



UNIVERSIDAD  
**CIENFUEGOS**  
Carlos Rafael Rodríguez

**Facultad de Mecánica**

**Tesis Presentada en Opción al Título Académico de Máster en  
Producciones Más Limpias**

**Mejoras tecnológicas para la producción más limpia de  
tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en casas de  
cultivo protegido en la Empresa Cítrico Arimao**

**Autor: Yoandris Socarrás Armenteros**

**Tutores: DrC. Leónides Castellanos González**

**MSc. Mailiu Díaz Peña**

**Consultante: MSc. Milagros de la Caridad Mata Varela**

**Cienfuegos, 2012**

# RESUMEN



## Resumen

El presente trabajo se realizó en la empresa Cítrico Arimao en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la tecnología de casa de cultivo. El objetivo fue proponer una tecnología para las producciones más limpias de tomate en casa de cultivos protegido en la provincia de Cienfuegos. 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 determinó que los principales problemas ambientales están concentrados en la eco toxicidad en ecosistemas marinos, seguido por el agotamiento de los recursos abióticos, acidificación y el calentamiento global. 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 37.69%, y en los insumos diarios que se emplearon en el desarrollo del cultivo los pesticidas y los fertilizantes nitrogenados generan un mayor impacto a las categorías eco toxicidad en los ecosistemas marinos y el calentamiento global. Se proponen dos variantes de mejoras para disminuir los impactos ambientales e incrementar los rendimientos. Con la variante II el impacto ambiental disminuye en un 7.33% con respecto a la variante estándar y la alternativa que más se aproxima, desde el punto de vista económico financiero al caso base es la alternativa II, la cual además de constituir la más saludable presenta una holgura para el costo de inversión del 4% y del 5%, atendiendo a la variable rentabilidad.

# ÍNDICE



# Índice

Resumen

Introducción.....	8
1. Revisión Bibliográfica .....	12
1.1. Producción mundial de Hortaliza .....	12
1.2. Historia de la producción del cultivo bajo condiciones protegidas .....	12
1.3. Casas de cultivo protegidos en condiciones tropicales .....	13
1.4. Invernadero .....	14
1.5. Tecnologías de cultivos protegidos .....	14
1.5.1. Tecnologías en cepellón.....	14
1.5.2. Tecnología riego y fertirriego .....	15
1.5.3. Tecnología postcosecha.....	16
1.5.4. Labores que se realizan en la tecnología de cultivos protegidos.....	16
1.6. Factores que afectan los rendimientos en la producción de hortalizas en casas de cultivo .	17
1.6.1. Principales enfermedades que atacan a las hortalizas en casas de cultivo .....	18
1.6.2. Insectos que ocasionan daños en casa de cultivos.....	19
1.6.3. Principales virus que afectan al tomate y medidas para su control.....	20
1.7. Manejo Integrado de Plagas (MIP) .....	21
1.7.1. Tratamiento al suelo.....	23
1.8. Descripción del cultivo de Tomate.....	23
1.8.1. Características botánicas.....	23
1.8.2. Importancia económica y nutricional .....	25
1.8.3. Híbridos de tomate recomendados para de casa de cultivo .....	25
1.9. Historia General del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) .....	25
1.9.1. Normas que establecen las fases del ACV.....	27
1.9.2. Importancia de la herramienta ACV.....	27
1.9.3. Aplicaciones del ACV .....	28
1.9.4. Aplicación del ACV en Cuba .....	28
1.9.5. Aplicaciones de ACV en la Agricultura.....	29
2. Materiales y Métodos .....	31
2.1. Definición de los objetivos y alcance.....	31
2.2. Análisis de Inventario.....	33
2.3. Evaluación del impacto ambiental.....	33
2.3.1. Método para evaluar el impacto ambiental.....	34

2.4. Mejoras tecnológicas para las producciones más limpias del cultivo del tomate en casas de cultivos .....	36
2.4.1. Variantes de mejoras para el cultivo de tomate .....	36
2.4.2. Análisis de la factibilidad técnica y económica de las variantes de mejoras .....	38
3. Resultados y discusión .....	41
3.1. Diagnóstico de los problemas fitosanitarios y el empleo de agrotóxicos .....	41
3.1.1. Definición de objetivos y alcance .....	41
3.1.2. Análisis del inventario.....	42
3.1.3. Evaluación del impacto .....	45
3.2. Evaluación de las mejoras tecnológicas .....	48
3.2.2. Análisis de impacto de las variantes de mejoras .....	48
3.2.3. Análisis de la Evaluación Económica. ....	52
Conclusiones.....	56
Recomendaciones.....	58
Bibliografía .....	60
Anexos	

# *INTRODUCCIÓN*



## 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 (2 700 ha) y México (1 200 ha) (MINAGRI, 2009).

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

En el Ministerio de la Agricultura (MINAG), se tienen 2 100 casas de cultivos protegidos, en 146.8 ha; en el MINAZ, 22 casas de cultivos en 1.18 ha; en la Unión Agropecuaria Militar (UAM), 346 casas de cultivos en 22,08 ha; en el Grupo Empresarial Agropecuario del MININT, 114 casas de cultivos en 7.05 ha y en otros Organismos, 16 casa de cultivos en 1.05 ha (MINAGRI, 2009).

Las producciones de hortaliza obtenidas en Cuba, según MINAGRI (2008) ascendieron a 340 966 t y en la provincia de Cienfuegos se obtuvo una producción de 10 947 t. En los últimos años, se ha estado introduciendo a escala estatal casas de cultivo protegidas (invernaderos tropicales), ya que en estas es posible realizar una alta producción y tecnificación de este cultivo, además de lograr producciones fuera de época, lo que aumenta su valor comercial.

Las principales hortalizas producidas en Cuba en la tecnología protegida son: Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Pimiento (*Capsicum annum. L*), Pepino (*Cucumis sativus L.*) y el Melón (*Cucumis melo L.*) (Casanova *et al.*, 2007). En la tecnología protegida en la empresa Cítrico Arimao, el tomate es la hortaliza que mayor producción, según los datos históricos desde el año 2009 – 2011, ha alcanzado valores de 55%, pepino 24%, pimiento 11% y melón 10% el cultivo.

En las casas de cultivo para el desarrollo de las plantaciones, se realizan varias actividades dentro de las que se encuentran la preparación de suelo para el semillero, la fertilización, y el control de malezas, en las que se emplean agro-tóxicos que según las dosis aplicadas pueden producir un impacto considerado al suelo, agua, y al aire, y por consiguiente a la salud humana. En esta tecnología de casa de cultivo protegido para el crecimiento y desarrollo de las plantas se necesita una adecuada nutrición y control fitosanitario al cultivo, al cual estas labores que se realiza al cultivo en las diferentes fases fenológicas, se hace reiteradamente un número de aplicaciones y dosificaciones de los productos químicos, la contaminación de estos productos se puede presentar por varias vías: suelo, aguas superficiales y subterráneas, atmósfera y a los seres vivos.

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. Por otra parte no existe la propuesta de una tecnología científicamente fundamentadas para las producciones más limpias en casa de cultivo, ni para el tomate, ni ningún otro cultivo, aunque sí resultados de investigación donde se proponen alternativas biológicas y de manejo integrado de la fertilización y de las plagas y enfermedades.

### Problema Científico

La carencia de una tecnología para las producciones limpias en tomate, en condiciones de casa de cultivo obliga a realizar investigaciones que permitan establecer mejoras tecnológicas para este cultivo con fundamento científico y un mínimo de contaminación química.

### Hipótesis

Existen un grupo de resultados de investigación sobre alternativas no químicas de fertilización y de control de plagas en tomate en casa de cultivos, que si se integran convenientemente permiten establecer mejoras tecnológicas para la producción más limpia del tomate en casas de cultivos protegidos.

### Objetivo General

Valorar mejoras tecnológicas para la producción más limpia de tomate en casas de cultivos protegidos en la provincia de Cienfuegos.

### Objetivos Específicos:

1. Diagnosticar los problemas fitosanitarios y el empleo de agrotóxicos en las casas de

cultivos.

2. Evaluar mejoras tecnológicas para la producción más limpias de tomate en casas de cultivos protegidos.

### **Novedad**

La novedad que tiene esta investigación está dada porque es la primera vez que se realiza un estudio que identifica y cuantifica el impacto ambiental del cultivo del tomate bajo tecnología protegida en Cuba aplicando una metodología descrita en las normas de gestión ambiental de la NC- ISO 14040 – 14043, proponiendo mejoras ambientales con enfoque de producciones más limpias.

### **Aporte ambiental**

En la investigación se evalúan variantes de mejora ambiental con lo que se puede lograr una producción más limpia del cultivo del tomate al integrar medios biológicos con menos productos químicos, en la misma se demuestra que con la aplicación con un 50 % de químico y con medios biológicos el impacto ambiental disminuye en un 7.33 %, lo cual da respuesta a lo planteado en los lineamientos económicos 185 y 187 del Partido Comunista de Cuba en relación a la necesidad de organizar la producción agropecuaria en aquellas actividades generadoras de ingresos externos o que sustituyan importaciones, aplicando un enfoque sistémico y territorial, a partir de desarrollar una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente, potenciando la producción y el uso de los abonos orgánicos, biofertilizantes y biopesticidas.

### **Aporte social**

El aporte social que tiene esta investigación con mejoras ambientales con enfoque de producciones más limpias está dada en la disminución de los químicos que intervienen en la producción de tomate, con lo que se logra una disminución de sustancias que contribuyen al impacto ambiental desde la fabricación de los plaguicidas y los fertilizantes químicos hasta el uso de los mismos. Además con estas nuevas variantes de mejoras se logran hortalizas con menos sustancias tóxicas disminuyendo así las posibles afectaciones a la salud humana, y también se fortalecen las fuentes de empleo para la producción de los medios biológicos.

### **Aporte económico**

La aplicación de las variantes de mejoras evaluadas permitirían un incremento del rendimiento en un 2.25 % con alternativas biológicas que son de producción nacional, y además están en correspondencia con los lineamientos de la política económica y social del país, aprobados por el VI Congreso del PCC.

# CAPÍTULO 1



## **1. Revisión Bibliográfica.**

### **1.1. Producción mundial de Hortaliza**

La producción mundial de hortalizas, alcanza aproximadamente a 614 millones de toneladas al año. La tendencia de la producción a largo plazo es creciente, con un aumento aproximado de 3.2% al año. Este crecimiento se sustenta en la tendencia al aumento de los niveles de consumo per cápita en los países en desarrollo, particularmente en aquellos de ingreso medio de Asia, América Latina y Europa Oriental (FAO, 2005).

