**IX CONFERENCIA CIENTÍFICA INTERNACIONAL DESARROLLO AGROPECUARIO Y SOSTENIBILIDAD**

**AGROCENTRO 2019**

**IX SIMPOSIO DE AGRONOMÍA**

**Huella energética del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares BAT – 304, Velazco Largo y Buenaventura en la finca “San Ramón”, Villa Clara, Cuba**

***Energy footprint of common bean (Phaseolus vulgaris L.) BAT - 304, Velazco Largo and Buenaventura cultivars on the "San Ramón" farm, Villa Clara, Cuba***

**Melisa María Hernández Pérez1 y Manuel Díaz Castellanos2**

1 Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP). Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830 Cuba. E-mail: melisa@ibp.co.cu

2 Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830 Cuba. E-mail: yia@uclv.edu.cu

**Resumen**

La huella energética es un indicador de carácter integrador que permite conocer las repercusiones ambientales asociadas a actividades humanas. Sin embargo, en nuestro país no existen estudios suficientes respecto a este tema en empresas agropecuarias, en especial en el cultivo del frijol común, principal fuente de alimentación en Cuba y países en vías de desarrollo. Con este objetivo se desarrolló una investigación en la finca “San Ramón”, perteneciente a la Empresa de Semillas Varias, municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, en el período comprendido de octubre de 2015 a diciembre de 2016. Se utilizaron los cultivares BAT – 304, Velazco Largo y Buenaventura, registrados en la Lista oficial de cultivares comerciales, sembrados en sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado. El experimento se realizó en un área que comprende 1 hectárea de dicha finca para cada cultivar. Para determinar la huella energética se tomaron en cuenta las fuentes de entradas y salidas energéticas en el sistema. Se calcularon los indicadores energéticos: Eficiencia Energética, Balance Energético y Productividad Energética. Los resultados del balance fueron 4504,21 MJ, 5843,42 MJ, y 6436,7 MJ, la eficiencia de 1,42, 1,58, y 1,57, y la productividad fue de 0,1023, 0,1134, y 0,1132, para BAT -304, Velazco Largo y Buenaventura, respectivamente.

**Palabras clave:** balance energético, eficiencia energética, frijol común, impacto ambiental, productividad energética.

**Introducción**

La huella energética (HE) es una de las categorías de impacto ambiental más reconocidas a nivel mundial y mejor aceptada, que mide el impacto global de una actividad, producto, servicio, evento e incluso de una persona, generado a lo largo del ciclo de vida (Arroyo *et al*., 2009). Este término fue definido por primera vez por Wackernagel y Rees (1996) como «la superficie de territorio ecológicamente productiva necesaria para generar los recursos utilizados y asimilar los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida determinado». La Huella Ecológica es un indicador biofísico que integra el conjunto de impactos que ejerce una comunidad humana sobre su entorno, considerando tanto los recursos necesarios como los residuos generados para el mantenimiento de la comunidad.

El frijol común es entre las leguminosas de grano alimenticias, la especie más importante por el elevado contenido de nutrientes que posee (Rodríguez *et al*., 2015). Su importancia radica en que es una fuente de calorías, proteínas, fibras dietéticas, minerales, vitaminas y complementa, con su alto contenido proteico, a los cereales y a otros alimentos ricos en carbohidratos, pero pobres en proteínas, proporcionando así una nutrición adecuada (Bascur, 2001).

El objetivo de este trabajo fue determinar la huella energética de cultivares de frijol común en fincas estatales agropecuarias, empleando sistemas de producción convencionales.

**Materiales y métodos**

La investigación se realizó en la finca “San Ramón”, perteneciente a la Empresa de Semillas Varias ubicada en la carretera de Maleza km 6, en el municipio Santa Clara, provincia Villa Clara, en el período comprendido de octubre de 2015 a diciembre de 2016. La siembra se realizó sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado (Hernández *et al*., 2015) en las tres épocas de siembra del frijol común (Quintero, 2000).

Se utilizaron los cultivares BAT-304, Velazco Largo y Buenaventura, registrados en la Lista oficial de variedades comerciales (MINAG, 2016) (Tabla 1), sembrados en un marco de 0,60 m x 0,10 m, 0,50 m x 0,10 m, 0,65 m x 0,10 m, respectivamente. El experimento se realizó en un área que comprendió una hectárea de dicha finca para cada cultivar.

