



06

06

Fecha de presentación: enero, 2018

Fecha de aceptación: marzo, 2018

Fecha de publicación: abril, 2018

MEJORAS TECNOLÓGICA PARA LAS PRODUCCIONES MÁS LIMPIAS DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM L.*) EN TECNOLOGÍA DE CULTIVO PROTEGIDO

TECHNOLOGICAL IMPROVE FOR THE CLEANEST PRODUCTIONS OF TOMATO (*SOLANUM LYCOPERSICUM L.*) IN TECHNOLOGY OF PROTECTED CULTURE

Yoandris Socarrás¹

E-mail: ysocarras@ucf.edu.cu

Elein Terry Alfonso²

Ángel Lázaro Sánchez Iznaga³

Mailiú Díaz Peña¹

¹ Universidad de Cienfuegos. Cuba.

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Mayabeque. Cuba.

³ Universidad de Valparaíso. Chile.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Socarrás, Y., Sánchez Iznaga, A. L., & Díaz Peña, M. (2018). Mejoras tecnológica para las producciones más limpias de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en tecnología de cultivo protegido. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 54-61. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar mejoras tecnológicas para la producción más limpias de tomate en tecnología protegidos. Se evaluaron tres variantes (0,1 y 2) tecnológicas de producción de tomate y se tuvieron en cuenta todas las materias primas utilizadas en la producción de tomate, desde la fase de semillero del cultivo hasta la cosecha, en una casa de cultivo protegido modelo tropical con 900m² en la Empresa Cítrico Arimao en el municipio Cumanayagua, provincia Cienfuegos. Se utilizó la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), se empleó el método CML, con el software Sima Pro 7.1. Como resultado se obtuvo que la variante dos es la mejor de todas reduciendo el impacto ambiental en un 7,33 %. En el análisis por categorías la de mayor contribución al impacto ambiental es la ecotoxicidad en ecosistemas acuáticos, la sustancia que más influencia tuvo es el fluoruro de hidrógeno con valores 12101.13 kg. En la categoría agotamiento de los recursos abióticos el petróleo y gas natural fueron los compuestos orgánicos que mayor contribución tuvieron. El óxido de azufre es la sustancia de mayor contribución en la categoría acidificación. En la categoría calentamiento global la sustancia que mayor contribución tuvo al medio ambiente es el dióxido de carbono alcanzado un valor total de 272.56 kg. Desde el punto de vista económico financiero la variante dos es la más rentable de todas.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, tecnología protegida, cultivo tomate.

ABSTRACT

The present research was carried out with the objective of evaluating technological improvements for the production of cleaner tomatoes in protected technology. Three technological variants (0,1 and 2) of tomato production were evaluated, two of them were technological improvements based on the results obtained and took into account all the raw materials used in tomato production, from the seedling stage of the crop to the harvest, in a protected cultivation house tropical model with 900m² in the Citric Company Arimao, Cumanayagua Municipality, Cienfuegos Province. It was used the Life Cycle Analysis (LCA) methodology, using the CML method with the SimaPro 7.1 software. As a result it was obtained that variant 2 is the best of all reducing environmental impact by 7.33%. In the categorical analysis the one that contributes most to the environmental impact is ecotoxicity in aquatic ecosystems, the substance that had the most influence was the hydrogen fluoride with values of 12101.13 kg. In the depletion of abiotic resources oil and natural gas were the organic compounds that contributed most. Sulfur oxide is the major contributing substance in the acidification category. In the category of global warming the substance that had the greatest contribution to the environment is the carbon dioxide that reached a total value of 272.56 kg. From the financial economic point of view, variant 2 is the most profitable of all.

Keywords: Life Cycle Analysis, protected technology, tomato cultivation.

INTRODUCCIÓN

La tecnología de producción protegida de hortaliza 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 (Casanova, Gómez, Hernández, Chailloux, Depestre & Pupo, 2003).

En Cuba dicha tecnología fue instaurada 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.