El continente asiático es el mayor productor de hortalizas del mundo, ya que representa más del 60% del total de la producción. Además, es el que ha presentado un mayor aumento de la producción, con una tasa anual del 5.1%, que supera el promedio de crecimiento de la producción mundial. El país más destacado dentro de Asia es China, cuya producción corresponde a aproximadamente el 50% del total del continente, con 202 millones de toneladas. La hortaliza más comercializada en el mundo fue tomate (14.9% del comercio mundial), luego pimiento (9.6%), legumbres secas (9.3%), cebollas, ajo y ajo puerro (7.9%), papa (7.6%) y vegetales congelados (6.2%) (Ferratto *et al.*, 2008).

Las producciones de tomate obtenidas en Cuba según MINAGRI (2008) ascendieron a 340 966 t y en la provincia de Cienfuegos se obtuvo una producción de 10 947 t.

Los mayores niveles de producción de hortalizas se localizan en: Holguín, Pinar del Río, Cienfuegos y La Habana con el 7.7% del total. Muy cercanos se encuentran Camagüey y Sancti Spiritus con el 7.6% del total. En términos de producción per cápita, las primeras provincias son: Cienfuegos con 1259 gramos diarios, Ciego de Ávila con 1144 g/d, Sancti Spiritus con 1063 g/d y Las Tunas con 834 g/d (MINAGRI, 2002).

### **1.2. Historia de la producción del cultivo bajo condiciones protegidas**

Los primeros intentos de la humanidad para proteger los cultivos de la intemperie de la que se tiene noticias datan del Imperio Romano, según Wittwer (1995), citados por (Antón, 2004). Estos consistían en banquetas móviles de pepinos, otros cultivos hortícolas, colocadas en el exterior en los días soleados y en el interior con condiciones atmosféricas más desfavorables. Dichas banquetas se cubrían con láminas de mica o alabastro que hacían la función de cubierta. Parece ser que esta práctica desaparece con el declive del imperio romano y no es hasta las postrimerías del siglo XV en que aparecen los primeros precursores de los invernaderos, inicialmente en Inglaterra, Holanda, Francia, Japón y China. Se tratan en un principio de cajones de madera o bambú, cubiertos por una protección (laminada o campana) de vidrio, cultivándose una amplia variedad de verduras de pequeños frutos.

Durante el siglo XVII ya se encuentran recintos que pueden considerarse propiamente invernaderos pero que tienen únicamente un frontal de vidrio en forma de techo inclinado. En el siguiente siglo existen construcciones con paredes laterales y frontal de vidrio y hacia finales del siglo XVIII ya se dispone de toda la estructura de vidrio. Los países precursores son principalmente Inglaterra, Holanda, Francia y en los países escandinavos hacia finales del siglo XIX la producción comercial de cultivos se había establecido (Antón, 2004).

Hace 500 años se inició el uso de la calefacción en los invernaderos. A finales del siglo XV y durante el XVI se usan hogueras de carbono en el suelo del invernadero. En el siglo XVII aparecen las primeras estufas. El XVIII trae las primeras estufas con chimeneas que atraviesan el invernadero repartiendo calor, a partir del siglo XIX se utilizan las calderas con agua caliente y que usan como combustible carbón, hasta en nuestros días en el combustible ha sido sustituido por gas-oil o gas (Vanden Mijzenberg, 1980).

### **1.3. Casas de cultivo protegidos en condiciones tropicales**

En la década de los ochenta se inicia por el IRAT, en Guyana, los primeros trabajos de investigación sobre cultivos protegidos en región tropical (Raoult, 1988a; 1988b). Esta técnica comenzó a desarrollarse posteriormente en Martinica y Guadalupe y en otros países de la región como Cuba.

Las casas de cultivo, constituyen una tecnología muy promisoría para extender el calendario de producción y lograr una alta productividad y calidad de las hortalizas durante todo el año en condiciones tropicales. Es una técnica que permite modificar, total o parcialmente las condiciones ambientales, para que las plantas se desarrollen en un medio más favorable que el existente al aire libre (López (1996) citados por Gómez *et al.*, 2000).

En zonas tropicales el efecto buscado es el de “sombrija”, que consiste en proteger a las plantas de la alta radiación global existente y de los eventos de lluvia, propiciando una gran aireación al cultivo (Goto y Wilson, 1998). Por el contrario, en los países templados el efecto buscado es el de “invernadero”. Este consiste en el calentamiento espontáneo de la atmósfera confinada en el invernadero o casas de cultivo, en relación con el exterior (López y López (1996) citados por Gómez *et al.* 2000).

## 1.4. Invernadero

Un invernadero es aquella estructura que, además de proteger al cultivo de la lluvia y el viento, permite el paso de la radiación solar dificultando la pérdida de calor, en particular la del componente del infrarrojo técnico. El grado de modificación climática va a depender del nivel tecnológico de los materiales empleados en su construcción y de los equipos complementarios de climatización, calefacción, humidificación, ventilación, abonado carbónico, iluminación artificial, etc. Esta modificación climática permite avanzar cosechas, aumentar rendimientos o cultivar fuera de época. En los últimos años se ha producido una expansión de la superficie protegida, acolchados, túneles, invernaderos, a causa de la demanda por parte del consumidor de los países desarrollados de productos frescos y económicos a lo largo de todo el año (Antón, 2004).

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

- Casa de cultivo israelí
- Casa de cultivo "Carisombra"
- Túnel tipo sombrilla
- Casa de cultivo rústica

Estructura de madera u otros materiales locales, de 8.90m de ancho por 42m de largo, con una altura de 4 a 5m con cobertura superior de polietileno o rafia plasticada, 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).

## 1.5. Tecnologías de cultivos protegidos

### 1.5.1. Tecnologías en cepellón

Dentro de la tecnología del cultivo protegido se encuentra la producción protegida de plántulas en cepellones como el eslabón más importante y vulnerable de esta tecnología (Casanova *et al.*, 2003). La misma tiene numerosas ventajas, entre las cuales se enuncian:

- La facilidad con que las plántulas superan las crisis de trasplante.
- Seguridad en el complemento de los plazos de plantación y producción.
- Mínimo riesgo de enfermedades en las raíces y cuellos de las plántulas.
- Menor exigencia y especialización en la labor de trasplante manual.

- Ahorro de agua.
- Fácil control de malezas y reducción de daños en el campo.
- El proceso de extracción y manipulación de las plántulas es más sencillo.
- El cepellón es vehículo ideal para trasladar al campo plántulas infestadas sobre patrones resistentes.
- Aplicación de medios biológicos.
- Se propicia mayores rendimientos por superficie.
- Facilita la selección y agrupación de plántulas por tamaños.

### **1.5.2. Tecnología riego y fertirriego**

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

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

Alarcón (2000) afirma que se vive en un continuo cambio tecnológico, en el que la agricultura intensiva actual exige junto a un perfeccionamiento en el manejo cultural, el máximo aprovechamiento de los recursos hídricos, manteniendo una nutrición mineral ajustada acorde con cada estado fenológico del cultivo.

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

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

Según Pulido *et al.* (2009), con el uso Fitomas-E en la producción de tomate en casa de cultivo, se alcanzaron rendimientos de 131.6 t/ha superiores que con la aplicación de los químicos con un valor de 113.8 t/ha.

Aplicaciones de Biobrás-16, a razón de 10 ml/ha, 50 ml/ha y 100 ml/ha, incrementan el crecimiento, desarrollo y el rendimiento del tomate con valores que oscilan entre 122.4 – 134.6 t/ha estos valores de rendimiento son superiores cuando se utiliza fertilizantes químicos (Pulido *et al.*, 2009).

Terry y Ruiz (2008), realizaron una evaluación de bioproductos para la producción de tomate (*Solanum lycopersicon* Mill.) bajo sistema de cultivo protegido, para lo cual utilizaron una mezcla compuesta por 50% de fertilizante mineral (NPK) y 50% de fertilizantes orgánicos (micorrizas-análogo de brasinoesteriodes), con adición de 1 kg/m de humus de lombriz . Este estudio permitió el incremento de la cantidad de racimos (11.2) y frutos (21.0) por planta, con un porcentaje de fructificación del 92.4%, lo que conllevó a obtener un rendimiento agrícola de 54.38 t/ha.

### **1.5.3. Tecnología postcosecha**

La tecnología postcosecha del tomate en casas de cultivo en Cuba, está formada por los siguientes procesos (Anónimo, 2010):

- Lavado
- Clasificación / reempacado
- Empaque
- Almacenamiento
- Transporte

### **1.5.4. Labores que se realizan en la tecnología de cultivos protegidos**

La tecnología de cultivo protegido para su desarrollo comprende un grupo de actividades las cuales se relaciona a continuación:

#### Decapitado

Mañas *et al.* (2004) sugieren que el decapitado es una poda de la yema terminal de la planta.

Existen diferentes formas de realizar el decapitado, conocidas como: el Decapitado final y parcial

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 y ciclo del cultivo, etc.

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. Este 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 % de las flores estén abiertas 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.

#### **1.6. Factores que afectan los rendimientos en la producción de hortalizas en casas de cultivo**

Los rendimientos de las hortalizas en casas de cultivo se han visto reducidos por múltiples factores, uno de ellos son las plagas. Fuentes (2000) en el Salvador observó que una de las principales causas de afectación de esta variable estuvo dada por el incremento de poblaciones de mosca blanca (*Bermisia tabaci*) Gennadius, las cuales provocaron un aumento en la incidencia de enfermedades virales y una considerable elevación de los costos de producción.

Otro de los factores que afectan los mismos, es la forma de siembra. Al respecto Ohep (2005) hizo referencia que en los valles del estado de Monagas en Venezuela en el año 1985 establecían siembras mediante el trasplante de posturas obtenidas de semilleros elevados de tierra, distribuyendo las semillas a voleo generalmente en densidades muy altas.

### 1.6.1. Principales enfermedades que atacan a las hortalizas en casas de cultivo

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: *Fulvia fulva* (Cook) Ciferri, *Cladosporium fulvum* (Cooke.)
- Tizón tardío: *Phytophthora infestans* (Mont. De Bary.)
- Tizón temprano: *Alternaria solani* (Sor.)
- Damping off: *Phytophthora parasitica* (Dastur) y *Rhizoctonia solani* (Kühn.)
- Mancha negra del tomate (*Pseudomonas syringae p.v. tomate*)

En hojas, se forman manchas negras de 1-2 mm de diámetro y rodeadas de halo amarillo que pueden confluir. En tallo, pecíolos y bordes de los sépalos también aparecen manchas negras de borde. Solo son atacados los frutos verdes en los que se observan pequeñas manchas (de 1 mm) deprimidas. El viento, lluvia, gotas de agua y riegos por aspersión diseminan la enfermedad (Quintero y Sebastián, 1997).

