

Mejora tecnológica en base a la producción más limpia de *Solanum lycopersicum* Mill. en casas de cultivo protegido; una contribución a la gestión ambiental de la Empresa Cítrico Arimao, Cienfuegos, Cuba.

Technological improvement on the basis of the more cleaner production of *Solanum lycopersicum* Mill in houses of protected cultivation; a contribution to the company's environmental management of the Citrus Company Arimao, Cienfuegos, Cuba.

Yoandris Socarrás Armenteros¹, Mailiu Díaz Peña¹, Gilberto Vega Marrero¹, Leonides Castellanos¹, Elein Terry Alfonso², Ángel L. Sánchez Iznaga¹

¹.- *Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Cienfuegos.*

².- *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (INCA)*

Universidad Cienfuegos, Carlos Rafael Rodríguez, Carretera a Rodas Km. 4, Cuatro Caminos, Cienfuegos, Cuba

E-mail: ysocarras@ucf.edu.cu

Fecha de recepción: 03 de abril de 2014 Fecha de aceptación: 16 de diciembre de 2014

RESUMEN: El presente trabajo se realizó en la Empresa Cítricos Arimao en tomate con tecnología de casa de cultivo protegido modelo tropical A. Su objetivo fue evaluar mejoras tecnológicas para el incremento de la producción más limpia de Tomate en casas de cultivos protegidos. Se empleó la metodología análisis de ciclo de vida con el empleo del software SimaPro 7.1 para comparar los tratamientos: Testigo con agroquímico, tratamiento I (manejo integrado de plagas), y se mantienen los rendimientos similares a la variante estándar de producción; tratamiento II (MIP, combinada con una variante de sustitución de 50 % fertilización química por biológica. Los resultados obtenidos muestran que en el tratamiento II el impacto ambiental disminuye en un 7,33% con respecto a la variante estándar y la alternativa que más se le aproxima. Las principales sustancias de mayor mitigación en la categoría ecosistemas marinos fue el fluoruro de hidrógeno que alcanzó 12 101,13 Kg en una superficie de 900 m² en la variante estándar, la menor mitigación la expresó tratamiento II con 1068,3 Kg. El agotamiento de los recursos abióticos, el petróleo y el gas natural son los de mayor impacto negativo. En la acidificación de los suelos la mayor contribución fue el óxido de azufre con un valor de 0,54 kg y la menor fue el óxido de nitrógeno con 0,25 kg. En el orden de crecimiento al calentamiento global el dióxido de carbono alcanzo mayores impacto con valores de 129,48 kg y de menor impacto fue monóxido de dinitrógeno con 0,38 Kg.

Palabras claves: ACV, cultivos protegidos, impactos, mitigación, tomate

ABSTRACT: The present work realized in the Citrus Company Arimao in tomatoes with home technology of tropical model of protected cultivation. The objective was to evaluate technological improvements for the increment of tomatoes' cleanest production in houses of protected cultivations by use the methodology of life cycle analysis using the SimaPro 7.1 software to compare the treatments: witness with agro-chemical, treatment I (integrated management of plagues) and maintaining similar the standard variant of production; Treatment II (MIP, combined with a variant of substitution of

50% of chemical fertilization for biological fertilization. The obtained results evidence than in the treatment II the environmental impact diminishes in a 7.33 % regarding the standard variant and the alternative what else approaches. The main substances of bigger mitigation in category of marine ecosystems was the hydrogen fluoride; it caught up with 12 101.13 Kg in a 900-m² surface in the standard variant; the minor mitigation expressed it treatment II with 1068.3 Kg. The exhaustions of the abiotic resources, the oil and the natural gas are the ones belonging to bigger negative impact. In term of acidification of the soils, the bigger contribution was the sulphur oxide with 0.54 kg's value, and the minor was the nitrogenous oxide with 0.25 kg. In order to growth of the global warming, the carbon dioxide catch up the bigger impacts with 129.48 kg, and the minor impact was dinitrógeno's monoxide with 0.38 Kg.

Key words: ACV, protected cultivations, impacts, mitigation, tomatoes.

