

CARLOS RAFAEL RODRIGUEZ



Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo.

*TÍTULO: Propuesta de mejoras tecnológicas para la producción sostenible de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la tecnología del cultivo protegido en la UEB Horquita.*

AUTOR: Yurki Linares Calderón.

TUTOR: Msc Yoandri Socarras Armentero.

Consultante: Drc: Leonides Castellanos González.

AÑO: 2012 – 2013

Agradecimientos

lo que el ser humano es capaz de lograr con su esfuerzo, dedicación y fuerza de voluntad, Cuando pienso que no existen obstáculos ni barreras, que impidan alcanzar entonces pienso que ahí es donde se halla el verdadero valor de las cosas por ello dedico mi investigación en especial:

A mi madre: por confiar en mí, darme el cariño que necesito y guiarme por el camino correcto.

A la memoria de mi padre.

A mis hermanos: por estar siempre conmigo.

A mis sobrinos: por darme tanto cariño.

A Mis compañeros de aulas: que a todos los quiero

A mis tutores: Msc Yoandri Socarras. .

A los trabajadores: de la casa de cultivo de horquita en especial a Yosbani.

A todos los profesores que me han enseñado hacer mejor como persona y superar mis estudios.

A mi director: Martín Rodríguez por darme todo su apoyo.

En especial: Miriam por estar con migo en cada momento difícil de mi vida.

A mi sobrina: Leisy por brindarme todo su apoyo.

A todos los que tuvieron que ver con la realización de este trabajo.

A TODOS MUCHAS GRACIAS

Pensamiento

*NO HAY IGUALDAD SOCIAL POSIBLE SIN
IGUALDAD DE CULTURA.*

José Martí

INDICE

Pensamiento.	
Agradecimiento.	
Resumen.	
Introducción.	
1. Revisión bibliográfica	
1.1 Origen del tomate.	
1.2. Modelos de Invernaderos y sus características.	
1.3. Impactos negativos en los invernaderos.	
1.4. Tecnologías de cultivos empleadas en los invernaderos.	
1.5. Alternativas empleadas en la nutrición en las tecnologías protegidas.	
1.6. Alternativa más utilizada para el control fitosanitarios en las tecnologías protegidas.	
1.7. Principales enfermedades que atacan al cultivo y las hortalizas en el cultivo protegido.	
1.8. Descripción del cultivo de Tomate.	
1.9. Híbridos de tomate recomendados para de casa de cultivo.	
1.101. Historia General del Análisis del Ciclo de Vida (ACV).	
1.11 Normas que establecen las fases del análisis del ciclo de vida (ACV).	
1.12. Importancia de la herramienta del análisis del ciclo de vida (ACV)	
1.13. Aplicaciones del análisis del ciclo de vida (ACV)	
1.14. Aplicación del análisis del ciclo de vida (ACV) en Cuba	
1.15. Aplicaciones del análisis del ciclo de vida (ACV) en la Agricultura.	
2.2 Materiales y métodos.	
2.1 Definición de los objetivos y alcance.	
2.2 Análisis del inventario.	
2.3 Evaluación del impacto ambiental.	
2.4 Mejoras tecnológicas para la producción mas limpia del cultivo del tomate en casa de cultivo.	
2.4.1 variante de mejoras para el cultivo del tomate.	

Resumen

El presente trabajo se realizó en la UEB Agropecuaria Horquita el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la tecnología de casa de cultivo. Propuesta de mejora tecnológica para la producción sostenible de tomate en casa de cultivos protegido en la UEB casas de cultivos Horquita. Se utilizó la metodología análisis de ciclo de vida que permite proponer las técnicas más adecuadas que conllevan a la definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto ambiental y análisis de mejoras. Se utilizó la herramienta informativa Sima Pro. Se determinó que los principales problemas ambientales están concentrados en la eco toxicidad en ecosistemas marinos, seguido por el agotamiento de los recursos abióticos, potencial de calentamiento global, potencial de acidificación. 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 eco toxicidad en ecosistemas marinos con un valor 29.20%, seguido por las cajas de plásticos 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 eco toxicidad en los ecosistemas marinos y el calentamiento global. Se proponen una variantes de mejoras para disminuir los impactos ambientales e incrementar los rendimientos. Con la variante el impacto ambiental disminuye en un 24.04% con respecto a la variante estándar y la propuesta de mejora es la alternativa que se aproxima, desde el punto de vista económico financiero se muestra una recuperación de la inversión en tres meses, resultando el máximo valor proyectado \$131 686,39. La comparación ambiental y económica de la variante de mejora permite afirmar que la propuesta de mejora tiene un menor impacto resulta ser la más rentable respecto a la estándar, y el impacto social es menor ya que es la más saludable y menos agresiva al medio ambiente.

Introducción

Actualmente se reportan a nivel mundial 1.6 millones de hectáreas de cultivos protegidos, de las cuales 920 mil hectáreas son invernaderos (57.5 %), casa de cultivos y túneles 652 mil hectáreas (40.7 %) y de hidroponía 28 mil hectáreas. La mayor superficie de cultivos protegidos se localiza en Asia y Europa, con un 62 % y 23 % del área total del mundo respectivamente. Se distinguen Japón (130 300 hectáreas), China (85 000 ha), Italia (80 500 ha) y España (50 200 ha). En el continente Americano se destacan Estados Unidos (10 250 ha), Colombia (4 500 ha), Ecuador (2700 ha) y México (1 200 ha) (MINAGRI, 2009).

En el cultivo protegido constituye una transferencia tecnológica muy reciente, la cual esta diseñada brindar protección a la planta del exceso de radiación solar e intensas precipitaciones a las plantas. Mediante el efecto sombrilla (Casanova y Gómez 1997).

En dicho sistema de producción las plantas son sometidas a condiciones ambientales distintas, por lo que sus necesidades hídricas son diferentes para satisfacer las mismas es necesario el estudio de la evotranspiración del cultivo (Martín 1993).

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 país cuenta actualmente con 2598 casa de cultivos protegidos, en 178.18 hectáreas de superficie, distribuidas por todo el territorio nacional como parte de la estrategia para contrarrestar los efectos negativos de los ciclones y generalizar el dominio de esta tecnología (MINAGRI, 2009).

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 atendido resultados satisfactorios (Casanova *et al.*, 2003).

Desde el año 1996 el Ministerio de la Agricultura viene introduciendo el cultivo protegido del tomate con vistas a satisfacer la demanda del turismo interno, mercado de frontera y consumo fresco nacional durante todo el año. Se prevé que solamente en los tres polos turísticos principales del país se demanden más de 25 000 toneladas de hortalizas frescas, de las cuales el 50% será tomate fresco (Casanova *et al.*, 2000).

Las producciones de hortaliza obtenidas en Cuba, según MINAGRI (2008) ascendieron a 340 966t y en la provincia de Cienfuegos se obtuvieron una producción 10 947 t. En los últimos años, se ha estado introduciendo a escala estatal casa de cultivo protegido (invernadero tropicales), ya que en estas es posible realizar una alta producción y tecnificación de este cultivo, además de lograr producciones fuera de épocas, lo que aumenta su valor comercial. Las principales hortalizas producidas en Cuba en la tecnología protegida son (*Lycopersicon esculentum* mill), pimiento (*Capsicum annum*.l). Pepino (*Cucumis sativus* l.) Y el melón (*Cucumis Melo* l.) (Casanova *et al.* 2007).

Estos insumos químicos que se utilizan para la producción de hortalizas producen efectos en la salud de los agricultores que son los principales afectados, y también sobre por los consumidores que pueden ingerir los residuos de fertilizantes y plaguicidas causantes de enfermedades agudas y crónicas (cánceres, leucemia, malestar general y cefaleas persistentes). Por tal motivo se libera al medio una alta carga tóxica que no se corresponde con la política ambientalista que desarrolla Cuba. Sin embargo no existe Propuestas tecnológicas para la producción sostenible en casa de cultivo, ni para el tomate, ni ningún otro cultivo, aunque existen resultados de investigación donde se proponen alternativas biológicas en la nutrición diaria.

Problema Científico

No existe una tecnología de cultivo para el tomate en condiciones protegidas que permita su producción de forma sostenible y a su vez obliga a realizar estudios que posibiliten el establecimiento de mejoras tecnológicas para este cultivo reduciendo la contaminación química en la UEB Horquita.

Hipótesis

Existe un grupo de resultados de investigaciones sobre alternativas biológicas con un mínimo de empleo de químicos en la nutrición y el control fitosanitario en tomate para condiciones protegidas, que si se integran convenientemente permiten establecer mejoras tecnológicas para la producción sostenible de tomate en casa de cultivos protegido.

Objetivo General

Proponer mejoras tecnológicas para la producción sostenible de tomate en casa de cultivos protegido en la UEB Horquita.

Objetivos Específicos:

Diagnosticar el empleo de agrotóxicos en la casa de cultivos objeto de investigación.

Evaluar mejoras tecnológicas para la producción sostenible de tomate en casa de cultivos protegido.

1. Revisión Bibliográfica

1.1. Origen del cultivo de tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en ese país e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos y de Europa, también se difundió a Estados Unidos y Canadá (InfoAgro, 2003).

La planta de tomate corresponde al género *Lycopersicon esculentum* Mill., es originaria de la costa oeste de América del Sur, desde el ecuador hasta unos 30 grados de latitud sur (Peralta, 2007).

Existen evidencias arqueológicas que demuestran que el tomatillo, una variedad del tomate, ácida y de color verde, que aún se consume en México, fue usado como alimento desde épocas prehispánicas. Esto hace pensar que el tomate también fue cultivado y usado por los pueblos originarios mesoamericano desde antes de la llegada de los españoles. Es posible que después de la llegada de los españoles el tomate se cultivara y consumiera más que el tomatillo por su apariencia colorida y su mayor tiempo de vida después de ser cosechado.

2. Modelo de invernadero y sus características

A nivel mundial existe una gran variabilidad de modelos de invernaderos que se pueden resumir:

- Casa de cultivo israelí
- Casa de cultivo "Cari sombra"
- Túnel tipo sombrilla

Casa de cultivo rústica

Estructura de madera u otros materiales locales, de 8,90 m de ancho por 42 m de largo, con una altura de 4 a 5 m con cobertura superior de polietileno o rafia platicada, abertura cenital, protección lateral con malla sombreadora (35 %) y sistema de riego localizado (por goteo) (IIHLD, 1997 y 1999). Actualmente se están fabricando casas con estructuras metálicas basadas en el modelo Tropical con efecto " sombrilla" (Gómez *et al.*, 2000)

Invernadero multitúnel

Este tipo de invernadero está formado por una estructura de acero, de techo arqueado, y una cubierta de plástico. Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5 x 8 o 3 x 5 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3.5 y 5.0 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2.5 a 4.0 m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9 m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

Invernadero de raspa y amagado

Tipo motril con cubierta de PE y altura de 4 mm a canal y 5.5 m a cubierta, dotado de ventanas cenitales de cremallera y laterales enrollables toda protegida con mallas antiinsectos.

Tropical A-12

Procedencia cari sombra malla de sombra 35 % por laterales y frente efecto sombrilla. (Casanova *et al* 2007).

Invernadero parral

Una de las mejores virtudes de los invernaderos tipo parral es la capacidad para adaptarse a cualquier tipo de parcela, sea cual sea su forma y cabida .Ello a su vez hace que sus dimensiones en planta sean variables, pudiendo observarse invernaderos desde 500 o 1 000 m2 y hasta 10 000 m2.