Roña o sarna bacteriana (*Xanthomonas campestris p.v. vesicatoria*)

Provoca manchas negras en todas las partes aéreas de la planta, grandes y regulares. El diagnóstico en campo se distingue por el tamaño de las manchas y si es ataque avanzado en fruto, por los grandes chancros pustulosos característicos (Quintero y Sebastián, 1997).

Podredumbres blandas (*Erwinia carotovora subsp. carotovora*)

Penetra por heridas, provocando generalmente podredumbres acuosas, blandas que suelen desprender olor nauseabundo. En tomate se observa exteriormente en el tallo manchas negruzcas y húmedas. En general, la planta suele morir (Quintero y Sebastián, 1997).

La *Corynespora cassiicola,esta* (Berk E Curt) Wei., es un patógeno cuyo período de incubación está comprendido entre las 48 a 72 horas, a partir del cual se hacen visibles los síntomas de la enfermedad (Bergamin y Amorim, 2003).

Arias *et al.* (1987) y Silva *et al.* (1997) señalan que este es un hongo que causa enfermedad en más de 70 especies de plantas distribuidas en varios países de clima tropical y subtropical. Según Ellis, (1971) y Gasparotto *et al.* (1988) este hongo es una especie cosmopolita e inespecífica. Kurozawa y Pavan (1997) infieren que el mismo es un patógeno de importancia pequeña para la

cultura del pepino, tanto en cultivo convencional, como en casas de cultivos protegidos; sin embargo, en los últimos años, este hongo se volvió una enfermedad importante contra el cultivo del pepino Japonés (Vida *et al.*, 2004). En esta modalidad del cultivo, Verzignassi *et al.* (2003) afirman que estas manchas foliares, causaron pérdidas del 60% en la producción, y redujeron la calidad de los frutos.

El hongo puede afectar hojas, tallos y frutos en las plantas de tomate, el síntoma foliar consiste en pequeñas manchas puntiformes acuosas, que gradualmente aumentan de tamaño (Casanova *et al.*, 2007). Son de color pardo, el agrandamiento de las lesiones acuosas induce un rápido colapso de las hojas con apariencia grasienta. Cuando el ataque es fuerte puede producir un atizonamiento de la planta (González, 1990).

### **1.6.2. Insectos que ocasionan daños en casa de cultivos**

En las condiciones de casas de cultivos protegidos Martínez *et al.* (2007) comentan que las plagas que atacan al cultivo del tomate son:

- Acaro bronceado: *Vasates destructor* (K)
- Acaro común o ácaro de dos manchas: *Tetranychus urticae* (Koch.)
- Ácaro blanco: *Polyphagotarsonemus latus* (Banks.)
- Falso medidor: *Trichoplusia ni* (Hübner.)
- Mantequillas: *Spodoptera* spp.
- Minador gigante o gusano de alfiler: *Keiferia lycopersicella* (Walsh.)
- Minador común: *Agromyza sp.*; *Liriomyza trifolii* (Burgess.)
- Mosca blanca: *Bemisia tabaci* (Gennadius)
- Nematodo formadores de nódulos: *Meloidogyne* spp.
- Nematodos reniformes: *Roylenchulus reniformis* Linford y Oliveria
- Pulgón (*Aphis gossypii*, *Myzus persicae*, etc.)

Forman colonias y se alimentan chupando la savia de los tejidos. Los síntomas son deformaciones y abolladuras en las hojas de la zona de crecimiento. Debido a la melaza que excreta prolifera el hongo Negrilla. También transmiten virus (González, 1999).

Araña roja

Es otro tipo de ácaro mucho menos frecuente que la Araña roja que se da en el cultivo de

invernaderos. Síntomas: bronceado o herrumbre primero en el tallo y posteriormente en las hojas e incluso frutos. Evoluciona de forma ascendente desde la parte basal de la planta. Aparece por focos. Le favorece el calor y la baja humedad ambiental. Control igual que Araña roja (González, 1995).

Minadores de hoja o "Submarino" (*Liriomyza trifolii*)

Sobre todo en invernaderos. Las hembras realizan las puestas dentro del tejido de las hojas jóvenes, donde comienza a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, dibujando unas galerías características. Su control es difícil por lo protegida que están (Martínez, 1993).

### **1.6.3. Principales virus que afectan al tomate y medidas para su control**

En la actualidad, unido a las enfermedades y plagas tradicionales se han incrementado las virosis, entre ellas:

- *Virus del bronceado del tomate* (TSWV)
- *Virus del mosaico del pepino* (CMV)
- Virus Y de la patata (PVY)
- Virus del rizado amarillo del tomate (TYLV)
- *Virus del mosaico del tomate*
- *Virus del enanismo ramificado del tomate* (TBSV)
- *Virus del bronceado del tomate* (TSWV)

Estos virus producen enanismo y producción nula o escasa; y en ocasiones las plantas mueren. Generalmente se producen en hojas bronceadas con puntos y manchas necróticas que a veces afectan a los peciolo y tallos; en frutos aparecen manchas, maduración irregular, deformaciones y necrosis. La transmisión se produce mediante varias especies de trips.

Virus del encrespamiento amarillo de las hojas del tomate Geminivirus (TYLCV). Este virus se caracteriza por el enrollamiento de los folíolos, engrosamiento venal, enanismo, menor fructificación y un mosaico amarillo intenso. Se disemina por mosquitas blancas, *Bemisia tabaci* (Latorre *et al.*, 1990). Para el control de esta virosis no existen métodos curativos, siendo las medidas de control esencialmente preventivas (Nuez *et al.*, 1998)

Collado (1999) propone una serie de medidas para limitar la difusión de TYLCV según las fases de desarrollo del cultivo las cuales son:

- Mantener una correcta sanidad de las plantas hasta el arranque.
- No dejar plantaciones o restos de cultivos abandonados.
- Normas para la iniciación del cultivo.
- Barbechos limpios.
- No tratar zonas no cultivadas.
- Usar variedades resistentes en la medida de lo posible.
- Control de insectos transmisores por diferentes vías.
- Eliminación de plantas virosas.
- Uso de métodos complementarios de control.

Ruíz *et al.*, (1999) conciben que la única forma eficaz contra la virosis es la obtención de variedades genéticamente resistentes.

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).

### **1.7. Manejo Integrado de Plagas (MIP)**

Cisneros (1992), menciona que el Manejo Integrado de Plagas (MIP), es un sistema que trata de mantener las plagas de un cultivo a niveles que no causen daño económico utilizando preferentemente los factores naturales adversos al desarrollo de las plagas, incluidos los factores de mortalidad natural y solo en última instancia, recurre al uso de plaguicidas químicos como medida de emergencia.

Se puede observar la propuesta de un manejo integrado de plagas en casa de cultivo propuesto por Castellanos (2007) "Sistema de manejo Integrado para casas de cultivo".

Durante el desarrollo del cultivo debe mantenerse una agrotecnia correcta de cada cultivo, deshoje, deshoje, conducción, riego y fertilización adecuada, diagnóstico y señalización oportuna de los agentes nocivos así como la toma de decisiones para su manejo hasta el momento de la cosecha.

**Sustrato:** La primera etapa del manejo integrado está relacionada con la utilización de un sustrato certificado que asegure la obtención de buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plántulas.

**Semilla:** En el programa MIP para cultivos protegidos, otro elemento importante a tener es la

calidad y certificación de la semilla. En este caso debe realizarse la desinfección de las semillas con imidacloprid (Gaucho 70 % PS) antes de la siembra, así como el tratamiento con imidacloprid (Confidor 70 % GD) a las posturas de tomate, a dosis de 0.3 l/ha, tres días antes del trasplante, y aplicaciones a los 14 y 28 días después del trasplante con este plaguicida a dosis de 0.5 l/ha mediante el sistema de riego, para su protección contra el complejo Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius) – Geminivirus.

**Monitoreo:** Una vez que las plántulas son trasplantadas en la Casa de Cultivo, se debe mantener la vigilancia sistemática y la aplicación consecuente de las metodologías de señalización, las cuales se describirán en un aparte.

**Preparación del suelo:** Durante la preparación del suelo las medidas de control se tomarán en función de los niveles de infestación por agentes nocivos detectados. Se realizarán araduras profundas o inversión del prisma, no sólo con el objetivo de controlar nemátodos, sino enfermedades fungosas del suelo y malezas, así como para disminuir el número de pupas de *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) y *Thrips* spp. que emergen una vez sembradas las casas o túneles.

En caso de presentarse suelos con niveles no detectables de nematodos y otros patógenos se recurrirá a la realización de una preparación rápida de 5 a 7 días a la máxima profundidad posible, con aplicación de *Trichoderma* en el fondo del surco para la protección de las plántulas.

Con estas medidas y el mantenimiento de la humedad del suelo requerida, cumpliendo rigurosamente las frecuencias y normas de riego establecidas, se controlan además las pupas de *Thrips palmi* Karny, del minador gigante o gusano de alfiler (*K. lycopersicella*) y del minador común (*Agromyza* sp., *Liriomyza trifolii* Burgess) que puedan existir en las casas.

Cuando los niveles de infestación de nemátodos son menores de grado 2 y bajos niveles de otros patógenos se realizará una preparación de suelo muy rápida, a más de 25 cm. de profundidad, que deje el suelo bien mullido para que permita el movimiento de los gases entre las partículas, luego se podrán implementar medidas físicas. Para esto se aplicará un riego y se colocará nylon transparente seguido de un período de solarización, que puede ser combinado con biofumigación para acortar el tiempo de desinfección, para esto es imprescindible que se corran las mallas de sombreo de las casas.

**Plantas trampas:** Otra acción agrotécnica a desarrollar cuando se tiene esta condición de infestación media, es el uso de las plantas trampas o extractoras de nemátodos. Esta medida será combinada con el uso de *Trichoderma* según se describió con anterioridad.

### 1.7.1. Tratamiento al suelo

**Químicas:** Para el caso de detección de altos niveles de infestación de nematodos (mayor de grado 2) se procederá a realizar una preparación de suelo muy rápida a más de 25 cm. de profundidad, que deje el suelo bien mullido, seguida de la aplicación de medidas químicas. En estos casos se recomiendan los siguientes productos: dazomet (Basamid®), 1,3 dicloropropeno+cloropicrina (Agrocelhone NE®), metam sodio (Vapam), fenamifos (Nemacur).

