

## Alternativas más limpias de producción de semillas de frijol y maíz en la finca "Soterrado", provincia de Cienfuegos

### Environmentally friendly alternatives to bean and corn seeds production on the "Soterrado" farm in Cienfuegos

Mailiu Díaz Peña<sup>1</sup>, Teresita Álvarez González<sup>2</sup>, Helia Quintero Pupo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudio para la Transformación Agraria Sostenible. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cienfuegos, Cuba. C.P. 55100.

<sup>2</sup>Empresa Agropecuaria Cienfuegos. Cienfuegos, Cuba. C.P. 55100.

E-mail: [mdiazp@ucf.edu.cu](mailto:mdiazp@ucf.edu.cu)

**RESUMEN.** El objetivo de esta investigación fue la evaluación de alternativas más limpias para la producción de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. CC 25- 9 N y maíz (*Zea mays* L.) var. T-G-H en la finca "Soterrado", municipio de Cienfuegos. Para ello se utilizó la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV), que incluye: realizar el inventario del ciclo de vida del cultivo, evaluar el impacto ambiental del cultivo, evaluar variantes de mejora ambiental, agrícolas y económicas. La evaluación permitió determinar que las categorías de impacto ambiental más afectadas fueron las energías no renovables, el calentamiento global y la respiración de inorgánicos; las categorías de daño más afectadas, el daño a los recursos, a la salud humana y al cambio climático. Además, el consumo de Urea, NPK y diésel representan el mayor porcentaje de contribución al impacto ambiental. Con las dos alternativas de mejora propuestas se puede disminuir el 53,28% y 79,25% del impacto ambiental en la producción de frijol, en la de maíz el 47,64% y 63,48%; simultáneamente, mejoran las características del suelo, se aumentan los rendimientos y contribuyen a disminuir el costo de producción. Se recomienda dar a conocer a los productores de la Finca los resultados obtenidos en la investigación, validar los mismos y aplicar esta metodología para otros cultivos con el fin de disminuir el impacto asociado a la agricultura.

**Palabras clave:** Impacto ambiental, frijol, maíz, humus de lombriz, control biológico.

**ABSTRACT.** The main objective of this research is to evaluate the environmental impact associated with the life cycle of seed production of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) var. CC 25-9 N and maize (*Zeamays* L.) var. TGH on the Soterrado farm. The life cycle assessment (LCA) methodology is applied, according to the NC-ISO14040, which includes the life cycle inventory of the crop, the assessment of the environmental impact of beans and maize crops and the assessment of the alternatives for environmental, agricultural and economic improvement. The environmental impact assessment helped determine the most affected impact categories: the non-renewable energy, global warming and respiratory inorganics. The most affected damage categories were damage to resources, human health and climate change. The consumption of urea, NPK and diesel represented an environmental impact with the highest contribution percentage. Two alternatives of environmental, agricultural and economic improvement for each crop were evaluated. They could reduce the environmental impact of the production of beans in 53,28 % and 79,25 % respectively and corn on 47,64 % and 63,48 % respectively. These alternatives would increase yields and soil characteristics, and help to reduce the production cost. It is recommended to inform the results of research to producers of Soterrado farm, validate the results, and apply this methodology to other crops in order to reduce the impact associated with agriculture.

**Key words:** environmental impact, beans, corn, worm compost, biological control.

## INTRODUCCIÓN

La preocupación mundial por la degradación del medio ambiente ha llevado a una intensa presión por parte de las comunidades, las ONG (organizaciones no gubernamentales) y la opinión pública en general por los efectos de las actividades

económicas sobre el entorno natural y la sostenibilidad del desarrollo global (Sánchez, 2007).

Los agricultores han utilizado indiscriminadamente los fertilizantes químicos, olvidando las prácticas

para restituir la salud del suelo a través de la incorporación al mismo de los restos de cosechas o de la materia orgánica elaborada. Una vía para aminorar el empobrecimiento de los suelos es el uso de fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz que ha sido aplicado en varios cultivos con resultados significativos (Pupiro y León, 2004).