La estructura más simple, dentro de la tipología del invernadero parral, es de cubierta plana, con una altura que oscila entre 2,5 y 3,0 m. Esta altura define el volumen unitario del mismo orden 2,5 a 3,0 m³. / m²

Los invernaderos de tipo parral que se construyen actualmente son los de cubierta de dos aguas, tienen una extensión media comprendida entre 2 000 y 5 000 m². y una altura entre 3,0 y 4,5 m, habiendo mejorado el tipo unitario, y por tanto la energía técnica del invernadero y la capacidad de captación de la radiación solar (Venden Mijzenberg, 1980)

1.3. Impactos negativos de los agrotóxicos empleado en la tecnología protegida.

La relación N/K contribuye a la formación del rendimiento en el cultivo protegido del tomates efecto negativo de un exceso de N es especialmente notable, cuando las dosis de K son más bajas; de igual forma, un déficit de N trae como consecuencia paredes celulares delgadas, tallos débiles y una insuficiente producción de biomasa,

Para incrementar la eficiencia de aprovechamiento de los nutrientes y fomentar la rentabilidad de la producción sin deterioro de los recursos naturales. Una forma de proceder es mediante la cuantificación de la demanda diaria del cultivo, lo que permitiría hacer los ajustes necesarios en el manejo de la fertilización ([http://www. InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm](http://www.InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm).26 (2019).

La acción racional de los fertilizantes consiste en emplear cantidades adecuadas de estos, ya que muy poco aporte origina bajos rendimientos y un exceso puede representar toxicidad de la producción así como afectación del medio ambiente y gastos adicionales e inclusive peores rendimientos y calidad de la cosecha, es por ello que una fertilización correcta resulta siempre uno de los medios más eficaces para lograr mejores cosechas, así como para mejorar la fertilidad del suelo (Arzola *et.al.*, 1986).

La tecnología de producción de hortalizas bajo invernaderos trae consigo efectos colaterales indeseables, que pueden repercutir directamente en la salud pública y en el medio ambiente.

Los plaguicidas producen efectos agudos como vómitos, diarreas, abortos, cefalea, somnolencia alteraciones de comportamiento, convulsiones, coma y muertes están asociados a accidentes donde una única dosis alta es suficiente para provocar los efectos que se manifiestan tempranamente. Los crónicos (cánceres, leucemia, necrosis de hígado, malformaciones congénitas, neuropatías periféricas, a veces solo malestar general cefaleas persistentes, dolores vagos) se deben a exposiciones

Repetidas y los síntomas o signos aparecen luego de un largo tiempo (hasta años) de contacto con el pesticida, dificultando su detección. Dado que su biotransformaciones muy lenta, los pesticidas provocan efectos acumulativos en las personas expuestas. La modificación del clima dentro del invernadero, lo hace más benigno para el desarrollo de patógenos, requiriendo su control el uso frecuente de insecticidas y fungicidas, que al volatilizarse están contaminando el aire, poniendo en riesgo a los pobladores cercanos a las explotaciones y más directamente a quienes los aplican cuando esto no se hace dentro de las normas de seguridad. (Corey G *et al.*, 1991).

1.4. Tecnologías empleadas en el cultivo protegido

Fertirriego.

La tecnología empleada para el riego es el sistema localizado por goteo y la nutrición se realiza por esa vía (fertirrigación).

Para la protección fitosanitaria se aplican los conceptos de Manejo Integrado, con énfasis en las medidas tecnológicas empleadas en las medidas debajo del hijo del primer racimo en condiciones de cultivo protegido y además encontró un mayor porcentaje de frutos de calidad extra y primera. (Moreno, 2004).

Deshije

Según Cheng (1975) en diversas investigaciones el deshije en cultivares de tomate determinado, tiende a reducir la producción con la variedad de tomate fresco denominado Kiko, de crecimiento determinado, habiendo comprobado que los rendimientos eran menores cuando se practicó el deshije. Tampoco

obtuvo mayor peso promedio por fruto ni mayor número de frutos por planta al realizar el desbrote.

Según MINAGRI (1999) deberá tratarse en todos los casos de eliminar los hijos axilares antes que estos rebasen los 30 Mm con vistas a ahorrarle energía a la planta y ocasionar el menor daño mecánico posible a la misma.

El primer deshije debe realizarse entre 42 y 45 días después de la siembra directa o de 15 a 18 días después del trasplante, que coincide con el inicio de la fructificación de las plantas. Los siguientes se realizan de acuerdo con las características de la variedad utilizada (Casanova *et al.*, 2000).

Decapitado

Refiriéndose al tema del manejo en el decapitado del tomate en la tecnología de casas de cultivo protegido, Mañas *et al.* (2008) sugirió que el decapitado es una poda de la yema Terminal de la planta que se hace con varios objetivos.

Decapitado final:

Es cuando se suprime la yema Terminal de la planta limitando su crecimiento en altura, en búsqueda de mayor tamaño y calidad del fruto, o como una estrategia para limitar el ciclo de producción del cultivo ante su envejecimiento, sanidad o para aprovechar mejores condiciones climáticas al cultivo posterior.

Decapitado parcial:

Es cuando se suprime la yema Terminal, pero se deja un hijo seguidor, para continuar la producción. Este proceso se denomina “cambio” y se realiza o se produce en el crecimiento del tallo principal del tomate (decapite dejando un hijo seguidor) cuando se observen anomalías en el grosor de su extremo superior (por exceso o por defecto), de acuerdo a las características de los cultivares, ciclo del cultivo, etc.

Cuando se realiza el cambio de tallo en el invierno, generalmente la planta cuenta con un mayor número de racimos que cuando se efectúa en el verano. Este constituye un elemento del manejo cultural importante para la formación del rendimiento deseado en la plantación (Casanova *et al.*, 2007).

Vibrador

Esta técnica según Gómez *et al.* (2000) consiste en la aplicación de un vibrador a los racimos florales del tomate, técnica auxiliar que pretende, por acción mecánica, el desprendimiento de los granos de polen de las anteras de flores de tomate para lograr una fecundación o cuajado de los frutos más efectiva. La aplicación del vibrador se realiza con la presencia comprobada de polen en las flores, lo cual ocurre a temperaturas generalmente inferiores a 32 °C, requiriendo baja humedad relativa a nivel de la planta, ya que la alta humedad dificulta el desprendimiento del grano de polen. En tales condiciones es necesario aplicar el vibrador en días alternos a partir de la apertura de las primeras flores, lo cual garantiza la polinización de un mayor número de flores por racimo.

Hormonas

Para esta aplicación Casanova *et al.* (2003) aconsejan que es recomendable el uso de la hormona en horas tempranas (hasta las nueve ante meridiano) o después de las cuatro pasado meridiano, buscando temperaturas más frescas. Cuando las temperaturas sobrepasan los 34 °C en el interior de la instalación, no hay producción de polen, o no es viable por lo cual es necesaria la aplicación de hormonas reguladoras de la fecundación. El producto se aplica con un difusor calibrado colocando la mano del operario aguantada detrás del racimo para impedir que el mismo haga contacto con la parte Terminal de la planta, cuando el 50 por ciento de las flores estén abiertos en el racimo a tratar. El producto recomendado es Procarpil en una dosis de 4 a 5 CC/l y la frecuencia de aplicación es dos veces por semana.

Otras labores

Según Casanova *et al.* (2007) otras de las labores que se le practican al cultivo son: Escardas manuales, guataqueas ligeras, arranque de malezas, mullido y escarificación las que se efectúan para mejorar las condiciones físicas del suelo y la aireación del sistema radical de la planta.

Suelo

Para el cultivo del tomate se prefieren los suelos profundos, de consistencia media, fértiles, ricos en materia orgánica y permeables. Suelos con temperaturas entre los 15 y 29 °C para una óptima germinación y una profundidad de 1m no presentarán problemas para la penetración de sus raíces. El pH debe estar entre 5,5 y 6,8. Resiste condiciones de salinidad relativamente alta, 4 Mm Hoz. En la mayoría de las condiciones se utilizan pH medios y salinidades bajas (Escaff, 2001).

Requerimientos Nutricionales del tomate

El suelo provee naturalmente de algunos nutrientes, pero si no los hay en la proporción adecuada deben agregarse, según la condición de cada terreno. Una dosis de fertilizante comúnmente aplicada por hectárea es 150 kg. De nitrógeno, el que es parcializado un 50 % en el establecimiento y el otro 50 % al inicio de floración. El tomate requiere una adecuada disponibilidad de fosfato en el suelo. Parte del fosfato es retenido por este y debe aplicarse suficiente cantidad en la región donde las raíces puedan aprovecharla, desde el inicio del crecimiento. Una cantidad común a aplicar es 50 Kg. de fósforo por hectárea. También es necesaria la entrega de 200 kg de potasio por hectárea (Giaconi *et al.*, 1993).

Aunque el nitrógeno es muy importante, aplicado en exceso corre el riesgo de estimular un desarrollo vegetativo exuberante, lo que puede favorecer el desarrollo de enfermedades fungosas, sobretodo en climas húmedos. Cuando coinciden largos períodos de nubosidad con excesos de nitrógeno, también puede resultar un alto porcentaje de frutos livianos, lo que genera pérdidas considerables (Moreno, 2004).

Cuando hay deficiencia de hierro, los frutos de pimiento toman coloración pálida y a veces quedan de coloración casi blancos. Muchas plantas debilitadas por deficiencia de magnesio, se tornan mucho más susceptibles a algunas enfermedades causadas por hongos y por bacterias (Giaconi *et al.*, 1993).

Nitrógeno

El nitrógeno favorece el desarrollo, la producción y el tamaño del fruto. Su exceso puede ocasionar problemas de esterilidad de las flores y crecimientos

anómalos de los frutos, favoreciendo el ahuecado y agrietado de los mismos, por lo que su dosificación debe estar en consonancia con las aportaciones de fósforo y potasio, pues un equilibrio entre los tres nutrientes es fundamental para lograr, además de altos rendimientos, buena calidad comercial. Las aportaciones teóricas de nitrógeno, deducidas de las extracciones más el factor de corrección por aprovechamiento, deben incrementarse cuando se riegue con aguas salinas, pues altos contenidos de cloruro sódico reducen el calibre del fruto. Este incremento puede llegar hasta un 30 a un 50 %, cuando el contenido total de sales del agua supere los 2,5 g/l. En las primeras 3 semanas posteriores al trasplante, las necesidades de nitrógeno son muy bajas, absorbiendo sólo un 2 %, aproximadamente, de las extracciones. Pero, a partir del incremento del desarrollo vegetativo y el engorde del primer racimo el ritmo de absorción se incrementa, llegando a ser en plena recolección del orden de los 5 a 7 kg. de nitrógeno por hectárea y día (Fetiberia, 2000).

El fósforo

Contribuye al desarrollo de un potente sistema radicular, favorece el grosor y consistencia del tallo y es imprescindible para lograr una buena floración. Su deficiencia al inicio del cultivo puede originar retrasos importantes en la recolección. El ritmo de absorción del fósforo es similar al del nitrógeno, coincidiendo las mayores necesidades con la floración y engorde de los frutos (Moreno, 2003).

Magnesio.

Cuando es necesario aportar magnesio, el nitrato de magnesio cristalino es el abono más eficaz necesitándose generalmente, entre 400/600 kg/ha (Moreno, 2007).

