

Artículo científico**EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) EN SISTEMA DE CULTIVO PROTEGIDO.**

Yoandris Socarrás Armenteros¹, Elein Terry Alfonso², Ángel Lázaro Sánchez Iznaga¹ y Reinaldo Pérez Arma¹

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el impacto ambiental generado en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en una casa de cultivo de tipo modelo Tropical de 900 m² ubicada en Cumanayagua, provincia de Cienfuegos. Para el estudio se aplicó la metodología Análisis de Ciclo de Vida según la Norma ISO 14040, durante el período comprendido entre septiembre 2011 a abril del 2012. Para la evaluación del 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. Como resultado se obtuvo que la categoría de impacto ambiental más afectada durante el ciclo del cultivo del tomate fue el potencial de ecotoxicidad en ecosistemas con un 62,44 %. En el análisis detallado de los insumos que entran en el proceso de la producción de tomate, el nylon produce más daño en la categoría ecotoxicidad en ecosistemas con un valor 37,69 %, y en los insumos diarios que se emplearon en el desarrollo del cultivo, los pesticidas y los fertilizantes nitrogenados generan un mayor impacto a las categorías ecotoxicidad en los ecosistemas y el calentamiento global.

Palabras clave: Análisis del Ciclo de Vida, carga contaminante, categorías, ecosistemas, ecotoxicidad,

Evaluating the environmental impact generated in the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) at greenhouse**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 900 m² located in Cumanayagua, Cienfuegos's province. The methodology Life's Cycle Analysis was applied according to the standard ISO 14040, during the period from September 2011 to April 2012. 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 62.44%. Taking into consideration the supplies related to the production of tomato, nylon causes more damage at ecotoxicity's category in ecosystems, undervalue in 37.69%, and in daily supplies used at cultivation maneuver, pesticides and organically generate a bigger impact in the ecotoxicity's categories in ecosystems and the global heating.

Key words: Life Cycle Analysis, ecosystems, ecotoxicity, pollutant charge, categories.

¹MSc. Yoandris Socarrás Armenteros, investigador de la Universidad de Cienfuegos. Ministerio de Educación Superior, Cienfuegos, Cuba. ²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Ministerio de Educación Superior, San José, Mayabeque, Cuba

INTRODUCCIÓN

La tecnología de producción protegida de hortalizas fue instaurada en Cuba a finales de los años 90 con el objetivo de lograr el abastecimiento de vegetales durante todo el año a la red hotelera nacional, la población urbana y el mercado de frontera (Casanova *et al.*, 2007).

El cultivo protegido se reconoce hoy en día como una tecnología agrícola de avanzada, que puede influir eficazmente en 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). En el caso específico de la empresa Cítrico Arimao, el tomate es la hortaliza de mayor producción, según los datos históricos desde el año 2009 – 2011, alcanzando valores de 55 %, pepino 24 %, pimiento 11 % y melón 10 % (Moya, 2012).

En la tecnología de cultivo protegido, para el crecimiento y desarrollo de las plantas se necesita una adecuada nutrición y control fitosanitario al cultivo, cuyas labores se realizan en las diferentes fases fenológicas del mismo, realizándose varias aplicaciones y dosificaciones de los productos químicos, la contaminación de estos productos se puede presentar por varias vías: suelo, aguas superficiales y subterráneas, atmósfera y a los seres vivos.

Por tal motivo, al medio se libera una alta carga tóxica que no se corresponde con la política ambientalista que desarrolla Cuba, y por lo tanto, es necesario realizar una investigación en este sistema de producción, que evalúe las diferentes contribuciones a las categorías de impactos ambientales en el ciclo de vida del cultivo de tomate, ase pudiera a hacer referencia general de algunos métodos que en el mundo se utilizan para hacer esta evaluación.

Son varias las metodologías que permite evaluar impacto ambiental en determinado sistema productivo, entre ellas se puede citar la de Análisis del ciclo de vida (NC-ISO14040, 1999) descrita en las normas de gestión ambiental de la NC- ISO 14040 – 14043.

Tomado en cuenta lo anterior el objetivo de este trabajo fue identificar las principales cargas ambientales que provoca la producción de tomate bajo la tecnología de cultivos protegidos y su impacto en el sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una casa de protegido perteneciente a la Empresa Citricos Arimao municipio de Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, en el período comprendido entre septiembre 2012 hasta abril del 2013.