Las principales hortalizas producidas en Cuba en la tecnología protegida son: Tomate (*Solanum lycopersicum L.*), Pimiento (*Capsicum annum. L.*), Pepino (*Cucumis sativus L.*) y el Melón (*Cucumis melo L.*) (Casanova, Gómez, Hernández, Chailloux, Depestre & Pupo, 2007).

En esta tecnología de casa de cultivo protegido para el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate, el cultivo necesita una adecuada nutrición y control fitosanitario, al cual estas labores que se realiza al cultivo en las diferentes fases fenológicas, se hace reiteradamente un número de 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.

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; Chaveli, et al., 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 los bio fertilizantes y bio estimulantes logra disminuir el uso de fertilizantes químicos y mejorar las condiciones del suelo, manteniendo o aumentando los rendimientos de los cultivos. En este mismo sentido, se indica que la fertilización orgánica sustituye en gran medida el uso de fertilizantes minerales (Soto, 2006).

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

Por tal motivo se libera al medio una alta carga tóxica que no se corresponde con la política ambientalista que desarrolla Cuba. Por otra parte no existe

la propuesta de una tecnología científicamente fundamentadas para las producciones más limpias en casa de cultivo, ni para el tomate, ni ningún otro cultivo, aunque sí resultados de investigación donde se proponen alternativas biológicas y de manejo integrado de la fertilización y de las plagas y enfermedades.

Tomado en cuenta lo anterior el objetivo del presente trabajo fue evaluar variantes de mejoras tecnológicas para la producción más limpias de tomate en la tecnología producción protegida en la Empresa Cítrico Arimao del municipio Cumanayagua, Provincia Cienfuegos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en una casa de protegido perteneciente a la Empresa Cítricos 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).

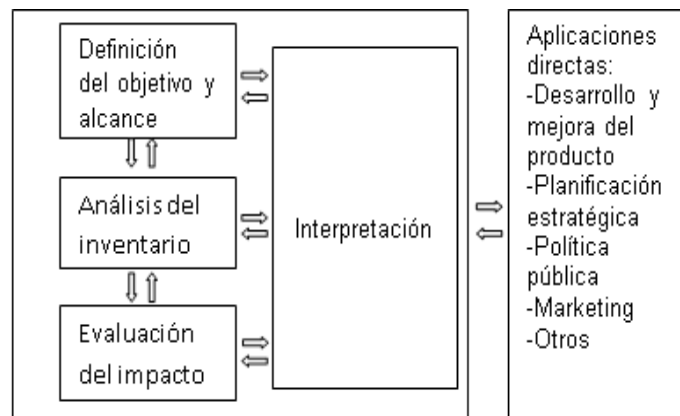


Figura 1. Fases de la metodología del ACV según la norma ISO 14040, 2006.

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

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 (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.

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 & 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 CO2 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 SO2 eq
Otros	Incluye otras categorías de impacto (destrucción de ozono estratosférico, toxicidad humana, oxidación fotoquímica, eutrofización, energía, agua)	

Se evalúan las siguientes variantes:

Variante: 0 (Estándar)

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 (Casanova, et al., 2003).

Variante 1

Esta variante consistió en la propuesta de mejora basada en los resultados obtenidos en el manejo integrado de plagas y nemátodos del género *Meloidogyne* (Pérez, 2011). Esta tiene en cuenta alternativas biológicas, culturales, físicas y legales con un mínimo de intervención química, pero se mantiene la nutrición del cultivo. El rendimiento en esta variante se mantiene igual que la variante estándar.

Variante 2

La variante dos consiste en la aplicación del manejo integrado de plagas y el manejo integrado de los nemátodos del género *Meloidogyne* (Pérez, 2011). Combinada con una variante de sustitución del 50 % la fertilización química por biológica a partir de los resultados de Terry, *et al.* (2008), que contempla humus de lombriz, micorrizas y Biobrass -16.