Azufre

Hay que prestar atención a los primeros síntomas carenciales en hojas, sobre todo en riego por goteo, para su tratamiento por vía foliar o con que latos. Dado que la tendencia en el cultivo intensivo del tomate, tanto al aire libre como protegido, es al riego por goteo, a la hora de planificar el abonado es importante contar con un análisis de suelos y de aguas. Si los niveles de fertilidad en el suelo son bajos se hará un abonado de fondo con un complejo

con poco contenido en nitrógeno y un equilibrio fósforo - potasio en función del contenido en el suelo. Una vez establecido el cultivo, se aplicará en Fertirrigación el siguiente abonado para una producción estimada de 100 a 120 t/ha y para una conductividad del agua de riego comprendida entre 1,5 y 2,25 dS/m (Casanova *et al.*, 2003).

Hierro (Fe)

Comienza con moteado clorótico internerval o un amarilleo general de las hojas inmaduras. En casos severos, las nuevas hojas retornan casi blancas completamente sin clorofila) pero con muy pocos puntos necróticos muy pequeños o casinada. El moteado clorótico de las hojas inmaduras comienza primero cerca de la base de la hoja, de tal forma que la misma aparece con una línea amarilla. Si se necesita hierro adicional, 1/4 onza de que lato de Fe 330 (9.7 % de Fe) en 100 galones de agua, provee 1.9 ppm de hierro. Logre esto al usar 1 1/2 cucharadita de té en 100 galones. Alternativamente, el hierro puede ser aplicado en forma de aerosol foliar, usando 1/4 cucharadita de té por galón. www.infoagro.com24 (2019).

1.5. Alternativas biológicas empleadas en la nutrición del tomate en la tecnología protegida.

Para la protección fitosanitaria se aplican los conceptos de Manejo Integrado, con énfasis en las medidas cuarentenarias, empleo de cultivares resistentes, prácticas adecuadas de manejo, lucha biológica y química racional (Vázquez *et al.*, 1995).

El anhídrido carbónico de la atmósfera es la materia prima imprescindible de las funciones clorofílicas de la planta. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos, tanto en hortaliza como en flores.

La concentración normal de CO₂ en la atmósfera es de 0,003 este índice debe aumentarse a límites de 0,1-0,2 %, cuando los demás factores de la producción vegetal sean óptimos, si se desea el aprovechamiento al máximo de la

actividad fotosíntesis de las plantas. Las concentraciones superiores al 0,35 % resultan tóxicas para los cultivos.

El efecto que produce la fertilización del CO₂ sobre los cultivos hortícolas, es el del aumento de la precocidad de aproximadamente un 20 % y aumento de los rendimientos en un 25-30 % mejora la calidad del cultivo así como la de sus cosechas ([http://www. InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm](http://www.InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm). 26 (2013).

El nitrógeno es un elemento imprescindible para todos los seres vivos y las plantas o absorben fundamentalmente en forma de NO₃⁻ y NH₄ disueltos en el agua radicular y como resulta que las sales nítricas son las más solubles, parte del nitrógeno añadido seguirá al agua en su infiltración hacia las capas freáticas o en la escorrentía hacia las aguas superficiales mientras otra fracción será absorbida y acumulada en las propias plantas. De esta forma se origina la contaminación de los acuíferos y la sobre acumulación de nitratos en los productos agrícolas. (Chailloux, 2003).

1.6. Alternativas biológicas para el control Fito sanitario en la tecnología protegida.

Se utiliza la trichoderma harzianum cepa a-34 kg. a razón del 10 %, trichoderma viride cepa t-6 a 30 kg/ha para el control de nemátodos y hongos. El hebernem a 10 l/ha o 1ml/m y la trichoderma cepa a-34 al 10 % en forma foliar para el control de parásitos y nematodos (Casanova *et al.*, 2007).

Pueden utilizarse los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* u otros enemigos naturales como algunos insectos aves reptiles y pequeños mamíferos, que se alimentan de la gallina ciega.

Se desinfectarán los aperos, medios y utensilios con formol al 3 %, y no deberán salir de la casa de posturas (mochila, frascos, vasijas, tanque, regadera, etc.) así como aplicarle un insecticida recomendable de efecto a techos, paredes, piso y puerta de entrada. Previo a la entrada de las primeras bandejas a la casa colocarán trampas entomológicas amarillas, blancas y azules, inclusive en el área de la puerta de entrada para la identificación en las mismas de la

presencia de un nivel importante de insectos, donde debe procederse a la aplicación previa de un insecticida recomendado de ambiente, siempre teniendo en cuenta que antes de iniciar la actividad fitosanitaria con nuevos productos y dosis se deberá realizar una prueba previa para valorar su resultado y decidir su aplicación generalizada. Como medida preventiva para controlar los hongos que producen “Damping off”, se realizarán uno o dos tratamientos con biopreparados *Trichoderma harzianum* cepa A – 34, al 10 % de forma foliar, el primero del transplante con humedad en el suelo, se harán aplicaciones preventivas de medios biológicos y fungicidas en horarios adecuados y posteriores al riego (Casanova *et al.*, 2007)

Diariamente se observan las plántulas en horas tempranas de la mañana en busca de alteraciones producidas por plagas o enfermedades. Para mantener la protección de las posturas como parte de la estrategia contra el complejo mosca blanca – Gemini virus se trataron las posturas, con confidor 70 % SC a una dosis de 0.3 l/ha. Según normas técnicas. Además se mantendrá aproximadamente en un perímetro de 100 m alrededor de la casa de posturas libre de plantas hospederos de plagas y Gemini virus (Casanova *et al.*, 2003)

En los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad menciona que debe transcurrir un período de tres hasta cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes sintéticos; razón por la cual, el productor convencional, no intenta ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además que los rendimientos disminuyen, aún no se obtiene el sobre precio por concepto orgánico (Gómez *et al.*, 1999; Gewin, 2004). Con el propósito de evitar dicho período una alternativa, sería la creación de un sustrato, obtenido a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica, antes mencionada, siendo una opción, mezclar en un contenedor, composta, por la alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

Dos tipos de insumos orgánicos que han demostrado potencial en el control de nematodos son los abonos orgánicos y la quitina (Cohen, 2001, Oka y

Yermiyahu, 2002, Merzendorfer y Zimoch, 2003, Arancon *et al.*, 2004, De Jin *et al.*, 2005, Gortari y Hours, 2008, Oka, 2010). Marull *et al.* (1997) determinaron un número menor de individuos de *Meloidogyne javanica* en raíces de chile y tomate cultivados en suelos enmendados con compost elaborado con base en residuos municipales. McSorley y Gallaher (1995) encontraron que el uso de compost con base en residuos vegetales aplicados al suelo, redujo las poblaciones de *Paratrichodorus minor*, *Criconemella* spp., y *Pratylenchus* spp., e incrementó la producción de maíz.

Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto–Garibay *et al.*, 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez *et al.*, 2008).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (Nieto–Garibay *et al.*, 2002).

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards *et al.*, 1984). Como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícola en invernadero y reduce significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, la vermicom–posta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Hashemimajd *et al.* 2004; Rodríguez *et al.*, 2008).

1.7. Principales enfermedades que atacan al cultivo y las hortalizas en el cultivo protegido.

Las principales enfermedades que afectan el ciclo vida de las hortalizas en las casas de cultivo son:

- Mancha gris del tomate: *Stemphylium solani* (Weber.)
- Moho de las hojas: *Fulvio fulva* (Cook) Ciferri, *Cladosporium fulvum* (Cooke.)
- Tizón tardío: *Phytophthora infestans* (Mont. De Bari.)
- Tizón temprano: *Alternaría solani* (Sor.)
- Damping off: *Phytophthora* paralítica (Dashur) y *Rhizoctonia solani* (Kuhn.)
- Mancha negra del tomate (*Pseudomonas syringae* P.V. tomate)

Mancha negra del tomate

Bacteriosis más frecuente en los cultivos de tomate almerienses. Afecta a todos los órgano aéreos de la planta. En hoja, se forman manchas negras de pequeño tamaño (1-2 Mm. de diámetro) y rodeadas de halo amarillo, que pueden confluir, llegando incluso a secar el foliolo. En tallos, pecíolos y bordes de los sépalos, también aparecen manchas negras de borde y contorno irregular. Las inflorescencias afectadas se caen. Tan sólo son atacados los frutos verdes, en los que se observan pequeñas manchas deprimidas. Las principales Fuentes de infección las constituyen: semillas contaminadas, restos vegetales contaminados y la riza ferra de numerosas plantas silvestres. El viento, la lluvia, las gotas de agua y riegos por aspersión disemina la enfermedad que tiene como vía de penetración las estomas y las heridas de las plantas. Las condiciones óptimas de desarrollo son temperaturas de 20 a 25 °C y períodos húmedos. (Casanova, 2007).

1.8. Descripción botánica del cultivo de tomate.

Características botánicas

Desde el punto de vista botánico la mención más antigua de la planta de tomate aparece en el herbario del naturalista italiano Malthiolus en el año 1554 a la que llamó "Polidoro", sin embargo, el vocablo tomate se introdujo en la lengua castellana en 1532 (Metwally, 1992). Pertenece al Orden Solanares, Familia

Solanácea. El género es *Lycopersicon* y la especie *Lycopersicon esculentum* Mill. (Porrás *et al.*, 1990).

En la actualidad se utilizan otras nomenclaturas como *Solanum Lycopersicon* L. y *Lycopersicon lycopersicum* L., no obstante, la más actual es la propuesta por Miller en 1978 (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) (Jones., 1997).

Raíz

El sistema radical de la planta alcanza una profundidad de aproximadamente dos metros, con una raíz principal pivotante y muchas raíces secundarias que se pueden extender alrededor de 1,5 m de radio. Sin embargo, en las condiciones habituales del cultivo, el trasplante a raíz desnuda daña a la raíz pivotante y el resultado es el de un sistema muy ramificado en el que dominan las raíces adventicias (Ochoa y Carravedo, 1999).

Hojas

Las hojas son alternas y compuestas, de un número impar de folíolos, peciolados, con limbo oval apuntado y bordes cerrados. Están cubiertas de pelos glandulares que emiten un olor característico cuando son apretadas. Las axilas foliares producen ramas laterales que se desarrollan y fructifican, pudiendo ramificar a semejanza del tallo principal. Su color es verde más o menos intenso y su tamaño va a depender de las características genéticas de la variedad. Los tomates más rústicos tienen hojas más pequeñas (Huerres y Caraballo, 1988) (Izquierdo *et al*, 1992).

Racimos

Los racimos son cimosos, el eje principal está formado por ramas de distintos tipos, cada una de las cuales termina en flor. Puede ser simple (con un solo eje), transitorio (con eje de una sola ramificación) o compuesto (con eje de varias ramas) (Guenkov, 1981) El número de flores formadas en los racimos depende en gran medida de las características hereditarias de la variedad así como de las condiciones de cultivo.

La temperatura y la luz afectan el tamaño de la inflorescencia. Se ha visto que temperaturas de 14 °C durante el período de crecimiento causan un incremento en la producción de flores, comparado con plantas que se desarrollan a temperaturas de 25 a 30 °C (Varona, 1999).

Flor

La flor del tomate es perfecta, regular e hipó Gira y consta de cinco o más sépalos, de cinco o más pétalos de color amarillo, dispuestos de forma helicoidal, de un número igual de estambres que se alternan con los pétalos y de un ovario vi. O plurilocular (Nuez, 1995).

Fruto

El fruto de tomate corresponde a una típica baya, de forma variable entre esférica y cilíndrica. Esta en su madurez presenta un pericarpio carnoso, que encierra dos o más lóculos y una placenta con una parte carnosa en el eje central y otra gelatinosa que llena parcialmente los lóculos, en la cual se sitúan las numerosas semillas. La coloración de los frutos maduros varía desde amarillo a rojo y es debido a la degradación de la clorofila y al desarrollo de pigmentos caroteno ideas y licopeno, pigmento típico de este fruto que le confiere su característico color rojo (Ochoa y Carabeo *et al.*, 1999).

