

Evaluación de impacto ambiental en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivo protegido

Environmental impact assessment in the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in protected cultivation houses

Yoandris Socarrás¹, Yurkis Linares Calderón¹, Ángel Lázaro Sánchez Iznaga¹

Resumen

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar impacto ambiental generado en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en una casa de cultivo de tipo modelo Tropical de 540 m² ubicada en Horquitas, provincia de Cienfuegos. Para lo cual se aplicó la metodología Análisis de Ciclo de Vida según la norma ISO 14040, durante el período comprendido entre septiembre de 2012 hasta abril de 2013. Para la evaluación de impacto ambiental generado por el cultivo se usó el modelo del Centro de Estudios Ambientales desarrollada en la Universidad de Leiden y el programa informático SimaPro 7.1. La categoría de impacto ambiental más afectada durante el ciclo del cultivo del tomate fue el potencial de ecotoxicidad en ecosistemas con un 69,69 %. El resto de las categorías analizadas por el SimaPro registraron porcentajes de afectación entre 13,85 y 2,01%. Las sustancias emitidas que tuvieron mayor contribución a las categorías oxidación fotoquímica, acidificación y eutrofización en el ciclo biológico del cultivo de tomate fueron SO_x, NO_x y NH₃. El nylon, los pesticidas y las cajas empleados durante la atención al cultivo y la cosecha fueron los insumos que causaron mayor impacto en el ciclo biológico del tomate.

Palabras clave: Análisis del Ciclo de Vida, ecosistemas, categorías, cosecha.

Abstract

The present investigation was made with the objective of evaluating the environmental impact generated in the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.), At Tropical Model House of cultivation of 540 m² located in Horquitas, Cienfuegos's province. The methodology Life's Cycle Analysis was applied according to the standard ISO 14040, during the period from September 2012 to April 2013. SimaPro used the Environmental model of Study's Center for the evaluation of environmental impact generated by cultivation developed at the University of Leiden and the information-technology program 7.1. The most affected category of environmental impact during the cycle of cultivation of tomato was ecotoxicity's potential in marine ecosystems with a 69.69 %. The rest of the categories analyzed by the SimaPro registered percentages

¹ Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos. Cuba. Email: ysocarras@ucf.edu.cu

of affectation between 13.85 and 2.01 %. SO_x, NO_x and NH₃ were the emitted substances which have more contribution to photochemical oxidation, acidification and eutrofization in the biological cycle of tomato's cultivation. Nylon, pesticides and the boxes used during the attention to cultivation and the harvest were the raw materials that caused bigger impact in the tomato's cycle of life.

Keywords: Life Cycle Assessment, ecosystems categories harvest.

Introducción

La superficie agrícola mundial cubierta por algún tipo de protección varía entre cuatro y cinco millones de hectáreas, concentrándose las mayores superficies en el sureste asiático. El cultivo protegido se reconoce hoy en día como una tecnología agrícola de avanzada, que incrementa la producción de hortalizas frescas durante todo el año. La importancia del mismo ha ido creciendo en la medida en que el productor ha dominado la tecnología y obtenido resultados satisfactorios (Casanova, et al., 2003).

El tomate es una hortaliza con alto valor comercial y gran importancia como alimento (Castellanos, et al., 2003). El rendimiento del cultivo en Cuba, a escala nacional al finalizar el 2005, fue de 17,86 t.ha⁻¹. El 71% de la superficie total cultivada con hortalizas corresponde al tomate (FAOSTAT 2005).

El tomate es una hortaliza con alto valor comercial y gran importancia como alimento, el rendimiento del cultivo en Cuba, al finalizar el 2005, fue de 17,86 t.ha⁻¹. La extensión que ocupa el cultivo del tomate a nivel mundial es de 4 803 680 hectáreas, que han llegado a producir 16 179 millones de toneladas (FAO, 2012). Sin embargo, con frecuencia para lograr los rendimientos mencionados se hace necesario usar sustancias químicas como pesticidas y fertilizantes. El exceso de estos productos puede provocar daños a la salud humana, lo que ha motivado que a escala internacional se haya generado un movimiento tendiente a disminuir el consumo de los mismos e incrementar el uso de los recursos naturales disponibles en los agroecosistemas (FAO, 2004).