En el año 2002, los líderes de varios gobiernos del mundo y representantes de la industria y la sociedad civil se reunieron en el encuentro mundial para el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo. Uno de los resultados de esa reunión fue el Plan de Implementación para cambiar los patrones no sustentables de consumo y producción. Entre los elementos de ese plan existe un llamado para: “mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos en la salud y el medio ambiente, usando donde sea apropiado, modelos científicos como el análisis de ciclo de vida (ACV)” (Suppen, 2007).

La investigación tiene como objetivo evaluar alternativas más limpias para la producción de semillas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) var. CC 25- 9 N y maíz (*Zea mays* L.) var. T-G-H en la finca “Soterrado”, municipio de Cienfuegos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que se divide en cuatro etapas, la

definición del objetivo y alcance, el análisis del inventario del ciclo de vida, la evaluación del impacto del ciclo de vida y el análisis de mejoras.

El método de evaluación utilizado fue el Impact 2002+, con la aplicación del software SimaPro v. 7.1, que vincula el inventario de ciclo de vida con cuatro categorías de daños (salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos), a través de los siguientes puntos intermedios:

1. efectos respiratorios
2. toxicidad humana
3. oxidación fotoquímica
4. deterioro de la capa de ozono
5. ecotoxicidad acuática y terrestre
6. acidificación
7. eutrofización
8. uso de la tierra
9. calentamiento global
10. extracción de minerales
11. energías no renovables
12. radiaciones ionizantes

Se aplicó el método *Delphi* para determinar el criterio de expertos sobre el impacto ambiental de las distintas materias primas y labores que se le pueden realizar al cultivo. En la Tabla 1 se muestran las alternativas que fueron evaluadas para la producción de las semillas de frijol y maíz.

Tabla 1. Alternativas de producción más limpia de frijol y maíz

Alternativas	Maíz	Frijol
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación de humus de lombriz a una dosis de 3 t*ha<sup>-1</sup> antes de la siembra.</li> <li>- 50% de Fertilizantes químicos (NPK y Urea).</li> <li>- Labranza Mínima.</li> <li>- Incorporación de los residuos de cosecha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Humus de lombriz a una dosis de 6 t*ha<sup>-1</sup> antes de la siembra.</li> <li>- 50% de Fertilizantes químicos (NPK y Urea).</li> <li>- Labranza Mínima.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Combinación de la aplicación del humus de lombriz (3 t*ha<sup>-1</sup>) con Azotofos (7 kg*ha<sup>-1</sup>)</li> <li>- Labranza Mínima, con la incorporación de los residuos de la cosecha del frijol.</li> <li>- <i>Bacillus thuringiensis</i> Berliner a una dosis de 2 kg*ha<sup>-1</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La aplicación de humus de lombriz (3 t*ha<sup>-1</sup>) y <i>Rhizobium</i> sp. (750 g*ha<sup>-1</sup>).</li> <li>- Fertilización con NPK al 50% y no aplicar urea.</li> <li>- Labranza Mínima.</li> <li>- El hongo <i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimm.) Zare &amp; W. Gam, a una dosis de 2kg*ha<sup>-1</sup>.</li> <li>- Empleo de plantas repelentes (orégano que controla la mosca blanca, áfidos y cóccidos).</li> </ul>

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de impacto ambiental del ciclo de vida determinó que las categorías de impacto más afectadas son las energías no-renovables, el calentamiento global y la respiración de inorgánicos (figura 1), siendo mayor el impacto en la producción de las semillas de maíz.

El mayor porcentaje de contribución a las categorías de impacto y daño de la producción de semillas de

frijol son el consumo de urea (49,80 %), NPK (22,20 %), el diésel (18,94 %), los pesticidas (5,39%), y la electricidad (3,68 %) (Figura 2). En la producción de semillas de maíz los mayores porcentajes pertenecieron al consumo de diésel (44%), la urea (24,90 %), NPK (22,20 %), la electricidad (6,59 %) y los pesticidas (1,6 %).