1.9. Híbridos del tomate recomendados en la tecnología protegida.

A continuación se ofrecen los híbridos de tomate más empleados en las casas de cultivo (Casanova *et al.*, 2007).

<i>Invierno</i>	<i>Verano</i>
<i>Charleston indeterminado</i>	<i>ha 3019 determinado</i>
<i>Eagean indeterminado</i>	<i>ha 3057 determinado</i>
<i>Sapir34-41 indeterminado</i>	<i>infinity 34-44 indeterminado</i>

1.10. Historia general del análisis del ciclo de vida

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. El primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Asocianes Ltd. junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía.

Los estudios realizados en el ámbito del Análisis de Ciclo de Vida se iniciaron en los años 60, pero en forma global fue en los años setenta y en concreto en el sector energético como consecuencia de la reducción de recursos disponibles en el mercado a causa de la crisis energética y causante del encarecimiento del petróleo. La mayoría de los estudios durante este periodo estaban enfocados a sectores de producción nacional y no a productos concretos (Rieradevall, 1995).

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un proceso objetivo para evaluar cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad; identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los residuos que genera; es una herramienta que permite lograr el desarrollo sostenible y la eficiencia de las producciones y servicios. Para satisfacer la demanda que existía en Cuba de diversos productos de perfumería, medicamentos, bebidas, etc., surgió la creación de una industria de producción de alcohol en el territorio de Covadonga y debido a esto se crea el proyecto original de la “Destilería del Alcohol Rectificado de Mielles”, que comenzó la ejecución en el año 1997 del proyecto ejecutivo de 50000 litros de alcohol puro diario, y se logró en el año 1999 financiamiento y aprobación para concluirlo con la capacidad de 90000 litros, comenzando su producción física en el año 2000.(Romero Rodríguez, 2004).

En cuanto instrumento apto para valorar el deterioro medioambiental, el método ACV, aplicado al estudio de un edificio, permite conocer cuáles son en

la fase de producción y de construcción los procesos de los materiales del sistema tecnológico que producen el mayor impacto ambiental, permitiendo el conocer las soluciones alternativas para aplicar al edificio, además de examinar la fase de uso del edificio en referencia a la utilización del acondicionamiento e iluminación y la fase de fin de vida útil con los procesos de reciclaje o de desecho. (Domínguez, 2006).

1.11. Norma que establecen el análisis del ciclo de vida

En la norma ISO14040, se establecen los fundamentos de la Evaluación del Ciclo de Vida, es decir, el marco metodológico, y se explica brevemente cada una de las fases, la preparación del informe y el proceso de revisión crítica. Mientras que en las tres normas restantes se explican en forma detallada cada una de las fases del ACV.(suplen, 2007).

Así como el reporte técnico ISO/TR14049 que versa sobre ejemplos ilustrativos de cómo aplicar la norma ISO14041.6 (Romero Rodríguez, 2004) La metodología considera una serie de fases de trabajo interrelacionadas, que siguen una secuencia más o menos definida, aunque en ocasiones es posible realizar un estudio no tan ambicioso obviando alguna fase. .

En la ISO 14 040 se describen las cuatro fases del ACV: definición de los objetivos y el alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto, interpretación de resultados. (Suplen, 2007)

1. Marco metodológico, que incluye la definición de objetivo y alcances, función, unidad funcional y fronteras del sistema.
2. Análisis de inventario (inventario del ciclo de vida - ICV). En esta parte se desarrolla un diagrama de flujo (árbol de procesos), además se identifican y cuantifican las entradas y salidas de cada etapa del ciclo de vida.
3. Evaluación de impacto de ciclo de vida (EICV). Consiste en la determinación de las relaciones existentes entre las salidas y el medio ambiente a partir de la interpretación de la información generada en el análisis del ICV, clasificando los efectos al medio ambiente en diferentes

categorías de impacto ambiental y modelando indicadores para cada categoría.

4. Interpretación / Evaluación de mejoras. Se busca, a partir de las consecuencias

El análisis de ciclo de vida consiste en un tipo de contabilidad ambiental en la que se cargan a los productos los efectos ambientales adversos, debidamente cuantificados generados a lo largo de su ciclo de vida. Las categorías generales de impactos medioambientales que precisan consideración incluyen el uso de recursos, la salud humana y las consecuencias ecológicas (ISO, 1997).

1.12. Importancia y herramienta del análisis de Ciclo de Vida (ACV)

La importancia del concepto del Ciclo de Vida surge de dos conceptos básicos: (Suppen, 2007)

Cuantificar un indicador agregado (como una unidad de medida ambiental), basado en los diferentes problemas ambientales y determinado por sus distintas variables (impactos). Esta cuantificación se realiza relacionando los impactos con los problemas ambientales. Para la interpretación de estos impactos (por ejemplo cantidades de energía, uso de materiales, emisiones) es importante establecer el efecto que tienen estos sobre los problemas.

Establecer prioridades ambientales como base para la planificación del mejoramiento del desempeño ambiental. Basado en su enfoque sistémico, el ACV analiza todos los impactos durante todo el ciclo de vida de un producto, identificando las prioridades con base en las cuales se definen las estrategias preventivas del mejoramiento del desempeño ambiental.

El ACV permite una comparación total de todos los impactos ambientales del sistema de diferentes alternativas de productos que entregan una función o desempeño equivalente, de aquí se derivan las siguientes oportunidades del uso del ACV (Suppen, 2007)

La metodología del ACV, además de permitir un seguimiento sobre cada uno de los pasos del proceso, determina cuáles son los impactos más significativos, los cuantifica y les asigna un eco puntaje para facilitar así una comparación de

desempeño ambiental entre procesos similares. En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser una ayuda útil para bajar los costos en la medida que el nuevo diseño y los nuevos procesos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, promuevan una mayor eficiencia en la asignación y el empleo de materias primas, insumos y energía. De igual modo, provee ventajas comparativas y competitivas al proporcionar todos los elementos de análisis a las empresas que más tarde deseen certificar sus productos bajo esquemas de sellos ambientales o etiquetas ecológicas (Ecoetiquetado). La misma World Trade Organization, plantea que cada vez son más las etiquetas ambientales que basan su análisis en el ACV.

1.13. Aplicación del ciclo de vida

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto (Romero, 2004).

En Chile a mediados de la década del 2000 puede decirse que comienza la actividad en ACV en Chile. La minería ha sido motor fundamental para la adopción del ACV en Chile, por las siguientes razones (Peña, 2008).

La información basada en el ciclo de vida puede tomar varias formas, desde el tradicional inventario del ciclo de vida (ICV) hasta la información del costo del ciclo de vida (CCV) o estudios específicos sobre el uso, utilización y manejo de un material particular a través de su ciclo de vida. Esta herramienta es fundamental en la etapa de diseño de productos o servicios ("EcoDesign") así como en los casos de Eco etiquetado ("Ecolabelling"). Con respecto a este último, uno de los principales problemas relacionado con su implementación es que debe ser creíble y reconocido por la sociedad. Por ello necesita un procedimiento transparente, con estricta metodología científica y homologación internacional; esto lo provee un estándar ISO de ACV. Los estándares ISO para etiquetado Tipo I y III especifican el uso de ACV como una metodología viable (Iglesias, 2005).

1.14. Aplicación del análisis del ciclo de vida en cuba.

La Organización de Naciones Unidas ubica a Cuba en el primer nivel en América Latina en el uso de la metodología para el Análisis del Ciclo de Vida con el fin de determinar los impactos ambientales de los procesos agrícola, industrial y hasta de la prestación de servicios.

A pesar de ser el ACV una herramienta que aún está en una etapa temprana de su desarrollo, se puede decir que Cuba va a la vanguardia en cuanto a estudios de este tipo. Se puede citar el caso de la Empresa Arrocería en la provincia de Holguín, que aplica esta herramienta, se realiza un análisis desde el punto de vista energético y su influencia sobre el medio ambiente, tomando como referencia la producción arrocería actual en la provincia de Granma, específicamente el estudio en el CAI arrocería Fernando Echenique. También se destaca en este tipo de estudios La Universidad Central de las Villas, donde existen un grupo de doctores que han aplicado esta herramienta (García, 2009).

Bermúdez (2012) determinó el análisis de ciclo de vida en el proceso de generación de energía eléctrica en la Empresa Termoeléctrica Cienfuegos, aplicando instrumentos de Economía Ecológica y el método de evaluación Impacto 2002+.

En Latinoamérica Cuba, se encuentran en el nivel más alto en el uso de la metodología para el ACV con el fin de determinar los impactos ambientales en las industrias .según la doctora Elena Rosa Domínguez directora del Centro de Estudio de Química Aplicada, de La Universidad Central de las Villas. Donde existen un grupo de doctores que han aplicado esta herramienta (García, 2009).

La institución que dirige en nuestro país el ACV cuenta con un programa computarizado que permite realizar investigaciones específicas, incluye en la parte de cosecha la transportación, el proceso que es sometido en la industria.

1.15. Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en la Agricultura

Los primeros estudios y proyectos Europeos realizados de ACV, en el campo de la agricultura se centraron en la resolución de los problemas metodológicos encontrados para adaptar esta herramienta de análisis ambiental de uso frecuente en los procesos industriales, al análisis de ciclo de vida en cultivos. En 1998 Cowell publica el primer "Review" sobre los principales proyectos y grupos de investigación existentes en Europa desde 1993 a 1997 (Cowell, 1997).

Dentro de los trabajos realizados en agricultura cabe destacar el proyecto AIR3-CT94-2028 coordinado por (Audsley et al., 1997), para la Comisión Europea. El cual ha llegado a ser una guía metodológica de referencia en todos los proyectos de ACV de agricultura. En este proyecto ocho grupos de investigación procedentes de Europa Central y del Norte de Europa (Austria, Francia, Reino Unido, Suiza, Holanda y Dinamarca) analizaron la producción de cultivos de trigo en tres escenarios determinados (convencional, integrado y orgánico), con el objetivo de solventar los problemas metodológicos encontrados en cada escenario.

Los análisis de ciclo de vida (ACV) se desarrollaron, en un principio, para el estudio de procesos industriales. Dentro de la industria, los ACV se han empleado, tradicionalmente, en el desarrollo de productos menos contaminantes. También se han utilizado para mejorar la política ambiental de la empresa. Asimismo, resulta un instrumento eficaz en el desarrollo de los criterios necesarios para el eco etiquetaje (Milá, 2003).

Su aplicación a la agricultura requiere la aplicación sistemática de los métodos existentes así como nuevos métodos (Cowell et al., 1997). A escala europea se han realizado algunos proyectos de adaptación de la metodología del ACV. Mediante la acción concertada "*Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture*" (Audsley, 1997) se investigó como el ACV puede ser aplicado a la producción agraria, estableciendo las primeras pautas para su aplicación en agricultura e identificando las dificultades metodológicas que requieren una investigación más profunda.

El Ministerio de Agricultura de Holanda encargó un estudio que dio como resultado un suplemento (Wegener Sleeswijk *et al.*, 1996) a la normativa “LCA Guide” (Heijungset *al.*, 1992) citado por (Antón, 2004) con el fin de ofrecer una metodología uniforme para analizar los impactos ambientales de los productos agrarios.