La tecnología de cultivo protegido tiene muchas bondades, pero genera una alta carga tóxica que no se corresponde con lo planteado en la estrategia ambiental nacional cubana. Sin embargo son escasas las investigaciones que evalúan las diferentes contribuciones a las categorías de impacto ambiental producidas por las labores agrícolas y los diferentes insumos usados en el cultivo del tomate.

La metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) considera los procesos de forma global, y constituye una herramienta adecuada porque implica una gestión integrada sobre los posibles daños ambientales (Sánchez, et al., 2007). En la agricultura se han realizado estudios ambientales aplicando la metodología del análisis de ciclo de vida en condiciones de invernadero (Antón, et al., 2005; Romero-Games, et al., 2009).

Esta investigación está dirigida a evaluar el impacto ambiental generado en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en una casa de cultivo en Horquita, provincia de Cienfuegos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en una casa de cultivo perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) de Horquita municipio de Abreu, provincia de Cienfuegos, en el período comprendido entre septiembre 2012 hasta abril del 2013.

Se aplicó la metodología ACV según la norma ISO 14040 (ISO-14040, 1999), (figura 1). En el análisis del ciclo de vida se limitó a las tres fases fenológicas del cultivo para la producción de cinco toneladas de tomate. Se usaron un total de 3360L de agua para disolver los diferentes fertilizantes usados (H_3PO_4 , HNO_3 , $Ca(NO_3)_2$, $MgSO_4$, K_2SO_4 , KNO_3) en las tres fases fenológicas. En el control fitosanitario se aplicaron las pesticidas Confidor, Monarca, Abamectina, Supreme, Decis, Acroat, Marcozeb y Orius, así como productos biológicos.

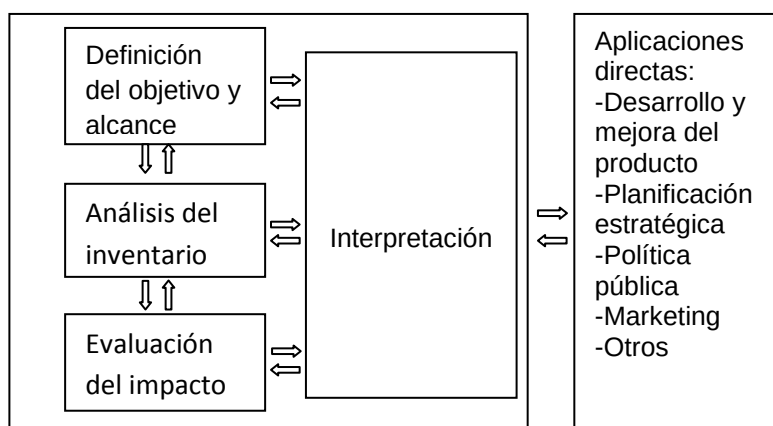


Figura 1. Fases de la metodología del ACV según la norma ISO 14040, 2006.

Otros insumos que se consideraron para su introducción en el software fueron los incluidos en el paquete tecnológico de la casa de cultivo que incluyó sustratos artificial, energía eléctrica, nylon, malla antiáfido, hilo de nylon, presillas plásticas, bandejas de polietileno, semillas (híbridos), cajas plásticas, tubos de zinc galvanizado.

Procedimiento para evaluar el impacto ambiental

Para la evaluación de impacto ambiental generado por el cultivo en su ciclo biológico se empleó el modelo usado por el Centre of Environmental Science (CML). La metodología propuesta por CML 2000 (Guinée et al. 2002) es una adaptación de los primeros trabajos en desarrollo de la metodología ACV (CML, 1992). En ella se propone una lista de categoría de impactos clasificadas en tres grupos. En esta investigación se usó el programa informático SimaPro 7.0 (2007) que es una herramienta desarrollada por Pré Consultants para el Análisis de Ciclo de Vida. Esta herramienta analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática siguiendo las recomendaciones de las normas ISO serie 14 040. Entre las principales salidas del programa se incluyó el análisis de los insumos y sustancias que más contribuyeron a las categorías de impacto.

Las categorías de impacto ambiental analizadas se presentan en la Tabla 1, donde además se exponen las definiciones y las unidades de medida de cada categoría.