**Biológicas:** Después de la aplicación de una de estas opciones químicas se realizará un tratamiento con *Trichoderma* u otro medio biológico disponible que colonice rápidamente e impidan las reinfecciones. Debe recalcarse la necesidad de sembrar solo semillas certificadas y previamente desinfectadas y llevar a la plantación posturas sanas con buen desarrollo vegetativo, lo cual influye positivamente en la calidad de los sustratos y el tratamiento de los mismos en el cepellón con *Trichoderma* a las dosis y momentos indicados.

## 1.8. Descripción del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

### 1.8.1. 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 "Pomodoro", sin embargo el vocablo tomate se introdujo en la lengua castellana en 1532 (Metwally, 1992). Pertenece al Orden *Solanales*, Familia *Solanaceae*. El género es *Lycopersicon* y la especie *Lycopersicon esculentum* Mill (Porrás y *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 metros de radio (Ochoa y Carravedo, 1999).

#### **Tallo**

El tallo de la planta de tomate es herbáceo en estado joven y en estado adulto es semileñoso en la base. Cuando se pone en contacto con el suelo emite raíces adventicias con facilidad, lo cual justifica la práctica del aporque que realizan los productores. La longitud que alcanza el tallo de la planta depende del tipo de cultivar y de las prácticas y formas de cultivo fundamentalmente.

Algunos nuevos híbridos de tomate que actualmente se cultivan bajo cultivo protegido en forma vertical alcanzan una longitud del tallo principal superior a nueve metros (Casanova, 2000 comunicación personal).

### **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 hipógina 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 bi o plurilocular (Nuez, 1995).

### **Fruto**

El fruto de tomate corresponde a una típica baya, de forma variable entre esférica y cilíndrica. Está 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 carotenoides y licopeno, pigmento típico de este fruto que le

confiere su característico color rojo (Ochoa y Carravedo, 1999).

### **Semilla**

La semilla de tomate tiene forma lenticular y está constituida por: el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal (Chamarro, 1995).

#### **1.8.2. Importancia económica y nutricional**

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza más importante en numerosos países y su popularidad aumenta constantemente. En la actualidad este cultivo ha adquirido importancia económica en todo el mundo por los altos niveles de consumo y por sus requerimientos técnicos.

El valor nutritivo del tomate no es muy elevado; según un estudio realizado por Stevens (1974) sobre las principales frutas y hortalizas de EEUU, el tomate ocupa el lugar 16 en cuanto a concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales. No obstante su popularidad, demostrada por el alto nivel de consumo, convierte a este cultivo en una de las principales fuentes de vitaminas y minerales en muchos países.

#### **1.8.3. Híbridos de tomate recomendados para de casa de cultivo**

A continuación se ofrecen los híbridos de tomate más empleados en las casas de cultivo:

<b>Invierno</b>		<b>Verano</b>	
Charlestón	Ha3163	Ha-3019	Maria3411
Eagean	Maria3411	Ha-3057	
Sapir 34-41		Sapir 34-41	
Mariela (T)		Infinity 34-44	
Infinity 34-44		Lyberty 34-42	
Lyberty 34-42		Ha3163	

### **1.9. Historia General del Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**

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).

En los años ochenta, en la mayoría de los estudios, los balances de energía, materia y residuos todavía se aplican de forma separada.

Las primeras mejoras metodológicas fueron aportadas por el programa de inventarios de descarga de tóxicos aplicados en EE.UU. Rieradevall (1995) y por los trabajos de la SETAC, con los métodos de intercambio de mejora de los efectos ambientales y el desarrollo de las metodologías del Análisis del Ciclo de Vida.

El análisis del ciclo de vida del producto, más conocido como Life Cycle Assessment (LCA), es un método de valoración nacido para conocer los efectos sobre los distintos componentes ambientales de un producto específico o servicio durante todo el arco temporal de su vida. Se hace referencia al conjunto de entradas, salidas y de las actividades implicadas en la producción, en el consumo/uso y en el desecho del producto considerado, desde la extracción de la materia prima del cual se constituye hasta su desecho final (llamado "from cradle to grave", de la cuna a la tumba).

El análisis de ciclo de vida de los materiales forma parte de los nuevos instrumentos metodológicos, puestos a punto en los últimos años, para hacer sostenible la actividad humana; desarrollando de manera particular intervenciones de naturaleza preventiva.

La definición propuesta por la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) sobre la metodología del ACV, hoy formalizada por la ISO 14040 es la siguiente: "es un procedimiento objetivo de valoración de las cargas energéticas y ambientales relativas a un proceso o una actividad, efectuado a través de la identificación de la energía, de los materiales usados y de los desechos vertidos al ambiente, la valoración incluye el ciclo de vida completo del proceso o la actividad, comprendiendo la extracción y el tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, la reutilización, el reciclaje y el vertido final".

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.

### **1.9.1. Normas que establecen las fases del ACV**

La estructura del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales, que están representadas por las normas ISO14040, ISO14041, ISO14042 e ISO14043.

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 (Romero, 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.

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 ocasionadas por las entradas y salidas, establecer prioridades para la búsqueda de mejoras en el sistema.

### **1.9.2. Importancia de la herramienta 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.

### **1.9.3. Aplicaciones del ACV**

Los comienzos del ACV en Brasil se remontan al año de 1993 con la conformación del Grupo de Apoyo a la Normalización y que participó activamente en el ISO/TC-207. En 1997 sale a la luz pública la primera publicación especializada en ACV, que llevaba por título Análisis de ciclo de vida de los productos: herramienta de gestión ambiental ISO 14000, escrita por José Ribamar Chenebe (Chacón, 2008).

En México a comienzos de la década del 2000 y hacia el 2005 se llevaron a cabo las primeras actividades sobre ACV en México, entre las cuales se destacan las siguientes (Suppen, 2005).

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).

### **1.9.4. Aplicación del ACV 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 arrocero 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 Impact 2002+.

### 1.9.5. Aplicaciones de 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.

Evaluación de las cargas ambientales que representa el cultivo de tomate

Muy recientemente 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, sin embargo nada se ha encontrado en la literatura al respecto para la tecnología de cultivos protegidos en Cuba.

## CAPIÍTULO 2



## 2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el municipio de Cumanayagua en un módulo de casa de cultivo perteneciente a la empresa Cítricos Arimao, en el período comprendido de septiembre 2011 a abril del 2012.

Se aplicó la metodología Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (NC-ISO 14 040) que se divide en cuatro 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:

- La aplicación prevista del estudio que se va a realizar.
- Las hipótesis planteadas.
- Los criterios que se han tomado para la exclusión de determinados factores y condiciones fuera de los límites de análisis.
- Los datos que serán validados y procesados.
- Las limitaciones económicas para la ejecución del estudio.
- El destinatario final que ha sido previsto para recibir el estudio.

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 y 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-ISO

14042:2001 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.

### **2.3.1. Método para evaluar el impacto ambiental**

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

Es un método de punto intermedio en el cual se definen las siguientes categorías de impacto:

- Agotamiento de la capa de ozono
- Toxicidad humana
- Ecotoxicidad
- Calentamiento global
- Acidificación
- Eutroficación

En la tabla 2.1 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.

$$\text{Resultado del indicador normalizado (año)} = \frac{\text{Resultado del indicador (kg)}}{\text{Volumen anual } \left(\frac{\text{kg}}{\text{año}}\right)}$$

**Tabla 2.1. Categorías de impacto ambiental y unidades de medida.**

Categorías de impacto	Unidades de medida
Eutroficación	kg de $PO_4^{3-}$ eq
Agotamiento de la capa de ozono	Kg CFC -11eq
Ecotoxicidad	Kg 1,4 -diclorobenceno eq
Calentamiento global	Kg CO <sub>2</sub> eq de sustancias
Acidificación	Kg SO <sub>2</sub> eq de sustancias
Formación de smog fotoquímico	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> 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 del 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 proponen

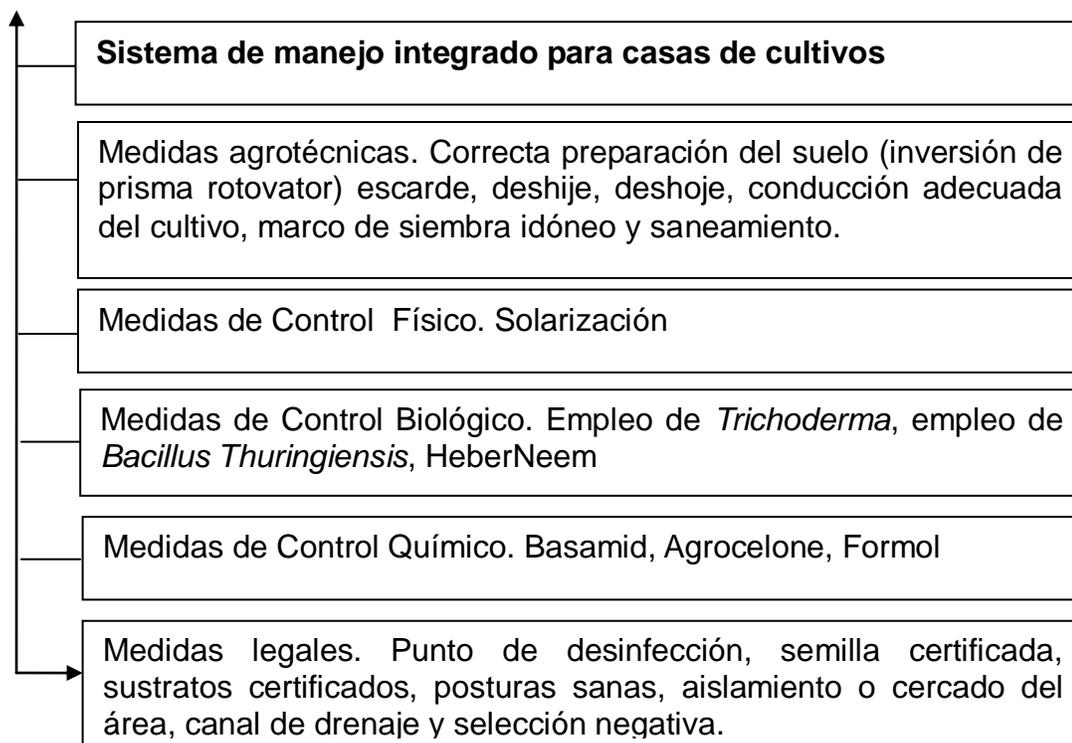
las variantes de mejoras.