Entre los primeros trabajos de aplicación de ACV en cultivos se puede mencionar el de Weidema *et al.* (1996). En él se analiza el impacto ambiental que produce el cultivo de trigo comparando tres sistemas productivos, intensivo, orgánico e integrado, concluyendo que el tipo de cultivo orgánico de trigo es preferible desde el punto de vista de las categorías de impacto ambiental de calentamiento global, eco toxicidad y toxicidad de agua potable, pero es peor para la eutrofización y la toxicidad humana del aire. El sistema intensivo es preferible teniendo en cuenta los indicadores fotoquímico y agotamiento de ozono. También para la producción de trigo (Hansson *et al.*, 1999) presentaron los resultados de ACV haciendo hincapié en la importancia de los datos de las emisiones de los tractores probando que éstas pueden cambiar los resultados.

Quintero (2012), evaluó el impacto ambiental del ciclo del de vida del cultivo del maíz (*Zea Mays L.*) Var. T-G-H en la Finca Soterrado en el municipio de Cienfuegos en la campaña de primavera 2011, proponiendo alternativas de mejora en la producción de maíz, mientras que Álvarez (2012) determinó el impacto ambiental del ciclo del de vida del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) var. CC 25-9 N en la Finca Soterrado en el municipio de Cienfuegos en la campaña de invierno 2011, proponiendo alternativas de mejora en la producción de frijoles.

Socarrás (2012), evaluó el impacto ambiental del ciclo de vida del cultivo del tomate en la tecnología protegida en la empresa Cítricos Arimao, utilizando el método CML.

2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el municipio de Abreu en un módulo de casa de cultivo perteneciente a la empresa agropecuaria horquita ,en el período comprendido de septiembre 2012 a abril del 2013.

Se aplicó la metodología Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (NC-ISO 14 040) que se divide en cuatros etapas, definición del objetivo y alcance, análisis del inventario del ciclo de vida, evaluación del impacto del ciclo de vida y análisis de mejoras tal y como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2. 1. Las Etapas de un Análisis del Ciclo de Vida. Fuente: NC-ISO 14040.

A continuación se describe cada una de las etapas básicas para el desarrollo de la herramienta de ACV según se muestra en las normas NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 043.

2.1. Definición de los objetivos y alcance

Como primer paso del ACV el objetivo y alcance se definió claramente, y se estableció la aplicación que se persigue en los siguientes aspectos descritos por la Norma NC-ISO 14 040:1999.

Objetivo del estudio

El objetivo de un estudio de ACV contempla las razones para realizar el estudio y el destinatario a quien se le comunican los resultados del estudio.

Definición del alcance del estudio

En la definición del alcance de un estudio de ACV se considera y se describe lo que se ha considerado como sistema (producto), a su vez, pueden ser comparados sistemas que se relacionan entre sí considerando la unidad funcional que se va a analizar como base para este análisis, el alcance en un estudio de ACV debe ser capaz de abarcar, en función de su definición, la profundidad, los detalles y la compatibilidad para lograr los objetivos previstos en el mismo.

Unidad funcional

La unidad funcional precisa cómo se cuantifican las funciones que han sido identificadas, es muy importante que estas funciones sean consistentes con el alcance propuesto en el estudio y que sean capaces de alcanzar los objetivos propuestos.

La unidad funcional se define a partir de las funciones que cumple el producto. Para una definición correcta, se siguen los siguientes pasos: La identificación de las funciones del producto, la selección de una función y la determinación de la unidad funcional, así como la identificación del desarrollo del producto y la determinación del flujo de referencia como medida de las salidas necesarias de los procesos en un sistema (producto) dado para el cumplimiento de la función expresada por la unidad funcional.

Los límites del sistema

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se incluirán dentro del ACV. Existen varios factores que determinan los límites del sistema como son:

1. La aplicación prevista del estudio que se va a realizar.
2. Las hipótesis planteadas.
3. Los criterios que se han tomado para la exclusión de determinados factores y condiciones fuera de los límites de análisis.
4. Los datos que serán validados y procesados.
5. Las limitaciones económicas para la ejecución del estudio.
6. El destinatario final que ha sido previsto para recibir el estudio.
7. La selección de las entradas y salidas, el nivel de agregación dentro de una categoría de datos y la modelación del sistema deberán ser consistentes con el objetivo del estudio. El sistema debería modelarse de modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. Deben Tomarse decisiones respecto a qué proceso unitario será modelado y el nivel de detalle con que estos procesos unitarios serán estudiados. Los criterios usados para establecer los límites del sistema deberán identificarse y justificarse en la fase de alcance del estudio. Si esto no se realiza adecuadamente pueden ser tomados para el análisis flujos secundarios y datos relacionados con ellos, esto solo retrasa el estudio y eleva el nivel de incertidumbre en la modelación del sistema.

En esta etapa se definieron los límites geográficos, temporales y las etapas que fueron excluidas del análisis.

Requisitos de calidad de los datos

Los requisitos de calidad de los datos especifican en términos generales las características de los datos necesarios para el estudio, por lo que es necesario tener en cuenta descriptores que definan la naturaleza de los datos, tales como datos compilados en sitios específicos con relación a los datos de fuentes publicadas, y si es conveniente medir, calcular o evaluar los datos. Es importante, a su vez, que los datos sean representativos, amplios y precisos, que la fuente de los datos este validada y con la menor incertidumbre

posible y que los métodos usados para el estudio de ACV tengan consistencia y reproducibilidad.

2.2. Análisis de Inventario

El análisis del inventario comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes del sistema producto. Esas entradas y salidas incluyeron el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema. Se describió el ciclo de vida del producto, a partir de la recolección de datos cualitativos cuantitativos, y con esta información se representó el diagrama de flujo del sistema producto.

En la identificación de las principales categorías de entradas y de salidas se tuvieron en cuenta: Entradas de energía, entradas de materias primas, entradas auxiliares, otras entradas físicas, Productos, Emisiones al aire, emisiones al agua, emisiones al suelo. Se realizaron procedimientos de cálculo con el fin de producir los resultados del inventario del modelo definido para cada proceso unitario y para la unidad funcional del sistema producto a modelar.

2.3. Evaluación del impacto ambiental

En esta etapa se valoraron los resultados del análisis del inventario del producto en cuestión, y de esta forma se posibles impactos medioambientales.

En la evaluación se desarrollaron elementos obligatorios descritos por la norma NC-ISO14042:2001 que incluyen la selección y definición de las categorías de impacto, indicadores de categorías y modelos de caracterización, asignación de los resultados del análisis del inventario (Clasificación) y los cálculo de los indicadores de categoría (Caracterización);y elementos de análisis opcionales como son el cálculo de la magnitud de los resultados del indicador de categoría en relación

con la información de referencia (Normalización), agrupación, ponderación y análisis de calidad de los datos.

Las categorías de impactos son los efectos sobre el medio ambiente que causan los aspectos medioambientales del sistema o producto en estudio. Estos efectos fueron seleccionados y definidos teniendo en cuenta el potencial impacto que pueda generar el producto en estudio. Las categorías de impactos medioambientales se agruparon según parámetros asociados a los flujos de entrada y salida del sistema producto. Estas categorías tienen distintos ámbitos de actuación: global, regional o local. En la asignación se identificaron y correlacionaron todas las cargas ambientales a una o más categorías de impactos potenciales.

El último paso a seguir se conoce como caracterización, el cual se llevó a cabo mediante la aplicación de los factores de caracterización a fin de establecer el perfil medioambiental del sistema estudiado. Según la metodología, después de clasificada o asignada todas las cargas ambientales del sistema a determinadas categorías de impacto, seleccionadas según los objetivos del estudio, se procedió a realizar la cuantificación de la referida categoría. Así, asignados (fase de clasificación del ACV) las sustancias contaminantes a un determinado modelo de categoría de impacto, todas las sustancias que contribuyen a esta categoría fueron reducidas a una única sustancia de referencia y que sirve de base de agregación de todos los Resultados en esta categoría de impacto.

En consecuencia, el resultado de la caracterización es la expresión de contribución a determinada categoría de impacto que, basándose en la cantidad de emisiones de sustancias equivalentes para cada categoría de impacto, miden la magnitud del impacto a través del producto entre la carga ambiental y el factor de caracterización correspondiente en aquella .Categoría de impacto que se desea o fue escogida para evaluar.

En la tabla 1 se muestran las categorías de impacto y su unidad de medida.

Normalización CML indica que los valores de referencia difieren en escalas temporales, por las medidas empíricas o datos estadísticos.

Las categorías de impacto globales fueron normalizadas en base a valores de referencia globales y las de impacto regional en base a valores de referencia regional.

Tabla.2. 1. Categorías de impacto ambiental y unidades de medida.

Categorías de impacto	Unidades de medida
Eutroficación	Kg. de PO ₃ 4 eq
Agotamiento de la capa de ozono	Kg. CFC -11eq
Ecotoxicidad	Kg. 1,4 –diclorobenceno eq
Calentamiento global	Kg. CO ₂ eq de sustancias
Acidificación	Kg. SO ₂ eq de sustancias
Formación de smog fotoquímico	Kg. C ₂ H ₄ eq de sustancias
Toxicidad humana	Kg. 1,4 – diclorobenceno
Uso de energía MJ o	Kg. combustible
Residuos sólidos	Kg. de residuos
Reducción de recursos abióticos	Kg. de Sb equivalente

2.4. Mejoras tecnológicas para las producciones más limpias del cultivo del tomate en casas de cultivos

El ACV se finaliza con el análisis de todos los datos finales con respecto a sus significados, incertidumbres y sensibilidad sobre los resultados parciales.

En esta última fase los resultados anteriores fueron ser reunidos, estructurados y analizados. A partir de esta se confección una estructura de

análisis de los resultados, con un análisis de sensibilidad e incertidumbres, para que el conjunto de informaciones permitiera generar un informe con las conclusiones y recomendaciones, y dar respuestas a las cuestiones que anticipadamente fueron definidas en los objetivos y alcance del estudio.

La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados del análisis del inventario con la evaluación del impacto, o en el caso de estudios de análisis del inventario del ciclo de vida, los resultados del análisis del inventario solamente, de acuerdo con el objetivo y alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

Los resultados de esta interpretación permitieron adquirir la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio. La fase de interpretación abarca el proceso iterativo de examen y revisión del alcance el ACV, así como la naturaleza y calidad de los datos obtenidos de acuerdo con el objetivo definido.

Aunque las acciones y decisiones subsecuentes incorporan implicaciones ambientales identificadas en los resultados de la interpretación, se mantienen fuera del alcance del estudio de ACV, en tanto que otros factores, como la realización técnica y los aspectos económicos y sociales también se consideran.

l) Reporte y análisis de mejoras.

En el reporte de la investigación se definieron los principales problemas que tenía la unidad

Estudiada para hacer el análisis de mejoras.

Principales emisiones y desechos producidos durante el proceso productivo.

Posibles problemas ambientales potenciales.

Soluciones dadas para la minimización o tratamiento de estos residuos y desechos.

Verificación de la disminución del impacto.

2.4.1. Variantes de mejoras para el cultivo de tomate

Para dar respuesta a la problemática ambiental que se tiene en la unidad de estudio se propone la siguiente variante de mejora.

La variante de mejora consiste en la aplicación del manejo integrado de plagas (Castellanos et al., 2007; Pérez, 2011) (Tabla 2.2) 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 (Anexo 2).

Tabla 2.2. 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).

2.4.2. Análisis de la factibilidad técnica y económica de las variantes de mejoras.

La evaluación económica financiera para las variantes de mejoras con respecto a la variante estándar se realizó para todo el ciclo del cultivo, la cual tuvo en cuenta los componentes de la inversión: Materias primas, Capital Fijo, Capital de Trabajo, Costo de Producción Total, Depreciación, Flujos de Caja y Análisis Costo–Beneficio.