INTRODUCCIÓN

Las casas de cultivo, constituyen una tecnología muy promisoría para extender el calendario de producción y lograr una alta productividad y calidad de las hortalizas durante todo el año en condiciones tropicales. Es una técnica que permite modificar, total o parcialmente las condiciones ambientales, para que las plantas se desarrollen en un medio más favorable que el existente al aire libre (Gómez *et al.*, 2000).

Un cultivo bien nutrido es más resistente al ataque de plagas y enfermedades lo que favorecerá a hacer menos aplicaciones de plaguicidas y eso a su vez conservar mejor los ecosistemas.

Para tener una producción de hortalizas sustentable, no se puede concebir la nutrición aislada sino como un manejo integrado de cultivo ya que lo factores nutricionales (contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica de suelo y solución de suelo, fórmula y forma de fertilización, manejo de suelo, etc.) (Cabeza, 2002).

La fertilización mineral es una de las prácticas agrícolas que conllevan a incrementos notables del rendimiento; sin embargo, su uso inapropiado afecta el ambiente de modo adverso, creando relaciones internutrientes desfavorables que pueden provocar desequilibrios nutricionales en las plantas; acidificando o salinizando los suelos (Armenta *et al.*, 2001); alterando la biota del suelo (Chaveli, 2004); contaminando el manto freático debido al lavado de los nitratos y contribuyendo al calentamiento global con la liberación de gases nitrogenados hacia la atmósfera.

El uso de fertilizantes orgánicos y la sustitución de productos químicos por biopreparados es una garantía para la salud humana y la conservación del medio ambiente (Camejo *et al.*, 2010).

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar mejoras tecnológicas para el incremento de la producción más limpias de tomate en casas de cultivos protegidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el municipio de Cumanayagua, Cienfuegos, Cuba; en un módulo de casa de cultivo modelo tropical de la Empresa Cítricos Arimao en el período comprendido de septiembre 2011 a abril del 2012.

Se aplicó la metodología Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (NC-ISO 14 040:1999). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y estructura gestión ambiental.

Se empleó la metodología CML Metodología del Centro de Estudios ambientales desarrollada en la Universidad de Leiden, Holanda 1992, con el uso del software SimaPro 7.1.

Para dar respuesta a la problemática ambiental que se tiene en la unidad de estudio se proponen las variantes de mejoras.

Variante 1

Se propone una variante de mejora basada en los resultados obtenidos en el manejo integrado de plagas por Castellanos *et al.* (2009) y el manejo integrado de los nemátodos del género *Meloidogyne* (Pérez, 2006). Esta tiene en cuenta, alternativas biológicas, culturales, físicas y legales, con un mínimo de intervención química.

Las medidas que se emplearon para el control de las plagas y enfermedades en La tecnología de casa de cultivo para la producción de tomate son:

Sistema de manejo integrado para casas de cultivos.

1. Medidas agrotécnicas. Correcta preparación del suelo (inversión de prisma rotovator) escarde, deshije, deshoje, conducción adecuada del cultivo, marco de siembra, idóneo, y saneamiento.
2. Medidas de Control Físico. Solarización
3. Medidas de control biológico. Empleo de *Trichoderma*, empleo de *Bacillus Thuringiensis*, HeberNeem
4. Medidas de control químico. Basamid, Agrocetone, Formol
5. Medidas legales. Punto de desinfección, semilla certificada, sustratos certificados, posturas sanas, aislamiento o cercado del área, canal de drenaje y selección negativa.

Con esta variante se considera que se mantienen los rendimientos similares a la variante estándar de producción.

Variante 2

La variante dos consiste en la aplicación del manejo integrado de plagas (Pérez, 2006; Castellanos *et al.* 2009) (**Tabla 1.**) combinada con una variante de sustitución del 50 % la fertilización química por biológica a partir de los resultados de Terry y Ruiz (2008) que contempla humus de lombriz, micorrizas y Biobrass -16.

Tabla 1. Fertilizantes a aplicar por cada fase fenológica.