Tabla 1. Categorías de Impacto ambiental y unidades de medida

Categoría de Impacto	Definición de la categoría	Unidad de medida
Ecotoxicidad	Incluye las categorías ecotoxicidad en los ecosistemas acuáticos y terrestres. En el cultivo del tomate se usan sustancias tóxicas como son los pesticidas y fertilizantes. La toxicidad de estas sustancias se puede incrementar por el uso de malas prácticas agrícolas.	kg 1,4-DB eq
Agotamiento de recursos abióticos	Consumo de los recursos naturales del planeta, tales como petróleo, gas natural, uranio, entre otros	kg Sb eq
Calentamiento global	Aumento de la temperatura media del planeta a consecuencia del efecto invernadero ocasionado por el aumento de la concentración de gases poliatómicos. La fertilización nitrogenada, se asocia con la formación de óxidos de nitrógeno (Puerto & García 1987; Arzola et al. 2013), los cuales son contribuyentes al efecto invernadero. El exceso de nitrógeno ocurre cuando se aplican cantidades excesivas de abonos nitrogenados. También son contribuyentes los gases procedentes de las industrias procesadoras y los motores de combustión interna usados en diferentes momentos del ciclo de vida.	kg CO ₂ eq
Acidificación	Deposición de ácidos resultantes de la liberación al entorno (atmósfera, suelo y agua) de óxidos de nitrógeno, de azufre y carbono. Genera deforestación y en general afecta a todos los ecosistemas. El cultivo del tomate genera gases nitrogenados y carbonados que contribuyen al proceso de acidificación.	kg SO ₂ eq
Otros	Incluye otras categorías de impacto no incluidas en este estudio (destrucción de ozono estratosférico, toxicidad humana, oxidación fotoquímica, eutrofización, energía, agua)	-

Resultados y Discusión

Las categorías de impacto ambiental más afectadas durante el ciclo del cultivo del tomate fueron el potencial de ecotoxicidad (ecosistemas acuáticos y terrestres) y el

potencial de agotamiento de recursos abióticos. El resto de las categorías se enmarcaron en el intervalo 5,10-2,01% (Figura 1).

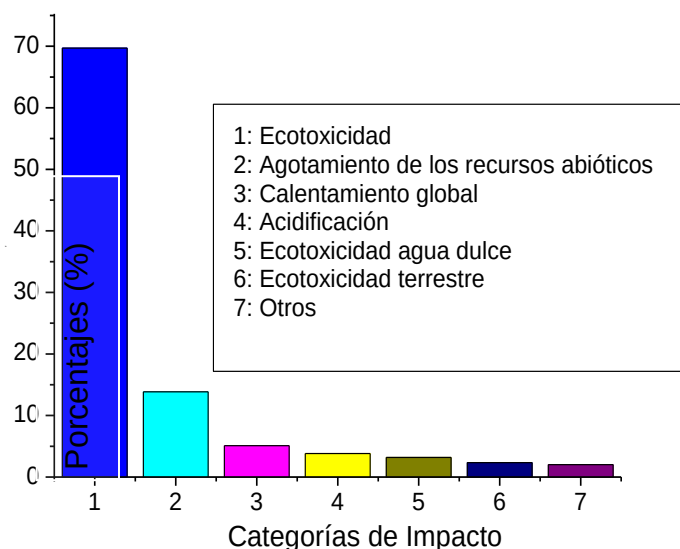


Figura 1. Principales categorías de impacto ambiental afectadas por el cultivo.

Las tres principales sustancias que mayor contribución tuvieron al calentamiento global en el ciclo de vida del tomate fueron (Figura 2). El dióxido de carbono fue la sustancia que más contribuyó en dicha categoría y la de menor contribución fue el metano. Estos resultados son similares a los reportados por Socarras (2012); Muñoz, et al. (2007), quienes determinaron que la estructura del invernadero tenía la mayor influencia en la categoría de impacto de Cambio Climático, debido a las mayores emisiones de CO_2 a la construcción de la propia estructura.

Las principales sustancias que mayor emisión tuvieron en las categorías oxidación fotoquímica, acidificación y eutrofización en el ciclo de vida del cultivo de tomate (Figura 2). Los óxidos de azufre fueron los que tuvieron mayor contribución y la que menos impacto generó en las categorías analizadas fue el amoníaco. Esto se debe a que la industria productora de las estructuras de invernaderos y de los materiales para el sistema de fertirrigación, genera emisiones de óxidos de azufre (SO_x). Esta sustancia también se produce durante la producción de fertilizantes. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Antón (2004); y Socarrás (2012). Los óxidos de azufre al disolverse en el agua de las precipitaciones baja el pH de las mismas y puede contribuir a la acidificación de las aguas y los suelos.