Proyección del Costo de la inversión

Para predeterminar el costo de la inversión se tuvieron en cuenta los valores de la tecnología actual y las variantes de mejoras ambiental para una casa de cultivo.

3. Resultados y discusión

3.1. Diagnóstico de los problemas fitosanitarios y el empleo de agrotóxicos

3.1.1. Definición de objetivos y alcance

El alcance del estudio abarca los siguientes aspectos:

Sistema de estudio fue una casa de cultivo protegido en la UEB Agropecuaria Horquita.

El uso final de la producción de tomate es para abastecer durante todo el año a la red hotelera nacional.

La unidad funcional de este Análisis de Ciclo de Vida es 1t de tomate producido en la casa.

Límites geográficos

Esta finca está situada en la provincia Cienfuegos, municipio Abreu, Consejo Popular Horquita. La casa de cultivo de la UEB Agropecuaria Horquita limita al norte con la UEB de Riego y Drenaje, al Sur con la UBPC Ernesto Che Guevara, al Este con la granja #7 y al Oeste con la dirección de la Empresa

Límites temporales

El tiempo de análisis de los datos y variables a utilizar se enmarcó en la campaña de invierno en el año 2012.

Calidad de los datos

Los datos fueron recogidos del historial del cultivo de las diferentes labores que se realizan con la utilización de insumos externos.

3.1.2. Análisis del inventario

Descripción del proceso de cultivo del tomate en la tecnología casa de cultivo protegido.

Preparación del sustrato para la siembra

La preparación del sustrato se realizó un día antes de la siembra, el material orgánico se certifica, se pasa por una zaranda para lograr la granulometría deseada y eliminar partículas indeseables.

La materia orgánica que se utilizó para la mezcla del sustrato es humus de lombriz y turba rubia, ambos se mezclan homogéneamente en los volúmenes.

Formación del soporte

Desinfección de las bandejas: Fueron sumergidas durante cinco minutos en solución de formol al 3%, después se requiere un lavado con agua antes de su empleo, las bandejas son llenadas de forma manual.

Siembra

La siembra se realizó de forma manual colocando una semilla por alvéolo y dos en los extremos corto de las bandejas, como reserva para sellar posibles fallos de germinación, posterior a la siembra directa manual, las bandeja se colocan sobre la porta bandeja de la casa de preparación, donde se les aplican el primer riego de germinación con varios pases ligeros, hasta que se logre el drenaje del agua por los orificios inferiores de los alvéolos.

Germinación

La germinación de la primera semilla de la bandeja, ocurre en la casa de postura, son regadas individualmente varias veces al día, hasta lograr la germinación esperada. Se realizó como mínimo tres veces al día, empleando aproximadamente 1.5l de agua/ bandeja/día.

Crecimiento de plántulas

Las bandejas fueron trasladadas a la casa de postura se le controla la fecha de entrada en esta instalación, hasta tanto todas las semillas germinaron, controlándose cuidadosamente el riego y la humedad, para que no hubiera excesos de la misma.

Se realizó una aplicación de abono foliar rico en fósforo, en la formación de las primeras dos hojas verdaderas. Se le hizo una aplicación de Confidor 70% SC, a la postura con una dosis de 0.3l/ha, tres días antes del trasplante contra el complejo mosca blanca –germinivirus

.Preparación de suelo

Finalizada la recolección anterior, fueron retirados los restos vegetales y el sistema de riego, posterior a lo cual se procede al laboreo del suelo. Como había infestación por nematodos se realizó un riego a tempero y todas las malezas, se retiraron los restos de cosecha y los laterales de riego por goteo para que germinaran, se le pasó el multiarado sin las cuchillas laterales en el centro del cantero.

Etapa I: Trasplante – Emisión 1er Racimo floral (0-20días)

Se trasplantó las posturas a la casa de cultivo cuando la misma había alcanzado de 26 a 31 días de edad, con una altura de 12 a 14 cm., de 3 a 4 hojas verdaderas y con un grosor de 3 mm., la plántula se colocó en el hoyo que se hace en el fondo de la zanja de 10 cm de profundidad al centro del cantero, una vez prensado la planta en el suelo a los dos a tres días de estar la plántula en el suelo se realizan diferentes labores como:

Tutorado deshije: Los tutores se le pusieron a todas las plantas de la casa de cultivos, una semana después de haber sido plantadas, se hace holgadamente y en el sentido de las manecillas del reloj. Junto con esta labor se realizó el deshije que tiene como objetivo eliminar los hijos axilares.

Replanteo: El replanteo se realizó el segundo y cuarto día, después del trasplante para reponer las posibles plantas muertas, y garantizar que toda la plantación quede uniformemente resellada y lograr el 100% de población.

Aporque: El aporque se efectuó en los primeros siete días después que se realizó el postrasplante, esta labor cultural el cultivo se beneficia a la emisión de raíces en la zona basal del tallo, que sirve de anclaje a las plantas, resultando también beneficiosa en caso de daños de enfermedades fungosas en la base de los tallos.

Fertirriego: Posterior al trasplante se aplicó un fertirriego ligero a fin de aportar nutrientes a la plántula (ver Anexo 2), los fertilizantes que se aplicaron en el

cultivo en el momento del desarrollo, número aproximado de días, nombres de los fertilizantes y la demanda del riego.

Etapa II: Emisión del primer racimo floral a cuaje del 3erracimo (21-44 días)

En esta fase fenológica del cultivo de tomate se encuentra en un proceso incipiente de crecimiento y desarrollo, resultando altamente susceptible de perder el balance entre el desarrollo vegetativo, la floración y fructificación .por ello se realizaron las siguientes labores:

Deshoje: Al cultivo del tomate se eliminaron las hojas no funcionales que se encontraba en la parte inferior de los tallos.

Decapitado: Se hizo para eliminar las yemas apicales de las plantas.

Fertirriego: Se aplicó un fertirriego a fin de aportar nutrientes a la plántula (ver anexo2).

Control fitosanitario: A los 30-45 días se le hizo una aplicación con abamectina y después se realizó un control con confidor contra la mosca blanca. Marcocez y Monarca para la espodoptera y alternaria.Ver Anexo 1, el control fitosanitario del cultivo donde se observan, el muestreo por días, los productos usados, el control de plagas y enfermedades observadas.

Etapa III: Cuaje del 3erracimo a inicio de cosecha (45 –65 días)

En esta fase las labores culturales que se realizan son:

Desfrute: En esta labor se eliminaron a cada racimo todos los frutos cuya emisión floral fue más tardía y su calibre no resultara comercial en las categorías de selecto.

Fertirriego: Se aplicó un fertirriego a fin de aportar nutrientes a la plántula (Anexo 5).

Control fitosanitario: A los 45 -60 días se le hicieron varias aplicaciones con diferentes productos para el control de plagas y enfermedades que se observaron en el cultivo (Anexo 1).

Cosecha: La cosecha se realizó de forma manual separaron los frutos con defectos, daños por insectos, rajaduras fisiológicas, deformaciones, etc.

Etapa IV: Inicio de la cosecha a plena producción (66-110días)

La labor del fertirriego (Anexo 2) se realizó en función de cómo se encuentre cargada la planta, de su desarrollo vegetativo.

Control fitosanitario: A los 75 -90 días se le hicieron varias aplicaciones con diferentes productos para el control de plagas y enfermedades que se observaron en el cultivo (Anexo1).

Cosecha: La cosecha se realizó de forma manual separaron los frutos con defectos, daños por insectos, rajaduras fisiológicas, deformaciones, etc.

Etapa V: Producción –Final (111-140 días)

Cosecha: La cosecha se realizó de forma manual separaron los frutos con defectos, daños por insectos, rajaduras fisiológicas, deformaciones, etc.

El cultivo de tomate en esta fase se le disminuyó las dosis de los productos químicos que se utilizaron en el fertirriego (Anexo2), esto es debido que la planta en esta fase aprovecha mas los nutrientes para el llenado de los frutos.

Control fitosanitario: A los 75 -125 días se le hicieron varias aplicaciones con diferentes productos para el control de plagas y enfermedades que se observaron en el cultivo (Anexo1).

3.1.3. Evaluación del impacto

Figura3.1 Las categorías de impacto ambiental más afectadas durante el ciclo del cultivo del tomate fueron el potencial de ecotoxicidad en ecosistemas marinos con un 69,69 %, potencial agotamiento de recursos abióticos 13,85 %, potencial de calentamiento global 5,10 %, potencial de acidificación 3,82 %, potencial de ecotoxicidad en agua dulce 3,19 %, potencial de ecotoxicidad terrestre 2,35 % y otras categorías alcanzaron valores de 2,01%, siendo las de menor afectación en el ciclo de vida del tomate (Figura 3.1). Estos resultados coinciden con lo obtenido por Socarrás (2012), donde potencial de ecotoxicidad en ecosistemas marinos, potencial agotamiento de recursos abióticos, potencial de acidificación y el potencial calentamiento global fueron las categorías de mayor afectación durante el ciclo biológico del tomate.

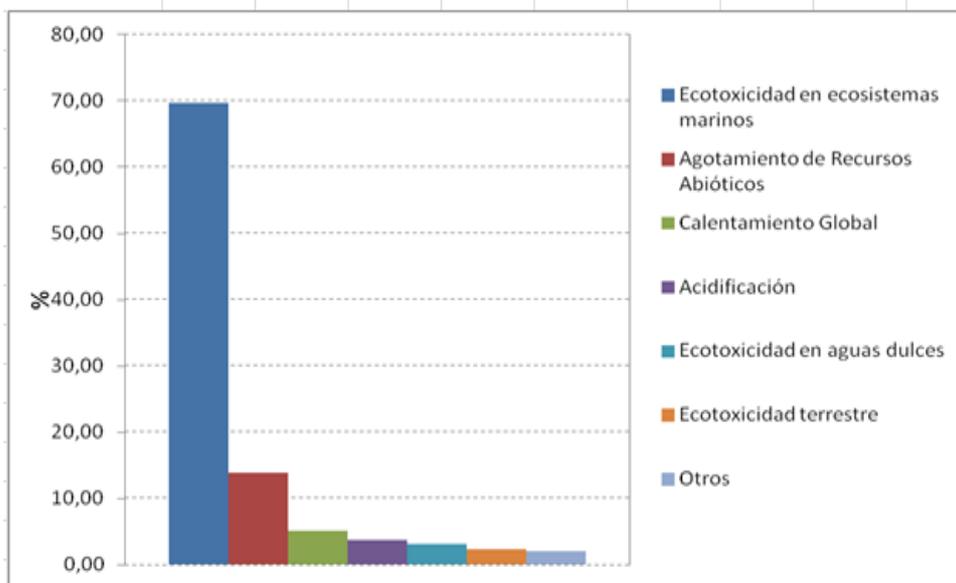


Figura 3.1. Las categorías al impacto ambiental.

En la Figura 3.2, se muestran las tres principales sustancias que mayor contribución tuvieron al calentamiento global en ciclo biológico del tomate. Como se puede observar el dióxido de carbono es la sustancia que mayor contribución tuvo a dicha categoría, alcanzando valores 251,12 kg CO₂ eq y la sustancia que menor contribución tuvo fue metano con un valor de 17,27 kg CO₂ eq. 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, debiéndose las mayores emisiones de CO₂ a la construcción de la propia estructura.