Trasplante – 1er racimo floral	Emisión del primer racimo – Cuaje del tercer racimo	Cuaje del tercer racimo – Inicio de la cosecha	Cuaje del tercer racimo – Inicio de la cosecha	Inicio de la cosecha – Producción	Fertilización Orgánica	Fertilización Química (usando 50% de la dosis estándar de estos productos)
I	*	*	*	*	Humus de lombriz	
I	II	III	IV	V	micorrizas	H3PO4
I	II	III	IV	V	biobrass-16	HNO3
*	II	III	IV	V		Ca(NO3)2
*	II	III	IV	V		MgSO4
*	II	III	IV	V		KNO3
*	*	III	IV	V		K2SO4
*	II	III	IV	V		NH4NO3

Se consideró que el rendimiento incremental para esta tecnología sería al 2.25% con relación a la variante estándar de producción según los resultados de Terry y Ruiz (2008).

RESULTADOS

En la **Fig.1**, se muestra el análisis comparativo de las alternativas propuestas con enfoque de producciones más limpias con la variante estándar que está vigente en los módulos de casa de cultivo de la empresa Cítrico Arimao, con los resultados obtenidos en el análisis de las variantes de mejoras, donde se demuestra que la variante II es la mejor de todas, la contribución que tiene a las diferentes categorías disminuye en un 7.33 %, esto se debe a que en la variante II se aplica un manejo integrado para el control fitosanitario, y en la nutrición del cultivo se emplean fertilizantes orgánicos como humus de lombriz, micorrizas, biobrass-16) que no contamina al medio ambiente y no hace daño a la salud humana y no permite que se acumulen sales en el suelo.

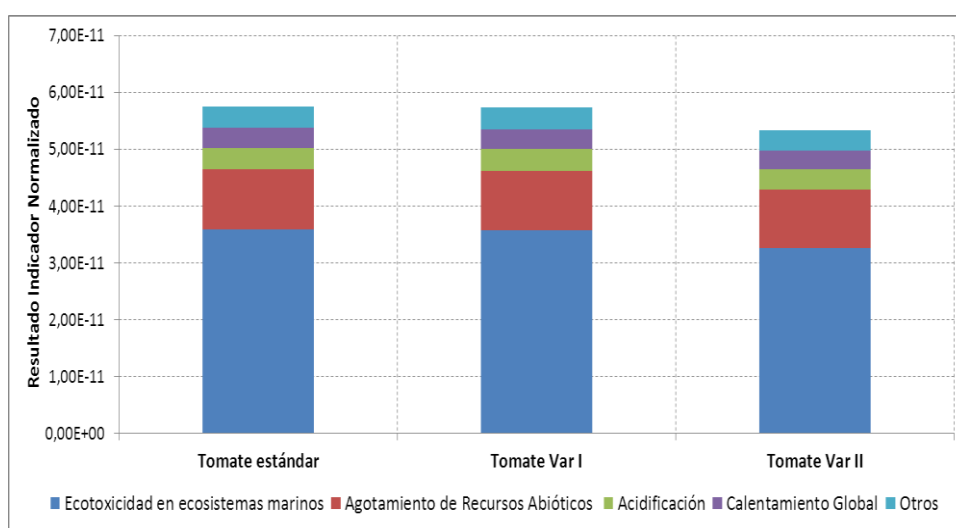


Figura1. Análisis comparativo de las tres variantes ambientales.

Las principales sustancias que tienen una mayor contribución a la categoría ecotoxicidad en ecosistemas marinos en las tres variantes son: el fluoruro de hidrógeno, el bario y el selenio es la sustancia que menor impacto medioambiental genera, el fluoruro de hidrógeno alcanzó valores de 12101.13 kg en la variantes estándar, en la variante I, y con la variante II disminuye 1068.3 kg (**Fig.2**).