Se aplicó la metodología Análisis Ciclo de Vida (ACV) según la norma ISO 14040 (ISO-14040, 1999. El análisis del ciclo de vida se limitó a las fases fenológicas del cultivo las cuales son: Trasplante – Emisión 1^{er} Racimo floral, Emisión del primer racimo floral a cuaje del 3^{er} racimo, Cuaje del 3^{er} racimo a inicio de cosecha, Producción – Final (Casanova *et al.*, 2003). Para la producción de cinco toneladas de tomate, se usaron un total de 3360 L 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 fases fenológicas. En el control fitosanitario se aplicaron los pesticidas: Confidor, Monarca, Abamectina, Supreme, Decis, Acroat, Marcozeb y Orius.

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 artificiales, energía eléctrica, malla antiáfido, hilo de nylon, presillas plásticas, bandejas de polietileno, semillas (híbridos), cajas plásticas y tubos de zinc galvanizado.

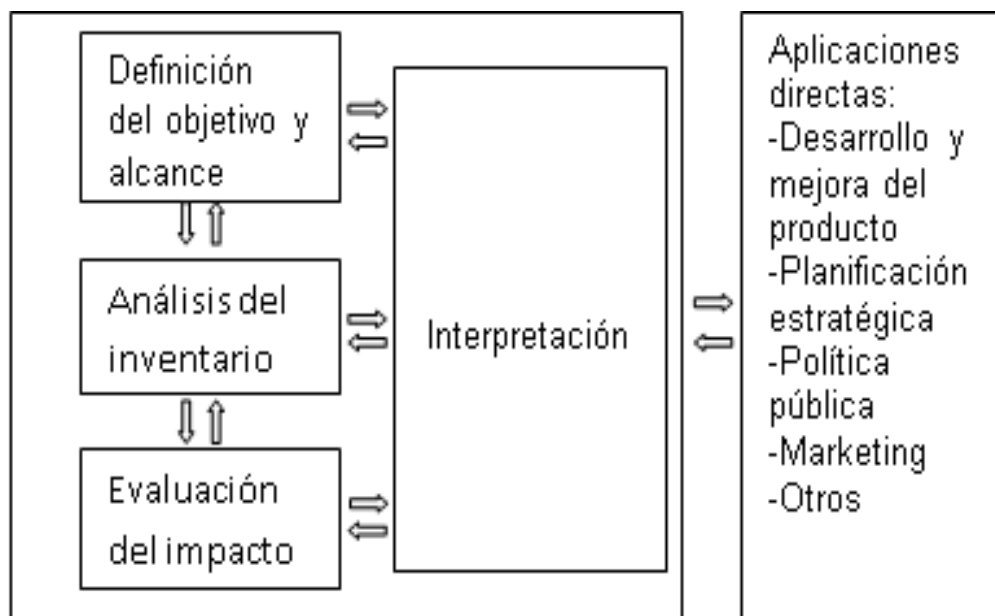


Figura 1. Fases de la metodología del ACV según la norma ISO 14040 (1999).

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).

En ella se propone una lista de categoría de impactos clasificadas por grupos como se presentan en la Tabla 1, donde además se exponen las definiciones y las unidades de medida de cada categoría.

En esta investigación se usó el programa informático SimaPro 7.0 (2001) 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las categorías de impacto ambiental más afectadas durante el ciclo del cultivo del tomate fueron el potencial de ecotoxicidad en ecosistemas y el potencial agotamiento de recursos abióticos. El resto de las categorías se enmarcaron en el intervalo 6,70 a 6,08 % (Figura 2). Los resultados obtenidos defieren por lo obtenidos por Antón (2004) la categoría de mayor impacto fueron agotamiento de recursos no renovables y la demanda de energía acumulada.

Los insumos que mayor contribución tuvieron en el ciclo de vida en la producción de tomate fueron el hilo nylon, el envase y la electricidad, mientras que el pesticida químico fue el insumo que menor contribución tuvo (Figura 3). Las categorías que mayor afectaciones tuvieron al impacto ambiental fueron la ecotoxicidad en ecosistemas y el agotamiento de recursos abióticos, lo cual está asociado a la cantidad de hilo nylon que se empleó como tutor por planta para mantenerlas erectas, el consumo de electricidad para regar las plantas y por la cantidad de envase utilizado en la cosecha.

