monoculture, with conventional methods of handling. However, if the results with studies Pimentel (1980) compared the three systems show low energy efficiency, since the average maize crop was 10 Mcal produced by Mcal inverted.

The energy balance is significantly affected by external inputs to maintain agricultural production (Valdés *et al.*, 2009). When analysing energy intensity in the SPM-1 and the SPM-2 shows that to produce 1 kg of maize used Mcal 3.18 and 3.40, respectively. Both are dependent on fossil fuels and chemicals, and inefficient in the use of this energy source and are not sustainable in the long term, according to the findings of Pimentel and Pimentel (2005). The use of energy from chemicals, reported that more than 50% dependent on the contribution of the fertilizer ammonium sulfate (IDEA, 2007).

In production systems studied spend about 5377.5, 6453.0 and 8604.0 Mcal, contributing to obtain 0.37, 0.35 and 0.30 kg of maize, in each of the systems respectively. Moreover, the increased energy expenditure of inputs such as herbicides and insecticides in the SPM-1 is due to those required to control pests and diseases bean crop inputs. However, the energy contribution of this crop tends to offset these costs. For other inputs, such as the energy supply for fuel, there is little in the three systems, it only consumes shelling maize, by the use of machinery (tractor) and the sheller and in some cases, for moving crop.

Persons feasible for feeding

The increased production of energy and protein was for the SPM-1 (Table 5). From the energy point of view, the SPM-1 and SPM-3 systems produce enough energy to feed nine people ha⁻¹ year⁻¹, while the SPM-2 has a potential to feed eight people ha⁻¹ year⁻¹. These results agree with the points made by Valdés *et al.* (2009) who argued that in energy terms in the various systems more efficiently produce the protein from both animal and vegetable origin.

Cantidad de personas factibles de alimentar

La mayor producción de energía y proteína fue para el SPM-1 (Cuadro 5). Desde el punto de vista energético, los sistemas SPM-1 y SPM-3 producen suficiente energía para alimentar a nueve personas año⁻¹ ha⁻¹, mientras el SPM-3 tiene un potencial para alimentar a ocho personas año⁻¹ ha⁻¹. Estos resultados coinciden con lo planteado por Valdés *et al.* (2009) quienes afirman que en términos energéticos en los sistemas diversos se produce más eficientemente la proteína tanto de origen animal como vegetal.

En relación a la fuente proteica, la mayor capacidad para cubrir las demandas de proteínas humanas fue en SPM-1 con 23 personas año⁻¹ ha⁻¹, pues incluye el frijol, con el cual el sistema casi triplica el contenido proteico. Por su parte, los sistemas SPM-2 y SPM-3 tienen una capacidad de alimentar de 14 a 16 personas año⁻¹ ha⁻¹, respectivamente. Schiere *et al.* (2002), reportaron que la cantidad de personas que se pueden alimentar con una hectárea de monocultivo (maíz), es de 10.4 respecto a las fuentes energéticas y de 5.2 a las fuentes proteicas.

Regarding the protein source, the higher capacity to meet the demands of human proteins was SPM-1 with 23 people ha⁻¹ year⁻¹, it includes beans, with which the system almost triple the protein content. For its part, the SPM-2 and SPM-3 systems have a capacity to feed 14 to 16 people ha⁻¹ year⁻¹, respectively. Schiere *et al.* (2002) reported that the number of people that can be fed with one hectare of monoculture (maize), is 10.4 on energy and protein sources 5.2 fountains.

Analysis of economic efficiency of production systems

The total cost of the production system of maize associated with beans (SPM-1) was superior to the others (Table 6), mainly due to high prices of labour, although less than 25% invest in fertilizers, second largest item of expenditure in the three systems. A detailed cost analysis shows that the concept agrochemicals are leading to higher maize production systems in the studied community, with 61.6, 40.6 and 44.25% of the total cost of each system, respectively.

Cuadro 5. Balance energético y potencial de producción de energía y proteínas de los sistemas de producción de maíz estudiados.

Table 5. Energy balance and energy production potential and protein maize production systems studied.