El cuestionario para determinar el grado de conocimiento de los expertos permitió identificar que las materias primas con un alto impacto ambiental

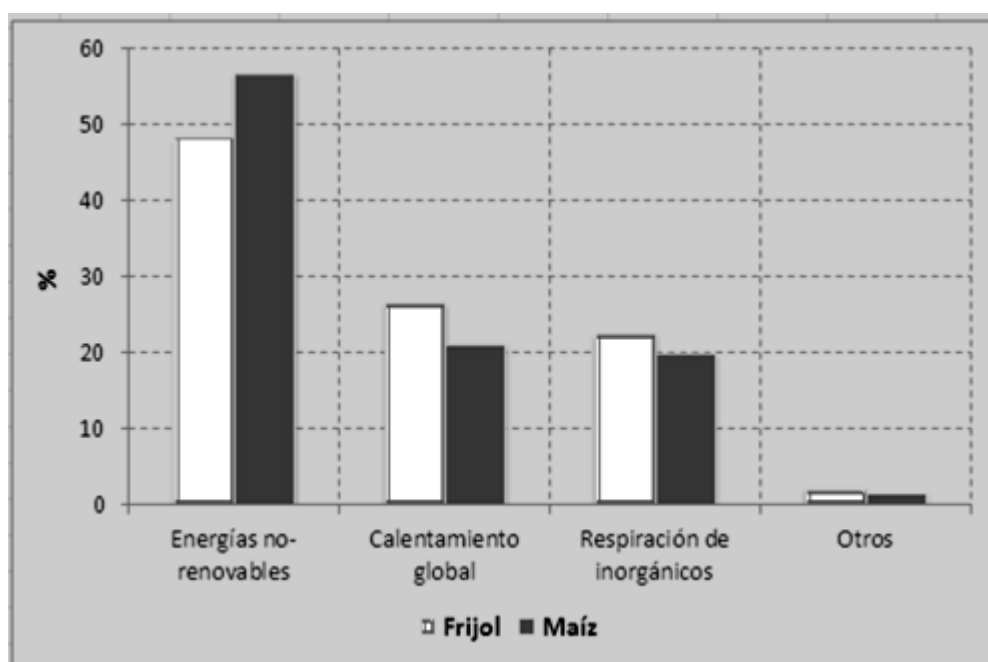


Figura 1. Gráfico del porcentaje que representan las categorías de impacto

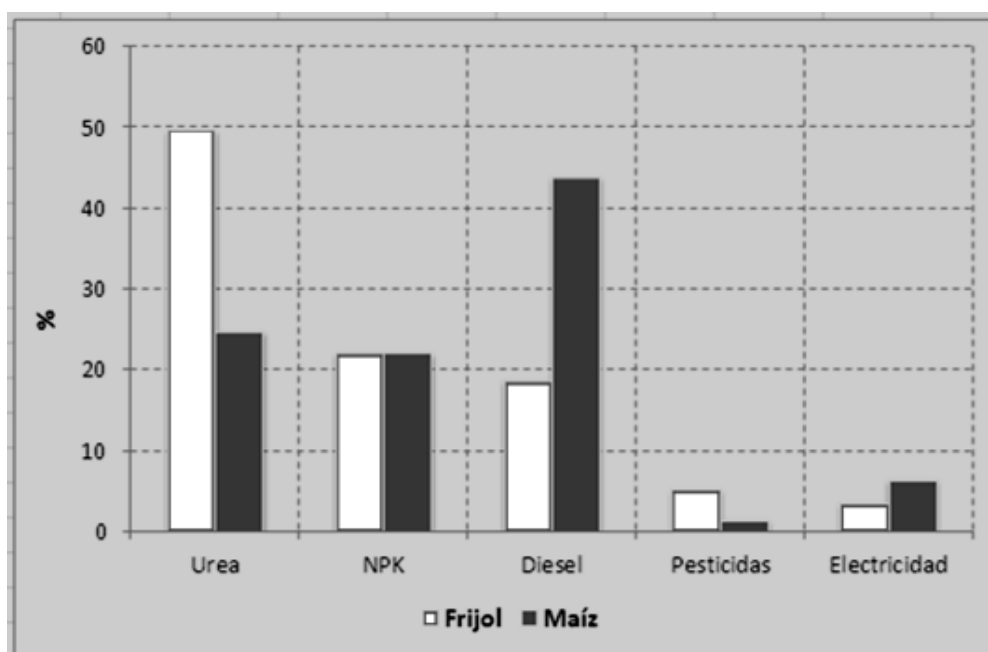


Figura 2. Gráfico del porcentaje de contribución de las materias primas

son: el empleo de pesticidas químicos, la utilización de fertilizantes químicos, el uso excesivo de agua, el consumo de energía, la desinfección con el fungicida químico Celest 025 fs., y las labores mecanizadas. También se determinó que existían preferencias y concordancias entre los expertos (tabla 2).

**Tabla 2. Estadísticos de contraste del método Delphi**

N	14
W de Kendall	0,759077
Chi-cuadrado	286,9311
gl	27
Sig. asintót.	2,88E-45

El resultado conseguido mediante el método *Delphi* no concuerda con el de la evaluación de impacto, pues los fertilizantes químicos representaron una mayor contribución. Esto no contradice lo declarado por los expertos debido a que en la investigación está asociada la carga contaminante de los productos que es igual a la cantidad consumida entre la cantidad de producto final producida. Referente a esto, De León (2009) determinó que las emisiones que contribuyen a la respiración de inorgánicos están asociadas principalmente con la aplicación de fertilizantes.

Con la aplicación de la alternativa 1 para la producción de semillas de frijol se puede disminuir el 53,28% del impacto ambiental al reducir el efecto sobre la categoría de energías no-renovables en un 50,67%, el calentamiento global (56,29%) y la respiración de inorgánicos (54,96%); con la aplicación de la alternativa 2 la disminución del impacto ambiental podría ser de un 79,25 % al disminuir el efecto en la categoría de energías no-renovables (75,25%), el calentamiento global (83,96%), y la respiración de inorgánicos (81,67%).