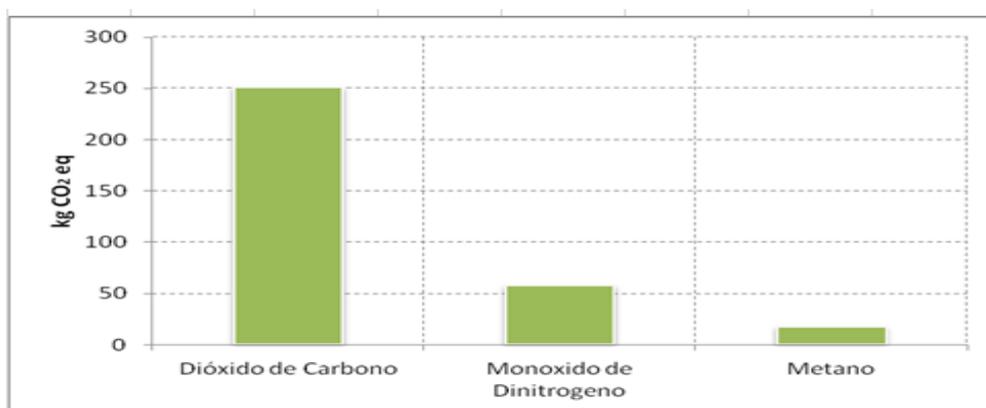


Figura 3.2. Sustancias de mayor contribución a la categoría calentamiento global.

En la Figura 3.3, se muestran las tres principales sustancias que mayor emisión tuvieron en las categorías oxidación fotoquímica, acidificación y eutrofización en el ciclo biológico del cultivo de tomate, de las principales sustancias analizadas los óxidos de azufre fueron los que tuvieron mayor contribución alcanzando valor de 1,28 Kg., la sustancia que menor impacto generó en las categorías analizadas fue el amonio con valor de 0,11 kg. Esto se debe a las emisiones de óxidos de azufre (SO_x) derivados de la fabricación de materiales para el sistema de fertirrigación, la estructura del invernadero y el proceso de producción de los fertilizantes, resultados que se relacionan con los obtenidos por Antón (2004) y Socarrás (2012), donde la producción y uso de fertilizantes son los de mayor contribución a la acidificación.



Figura 3.3. Emisiones de mayor contribución a las categorías oxidación fotoquímica, acidificación y eutrofización.

El nylon empleado para tutorar las plantas, las cajas que se emplea para la recolección de los tomates y los pesticidas químicos, resultaron los insumos que causaron mayor impacto en el ciclo biológico del tomate en la tecnología. En la Figura 3.3 se observa que el nylon es el insumo que mayor contribución tiene a esta categoría, alcanzando un valor de 29,20 %, seguido por las cajas de plásticos en un 24,73 %, lo cual se debe a la cantidad de nylon que se emplea como tutor por planta, lo que se debe a los productos químicos empleados en la fabricación de los envases que se necesitan para la cosecha de tomate. Estos resultados se relacionan con lo obtenido por Socarrás (2012), donde el nylon empleado para tutorar las plantas y mantenerlas erectas, los

envases de los cepellones y la electricidad, resultaron los insumos que causaron mayor impacto durante el ciclo de vida del tomate en esta tecnología.

Los pesticidas son el tercer insumo que mayor impacto generan al medio ambiente, alcanzando un valor de 15,51 %, esto 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)), Alternaria solani Tizon tardio:(*Phytophthora infestans* (Mont. De Bari.) Mancha gris del tomate: *Stemphylium solani* (Weber.)

Contra las cuales se hicieron reiterados tratamientos de plaguicidas químicos, correspondiéndose con los resultados de Antón (2004); Milá i Canals *et al.* (2006) y Socarrás (2012) quienes manifestaron que en la producción del tomate en casa de cultivos los plaguicidas fueron los que generaron una mayor carga contaminante.

Los fertilizantes químicos y otros insumos, fueron los que alcanzaron menores daños en el ciclo biológico del tomate, alcanzando valores de 10,28 % de nitrato de potasio, 6,50 % sulfato de potasio, 5,72 % nitrato de calcio y un 5,14 % de nitrato de amonio. Estos resultados difieren por los obtenidos por Socarrás (2012), donde en análisis pormenorizado de la nutrición diaria del cultivo, arrojó que los fertilizantes nitrogenados representan un mayor impacto después de los plaguicidas, y también De León (2009) quien afirmó que los fertilizantes nitrogenados fueron los principales causante de la categoría agotamiento de los recursos abióticos. Como se observa el nylon y las cajas constituyen los insumos de mayor impacto, pero son recursos inherentes a la tecnología, y sobre estos no se pueden establecer variantes de mejoras.

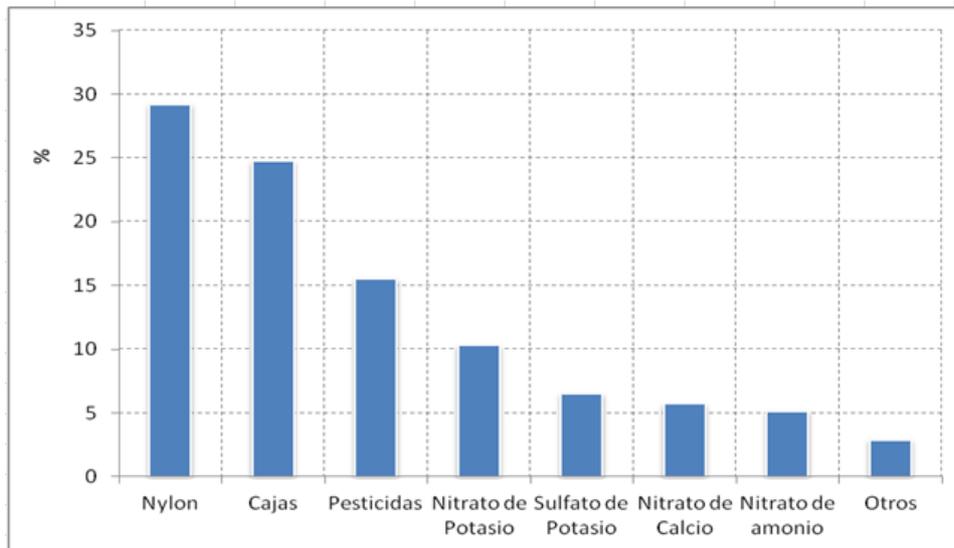


Figura 3.4. Insumos de la producción de tomate.

3.2.2. Análisis de impacto de las variantes de mejoras

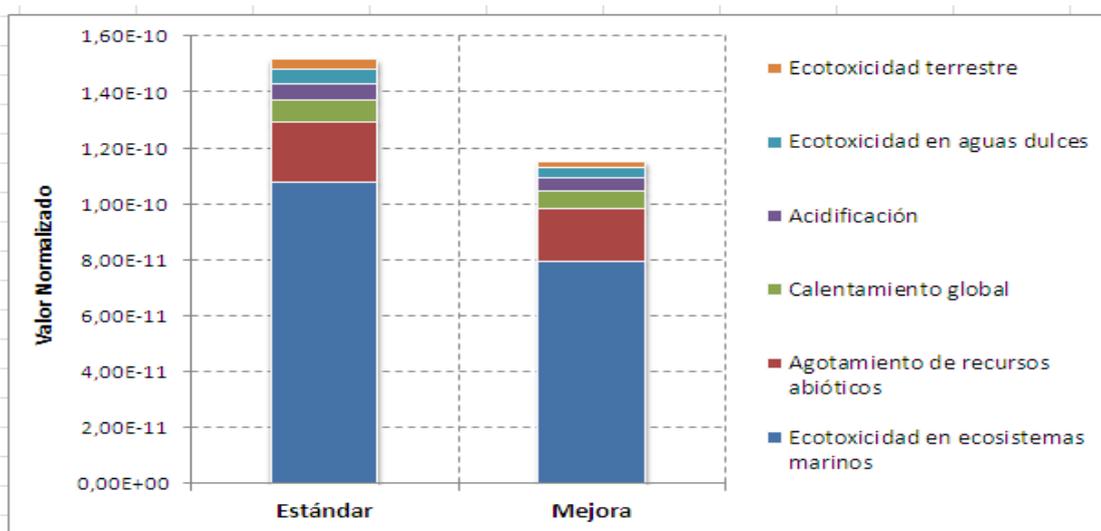


Figura 3.5. Análisis comparativo de la variantes ambientales.

En la Figura 3.5, se muestra el análisis comparativo de la alternativa propuesta con enfoque de producción sostenible con la variante estándar que está vigente en los módulos de casa de cultivo de la Unidad Empresarial de base Agropecuaria Horquita , con los resultados obtenidos en el análisis de las variantes de mejoras, donde se demuestra que la propuesta de mejora es mejor que la estándar , la contribución que tiene a las diferentes categorías disminuye en un 24,04 % de manera global, y por sustancias dejaría de emitir 37,8 kg de dióxido de carbono, 29,3 kg de monóxido de dinitrógeno, 2,2kg de metano y 0,01kg de óxidos de azufre. Esto se debe a que en la propuesta de mejora 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 contaminan al medio ambiente , no causan daño a la salud humana y evitan la acumulación de sales en el suelo.

Esto se corresponde con el planteamiento 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).

3.1.4. Análisis de la Evaluación Económica.

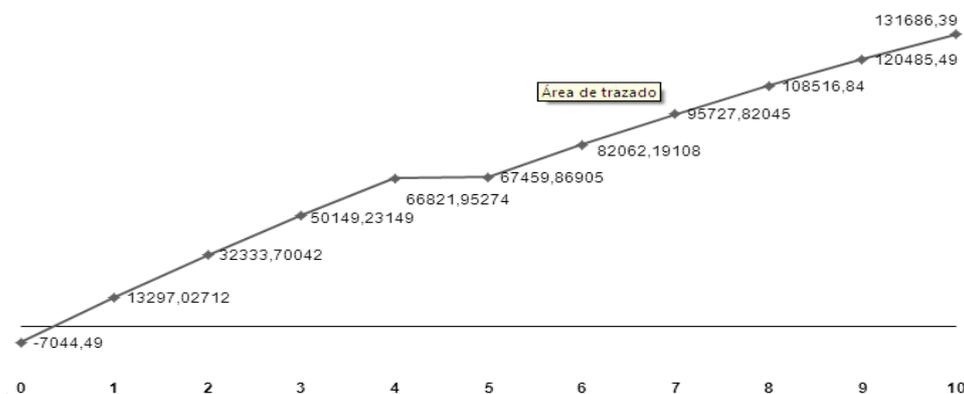


Figura 3.6 Proyección de los Flujos de Caja de la variante de mejora.

En la variante de mejora el flujo de caja se puede observar en la Figuras 3.6, a partir de los flujos de caja proyectados se muestra una recuperación de la inversión en tres meses, resultando el máximo valor proyectado para los flujos de efectivo de \$131 686,39.

La comparación ambiental y económica de la variante de mejora permite afirmar que bajos las condicionantes del estudio la propuesta de mejora tiene un menor impacto resulta ser la más rentable respecto a la estándar, condicionado fundamentalmente por el incremento esperados de los rendimientos del cultivo, y el impacto social es menor, al sustituir los productos que son agresivos a la salud humana, por biofertilizantes y medios biológicos para el control de plagas y enfermedades.

Conclusiones.

- La categoría de mayor impacto ambiental durante el ciclo biológico del tomate en casas de cultivo es la ecotoxicidad en ecosistemas marinos, seguida por el agotamiento de recursos abióticos y el calentamiento global, y la que presenta menor contribución es la ecotoxicidad terrestre.
- En los insumos que entran en el ciclo biológico del tomate, el nylon, las cajas de plástico y los pesticidas químicos fueron los insumos 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 mayores emisiones contribuyeron a las categorías calentamiento global, oxidación fotoquímico, acidificación y eutrofización.
- En el análisis de la variante de mejora con respecto a la variante estándar, la variante de mejora disminuye el impacto en 24,04 % de manera global, y por sustancias dejaría de emitir 37,8 kg de dióxido de carbono, 29,3 kg de monóxido de dinitrógeno, 2,2kg de metano y 0,01kg de óxidos de azufre.
- El análisis económico realizado demostró que la variante de mejora se muestra una recuperación de la inversión en tres meses, resultando el máximo valor proyectado para los flujos de efectivo de \$131 686.39, ya que es la más saludable y menos agresiva al medio ambiente.