Factores productivos	SPM-1	SPM-2	SPM-3
Área sembrada (ha)	3	1	3
Maíz	2	1	3
Frijol	1		
Rendimiento (t ha ⁻¹)			
Maíz	2.0	2.2	2.6
Frijol	0.7		
Energía producida (Mcal ha ⁻¹)			
Maíz	9 638.87	8 227.58	9 598.84
Frijol	7 313.40	8 227.58	9 598.84
Frijol	2 325.47		
Proteína producida (kg ha ⁻¹)			
Maíz	351.80	211.50	246.75
Maíz	188.00	211.50	246.75
Frijol	163.80		
Cantidad de personas que alimenta ha ⁻¹			
Fuentes energéticas	9	8	9
Fuentes proteicas	23	14	16
Gastos energéticos	8 582.4	7 654.6	9 689.3
Trabajo humano (Mcal ha ⁻¹)	187.5	174.0	128.8
Trabajo animal (Mcal ha ⁻¹)	9.0	50.4	54.0
Insumos utilizados (Mcal ha ⁻¹)	8 385.9	7 430.2	9 506.5
Intensidad energética	3.18	3.40	3.69
Rendimiento energético	0.31	0.29	0.27
Eficiencia energética (EP/EC)	1.12	1.07	0.99

Análisis de eficiencia económica de los sistemas de producción

El costo total del sistema de producción de maíz asociado con frijol (SPM-1) fue superior a los otros (Cuadro 6), debido fundamentalmente a los altos precios de la mano de obra, a pesar de invertir menos de 25% en fertilizantes, segundo concepto más importante de gasto en los tres sistemas. Un análisis detallado de los costos muestra que los agroquímicos constituyen el concepto que encarece los sistemas de producción de maíz en la comunidad estudiada, con 61.6, 40.6 y 44.25% del costo total de cada sistema, respectivamente.

A partir del porcentaje de la cosecha comercializada, los rendimientos y los precios de venta de los productos, SPM-3 es el que mayores ingresos económicos aporta (Cuadro 7). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Miranda *et al.* (2008) quienes afirman que los sistemas diversificados tienen mejores rendimientos tanto económicos como energéticos, lo cual concuerda parcialmente con los resultados logrados en este estudio. Si se considera la comercialización sólo de 50% de la cosecha del SPM-1, este sistema se mostraría como el más eficiente desde el punto de vista económico pues permitiría ingresos de hasta 12 500 \$ ha⁻¹, considerando ambos cultivos.

From the percentage of the marketed crop yields and selling prices of the products, SPM-3 is the one that brings higher income (Table 7). These results agree with those obtained by Miranda *et al.* (2008) who claimed that diversified systems have improved both financial and energy performance, which is partly consistent with the results achieved in this study. Considering the market only 50% of the crop of the SPM-1, this system would prove to be the most efficient from the economic point of view as it would allow incomes up to \$ 12,500 ha⁻¹, considering both crops.

The analysis of economic feasibility of the three production systems studied by calculating the cost benefit ratio (Table 8) shows that the SPM-3 is the most likely, with a profit of 41 cents for every peso invested.

Conclusions

The production system that combines maize-bean planting, using landrace seeds, is energy efficient, with 1.12 Mcal produced by each Mcal consumed, with regard to maize monoculture system, both as improved local varieties.

Cuadro 6. Estructura de los egresos económicos (pesos mexicanos) y por ciento del total en los tres sistemas de producción de maíz estudiados.

Table 6. Structure of economic expenditures (Mexican pesos) and percent of total in the three systems studied maize production.

Concepto	SPM-1	(%)	SPM-2	(%)	SPM-3	(%)
Mano de obra pagada	3 080.00	36.05	1 750.00	32.57	2 100.00	28.21
Maquinaria	125.00	1.46	150.00	2.79	165.00	2.22
Semilla	-	0.00	-	0.00	1 400.00	18.80
Combustible	75.68	0.89	-	0.00	-	0.00
Fertilizante	2 000.00	23.41	2 400.00	44.67	3 200.00	42.98
Herbidas	1 275.00	14.92	855.00	15.91	580.00	7.79
Insecticida	1 487.50	17.41	217.50	4.05	-	0.00
Fungicida	500.00	5.85	-	0.00	-	0.00
Total	8 543.18	100.00	5 372.50	100.00	7 445.00	100.00

Cuadro 7. Rendimientos e ingresos económicos de los sistemas de producción de maíz estudiados.
Table 7. Income and income from maize production systems studied.