Se consideró que el rendimiento incrementa para esta tecnología sería al 2.25% con relación a la variante estándar de producción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2, 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 dos 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 dos 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, además estos biopreparados que se proponen no producen daños ni a la salud humana, ni al manto freático, y mejora las propiedades físicas, química y biológica del suelo. Resultados semejantes fueron obtenidos por Aguirre (1994); y Barreto (2000), en estudios sobre aplicaciones de materia orgánica en suelos hortícolas y de olivares, respectivamente.

Estos resultados alcanzados se relacionan con lo obtenidos por Gandarilla (1988); Balmaseda & Ponce de León (2009), quienes afirmaron que la materia orgánica influye en la resistencia de los suelos a la erosión y es un elemento favorecedor en la composición tanto física, química como biológica del suelo. Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas (Cegarra, et al., 1993). Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento en los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y en el pH (Quédraogo, et al., 2001), también aumentan el potasio disponible (Erhart et al., 2003), y el calcio y el magnesio (Jakobsen 1996; Miyasaka, Hollyer & Kodani, 2001).

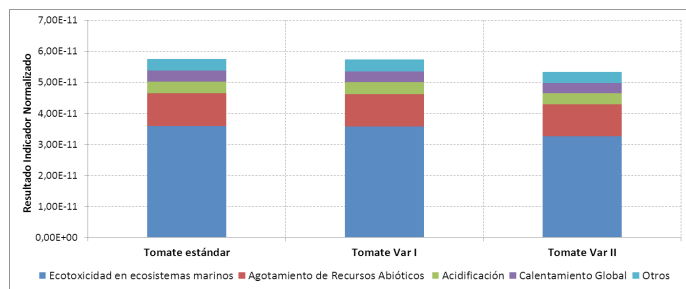


Figura 2. Análisis comparativo de las tres variantes ambientales.

Las principales sustancias que contribuyeron a la categoría ecotoxicidad en ecosistemas acuáticos en las tres variantes, es el fluoruro de hidrógeno alcanzó valores máximos de 12101,13 kg y la sustancia que menor contribución tuvo en dicha categoría es selenio con 1147 kg (Figura 3). De las variantes de mejora ambiental estudiadas se pudo observar que la variante uno es de mayor contribución, y la variante dos es la que menor sustancia toxica genera a la categoría ecotoxicidad en ecosistemas acuáticos. Esto resultados obtenidos de la alta carga toxica

de sustancia se debe al uso excesivo de fertilizantes químicos utilizados en la nutrición del cultivo en la tecnología protegida. Estos resultados se corresponde con lo planteado por (Chárter, et al, 1995), sobre que los fertilizantes fosfatados son portadores en su contenidos de elementos trazas como cadmio, cinc, cobalto, cobre, cromo, flúor, níquel, plomo y otros elementos. También se encuentra relacionado con lo de (Guevara, 2004), para minimizar la carga toxicas en la tecnología de cultivo se recomienda la aplicaciones de 3 Kg/m² de abono orgánico en instalaciones de cultivo protegido

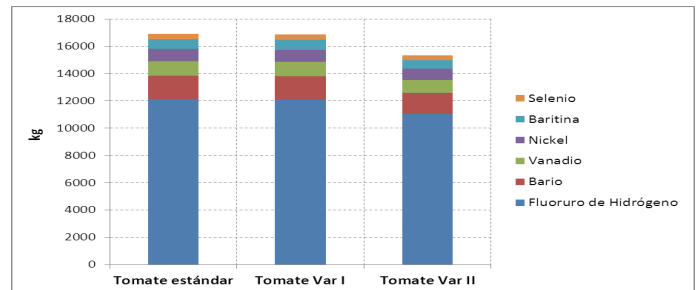


Figura 3. Las principales sustancias que contribuyeron a la categoría eco toxicidad en ecosistemas acuáticos en las tres variantes.