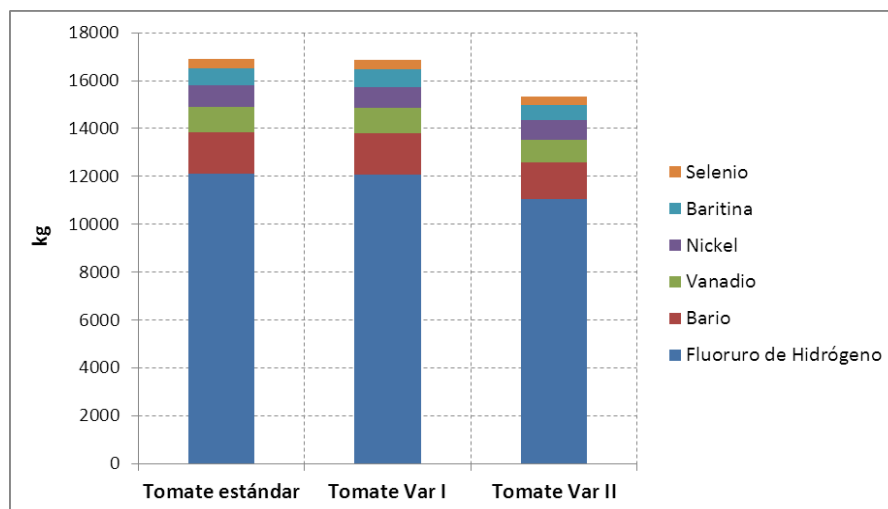


Figura 2. Las principales sustancias que contribuyeron a la categoría eco toxicidad en ecosistemas marinos en las tres variantes.

Los principales compuestos orgánicos que tuvieron mayor contribución al impacto medio ambiental en las tres variantes fueron el petróleo y gas natural (**Fig.3**). El petróleo en la variante II con respecto a la variante estándar y la variante I disminuye en 0.032 kg. El gas natural en la variante estándar, la variante I y II tuvieron valores semejantes de 0.004 kg. El carbón en la variante II disminuye en un 0.005 kg con respecto a la variante estándar y la variante I.

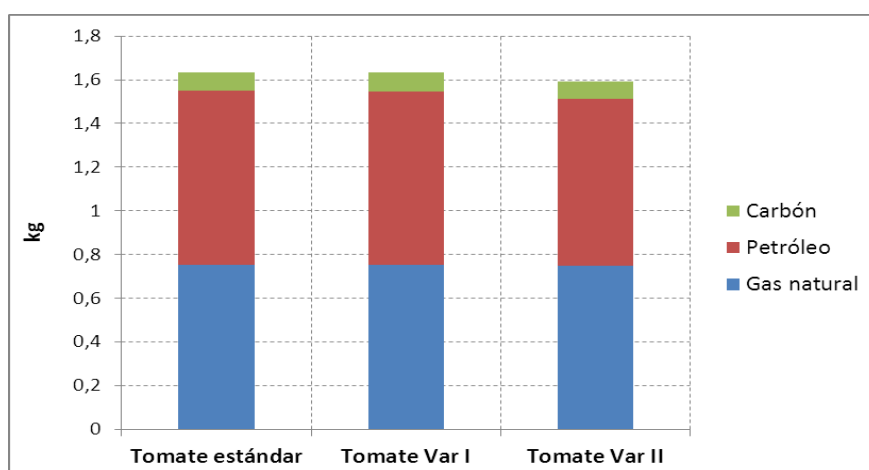


Figura 3. Los principales compuestos orgánicos que contribuyeron a la categoría agotamiento de los recursos abióticos.

En la **Fig.4** se muestran las tres principales sustancias que mayor contribución tuvieron en la categoría acidificación en las tres variantes, de las tres variantes que se analizaron, la variante II representa el menor impacto ambiental, la sustancia que mayor contribución tuvo fue el óxidos de azufre con un valor de 0.54 kg y la de menor contribución fue el óxidos de nitrógenos con un valor de 0.24 kg. En la variante estándar y la variante I son las que generan mayor impacto ambiental, alcanzando valores iguales en el óxidos de azufre con 0.60 kg, 0.38 kg de dióxido de azufre y la sustancia que menor contribución tuvo fue el óxidos de nitrógeno con 0.25 kg respectivamente.