### **Variante 1**

Se propone una variante de mejora basada en los resultados obtenidos en el manejo integrado de plagas por Castellanos *et al.* (2007) y el manejo integrado de los nemátodos del género *Meloidogyne* (Pérez, 2011). Esta tiene en cuenta alternativas biológicas, culturales, físicas y legales, con un mínimo de intervención química (Anexo 1).

A continuación se presenta el esquema general para la implementación del manejo integrado de plagas en las casas de cultivo (Figura 2.2). Las medidas que se emplearon para el control de las plagas y enfermedades en La tecnología de casa de cultivo para la producción de tomate son:

- Medidas agrotécnicas
- Medidas de control físico
- Medidas de control biológico
- Medidas de control químico y legales



**Figura 2.2. Sistema de manejo integrado. Fuente: (Perez, 2011)**

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

## Variante 2

La variante dos consiste en la aplicación del manejo integrado de plagas (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).

Para determinar la carga toxica de los pesticidas químico se utilizó la fórmula establecida (CNSV, 2009) (ver Anexo 3).

$$\text{Carga tóxica en kg ia/ha/año} = \sum kg * \frac{ia}{ha} * \frac{\text{Número tratamiento}}{\text{Área unidad (ha)}}$$

Se realizó de nuevo un análisis de impactos para las dos variantes nuevas y la variante estándar de producción, según la metodología de análisis de Ciclo de Vida (NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 043) para la variante estándar comparadas con las variantes de mejoras I y II.

### **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.

Para este análisis se trabajó con una tasa de actualización entre un 7% y 15%, el primer porcentaje referido en el análisis es la tasa de interés que establece el Banco Central de Cuba

según Resolución 59/99 para los préstamos a largo plazo y la segunda o límite superior del intervalo es el tipo que fija el Ministerio de Economía y Planificación según resolución 91/2006 del propio ministerio, modificada en noviembre del 2010.

#### 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 I y II para una casa de cultivo.

#### Proyección de los Flujos de Caja

Para pronosticar los flujos de caja del proyecto, se tuvo en cuenta un período de planificación de cinco meses condicionado por el ciclo productivo del cultivo del tomate que se repite periódicamente durante el año, además de disponerse íntegramente de la depreciación; el cargo anual por este concepto se determina por el método de línea recta de conjunto con el Valor Residual o de Salvamento, se proyectaron además entradas por concepto de Ingresos por venta de productos que abarca el siguiente surtido: tomate de invierno y verano, pepino, pimiento, melón y sandía, y las salidas proyectadas son por concepto de gastos de fuerza de trabajo y depreciación fundamentalmente. Ver Anexo 4 y las salidas proyectadas son por concepto de gastos de fuerza de trabajo y depreciación fundamentalmente.

# CAPIÍTULO 3



### 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 empresa Cítrico Arimao.

El uso final de la producción de tomate era 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

El cultivo analizado se encuentra ubicado en el módulo de casas de cultivos de la UBPC Aviles, perteneciente al municipio de Cumanayagua, provincia Cienfuegos.

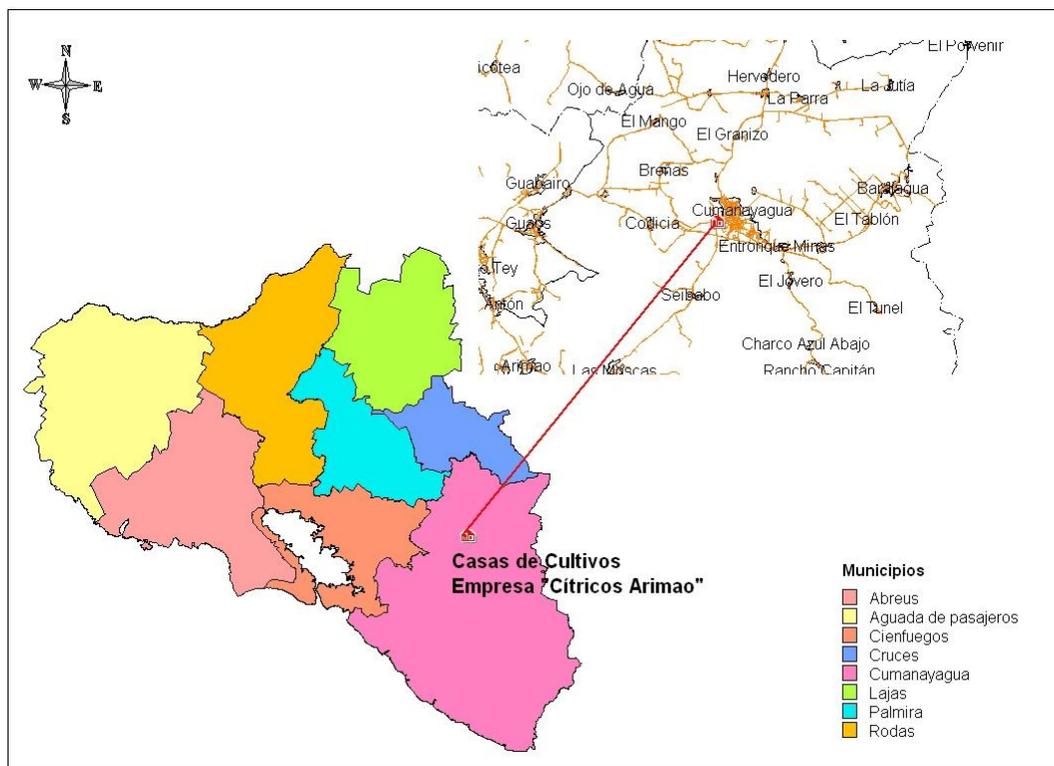


Figura 3.1. Ubicación geográfica de las casas de cultivos.



**Figura 3.2. Imagen satelital de las casas de cultivos.**

### Límites temporales

El tiempo de análisis de los datos y variables a utilizar se enmarcó en la campaña de invierno en el año 2011.

### Calidad de los datos

Los datos fueron recogidos del historial del cultivo de las diferentes labores que se realizan con lo 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 compost, ambos se mezclan homogéneamente en los volúmenes.

##### **Formación del soporte**

Desinfección de las bandejas: Fueron sumergidas durante cinco minutos en solución de formol al 2%, 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 1.5 l 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 0.3 l/ha, tres días antes del trasplantes 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.

## **Previo al trasplante**

1. Los alambres de sostén se bajaron a 1.80m de altura con relación al suelo.
2. Se realizó un muestreo al suelo para ver si había presencia de nematodos en el mismo, después que se realizó esta operación se le hizo una aplicación con Agrocelhone al suelo con una dosis de 1.35 kg/ha.

## **Etapa I: Trasplante – Emisión 1<sup>er</sup> Racimo floral (0-20días)**

Se trasplantó las postura a la casa de cultivo cuando la misma había alcanzado de 24 a 30 días de

edad, con una altura de 12 a 14 cm, de 3 a 4 hoja 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 y 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 primero siete días después que se realizó el postrasplante, esta labor cultural el cultivo se beneficia 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 5), 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 3<sup>er</sup> racimo (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 Anexo 5).

**Control fitosanitario:** A los 30- 45 días se le hizo una aplicación con previcur y después se realizó un control con confidor contra la mosca blanca. Ver Anexo 6, 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 3<sup>er</sup> racimo 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 6).

**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 (66-110 días)**

La labor del fertirriego (Anexo 5) 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 (Anexo 6).

**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 (Anexo 5), esto es debido que la planta en esta fase aprovecha mas los nutrientes para el llenado de los frutos.

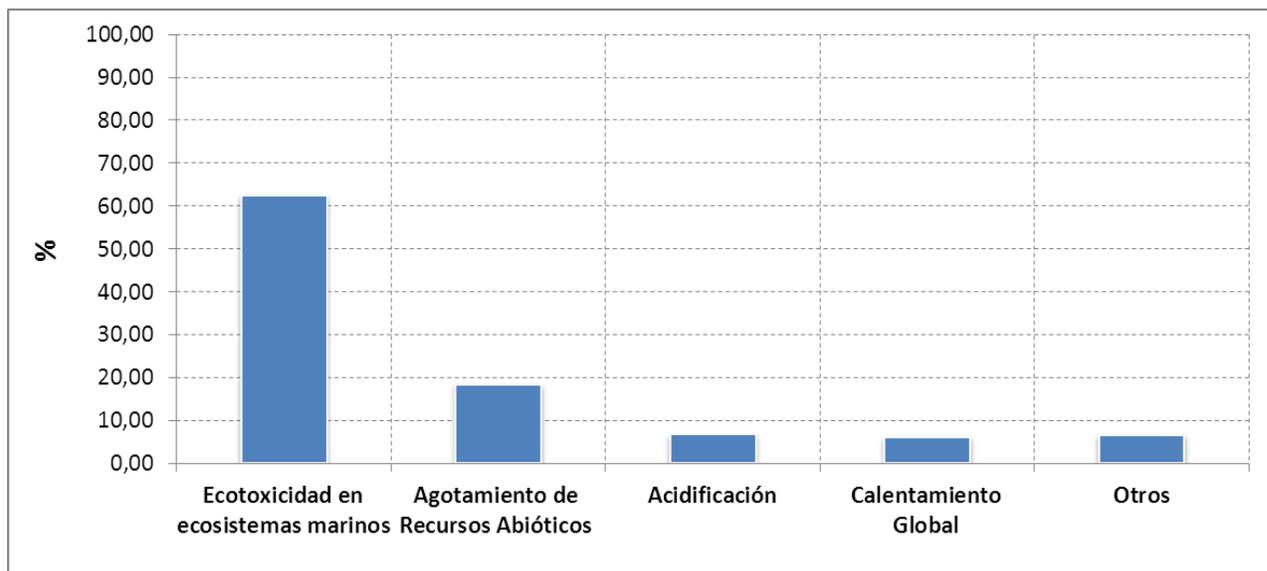
**Control fitosanitario:** A los 75 - 125 días se le hicieron varias aplicaciones con diferentes productos para el control de plagas y enfermedades que se observaron en el cultivo (Anexo 6).

En el Anexo 7, se representa el diagrama de flujo, donde se recogen todas las materias primas, el uso de fertilizantes químicos, el agua del fertirriego, plaguicidas químicos, energía y las salidas o emisiones de cada uno de los procesos que intervienen en el ciclo de vida estudiado.