Tabla 1. Cultivares evaluados.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cultivar** | **Color de** **la testa** | **Época de siembra** |
| BAT - 304 | Negra | Intermedia (noviembre – diciembre) |
| Velazco Largo | Roja | Tardía (enero – febrero) |
| Buenaventura | Roja | Temprana (septiembre – octubre) |

Para determinar la huella energética se tuvieron en cuenta los ingresos (inputs) y egresos (ouputs) de energía. Para determinar la energía ingresada se tuvieron en cuenta las fuentes de energía directa (mano de obra y trabajo animal) y las indirectas (semilla, combustibles, fertilizantes y plaguicidas) durante el ciclo de cultivo. Para determinar los egresos de energía se tuvieron en cuenta la productividad de cultivo y su aporte energético al sistema. Se utilizaron los equivalentes energéticos de las entradas y salidas del sistema (Funes, 2009) (Tabla 2), convertidas en unidades equivalentes a Mega Joule (MJ).

 Tabla 2. Indicadores energéticos.

|  |  |
| --- | --- |
| **Indicadores** |  **Aporte energético (MJ)** |
| Trabajo humano (h) | 1,0467 |
| Trabajo animal (h) | 5,8615 |
| Diésel (L) | 38,6985 |
| Nitrógeno (kg) | 51,4976 |
| Fósforo (kg) | 8,2689 |
| Potasio (kg) | 5,0241 |
| Herbicida (kg o L) | 238,6476 |
| Insecticida-Fungicida (kg o L) | 184,2192 |
| Semillas (kg)  | 13,9420 \* |

\*ONUFAO (2006).

Para conocer la energía involucrada en el sistema, se emplearon variables y los indicadores energéticos: Eficiencia Energética (EfE), Balance Energético (BE) y Productividad Energética (PE) (Tabla 3) según la metodología de Denoia *et al*. (2006).

 Tabla 3. Variables e indicadores energéticos.

|  |  |
| --- | --- |
| **Variables energéticas** | **Definición** |
| Energía directa (ED) | Combustibles |
| Energía indirecta (EI) | Semillas, fertilizantes, plaguicidas |
| Ingreso de energía | IE= ED + EI |
| Egreso de energía | Biomasa cosechada |
| **Indicadores energéticos** | **Fórmula (unidad)** |
| Balance Energético (BE) | BE= EE – IE (MJ) |
| Eficiencia Energética (Ef E) | Ef E= EE / IE |
| Productividad Energética (PE) | Producción / IE (kg/MJ) |

La eficiencia energética se determinó mediante la fórmula de Alemán y Brito (2003).

Eficiencia energética = MJ producidos/MJ consumidos

**Resultados y discusión**

En el cultivar BAT–304, el consumo total de energía en el sistema fue de 10553,15 MJ, de la cual la energía directa (consumo diésel) empleado en las labores: riego y de la producción al almacén, fue de 2786,3 MJ, mientras que la energía indirecta (fertilizantes, plaguicidas y semillas) fue de 7363,97 MJ (Tabla 4).

Tabla 4. Total de energía consumida en el sistema en el cultivar BAT -304.

|  |  |
| --- | --- |
| **Indicadores** | **Aporte (MJ)** |
| Trabajo humano | 262,1984 |
| Trabajo animal | 140,6765 |
| Traslado al almacén | 464,3831 |
| Riego | 2321,916 |
| **Insumos** |
| Fertilizantes | 2202,152 |
| Plaguicidas | 4659,908 |
| Semillas | 501,9136 |
| Total | 10553,15 |

Salidas energéticas del sistema

Producción = 1080 kg = 1,08 t

Aporte energético (kg) = 13,9420 MJ/kg

Aporte total = 15057,36 MJ

El balance energético en este cultivar fue positivo, lo que indica que en la entidad existe equilibrio en el uso de la energía en el sistema. La eficiencia energética fue 1,42 (1: 1,42), lo que significa que por cada Kcal que consume el cultivo se producen 1,42, por lo que este resultado es muy favorable, ya que la cantidad de energía aportada logra restituir la energía consumida. La productividad energética fue de 0,1023, lo que significa que por cada unidad de energía invertida se obtienen 0,1023 kg de frijol común (Tabla 5).

Tabla 5. Resultado de los Indicadores energéticos en el cultivar BAT – 304.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Indicadores**  | **Cálculo** | **Resultado** |
| Balance Energético | 15057,36 MJ - 10553,15 MJ | 4504,21 MJ |
| Eficiencia energética | 15057,36 MJ/10553,15 MJ | 1,42  |
| Productividad Energética | 1080 kg/10553,15 MJ | 0,1023 kg/MJ |

En el cultivar Velazco Largo el consumo total de energía en el sistema fue de 10050,46 MJ, de la cual la mayor parte proviene de la energía directa con 3250,6821 MJ, mientras que la energía indirecta fue de 6340,386 MJ (Tabla 6).