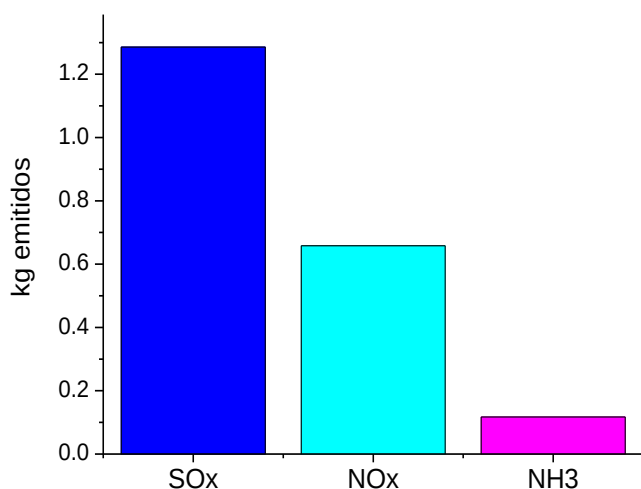


Figura 2. Emisiones de mayor contribución a las categorías oxidación fotoquímica, acidificación y eutrofización.

Los insumos que causaron mayor impacto en el ciclo de vida del tomate fueron: (1) el nylon empleado para tutorar las plantas, (2) los fertilizantes, (3) las cajas usadas para la recolección de los tomates y (4) los pesticidas (Figura 3). Estos insumos se producen en industrias químicas consumidoras de materia prima que son altamente impactante. Además, tanto el nylon, como el plástico con que se fabrican las cajas y los pesticidas son sustancias poco biodegradables. Estos resultados coinciden con los obtenido por Socarrás (2012), donde el nylon empleado para tutorar las plantas y mantenerlas erectas y los envases de los cepellones, resultaron los insumos que causaron mayor impacto durante el ciclo de vida del tomate con esta tecnología.

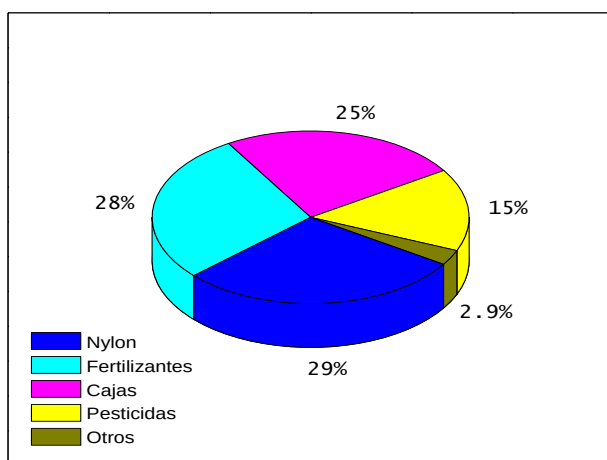


Figura 3. Porcentajes de aporte a las emisiones de los principales insumos usados en la producción de tomate.

Durante el desarrollo de la investigación se constató la presencia de altos índices de enfermedades como el Tizón temprano (*Alternaria Solani*), Tizón tardío (*Phytophthora Infestans*) (Mont. De Bari.), Mancha Gris del Tomate (*Stemphylium solani*) (Weber). También se observó la presencia de insectos como la Mosca Blanca (*Bemisia tabaco*) (Gennadius) y Minador Gigante (*Keiferia lycopersicella*) (Walsingham). En este tipo de cultivo tanto las enfermedades como las plagas se controlan mediante el uso de pesticidas, lo cual justifica que los mismos fueran uno de los insumos que mayor impacto generó. Resultados similares obtuvieron Antón (2004); Milá i Canals, *et al.* (2006). Estos autores manifestaron que la producción de tomate en casa de cultivos genera el uso de grandes cantidades de pesticidas.