Sistemas de producción	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Cantidad Comercializada (kg)	(%)	Precio/kg (pesos)	Ingreso/ha (pesos)
SPM-1					
Maíz	2 000			4	
Frijol	700	550	78.6	15	8 250
SPM-2	2 250	1 250	55.6	4	5 000
SPM-3	2 625	2 625	100.0	4	10 500

El análisis de factibilidad económica de los tres sistemas de producción estudiados a partir del cálculo de la relación beneficio costo (Cuadro 8) evidencia que el SPM-3 es el más factible, con un margen de ganancia de 41 centavos por cada peso invertido.

The maize-bean system was efficient in providing energy and protein for human consumption, to be able to feed 23 people ha⁻¹ year⁻¹, followed by monoculture system with the use of improved materials and system with landrace material.

Cuadro 8. Análisis de factibilidad económica a partir de la relación beneficio/costo de los tres sistemas de producción de maíz estudiados.

Table 8. Analysis of economic feasibility from the cost/benefit ratio of the three systems studied maize production.

	SPM-1	SPM-2	SPM-3
Ingresos (pesos)	8 250.00	5 000.00	10 500.00
Egresos (pesos)	8 543.18	5 372.50	7 445.00
Beneficio/costo	0.97	0.93	1.41

Conclusiones

El sistema de producción que combina la siembra de maíz-frijol, con el uso de semillas criollas, es eficiente energéticamente, con 1.12 Mcal producidas por cada Mcal consumidas, respecto al sistema de monocultivo de maíz, tanto de semilla criolla como mejorada.

El sistema maíz-frijol fue eficiente en la aportación de energía y proteína para la alimentación humana, al poder alimentar a 23 personas ha⁻¹ año⁻¹, seguido del sistema monocultivo con el uso de material mejorado y del sistema con material criollo.

El sistema de producción de maíz con el uso de variedades mejoradas resultó ser el más eficiente desde el punto de vista económico.

Los conceptos de costos, tanto energéticos como económicos, que mayor afectan los sistemas de producción de maíz en la Reserva de la Biosfera "La Sepultura" son los insumos agroquímicos y el pago de mano de obra externa.

The maize production system with the use of improved varieties was the most efficient from the economic point of view.

The concepts of costs, both energy and economic, that most affect maize production systems in the Biosphere Reserve "La Sepultura" are agrochemical inputs and payment of external labour.

End of the English version



Literatura citada

- Aguilar, J. 2010. Informe final del estudio técnico: Validación de semilla y del proceso de mantenimiento de agro-ecosistema en los ejidos de California, Nueva Esperanza y Flores Magón localizados en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera la Sepultura, municipio de Villaflores, Chiapas. 73 p.
- Alemán, P. R. y Brito, F. J. 2003. Balance energético en dos sistemas de producción de maíz en las condiciones de Cuba. Centro Agrícola. 30(3):84-87.
- Bonel, B.; Montico, S.; Di Leo, N.; Denoia, J. y Vilche, M. 2005. Análisis energético de las unidades de tierra en una cuenca rural. Revista de la FAVE - Ciencias Agrarias. 4(1-2):37-47.