Estos resultados concuerdan con Pupiro y León (2004) cuando refieren que el humus es rico en enzimas y fitohormonas que regulan y estimulan el crecimiento de cada órgano de la planta, posee macro y microelementos en cantidades superiores a las de cualquier terreno fértil, mejora las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, favorece la asimilación inmediata de los nutrientes minerales por las plantas, además de permitir la aireación, permeabilidad, retención de

la humedad y disminución de la compactación del suelo.

Carrera *et al.* (2004) consideran que la fijación biológica del nitrógeno (FBN) es una de las alternativas más viables para recuperar este elemento en el ecosistema. El estimado de la cantidad que se fija biológicamente cada año es de 175 millones de toneladas, del cual el 70 % va al suelo y de este, el 50 % proviene de asociaciones nodulares como las causadas por *Rhizobium*.

La producción de semillas de maíz con la aplicación de la alternativa 1 permite disminuir el 47,64 % del impacto ambiental al disminuir el efecto de la categoría de energías no-renovables (44,70 %), el calentamiento global (52,44 %), y la respiración de inorgánicos (50,18 %); sin embargo, con la aplicación de la alternativa 2 se puede disminuir el 63,48 % del impacto al disminuir el 58,87 % del efecto en la categoría de energías no-renovables, 71,21 % del calentamiento global, y el 67,34 % de la respiración de inorgánicos.