Tabla 6. Total de energía aportada al sistema en el cultivar Velazco Largo.

|  |  |
| --- | --- |
| **Indicadores**  | **Aporte (MJ)** |
| Trabajo humano | 318,7201 |
| Trabajo animal | 140,6765 |
| Traslado al almacén | 464,3831 |
| Riego | 2786,299 |
| **Insumos** |
| Fertilizantes | 1969,157 |
| Plaguicidas | 3186,155 |
| Semillas  | 1185,074 |
| Total | 10050,46 |

Salidas energéticas del sistema

Producción = 1140 kg = 1,14 t

Aporte energético (kg) = 13,9420 MJ/kg

Aporte total = 15893,88 MJ

El balance energético en este cultivar fue positivo, lo que indica que en la entidad existe equilibrio en la energía en el sistema. La eficiencia energética fue 1,58 kcal (1: 1,58), este resultado significa que por cada Kcal que consume el cultivo se producen 1,58 Kcal, por lo que la cantidad de energía aportada logra restituir la energía consumida. La productividad energética fue de 0,1134, lo que significa que por cada unidad de energía invertida se obtienen 0,1134 kg de frijol común (Tabla 7).

Tabla 7. Indicadores energéticos para el cultivar Velazco Largo.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Indicadores** | **Cálculo** | **Resultado** |
| Balance Energético | 15893,88 MJ - 10050,46 MJ | 5843,42 MJ |
| Eficiencia energética | 15893,88 MJ/10050,46 MJ | 1,58  |
| Productividad Energética | 1140 kg/10050,46 MJ | 0,1134 kg/MJ |

En el cultivar Buenaventura el consumo total de energía en el sistema fue de 11130,22 MJ, de la cual la mayor parte proviene de la energía directa (maquinaria agrícola, riego y traslado al almacén) con 3753,7639 MJ, mientras que la energía indirecta (semillas, fertilizantes y plaguicidas) fue de 7026,7528 MJ (Tabla 8).

Tabla 8. Total de energía aportada al sistema en el cultivar Buenaventura.

|  |  |
| --- | --- |
| **Indicadores** | **Aporte (MJ)** |
| Trabajo humano | 255,9182 |
| Trabajo animal | 93,7843 |
| Maquinaria agrícola | 967,4648 |
| Traslado al almacén | 464,3831 |
| Riego | 2321,916 |
| **Insumos** |
| Fertilizantes | 1969,157 |
| Estimulante de crecimiento | 13,2554 |
| Plaguicidas | 4291,47 |
| Semillas | 752,8704 |
| Total | 11 130,22 |

Salidas energéticas del sistema

Producción = 1260 kg = 1,26 t

Aporte energético (kg) = 13,9420 MJ/kg

Aporte total = 17 566,92 MJ

El balance energético en este cultivar fue positivo, lo que indica que en la entidad existe equilibrio en la energía en el sistema. La eficiencia energética fue 1,57 kcal (1: 1,57), este resultado significa que por cada Kcal que consume el cultivo se producen 1,57 Kcal, por lo que la cantidad de energía aportada logra restituir la energía consumida. La productividad energética fue de 0,1132, lo que significa que por cada unidad de energía invertida se obtienen 0,1132 kg de frijol común (Tabla 9)

Tabla 9.Indicadores energéticos para el cultivar Buenaventura.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Indicadores** | **Cálculo** | **Resultado** |
| Balance Energético | 17 566,92 MJ - 11 130,22 MJ | 6436,7 MJ |
| Eficiencia energética | 17 566,92 MJ/11 130,22 MJ | 1,57  |
| Productividad Energética | 1260 kg/11 130,22 MJ | 0,1132 kg/MJ |

Los resultados obtenidos demostraron que en los cultivares evaluados la mayor cantidad de energía consumida en el sistema proviene de la energía indirecta (principalmente plaguicidas), debido a la alta dependencia de esta entidad de productos de síntesis química, los cuales se aplican principalmente de forma preventiva, lo que hace que aumenten las horas de trabajo dedicadas a esta labor y por tanto aumente la energía consumida en el sistema. Estos resultados coinciden con Santoni *et al*. (2015) en investigaciones sobre la huella energética en agroecosistemas cultivados con vid y ajo colorado en Argentina, donde determinaron que la energía indirecta resultó ser mayor que la directa en ambos cultivos. De igual manera Alemán y Brito (2003) en estudios sobre el balance energético en dos sistemas de producción de maíz en las condiciones de Cuba determinaron un alto consumo energético en el sistema de producción convencional dado fundamentalmente por el uso de fuentes energéticas no renovables y de alto valor energético, como son los fertilizantes químicos y combustibles.