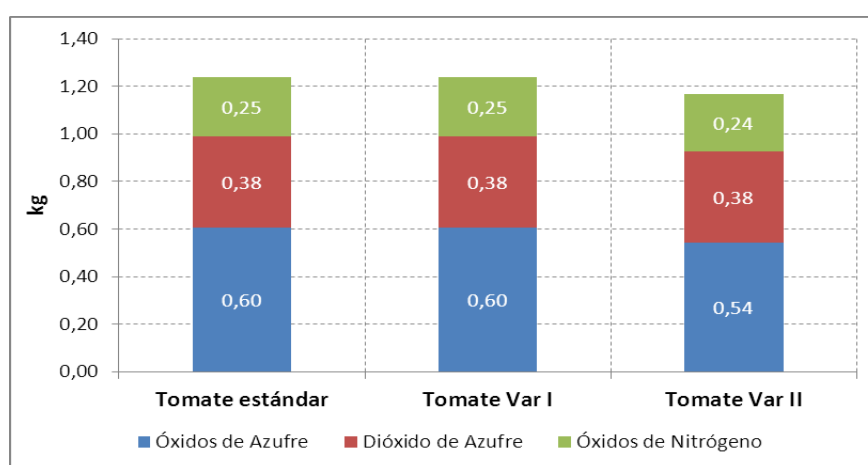


Figura 4. Las tres principales sustancias que contribuyen a la categoría acidificación en las tres variantes.

En la **Fig.5**, se muestran las tres principales sustancias que mayor contribución tuvieron al calentamiento global en las tres variantes analizadas. Como se puede observar de las tres variantes que se estudiaron, la variante II es la que menor impacto ambiental representa, la sustancia que mayor contribución tuvo en esta variante II fue el dióxido de carbono con valores estimados de 129.48 kg, seguido por el metano con valores estimados de 8.57 kg y 0.34 kg de monóxido de dinitrógeno. La variante estándar y la variante I son las que representan mayor impacto ambiental, producidos por sustancias dióxido de carbono alcanzado valores estimados máximos de 135.33 kg, 8.75 kg de metano y 0.38 kg de monóxido de dinitrógeno respectivamente.

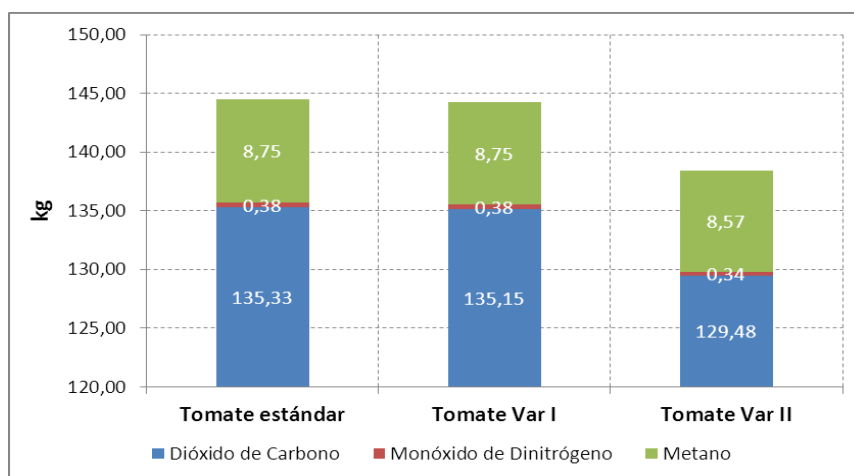


Figura 5. Las tres sustancias principales que contribuye a la categoría calentamiento global en las tres variantes.

DISCUSIÓN

Esto se corresponde con el planteamiento (**Fig.1**), sobre la necesidad de reducir el uso de fertilizantes haciendo ajustes entre el aporte y el consumo y, así, buscar criterios de gestión más racionales en el suministro de nutrientes al cultivo con el propósito de reducir el impacto ambiental realizado por Antón (2004), y también con un resultado donde se ha demostrado que existe un amplio margen para la reducción de las dosis de fertilizantes aplicados (Muñoz *et al.*, 2008).