Los principales compuestos orgánicos que tuvieron mayor contribución al impacto medio ambiental en las tres variantes fueron el petróleo y gas natural (Figura 4). El petróleo en la variante dos con respecto a la variante estándar y la variante uno disminuye en 0.032 kg. El gas natural en la variante estándar, la variante uno y dos 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. 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.

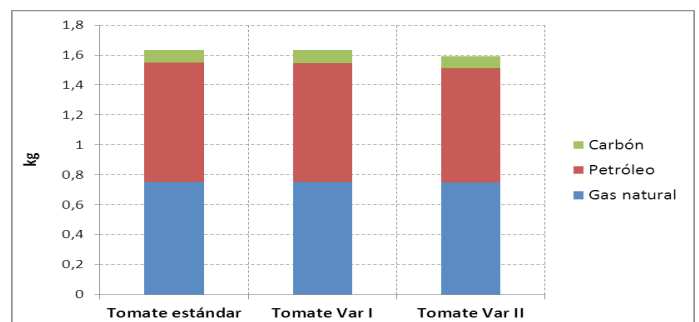


Figura 4. Los principales compuestos orgánicos que contribuyeron a la categoría agotamiento de los recursos abióticos.

En la Figura 5, 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 dos representa el menor impacto ambiental, la sustancia que mayor contribución tuvo en las variantes estudiadas es el óxidos de azufre con un valor de 0.54 kg y la de menor contribución el óxidos de nitrógenos con un valor de 0.24 kg. Esto se debe a las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) durante el proceso de producción de los fertilizantes, 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. También estos resultados coincide con lo de (Cotana, et al., 2010) Se debe principalmente a las emisiones de amoníaco y óxidos de nitrógeno derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

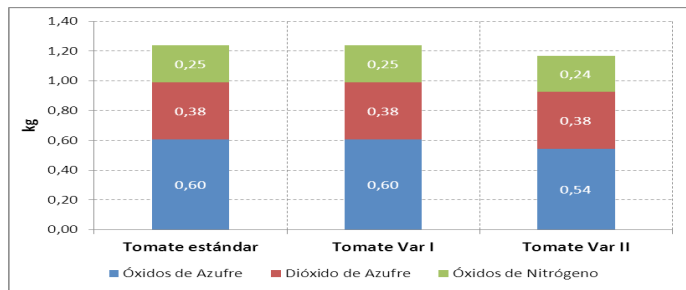


Figura 5. Las tres principales sustancias que contribuyen a la categoría acidificación en las tres variantes.

En la Figura 6, 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 dos es la que menor contribución generó al impacto ambiental en la tecnología de cultivo protegido. La sustancia que mayor contribución en las tres variantes analizadas es el dióxido de carbono con valores estimados de 129.48 kg y la sustancia que menor contribución tuvo al medio ambiente es monóxido de dinitrógeno con 0.38 kg. Estos resultados son semejante por lo obtenidos por Muñoz, Antón, Paranjpe, Ariño & Montero (2008), 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.

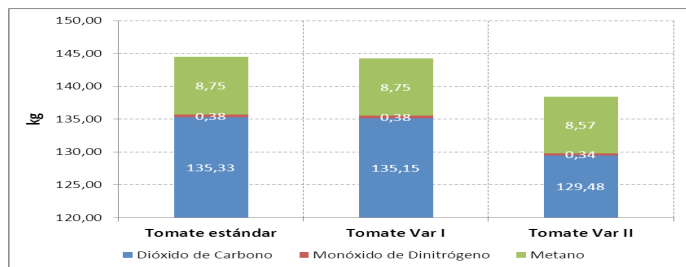


Figura 6. Las tres sustancias principales que contribuye a la categoría calentamiento global en las tres variantes.

Análisis de la evaluación Económica

Variante 1

En la variante uno el flujo de caja y los perfiles del VAN se pueden observar en las Figuras 7 y 8, a partir de los flujos de caja proyectados se muestra una recuperación de la inversión en un mes y veinticuatro días, resultando el máximo valor proyectado para los flujos de efectivo de \$26446,45. Los perfiles del VAN se mueven en el rango de los \$75661,96 y \$79745,55.