#### **3.1.3. Evaluación del impacto**

Las categorías de impacto ambiental más afectadas durante el ciclo del cultivo del tomate fueron el potencial de ecotoxicidad en ecosistemas marinos con un 62.44 %, potencial agotamiento de

recursos abióticos 18.25 %, potencial de acidificación 6.70 %, y potencial de calentamiento global 6.08 % (Figura 3.3).



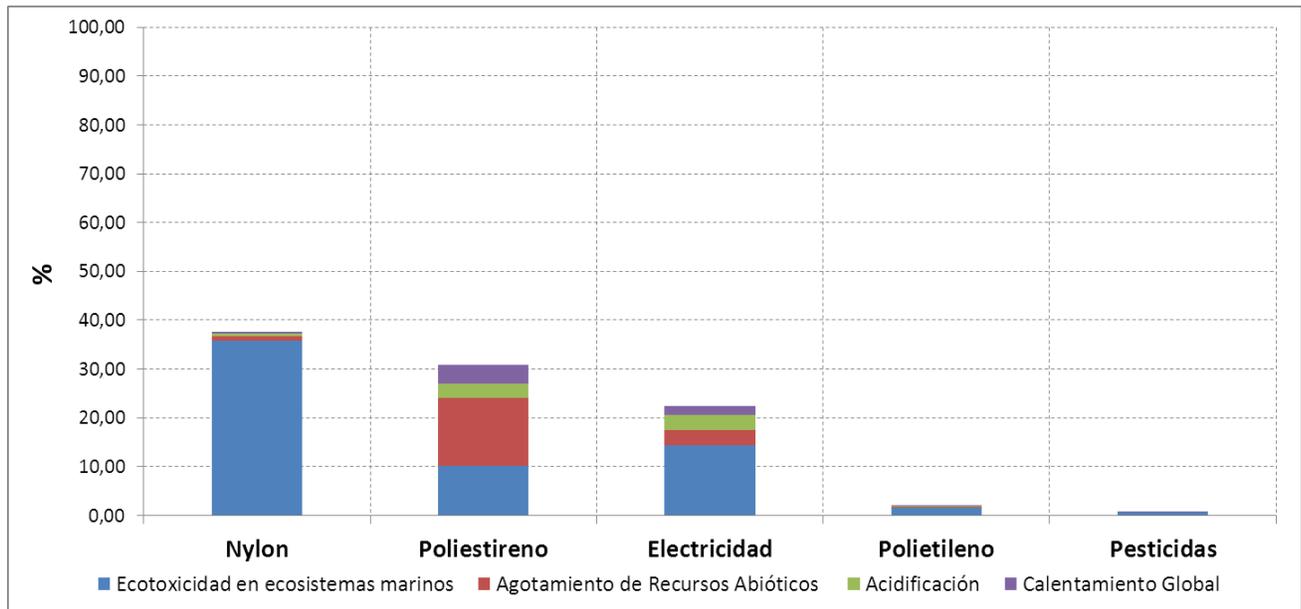
**Figura 3.3. Las categorías al impacto ambiental.**

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. En la Figura 3.4, se observa que para el insumo tutores de nylon la mayor contribución al impacto le corresponde a la categoría ecotoxicidad en ecosistemas marinos, alcanzando valores de 37.69 %, siendo esta categoría la más afectada, lo cual está asociado con la fabricación del producto, y con la cantidad de nylon que se emplea como tutor por planta. Para los envases, el impacto sobre la ecotoxicidad en ecosistemas marinos constituye un 10.08 % de la contribución total y el agotamiento de recursos abióticos del 13.91%, lo que se debe a los productos químicos empleados en la fabricación de los envases que se necesitan para la producción de posturas.

La electricidad tiene una contribución al impacto del 22.34 % siendo la ecotoxicidad en ecosistemas marinos la categoría más dañadas. Las bandejas empleadas y los pesticidas alcanzan solo valores de impacto de 1.93 % y 0.72 % respectivamente por el consumo de recursos tales como el petróleo y gas natural en la fabricación de los mismos.

Como se observa el nylon, los envases y la electricidad constituyen los insumos de mayor impacto, pero son recursos inherentes a la tecnología, y sobre estos no se pueden establecer variantes de mejoras. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por De León (2009), donde el plástico que se utilizó para cubrir el invernadero presentó afectaciones destacadas relacionadas con las categorías de agotamiento de los recursos abiótico y calentamiento global. Se corresponden también con los de Torrellas *et al.* (2011) y Cid (2005) quienes demostraron que las

principales cargas ambientales detectadas en ciclo de vida del sistema de producción de tomate en la tecnología protegida fueron la estructura, el equipo auxiliar y los fertilizantes.

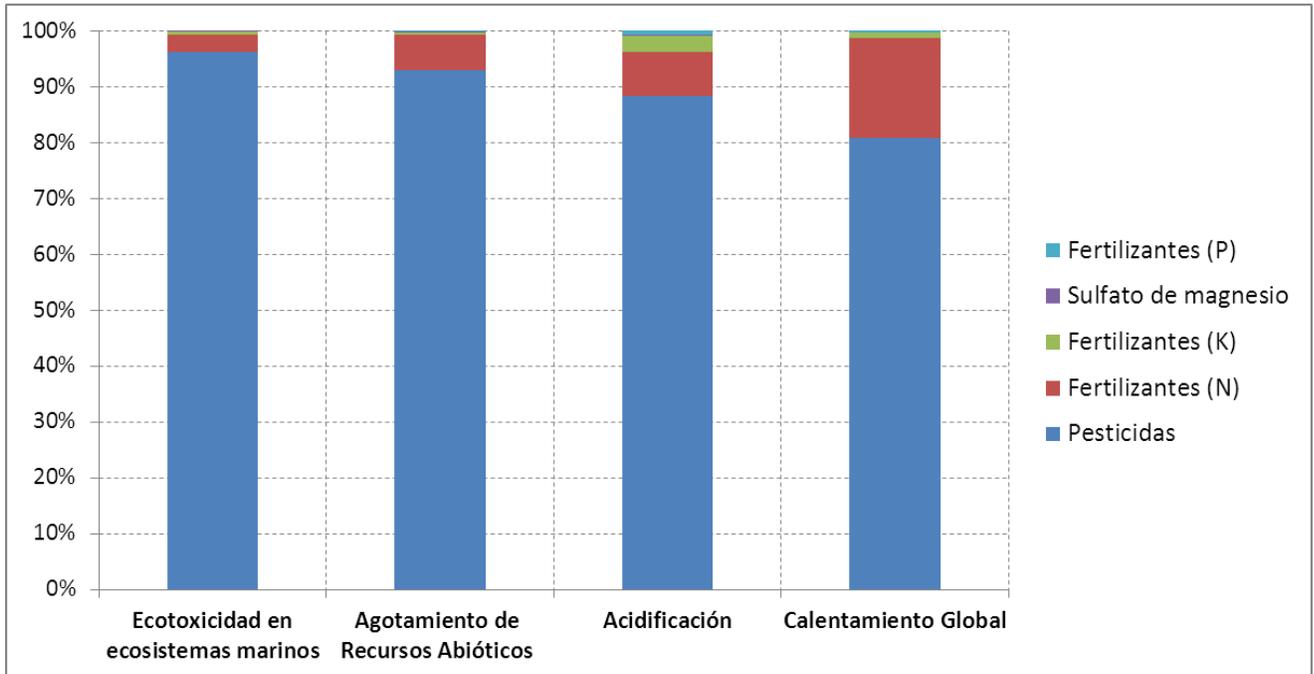


**Figura 3.4. Insumos de la producción de tomate.**

Al analizar de forma más detallada los insumos diarios que se emplean en la producción de tomate, los cuales se muestran en la Figura 3.5, se observó que los pesticidas químicos son los insumos que mayor impacto producen al medio ambiente, lo cual se atribuye a que durante los muestreos realizados al cultivo se presentaron altos índices de insectos y enfermedades como: Mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius), Minador gigante (*Keiferia lycopersicella* (Walsingham), Nemátodos (*Meloidogyne* ssp), *Oidium* ssp, *Alternaria solani*, contra las cuales se hicieron reiterados tratamientos de plaguicidas químicos, correspondiéndose con los resultados de Antón (2004) y Milá i Canals *et al.* (2006) quienes manifestaron que en la producción del tomate en casa de cultivos los plaguicidas fueron los que generaron una mayor carga contaminante.

Un análisis pormenorizado de la nutrición diaria del cultivo, arrojó que los fertilizantes nitrogenados representan un mayor impacto después de los plaguicidas, ya que el nitrógeno constituye un macro elemento esencial para el desarrollo productivo, en este caso en el cultivo del tomate se utilizaron cuatros fertilizantes nitrogenados ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) que tuvieron mayores incidencia en toda las fases fenológicas del cultivo desde el trasplante hasta la cosecha, esto coincide con lo obtenido por De León (2009) quien afirmó que los fertilizantes nitrogenados fueron los principales causante de la categoría agotamiento de los recursos abióticos, mayormente por el consumo de materias primas utilizadas para la elaboración de los mismos. La producción de los fertilizantes de N tuvieron las contribuciones más altas para la mayoría de las categorías de impacto, debido en gran parte a las emisiones de  $\text{NO}_3$  al agua de los lixiviados para la categoría de

eutrofización y las emisiones de N<sub>2</sub>O, un gas de efecto invernadero importante, para la categoría de calentamiento global correspondiéndose con Torrellas *et al.* (2011).



**Figura 3.5. Insumos diarios que se emplean en la producción de tomate.**

### 3.2. Evaluación de las mejoras tecnológicas

En la variante I donde se aplica el MIP se produce una reducción de la carga tóxica de los plaguicidas de 5,69 kg/ha con respecto a la variante estándar y en la variante II (MIP con 50% de la dosis de fertilizantes) (Tabla 3.1). Esta disminución de químicos está respaldada por un aumento de los medios biológicos y alternativos.