Este resultado está en correspondencia con lo planteado en MINAGRI (2001). La aplicación de Azotofos permite: incrementar los rendimientos entre el 25 y 35 %, sustituir de un 50 % la fertilización mineral fosfórica (en dependencia del contenido de fósforo no asimilable contenido en el suelo) y del 20 al 50 % del nitrógeno que necesita la planta; también contribuye a reducir las contaminaciones del agua y el suelo.

El gasto total que se genera al producir una tonelada de semillas de frijol y maíz con las alternativas evaluadas, identifica que se puede reducir el costo de producción. Al reducir los gastos totales se pueden aumentar las ganancias aunque se mantenga el precio actual (Tabla 3).

El análisis de las alternativas evaluadas permitió determinar que ambas son factibles desde el punto de vista ambiental, agrícola y económico, por lo que la aplicación de estas logra reducir el impacto ambiental y mejorar las características del suelo, con un consiguiente aumento de las ganancias al disminuir el costo por peso del producto.

Tabla 3. Análisis económico de las alternativas evaluadas

	Frijol			Maíz		
	Estándar	Alt1	Alt2	Estándar	Alt1	Alt2
Total de gastos	4895,75	3986,71	2942,58	1800,10	1144,18	967,91
Precio de Venta	14 124,50	14 124,50	14 124,50	5432,50	5432,50	5432,50
Ganancias	9228,75	10 137,79	11 181,92	3632,40	4288,32	4464,59
Costo (\$·t <sup>-1</sup> )	0,35	0,28	0,20	0,33	0,21	0,17
Costo (\$·qq <sup>-1</sup> )	225,29	183,71	135,60	82,84	52,72	44,60

## CONCLUSIONES

1. La evaluación del impacto ambiental con el uso de la metodología ACV permitió determinar que las categorías de impacto más afectadas son las energías no-renovables, el calentamiento global y la respiración de inorgánicos; siendo mayor el impacto en la producción de las semillas de maíz.

2. Se determinó el porcentaje de contribución de las materias primas empleadas en los sistemas; el consumo de diésel y de fertilizantes son las que representan el mayor porcentaje, lo que se relacionó con criterios evaluados por expertos.

3. Se evaluaron dos alternativas de mejora ambiental, agrícola y económica, con las que se puede mejorar las características del suelo, contribuir al aumento de los rendimientos, disminuir el impacto ambiental y el costo de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Carrera, M.; J. Sánchez; J. Peña: Nodulación natural en leguminosas silvestres del estado de nuevo león. Editorial Camillus, New York, United States, 2004, pp. 34-41.

2. De León, E.W.: Evaluación ambiental de la producción del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones protegidas en Las

Palmas Gran Canaria, España, Mediante la utilización de la Metodología del Análisis del Ciclo de Vida. Programa Doctorado en Ciencias Ambientales, ICTA (Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental), Barcelona, España, 2009,175 p.

3. MINAGRI: Azotofos. Dirección provincial de suelo, Cienfuegos, Cuba, 2001.

4. Pupiro, L. A.; Eneida Vilches; Eneida Núñez; Josefina Gómez; M. Báez; P. León: efecto del humus de lombriz en el rendimiento y las principales plagas insectiles en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales, 25(1):89-95, 2004.

5. Sánchez, O.; C. Cardona; D. Sánchez: Análisis de ciclo de vida y su aplicación a la producción de bioetanol: una aproximación cualitativa. Revista Universidad EAFIT, 43(146):59-79, 2007.

6. Suppen, N.: Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño. 2007. En sitio web: [http://www.icyt.df.gob.mx/documents/cursos\\_diplomados/seminario\\_empresa/PRESENTACION\\_NYDIA\\_SUPPEN.pdf](http://www.icyt.df.gob.mx/documents/cursos_diplomados/seminario_empresa/PRESENTACION_NYDIA_SUPPEN.pdf). Consultado: 25/05/2014.

Recibido:10/06/2014

Aceptado:12/12/2014