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. 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 – diclorobenceno 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 y García 1987; Arzola <i>et al.</i> 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 (destrucción de ozono estratosférico, toxicidad humana, oxidación fotoquímica, eutrofización, energía, agua)	

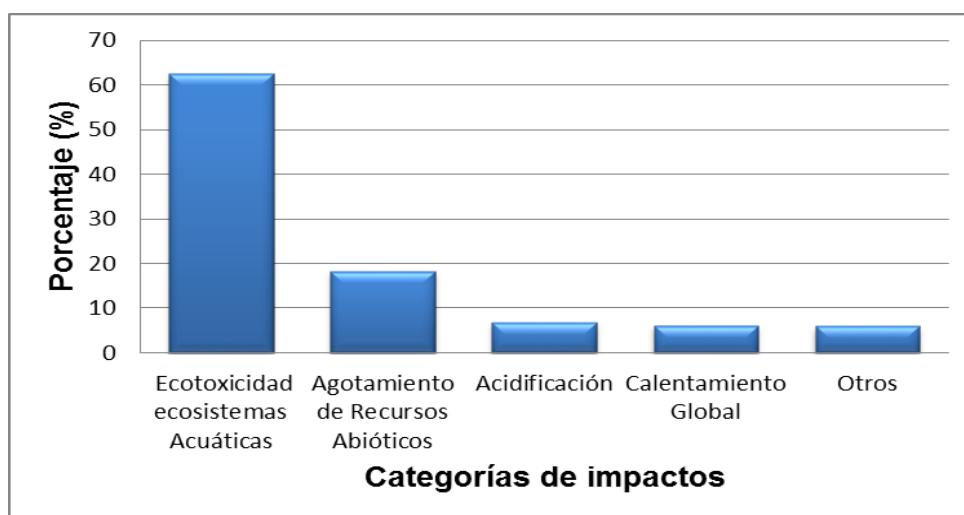


Figura 2. Principales categorías de impacto ambiental afectadas por el cultivo.

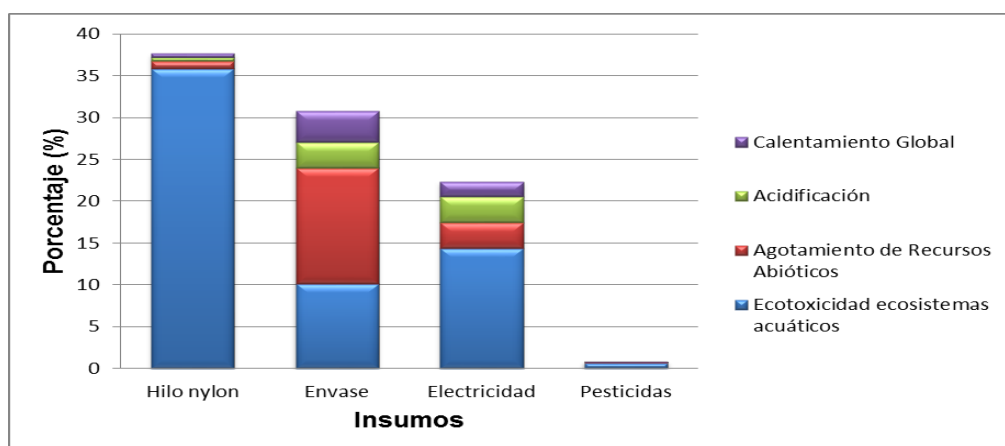


Figura 3. Principales insumos que tiene mayor contribución a las categorías de impacto ambiental.

Como se observa el hilo nylon, los envases y la electricidad constituyen los insumos de mayor impacto, pero son recursos inherentes a la tecnología, y sobre estos no se pueden establecer variantes de mejoras. Estos resultados son similares a los reportados por De León (2009) donde el plástico, la estructura del invernadero, equipo auxiliar y los fertilizantes químicos fueron los insumos que

más daños en la producción de tomate en la tecnología protegida.

Al analizar de forma más detallada los insumos diarios que se emplean en la producción de tomate, los cuales se muestran en la Figura 4 se observó que los pesticidas químicos son los insumos que mayor impacto producen al medio ambiente a la categoría ecotoxicidad ecosistemas lo cual se atribuye a que

durante los muestreos realizados al cultivo se presentaron altos índices de insectos y enfermedades como: Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), Minador gigante (*Keiferia lycopersicella* (Walsingham), Nemátodos (*Meloidogyne* ssp), *Oidium* ssp, *Alternaria solani*, contra las cuales se hicieron reiteradas aplicaciones para el control de las mismas de plaguicidas químicos. Resultados que se

corresponde con Corey (1991); Antón (2004); Matamala (2004); Olivera (2005) y Milá i Canals et al. (2006), quienes manifestaron que en la producción del tomate en casa de cultivos los plaguicidas fueron los que generaron una mayor carga contaminante y producen efectos agudos como vómitos, diarreas, abortos, cefalea, somnolencia, alteraciones de comportamiento.