**Tabla 3.1. La disminución de la carga tóxica en las variantes de mejoras I y II.**

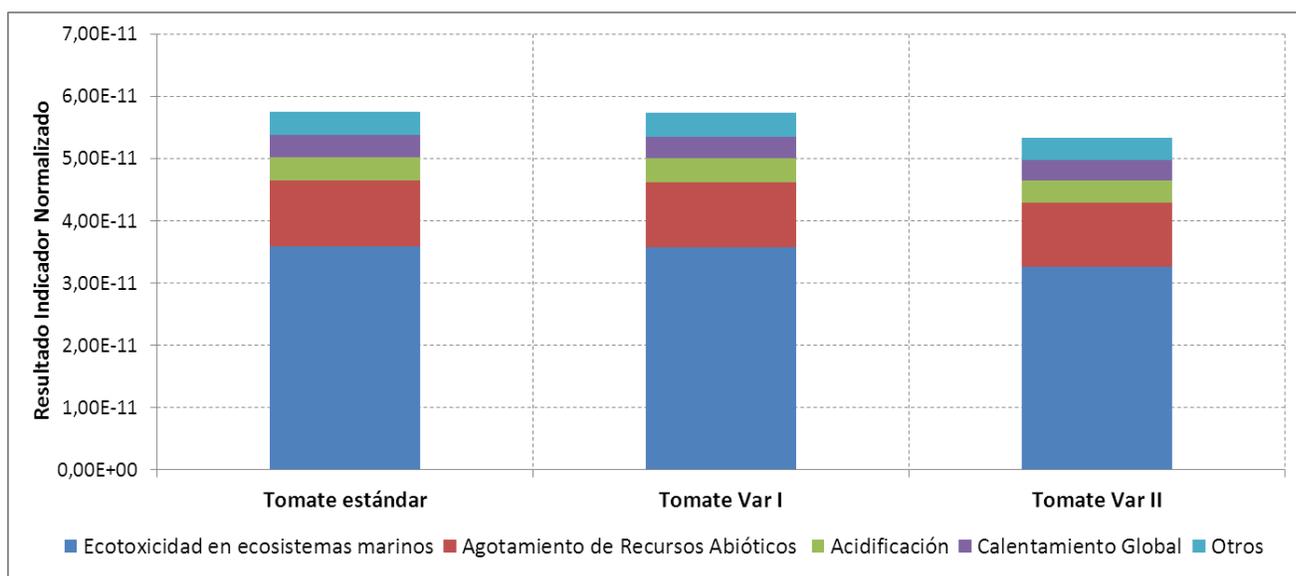
Variante	Carga tóxica Fertilizante (kg /ha)	Carga tóxica Plaguicidas (kg ia/ha)	Medios Biológicos (kg ia/ha)	Biofertilizantes (kg ia/ha)	Total	Disminución de la carga tóxica
Estándar	0,169	6,1	-	-	6,26	-
Variante I	0,169	0,41	-	-	0,579	5,69
Variante II	0,084	0,41	-	-	0,494	5,77

#### 3.2.2. Análisis de impacto de las variantes de mejoras

En la Figura 3.6, se muestra el análisis comparativo de las alternativas propuestas con enfoque de

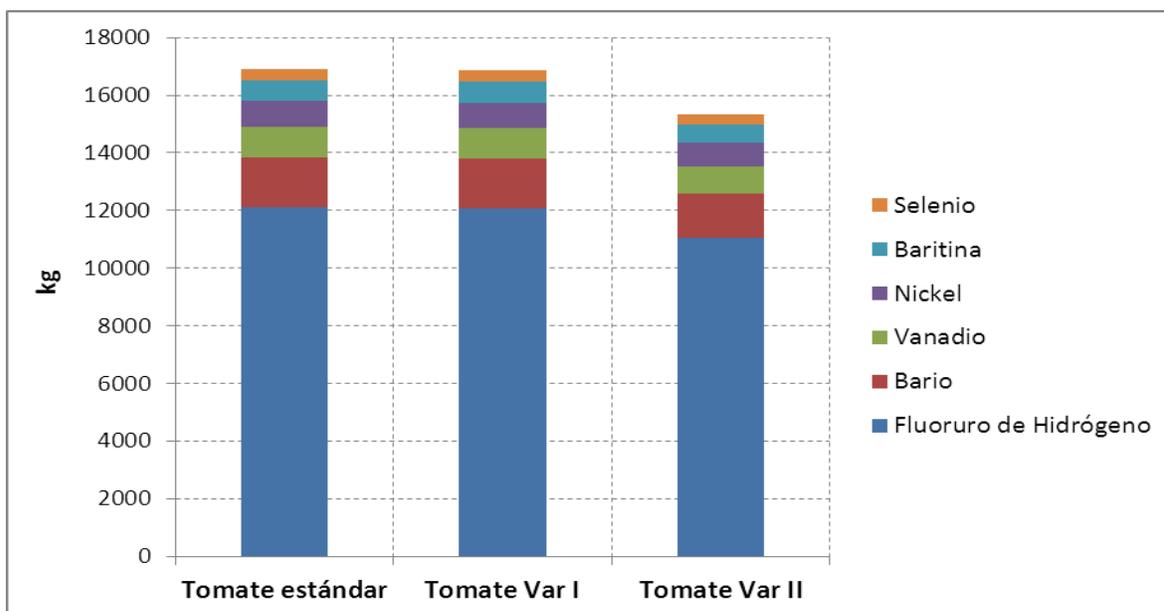
producciones más limpias con la variante estándar que está vigente en los módulos de casa de cultivo de la empresa Cítrico Arimao, con los resultados obtenidos en el análisis de las variantes de mejoras, donde se demuestra que la variante II es la mejor de todas, la contribución que tiene a las diferentes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

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).



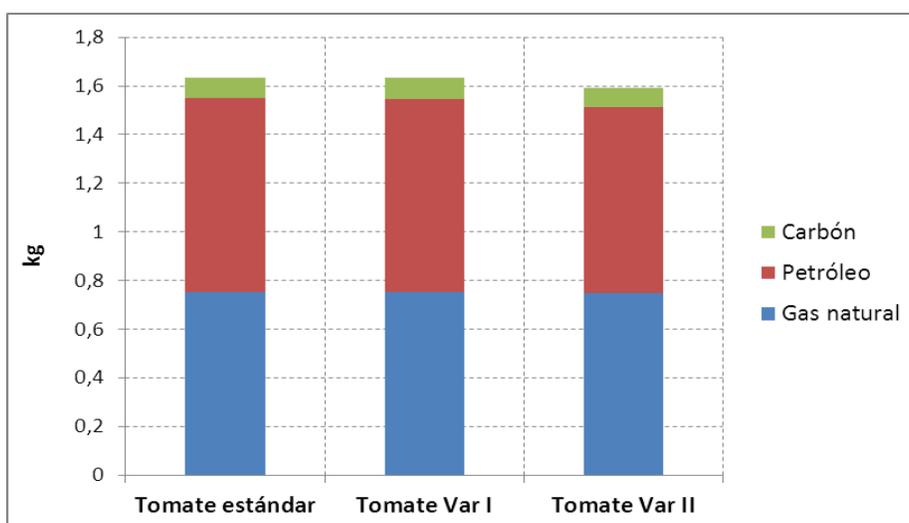
**Figura3.6. Análisis comparativo de las tres variantes ambientales.**

Las principales sustancias que tienen una mayor contribución a la categoría ecotoxicidad en ecosistemas marinos en las tres variantes son: el fluoruro de hidrógeno, el bario y el selenio es la sustancia que menor impacto medioambiental genera, el fluoruro de hidrógeno alcanzó valores de 12101.13 kg en la variantes estándar, en la variante I, y con la variante II disminuye 1068.3 kg (ver Figura 3.7). Estos resultados se corresponde con lo planteado por Chárter *et al.* (1995), sobre que los fertilizantes fosfatados son portadores de cadmio, cinc, cobalto, cobre, cromo, flúor, níquel, plomo y otros elementos.



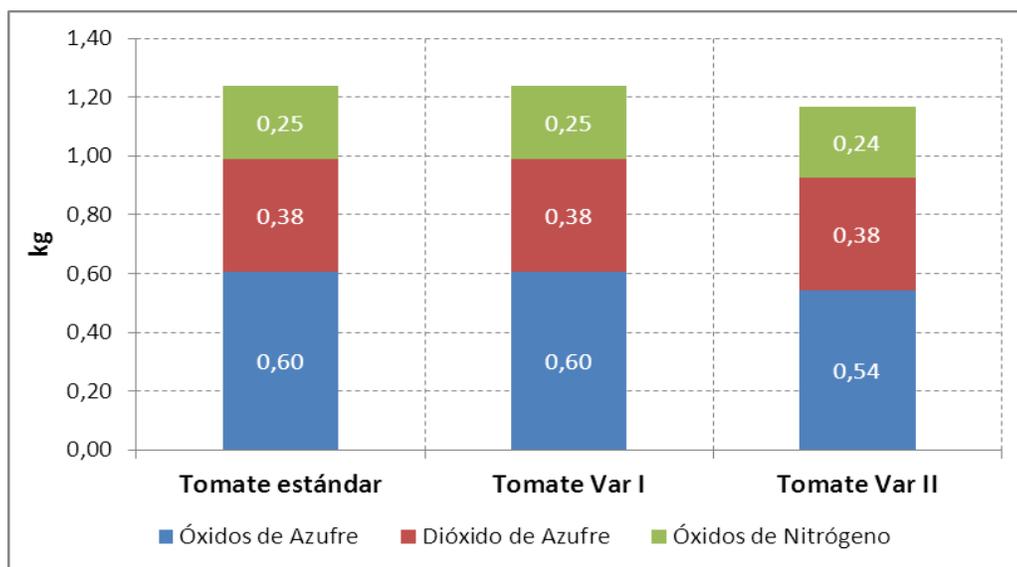
**Figura 3.7. Las principales sustancias que contribuyeron a la categoría eco toxicidad en ecosistemas marinos en las tres variantes.**

Los principales compuestos orgánicos que tuvieron mayor contribución al impacto medio ambiental en las tres variantes fueron el petróleo y gas natural (Figura 3.8). El petróleo en la variante II con respecto a la variante estándar y la variante I disminuye en 0.032 kg. El gas natural en la variante estándar, la variante I y II tuvieron valores semejantes de 0.004 kg. El carbón en la variante II disminuye en un 0.005 kg con respecto a la variante estándar y la variante I. Estos resultados son similares a lo obtenido por Antón (2004) que afirmó que el gas natural es necesario para la fabricación de fertilizantes y el petróleo fue utilizado en la fabricación de materiales plásticos que compone la estructura de invernadero y el sistema de fertirriego.