Los fertilizantes fueron los insumos de mayores aportes (Figura 3). Estos resultados concuerdan con los planteados por De León (2009). Este autor además encontró que los fertilizantes nitrogenados fueron los principales causantes de la categoría agotamiento de los recursos abióticos. En particular el fertilizante de mayor contribución al impacto fue el nitrato de potasio (Figura 4). El uso de nitratos puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, por el lavado del exceso usado en cada cultivo.

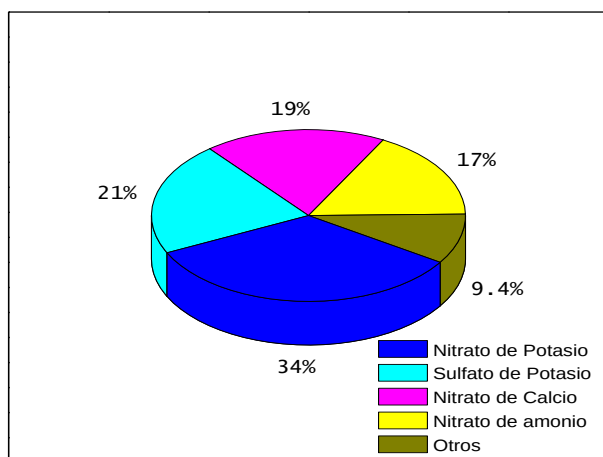


Figura 4. Composición de los fertilizantes usados en el cultivo de tomate

Conclusiones

1. La categoría de mayor impacto ambiental durante el ciclo de vida del tomate en casas de cultivo fue la ecotoxicidad en ecosistemas, seguida por el agotamiento de recursos abióticos, potencial de calentamiento global y de acidificación.
2. En los insumos que entran en el ciclo biológico del tomate, el nylon, los fertilizantes, las cajas de plástico y los pesticidas químicos fueron los que mayor impacto ambiental generaron en todo el ciclo de vida del cultivo. El

dióxido de carbono y los óxidos de azufre fueron las sustancias que más contribuyeron a las categorías calentamiento global, oxidación fotoquímica, acidificación y eutrofización de las aguas.

Referencias bibliográficas

Antón A. M. (2004). Utilización del Análisis del Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del Cultivo bajo Invernadero Mediterráneo. Programa Doctorado en Ciencias Ambientales. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

Antón A. M., Montero, J.I., Muñoz, P., & Castells, F. (2005). LCA and Tomato Production in Mediterranean Greenhouses. *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology* 4.

Casanova, A., et al. (2003). Manual para la producción protegida de hortalizas. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova..

Cid, M., Raya, V., Socorro, A., Parra, M., & Ritter, A. D. (2005). *Ecodiseño y manejo sostenible de invernaderos para cultivo de tomate en Canaria*. Memoria.

De León, E. W. (2009). 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. 175 p.

Food and Agriculture Organization. (2004). Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las frutas y hortalizas frescas: un enfoque práctico. Manual para multiplicadores. Roma.

Food and Agriculture Organization. (2012). Faostat. Agricultural data Food and Agriculture Organization of the United (FAO). Recuperado de <http://apps.fao.org/page/collections?subset=agriculture>

Milà i Canals L., Burnip G.M., & Cowell S.J. (2006). Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): case study in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 114. pp. 226-238.

Pimentel, D. (1980). Handbook of energy utilization in agriculture. CRC Press. 475.

Socarrás, Y. (2012). Evolución. Mejoras tecnológicas para la producción más limpia de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en casas de cultivo protegido en la Empresa Cítrico Arimao. Tesis de Maestría. Universidad de Cienfuegos..

Guinée, J.B., et al (2002). Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

Torrellas, M., de León, W., Raya, V., Montero, J., Muñoz, P., Cid, M., & Antón, A. (2008). The 8th International Conference on EcoBalance, Tokyo, Japan. pp. 10-12

Sánchez, O.J., Cardona C. A., & Sánchez D.L. (2007). Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en la producción de bioetanol: una aproximación cualitativa. Revista Universidad EAFIT. 43 (146), pp.59-79.

Romero-Gámez, M., Antón, A., Soriano, T., Suárez-Rey, E., &Castilla, N. (2009). Environmental impact of green bean cultivation: Comparison of screen greenhouses vs. open field Journal of Food, Agriculture & Environment 7:132-138.

Recibido: 07/04/2015
Aprobado: 25/06/2015