Estos resultados se corresponde con lo planteado por Chárter *et al.* (1995), sobre que los fertilizantes fosfatados son portadores de cadmio, cinc, cobalto, cobre, cromo, flúor, níquel, plomo y otros elementos (**Fig.2**).

Estos resultados son similares a lo obtenido por Antón (2004) que afirmó que el gas natural es necesario para la fabricación de fertilizantes y el petróleo fue utilizado en la fabricación de materiales plásticos que compone la estructura de invernadero y el sistema de fertirriego (**Fig.3**).

Esto se debe a las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) durante el proceso de producción de los fertilizantes (**Fig.4**), resultados que se relacionan con los obtenidos por Antón (2004) donde la producción y uso de fertilizantes son los de mayor

contribución a la acidificación.

Estos resultados son semejante por lo obtenidos por Muñoz *et al.* (2007), quienes determinaron que la estructura del invernadero tenía la mayor influencia en la categoría de impacto de Cambio Climático, debiéndose las mayores emisiones de CO₂ a la construcción de la propia estructura (**Fig.5**).

De acuerdo con los resultados, puede concluirse que en las variantes de mejoras con respecto a la variante estándar, la variante I disminuye el impacto en 0.41 %, y la variante II en un 7.33 %, resultando la variante II, la que menor contribución tiene al impacto en las categorías acidificación y calentamiento Global.

REFERENCIAS

- Antón-Vallejo, A.M. 2004. Utilización del Análisis del Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del Cultivo bajo Invernadero Mediterráneo / María Asunción Antón Vallejo; José María Baldasamo, Tutor - Programa Doctorado en Ciencias Ambientales, UPC. 229 pp.
- Armenta-Bojórquez, A.D. 2001. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Horticultura*. Vol. 7, no. 1, p. 61-75.
- Cabezas-Aguirre, C. 2002. Nutrición Vegetal en flor de corte en el sur del Estado de México /Cesar Cabezas Aguirre- Estado de México, Tomo 8.
- Camejo Lorenzo, E. 2010. Tecnología de Riego y Fertirrigación en Ambientes Controlados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* (San José de Las Lajas) 19(1):1Enero-Marzo 2010.
- Castellanos, L., R. Jiménez, A. Pérez, T. Rivero y B. Roselló. 2009. El manejo integrado de plagas en la provincia de Cienfuegos 1996 a 2006. Cienfuegos, Cuba: Ed. Universo Sur. 89p.
- Charter, R.A., M.A. Tabatabai, J.W. Schafer. 1995. Arsenic, molybdenum, selenium, and tungsten contents of fertilizers and phosphate rocks. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:3051-3060.
- Chaveli, P. 2004. Impacto del manejo agrícola del suelo en casas de cultivo. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9-12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Gómez, O., Casanova, A., Laterrot, H. Anais, G. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana. IIHLD. MINAGRI: 159 p.
- Muñoz, P., Antón, A., Paranjpe, A., Ariño, J. and Montero, J.I. 2008. High decrease in

- nitrate leaching by lower N input without reducing greenhouse tomato yield. *Agronomic and Sustainable Development* 28:489–495.
- Muñoz, P., Antón, A., Vijay A., Ariño, J., Castells, X., Montero I., Rieradevall J. 2007. Comparing the environmental impacts of Greenhouse versus open-field tomato production in the mediterranean región. *Acta Horticulturae* (801):1591- 1596.
- NC-ISO 14 040: 1999. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura".
- Pérez González, G. 2006. Alternativa biológicas de lucha contra nematodos nodulares en tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill) bajo casas de cultivos protegidos/Grisell Pérez González; Leónides Castellanos González (Tutor). Tesis presentada en opción al grado científico de Master en Ciencias Agrícolas, UNAH (La Habana). 57p: ilus
- Terry, E. 2008. Evaluación de biopreparados para la producción de tomate bajo sistema de cultivo protegido. *Cultivos Tropicales* (La Habana) 29 (3):1Julio-Septiembre 2008.