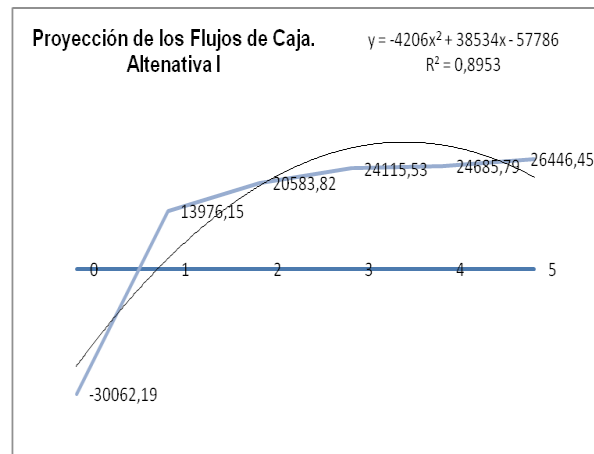


Figura 7. Proyección de los Flujos de Caja.

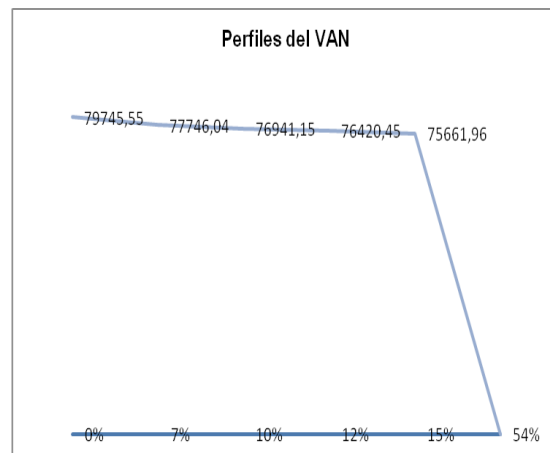


Figura 8. Perfiles del VAN.

Variante 2

En la variante II los flujos de caja y los perfiles del VAN se pueden observar en las Figuras 9 y 10, a partir de los flujos de caja proyectados se muestra una recuperación de la inversión de mes y medio, resultando el máximo valor proyectado para los flujos de efectivo de \$45786.45. Los perfiles del VAN se mueven en el rango de los \$113360.38 y \$119147.00.

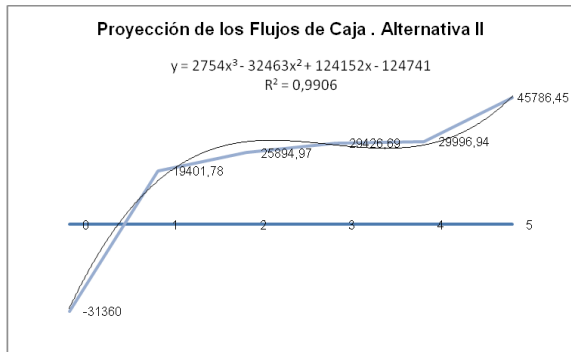


Figura 9. Proyección de los Flujos de Caja.

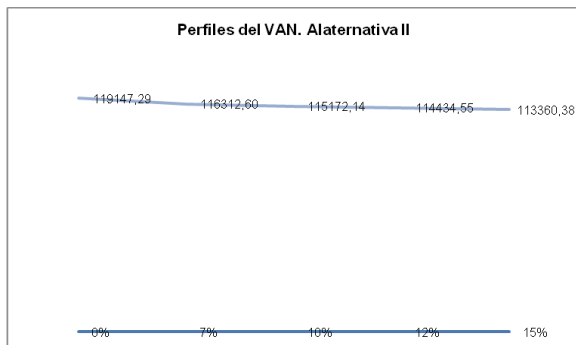


Figura 10. Perfiles del VAN.