En cuanto al balance energético todos los cultivares resultaron positivos, siendo superior el cultivar Buenaventura. La eficiencia energética de los tres cultivares obtuvo resultados favorables. Iermanó y Sarandón (2015) explicaron que es posible mejorar la eficiencia energética a través de técnicas agroecológicas que permitan la disminución de insumos químicos y el reemplazo de los mismos por procesos ecológicos, como la regulación biótica. Denoia y Montico (2010) en Argentina, determinaron la mayor eficiencia energética en tomate con un valor de 3,54; seguido del cultivo de papa con 2,69; mientras que la menor eficiencia se reportó en lechuga con 0,25, debido este último resultado al elevado uso de insumos respecto a la cantidad de energía producida por el cultivo. En cuanto a la productividad energética todos los cultivares obtuvieron resultados desfavorables.

Estos resultados demuestran que la finca debe tomar medidas para mejorar sus resultados, a través del empleo de técnicas agroecológicas que permitan reducir el uso de insumos químicos aplicados al cultivo.

**Conclusiones**

1. Los cultivares evaluados fueron eficientes energéticamente, ya que la cantidad de energía aportada al sistema fue superior a la energía consumida.
2. El balance energético fue positivo en los tres cultivares, siendo superior la energía indirecta consumida en el sistema.
3. La productividad energética fue desfavorable en todos los cultivares.

**Referencias bibliográficas**

1. Alemán, R. y Brito, J. (2003). Balance energético en dos sistemas de producción de maíz en las condiciones de Cuba. Centro Agrícola, 30 (3): 84 -87.
2. Arroyo, P. Alvares, J. Fernandez, J. Martinez, C. Ansola, G. Calabuig, E. (2009). Huella ecologica del Campus Vegazana. Seguridad y Medio Ambiente. 113:38-51.
3. Denoia J, M. Vilche, S Montico, B Tonel & N Di Leo (2006) Análisis descriptivo de la evolución de los modelos tecnológicos difundidos en el distrito Zavalla (Santa Fe) desde una perspectiva energética. Rev. Ciencia, Docencia y Tecnología., Año XVII N° 33: 209-226. Recuperado: <http://www.revistacdyt.uner.edu.ar/pdfs/CDyT%2033%20-%20Pag%20209-226%20-%20Analisis%20descriptivo%20-%20Distrito%20Zavalla%20>. pdf.
4. Denoia, J. y Montico, S. (2010). Balance de energía en cultivos hortícolas a campo en Rosario (Santa Fe, Argentina). Ciencia, Docencia y Tecnología. Ciencias Exactas y Naturales, AÑO XXI. N° 41: 145-157.
5. Funes, F. (2009). Agricultura con futuro. La alternativa agroecológica para Cuba. La Habana. Cuba. 176 págs.
6. Hernández, A; Pérez, J; Bosch, D; Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Instituto de Suelos. Ediciones INCA, Cuba, 2015. pp. 54-55.
7. Iermanó, M.J. y Sarandón, S. J. (2015). Rol de la agrobiodiversidad en sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril en la Región Pampeana, Argentina. Su importancia para la sustentabilidad de los agroecosistemas. Revista Brasileira de Agroecología.
8. MINAG. (2016). Lista oficial de cultivares comerciales. Dirección de certificación de semillas. Ciudad Habana. 16 p.
9. ONUFAO. (2006). Crear y manejar un huerto escolar. Un Manual para profesores, padres y comunidades. 198 p.
10. Quintero, E. (2000). Manejo agrotécnico del frijol en Cuba. Monografía. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara. 39p.
11. Santoni, L.; Hidalgo, V.; Filippini, M.; Gennari, A. (2015). Estimación de la huella energética en agroecosistemas cultivados con vid y ajo en Mendoza, Argentina. Congreso Latinoamericano de Agroecología. La Plata, Argentina.
12. Wackernagel, M., Rees, W.E., 1996. “Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth”. New Society Publishers, Philadelphia.