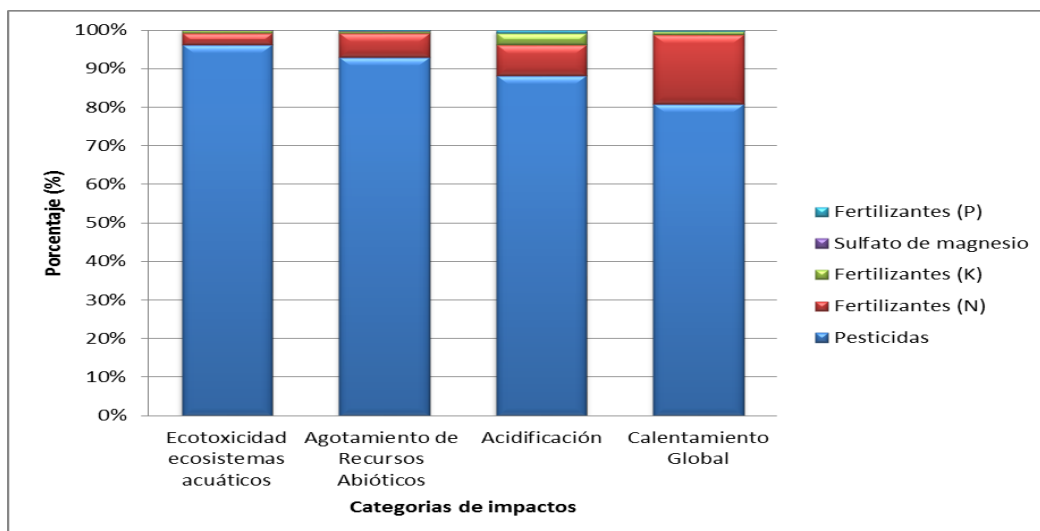


Figura 4. Principales insumos diarios que contribuyen a las categorías de impacto ambiental.

Un análisis pormenorizado de la nutrición diaria del cultivo, arrojó que los fertilizantes nitrogenados representan un mayor impacto después de los plaguicidas, ya que el nitrógeno constituye un macro elemento esencial para el desarrollo productivo, en este caso en el cultivo del tomate se utilizaron cuatros fertilizantes nitrogenados (HNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , NH_4NO_3) que tuvieron mayores incidencia en toda las fases fenológicas del cultivo desde el trasplante hasta la cosecha, esto coincide con lo obtenido por Brown (1994) y De León (2009) quienes afirmaron que los fertilizantes nitrogenados fueron los principales causante de la categoría agotamiento de los recursos abióticos, por el consumo de materias primas utilizadas para la elaboración de los mismos. Su elaboración produce emisiones de CO_2 y NO_2 a la atmósfera, lo cual contribuye a incrementar los problemas con la capa de ozono.

Las producciones de los fertilizantes de N tuvieron las contribuciones más altas para la mayoría de las categorías de impacto, debido en gran parte a las emisiones de NO_3 al agua de los lixiviados para la categoría de eutrofización y las emisiones de N_2O , un gas de efecto invernadero importante, para la categoría de calentamiento global. Estos resultados concuerdan por los obtenidos por Riverol (1984), Labrador (1994), Brown (1994), Altieri y Nicholls (2000), Álvarez et al. (2000) donde se confirmó que el uso reiterado de fertilizantes minerales en esta tecnología impacta negativamente en los microorganismos del suelo: efectos residuales de los fertilizantes; variaciones en el pH y en el potencial REDOX; acumulación de sales. Además, los nitratos actualmente constituyen la principal fuente de contaminación difusa de las aguas (superficiales y

subterráneas) se produce el efecto llamado eutrofización y su aplicación excesiva producen la

muerte masiva de peces y otros organismos acuáticos.