- Bowers, W. 1992. Agricultural field equipment. *In*: Fluck, R. C. (Ed.). Energy in the world agriculture, energy in farm production. (6):117-129.
- Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas. 2008. Especificaciones técnicas de buenas prácticas agrícolas. Cultivo de maíz. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. 56 p.
- CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense). 2005. Agricultura orgánica y gases con efecto invernadero. CEDECO. San José, Costa Rica. 27 p.
- CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense). 2006. Emisión de gases con efecto invernadero y agricultura orgánica. CEDECO. San José, Costa Rica. 59 p.
- Damián, H. M.; Ramírez, V. B.; Aragón, G. A.; Huerta, L. M.; Sangerman, J. y Romero, A. 2010. Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. *Rev. Latinoam. Rec. Nat.* 6(2):67-76.
- Denoia, J. y Monticos, S. 2010. Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina). *Ciencia, Docencia y Tecnología.* 21(41):145-157.
- Denoia, J.; Vilche, M.; Montico, S.; Bonel, B. y Di Leo, 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):211-226.
- Ferraro, O. D. 2008. Evaluación energética de la producción de etanol en base a grano de maíz: un estudio de caso de la región Pampeana (Argentina). *Ecología Austral.* (18):323-336.
- Funes, M. F. 2001. Sistema para el análisis de la eficiencia energética de fincas integrales. IIPF. Instituto de Investigación de Pastos y Forrajes. Cuba.
- Funes, M. F. 2009. Agricultura con futuro, la alternativa agroecológica para Cuba. Estación Experimental Indio Hatuey, Universidad de Matanzas. 176 p.
- Funes, M. F.; Suárez, J.; Blanco, D.; Reyes, F.; Cepero, L.; Rivero, J. L.; Rodríguez, E.; Savran, V.; del Valle, Y.; Cala, M.; Vigil, M.; Sotolongo, J. A.; Boillat, S. y Sánchez, J. E. 2011. Evaluación inicial de sistemas integrados para la producción de alimentos y energía en Cuba. *Pastos y Forrajes.* 34(4):445-462.
- García-Trujillo, R. 1996. Los animales en los sistemas agroecológicos. ACAO. La Habana, Cuba. 100 p.
- Gebhardt, S. E.; Lemar, L. E.; Pehrsson, P. R.; Exler, J.; Haytowitz, D. B.; Showell, B. A.; Nickle, M. S.; Thomas, R. G.; Patterson, K. K.; Bhagwat, S. A. y Holden, J. M. 2007. USDA national nutrient database for standard reference, release 23. <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>.
- Geilfus, F. 1997. 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, Planificación Monitoreo y Evaluación. San José, C. R. IICA, 217 p.
- Guevara, H. F.; Rodríguez, L. L.; Arias, L. M.; Gómez, C. H.; Fonseca, F. M.; Pinto, R. R.; Ponce, P. I.; Jonapá, M. F.; Carbonell, C. J.; Hernández, L. A.; Castillo, F. P. y Ovando, C. J. 2011. Metodología para el desarrollo de Procesos de Innovación Local a través de la Investigación Acción. Serie libros de texto: Núm. 1. Ediciones Dimitrov. Bayamo, Granma. 27 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2011/ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 155 p.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). 2007. Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada. IDAE. Madrid. 44 p.
- Macera, O. y Astier, M. 1993. Energía y sistema alimentario en México: aportaciones de la agricultura alternativa. *Agroecología y Desarrollo Agrícola en México*, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-X)- Xochimilco, México, D. F.
- Mandal, K. G.; Saha, K. P.; Ghost, K. M.; Hati, K. M. y Bandyopadhyay, K. K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India. *Biomass and Energy.* 23:337-345.
- Márquez, M.; Valdés, N.; Ferro, M. E.; Paneque, I.; Rodríguez, Y.; Chirino, E.; Gómez, L. M. y Vargas, D. 2011. Análisis agroenergético de tipologías agrícolas en La Palma. *In*: Ríos, L. H.; Vargas, V. D. y Funes, M. F. (Comp.). Innovación agroecológica, adaptación y mitigación del cambio climático. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 248 p.
- Meul, M.; Nevens, F.; Reheul, D. and Hofman, G. 2007. Energy use efficiency of specialized dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agric. Ecos. Environ.* 199:135-144.
- Miranda, T.; Rey, M.; Hilda, M.; Julio, B. y Pedro, D. 2008. Valoración económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero. *Zootecnia Tropical.* 26(3):1-3.
- Pervanchon, F.; Bockstaller, C. and Girardin, P. 2002. Assessment of energy use in arable farming systems by means of an agro-ecological indicator: the energy indicator. *Agric. Syst.* 72:149-172.
- Pimentel, D. 1980. Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton, CRC Press.
- Pimentel, D. 2005. Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Env. Dev. Sust.* 7: 229-252.
- Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Primera edición. Editorial AGT Editor. México D. F. 51 p.
- Schiere, J. B.; Ibrahim, M. N. M. and Van Keulen, H. 2002. The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation. *Agric. Ecosys. Environ.* 90:139-153.
- Valdés, N.; Pérez, D.; Márquez, M.; Angarica, L. y Vargas, D. 2009. Funcionamiento y balance energético en agroecosistemas de diversos cultivos tropicales. *30(2):36-42.*
- Vilche, S. M.; Denoia, J.; Montico, S.; Bonel, B. y Dileo, N. 2006. Uso de la energía en los sistemas agropecuarios del Distrito Zavalla (Santa Fe). *Rev. Cient. Agrop.* 10(1):7-19.
- Vitta, J. 2001. La visión del desarrollo sustentable en el agro de nuestra región: bases para la discusión. *Ambiental-UNR.* 4(4):24-47.