CONCLUSIONES

En el análisis de las variantes de mejoras, la variante dos es la de menor contribución al impacto ambiental, minimizando la carga tóxica en un 7,33 %.

La categoría que mayor contribución tuvo al impacto ambiental en la tecnología de cultivo protegido fue la ecotoxicidad en ecosistemas acuáticos y la de menor contribución es el calentamiento global.

El análisis económico realizado demostró que la variante que más se aproxima al caso base es la variante dos, ya que además de ser la más saludable y menos agresiva al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguirre, Y. (1994). Fertilización química y orgánica en lechuga (*Lactuca sativa*, L.). *Revista Facultad Agronomía (Maracay)*, 20, 111-122.

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. Barcelona: Universidad de Barcelona.

Armenta-Bojórquez, A. D. (2001). Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Revista Chapingo Horticultura*, 7(1), 61–75. Recuperado de <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshVII248.pdf>

Balmaseda, E. C., & Ponce de León, D. (2009). Evaluación de tierras con fines agrícolas. La Habana: Científico Técnica.

Barreto, C. (2000). Efectos de la aplicación de residuos de almazara en el fósforo asimilable y otras propiedades edáficas de un olivar en regadío. *Edafología*, 7(2), 29-38. Recuperado de <http://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%207-2.%20Mayo%202000.%20pag%2029-38.pdf>

Camejo, L. E. (2010). Tecnología de Riego y Fertirrigación en Ambientes Controlados. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(1). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000100014

Casanova, A., Gómez, O., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., & Pupo, F. (2003). Manual para la producción protegida de hortalizas. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova.

Casanova, A., Gómez, O., Hernández, M., Chailloux, M., Depestre, T., & Pupo, F. (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. La Habana: Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova.

Cegarra, J. A., et al. (1993). Características, compostaje y uso agrícola de residuos sólidos urbanos. *Jornadas de Recogidas Selectivas en Origen y Reciclaje*. (pp. 46-55). Córdoba: Mundi – Prensa

Chaveli, P., et al. (2004). Impacto del manejo agrícola del suelo en casas de cultivo. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Erhart, E., & Hartl, W. (2003). Mulching with compost improves growth of blue spruce in Christmas tree plantations. *European Journal of Soil Biology*, 39(3), 149-156. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/.../S116455630300030X>

Gandarilla, J. (1988). Informe final del resultado 513-03. Uso del humus de lombriz en los principales suelos y cultivos del país. Camagüey: Estación de suelos.

Guevara, A. (2004). Aplicaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para las hortalizas en casa de cultivo protegido. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

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

Jakobsen, S. T. (1996). Leaching of nutrients from pots with and without applied compost. *Resour. Conserv. Recyc*, 18, 1-11.

Miyasaka, S. C., Hollyer, J. R., & Kodani, L. S. (2001). Mulch and compost effects on yield and corm rots of taro. *Field Crops Res*, 71, 101-112.

- Muñoz, P., Antón, A., Paranjpe, A., Ariño, J., & Montero, J. I. (2008). High decrease in nitrate leaching by lower N input without reducing greenhouse tomato yield. *Agronomic and Sustainable Development*, 28(4), 489–495. Recuperado de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00886429/document>
- Pérez, G. G. (2011). *Alternativas biológicas de lucha contra nematodos noduladores en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) bajo de casas de cultivos protegidos*. Tesis de maestría. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- República de Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (1999). *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura*. La Habana: ONN.
- Soto, M. (2006). Renovación de plantaciones bananeras, un negocio sostenible, mediante el uso de umbrales de productividad, fijados por agricultura de precisión. 7a Reunión internacional de la asociación para la cooperación en las investigaciones sobre banano en el Caribe y en la América Tropical. Joinville-Santa Catarina.
- Terry, E., & Ruíz, J. (2008). Evaluación de bio preparados para la producción de tomate bajo sistema de cultivo protegido. *Cultivos Tropicales*, 29(3). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362008000300002