También estos resultados se relacionan con los obtenidos por otros autores (Hill, 1990; Garbisu, 1999; Jaworska, 2005) quienes confirmaron que en caso de la salud humana el consumo de altos contenidos de nitrato en la dieta humana es peligroso debido a que este contribuye a la formación de agentes cancerígenos

CONCLUSIONES

- La categoría de mayor impacto ambiental durante el ciclo biológico del tomate en casas de cultivo es la ecotoxicidad en ecosistemas acuáticos, seguida por el agotamiento de recursos abióticos, la acidificación y el calentamiento global.
- En los insumos que entran en el ciclo de vida del tomate, el hilo nylon, los envases y la electricidad tienen mayor contribución a la categoría eco toxicidad ecosistemas, y dentro de los insumos diarios los pesticidas y los fertilizantes nitrogenados tienen la mayor contribución a las principales categorías, ecotoxicidad en ecosistemas, agotamiento de recursos abióticos, acidificación y calentamiento global.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M.A. y Nicholls, C.I. (2000): Ecological impacts of modern agriculture in the United States and Latin America. En: Globalization and the Rural Environment., 121-135).
- Álvarez, C.; Álvarez, R. y Steinbach, H. (2000): Predictions of Available Nitrogen Content in Soil Profile Depth Using Available Nitrogen Concentration in Surface Layer", Commun. Soil Science. Plant Anal, 759-769.
- Antón, M.A. (2004): Utilización del Análisis del Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del Cultivo bajo Invernadero Mediterráneo. Programa Doctorado en Ciencias Ambientales no publicada, UPC. Barcelona, España.
- Brown, L.R. (1994). Facing food insecurity. State of the World. Earthcan Publications Ltd. Londres, 110-131.
- Casanova, A.; Gómez, O.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Pupo, F. Hernández, J.; Moreno, V.; León, M.; Igarza, A.; Duarte, C.; Jiménez, I.; Santos, R.; Navarro, A.; Marrero, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Arozarena, N.y Villarino, L. (2003): Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba.27 – 41 .
- Casanova, A.; Gómez, O.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Pupo, F.; Hernández, J.; Moreno, V.; León, M.; Igarza, A.; Duarte, C.; Jiménez, I.; Santos, R.; Navarro, A.; Marrero, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Arozarena, N.y Villarino, L. (2007): Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana,Cuba.80 -83.
- Corey, G. (1991): Plaguicidas Inhibidores de las Colinesterasas. Serie vigilancia Nro. 11. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Recuperado el 14 de junio de 2015, de Programa de Salud Ambiental, Organización Panamericana de la salud, Organización Mundial de la Salud: [http:// www.rapal.org/v2/index.php](http://www.rapal.org/v2/index.php)
- 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. Programa Doctorado en Ciencias Ambientales, no publicada. Las Palmas Gran Canaria, España: ICTA.
- Garbisu, C. B. (1999): Biotecnología con cianobacterias. Investigación y Ciencias, 64-71.
- Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., R., K., de Koning, A., Wegener Sleeswijk A., Suh, S., Udo de Haes, H., Bruijn, H., Duin, R.v. and

- Huijbregts, M.A.J. (2002). Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.
- Hill, M. (1990): Nitrates and Nitrites from Food and Water in Relation to Human Disease. Food Science and Technology, 163-193.
- Jaworska, G. (2005): Content of Nitrates, Nitrites and Oxalates in New Zealand Spinach. Food Chemistry, 235-242.
- Labrador, M. J. (1994): Manejo y diseño de sistemas agrícolas sustentables. Hojas Divulgadoras 6-7. Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Matamala, G. (2004): Juicios y recalificaciones: una situación de riesgo para el medio ambiente andaluz. Recuperado el 15 de febrero de 2015, de [http:// almeriware.net/almediam/](http://almeriware.net/almediam/)
- Milà i Canals L.; Burnip, G.M. y Cowell, S.J. (2006): Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): case study in New Zealand. Agriculture. Ecosystems and Environment, 226-238.
- Moya, D.Y. (2012): Aplicación de Procedimiento para la Evaluación de la Inversión dirigida a la Conversión del Hidropónico de Breñas a Cultivos Protegidos. Tesis de Diploma no publicada, UCF. Cienfuegos, Cuba.
- NC-ISO 14 040: 1999 C.F.R. (1999).Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura.
- Olivera, S.R. (2005): Los plaguicidas, avance tecnológico que salvó muchas vidas. Obtenido de <http://iibce.edu.uy/posdata/index.htm>
- PRé Consultants (2001). Database Manual SimaPro. General Introduction. The Netherlands.
- Riverol, M. (1984): La erosión potencial de los suelos de Cuba y los métodos para su manipulación. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana: Intitulo de Suelos/MINAGRI.

Fecha recibido: 7 de marzo de 2017.

Fecha aceptado: 29 de enero de 2018.

Agrotecnia de Cuba
ISSN impresa: 0568-3114
ISSN digital: 2414- 4673
<http://www.ausuc.co.cu>