Recomendaciones

1. Validar en la práctica productiva las variantes de mejoras propuestas para la producción sostenible de tomate bajo la tecnología de cultivo protegido.
2. Aplicar esta metodología de análisis del ciclo de vida a los diferentes módulos de casa de cultivo existente en la provincia de Cienfuegos y del país.

Bibliografía

- Álvarez González Teresa. Evaluación del impacto ambiental del Ciclo de vida de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Var. CC 25-9 N en la Finca Soterrado en el municipio de Cienfuegos /Teresa Álvarez González; May Lui Díaz Peña, tutor – trabajo de diploma, UCF, 2012 -74h.
- Almentero socarras yoandri Mejoras tecnológicas para la producción más limpia de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) En casas de cultivo protegido en la Empresa Cítrico Arimao /Leónides castellano mailiu Díaz-trabajo de diploma-(2012).
- Bermúdez García José M. Aplicación de instrumentos de Economía Ecológica con enfoque de Producciones Más Limpias en el proceso de producción de la Empresa termoeléctrica Cienfuegos / José Manuel Bermúdez García; Eduardo López Bastida, tutor- tesis presentada en opción al título académico de master en Producciones Más Limpias, UCF, 2011 –
- 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.; Caldosa, H.; Piñeiro, F.; Arozarena, N. y Villarino, L.. 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícola Liliána Dimitrova". La Habana, Cuba.
- Cowell, S., & Clift, R. (1997). Impact assessment for LCAs [Life Cycle Assessments] involving agricultures production. International Journal of Life Cycle Assessment. (2), 99-103.
- Domínguez F. J. y. D., Y. (2006). "Selección de una herramienta de gestión ambiental adecuada para su implementación en la industria". Matanzas, Cuba: Facultad de Ingeniería Química - Mecánica, Universidad de Matanzas
- Escaff, M...2001. Capítulo XV: hortalizas. Agenda del Salitre. Soquimich Comercial, Santiago, Chile, p.717-755.
- Fetiberia,.2000.Guía de abonado. Disponible en http://www.fetiberia.com/servicios_on_line/guia_de_abonado/tomate3.Tm. Revisada el 4 de Enero del 2009.

- Ferrato, J; Mondino .MC. Producción, Consumo y comercialización del mundo, Agro mensaje (Argentina) 24:1Abril del 2008.
- Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrot, H.; Anais, G. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo de tomate para la producción en el Caribe. La Habana. IIHLD. MINAGRI: 159
- nuez, F., 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi Prensa. España: 793
- García, N. (2009). Cuba a la vanguardia en el uso de la metodología Análisis del ciclo de Vida.Retriever Fromm p://emba.cubaminrex.cu/Default.aspx?tabid=26290.
- Giaconi, V. y Escaff, M.1993. Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago de Chile: 335 p.
- InfoAgro.2003. El cultivo del tomate. Disponible en <http://www.InfoAgro.com/hortalizas/tomate.htm>. Revisada el 7 de Enero del 2009.
- ISO-14040. (1997) Environ mental management-Life cycle assessment-Principles and framework. International Organisation for Standardisation ISO. International estándar.
- MINAGRI. 1999. Instructivo técnico de Sanidad Vegetal para casas de cultivo “tipo sombrilla”. Centro Nacional de Sanidad Vegetal. Ciudad Habana. Cuba. Folleto. 65 p.
- Moreno, V. 2003. Seminario de Riego, Drenaje y nutrición. La Habana. Pág. 19.
- Moreno, V. 2004. Procedimientos para el manejo de la nutrición y el control de la fertilización en las casas de cultivo. Grupo Empresarial Frutícola. La Habana. Pág. 38.
- MINAGRI.2008.Resumen de los indicadores productivos de la rama de cultivos varios .EIMA.
- Ochoa, J. M. y M. Carabeo, 1999. Catálogo de semillas de tomates autóctonos. Zaragoza. España: 14-16 p.
- Olimpia G.; Casanova A.; Laterrot H.; Anaís G. 2000. Mejora genética y manejo del Cultivo el Tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas „Liliana Dimitrova““. La Habana. 159 p.

- Porras, A., E. Z. de la Vega, M. L. Soriano y M. Dugo, 1990. Recolección del tomate: Principios agronómicos y técnicos. Hojas divulgadoras (2): 1-32.
- Pulido Vega, Javier. Efecto del Biobrass y el Fitomas en el tomate *Lycopersicon sculentum*, Mill de crecimiento indeterminado en casas de cultivo protegido/ Javier Pulido Vega; Rafaela A. Soto Ortiz y Dr. C Leonides Castellanos González, Tutor,- Trabajo de Diploma, CETAS (UCF), 2008-2009-20h.
- Peralta, I. y Suponer D. 2007. History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). pp 1-27. In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Vol. 2: Tomato. M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.), Science Publishers, Enfield, USA.
- Peña, C., 2008. Hitos en la evolución de la industria en el mundo. Innova Minería .Bailable at: <http://www.innovamineria.cl> 07/02.
- (Quintero Pupo Helia. Evaluación del impacto ambiental del Ciclo de vida de Maíz Mays L.) Var. T-G-H en la Finca Soterrado en el municipio de Cienfuegos /Helia Quintero Pupo; May Liu Díaz Peña, tutor – trabajo de diploma, UCF, 2012 -67h.
- Rieradevall, J., Pere F. (1995). "Análisis del ciclo de Vida del producto – ACV (I), nueva herramienta de gestión ambiental. Universidad Autónoma Barcelona, innovación química."
- Romero Rodríguez, B. I. (2004). "El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental" [Electronic Versión], p. 7. Retriever Diciembre, 2008 Fromm [www.iie.org.mx/boletin032003/ tend.pdf](http://www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf)
- Suplen, N. (2007). "Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Eco diseño". México: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. From disponible en: www.lcamexico.com.
- Sudsley, E. (1997). Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment. European Comisión DG VI Agricultura, 139.
- Vázquez Moreno, L. L., & Fernández González. (2007). *Bases para el manejo agro ecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos* (Primera edición.).

CIDISAV. 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.; Caldosá, H.; Pinero, F.; Aros arena, N.y Villarino, L.. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba.

Venden Mijzenberg, E. W. B. (1980). A historia Of. Greenhouses. Institute for Agriculturas Engineering. Wageningen, the Netherlands.

Anexo 1

CONTROL FITOSANITARIO							
MUESTREO DÍAS	PRODUCTO USADO	DOSIS kg/Ha –Lt. /Ha	DOSIS M2	IMPORTE MN/Ha	SOLUCIÓN FINAL Lt/HA	PLAGAS OBSERVADAS	ENFERMEDADES OBSERVADAS
0-15	CONFIDOR	0.5 KG/Ha= 0.027 kg/casa	= 0.00005 kg/m2	\$ 117.91	250 lt/Ha.= 13.5 lt/casa	Benicia tabacci	Sterfillium.
15-30	MONARCA	1 lt/Ha = 0.054 lt/casa	= 0.0001 lt/m2	\$ 24.24	250 lt/Ha.= 13.5 lt/casa	Spodoptera.	Sterfillium.
30-45	ABAMECTINA.	0.5 lt/Ha = 0.027 lt/casa	= 0.00005 lt/m2	\$ 15.50	300 lt/Ha = 16.2 lt/casa	Minador.	Alternaria.
45-60	SUPREME	0.5 lt/Ha = 0.027 lt/casa	= 0.00005 lt/m2	\$ 137.97	300 lt/Ha = 16.2 lt/casa	Spodoptera.	Alternaria.
	DECIS	0.5 lt/Ha = 0.0054 lt/casa	= 0.00001 lt/m2	\$ 30.90	300 lt/Ha = 16.2 lt/casa	-----	-----
60-75	CONFIDOR	0.5 lt/Ha = 0.027 lt/casa	= 0.00005 lt/m2	\$ 117.91	300 lt/Ha = 16.2 lt/casa	Benicia tabacci	Alternaria. Tizón tardío.
75-90	ACROAT	2.5 lt/Ha. = 0.14 lt/Ha.	= 0.00025 lt/m2	\$ 65.57	350 lt/Ha. = 18.90 lt/casa	-----	Alternaria. Tizón tardío.
	MARCOZEB	1.5 lt/Ha. = 0.08 lt/casa.	= 0.00015 lt/m2	\$ 55.67	350 lt/Ha. = 18.90 lt/casa		
90-105	ORIOUS	0.5 lt/Ha = 0.027 lt/casa	= 0.00005 lt/m2	\$ 21.84	350 lt/Ha. = 18.90 lt/casa		
	MONARCA	1 lt/Ha = 0.054 lt/casa	= 0.0001 lt/m2	\$ 24.24	350 lt/Ha. = 18.90 lt/casa	Benicia tabacci Lepidoptera.	Alternaria. Tizón tardío.
105-125	MARCOZEB	2.5 kg/Ha. = 0.14 kg/casa.	= 0.00025 kg/m2	\$ 55.67	350 lt/Ha. = 18.90 lt/casa	Spodoptera.	Alternaria.
	MONARCA	1 lt/Ha = 0.054 lt/casa	= 0.0001 lt/m2	\$ 24.24	350 lt/Ha. = 18.90 lt/casa		

Anexo 2

Fase del desarrollo	# aproximado de días	Fertilizantes.			Demanda de riego		
		Productos.	Dosis /casa	Dosis g/m2	Importe MN	Norma L/planta	# de planta
1ra Fase		H ₃ PO ₄	115	0.21 g/m2	\$ 3.21	0.7	1200
		HNO ₃	1	0.002 g/m2	\$ 0.03		
		Ca(NO ₃) ₂	222	0.41 g/m2	\$ 6.21		
		MgSO ₄	43	0.08 g/m2	\$ 1.20		
		K ₂ SO ₄	54	0.1 g/m2	\$ 1.51		
2da Fase		H ₃ PO ₄	95	0.17 g/m2	\$ 3.21	0.9	1200
		HNO ₃	224	0.41 g/m2	\$ 6.26		
		Ca(NO ₃) ₂	454	0.84 g/m2	\$ 6.21		
		MgSO ₄	57	0.10 g/m2	\$ 1.20		
		K ₂ SO ₄	21	0.04g/m2	\$ 1.51		
		KNO ₃	237	0.43 g/m2	\$ 6.63		
3era Fase		H ₃ PO ₄	111	0.20 g/m2	\$ 3.21	1.2	1200
		HNO ₃	487	0.90 g/m2	\$ 0.03		
		Ca(NO ₃) ₂	304	0.56 g/m2	\$ 6.21		
		MgSO ₄	358	0.66 g/m2	\$ 1.20		
		K ₂ SO ₄	463	0.86 g/m2	\$ 1.51		
		KNO ₃	589	1.09 g/m2	\$ 6.63		

Anexo 3. 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	H ₃ PO ₄
I	II	III	IV	V	biobrass-16	HNO ₃
*	II	III	IV	V		Ca(NO ₃) ₂
*	II	III	IV	V		MgSO ₄
*	II	III	IV	V		KNO ₃
*	*	III	IV	V		K ₂ SO ₄
*	II	III	IV	V		NH ₄ NO ₃