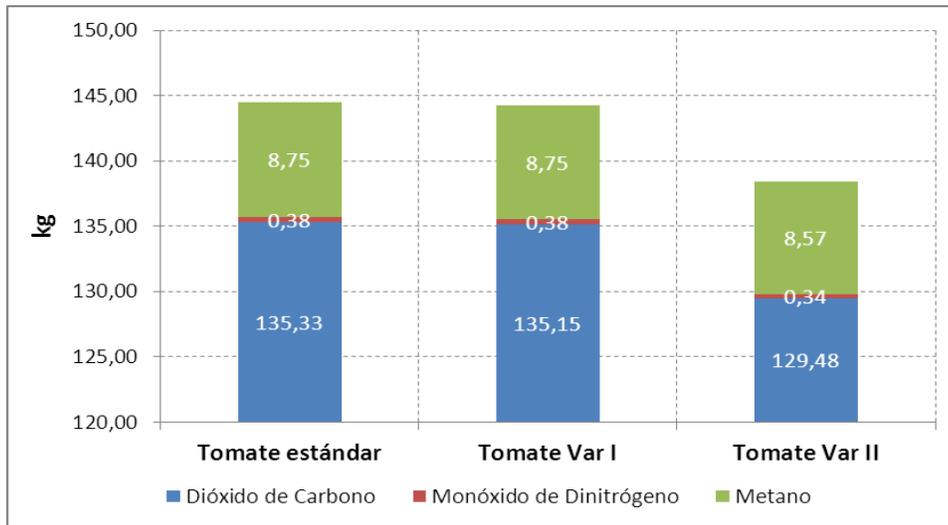
**Figura 3.8. Los principales compuestos orgánicos que contribuyeron a la categoría agotamiento de los recursos abióticos.**

En la Figura 3.9, se muestran las tres principales sustancias que mayor contribución tuvieron en la categoría acidificación en las tres variantes, de las tres variantes que se analizaron, la variante II representa el menor impacto ambiental, la sustancia que mayor contribución tuvo fue el óxidos de azufre con un valor de 0.54 kg y la de menor contribución fue el óxidos de nitrógenos con un valor de 0.24 kg. En la variante estándar y la variante I son las que generan mayor impacto ambiental, alcanzando valores iguales en el óxidos de azufre con 0.60 kg, 0.38 kg de dióxido de azufre y la sustancia que menor contribución tuvo fue el óxidos de nitrógeno con 0.25 kg respectivamente. Esto se debe a las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) durante el proceso de producción de los fertilizantes, resultados que se relacionan con los obtenidos por Antón (2004) donde la producción y uso de fertilizantes son los de mayor contribución a la acidificación.



**Figura 3.9. Las tres principales sustancias que contribuyen a la categoría acidificación en las tres variantes.**

En la Figura 3.10, se muestran las tres principales sustancias que mayor contribución tuvieron al calentamiento global en las tres variantes analizadas. Como se puede observar de las tres variantes que se estudiaron, la variante II es la que menor impacto ambiental representa, la sustancia que mayor contribución tuvo en esta variante II fue el dióxido de carbono con valores estimados de 129.48 kg, seguido por el metano con valores estimados de 8.57 kg y 0.34 kg de monóxido de dinitrógeno. La variante estándar y la variante I son las que representan mayor impacto ambiental, producidos por sustancias dióxido de carbono alcanzado valores estimados máximos de 135.33 kg, 8.75 kg de metano y 0.38 kg de monóxido de dinitrógeno respectivamente. Estos resultados son semejante por lo obtenidos por Muñoz *et al.* (2007), quienes determinaron que la estructura del invernadero tenía la mayor influencia en la categoría de impacto de Cambio Climático, debiéndose las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> a la construcción de la propia estructura.



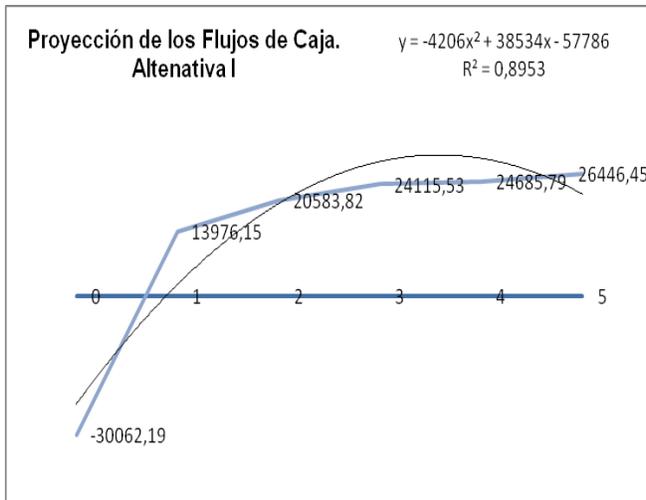
**Figura 3.10.** Las tres sustancias principales que contribuye a la categoría calentamiento global en las tres variantes.

### 3.2.3. Análisis de la Evaluación Económica.

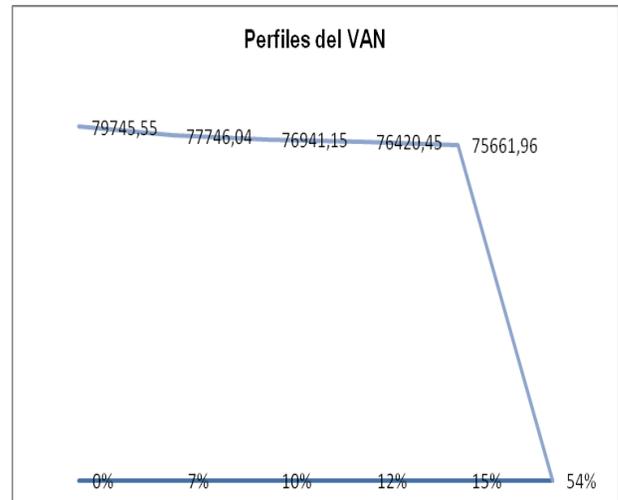
#### Variante I

En la variante I el flujo de caja y los perfiles del VAN se pueden observar en las Figuras 3.11 y 3.12, a partir de los flujos de caja proyectados se muestra una recuperación de la inversión en un mes y veinticuatro días, resultando el máximo valor proyectado para los flujos de efectivo de \$26446,45. Los perfiles del VAN se mueven en el rango de los \$75661,96 y \$79745,55.

**Figura 3.11** Proyección de los Flujos de Caja.



**Figura 3.12** Perfiles del VAN.

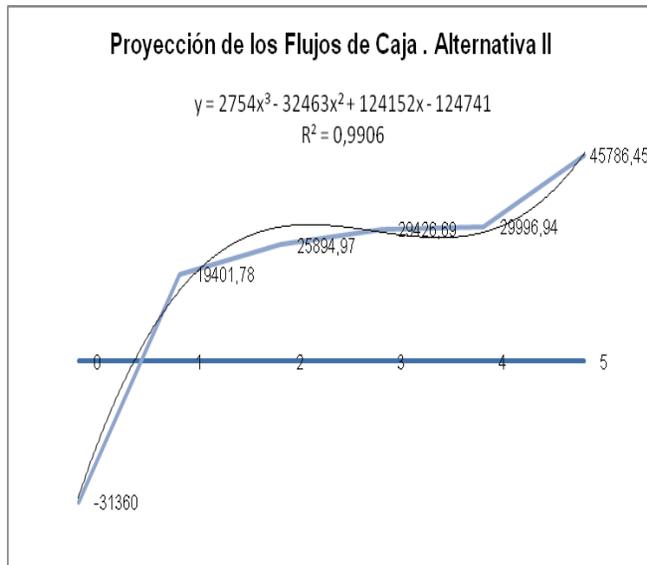


#### Variante II

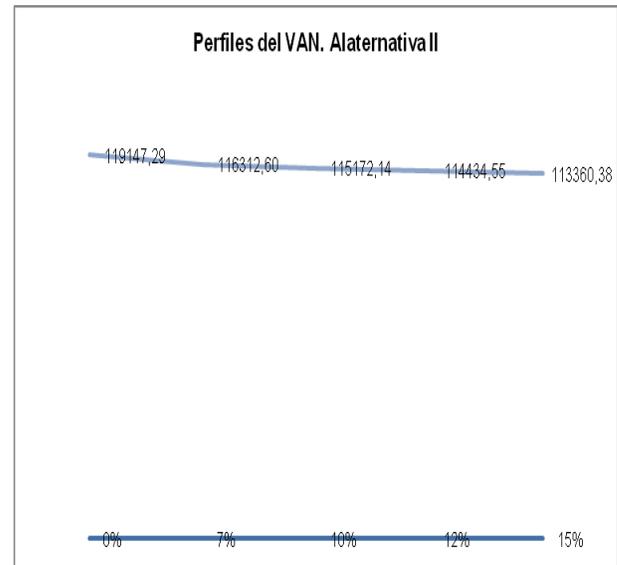
En la variante II los flujos de caja y los perfiles del VAN se pueden observar en las Figuras 3.13 y 3.14, a partir de los flujos de caja proyectados se muestra una recuperación de la inversión de mes

y medio, resultando el máximo valor proyectado para los flujos de efectivo de \$45786.45. Los perfiles del VAN se mueven en el rango de los \$113360.38 y \$119147.00.

**Figura 3.13 Proyección de los Flujos de Caja.**



**Figura 3.14 Perfiles del VAN.**



Como se observa en la Tabla 3.2, hay una disminución en el rendimiento general del proyecto atendiendo al indicador del VAN de la variante I, respecto a la base en un 36 % o sea en \$42577.08 como promedio. Hay un sobre costo de la variante I con respecto a la estándar en \$58,16. Por su parte al comparar la variante II respecto a la estándar se puede apreciar que existe una disminución del rendimiento general de la inversión en un 4%, o sea, en términos absolutos de \$4449.56, además de apreciarse un sobre costo en un 5%, o sea, en \$1355,51.

Por tanto la variante que más se aproxima al caso estándar es la variante II además de constituir la más saludable y menos agresiva al medio ambiente, la misma presenta una holgura atendiendo a la variable rentabilidad del 4% y del 5% para el costo de inversión, sin embargo la variante I, presenta una mayor movilidad de forma esencial en la variable de resultado valor actual neto (36%).

**Tabla 3.2. Resultados del análisis económico entre las variantes.**

	VAN				IR				PRI descontado				TIR	IN
	7%	10%	12%	15%	7%	10%	12%	15%	7%	10%	12%	15%		
Alternativa I. MIP	77746,04	76941,15	76420,45	75661,96	3,59	3,56	3,54	3,52	1,79	1,80	1,80	1,81	0,58	30062,19
Alternativa II. MIP + 50% de químicos	116312,60	115172,14	114434,55	113360,38	4,71	4,67	4,65	4,61	1,47	1,47	1,48	1,48	0,74	31359,54
IE	0,50	0,50	0,50	0,50	0,31	0,31	0,31	0,31	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	0,29	
IC														0,04
Alternativa Base	120754,88	119620,15	118886,09	117816,81	5,02	4,99	4,96	4,93	1,41	1,42	1,42	1,42	0,81	30004,03
IE Alt I/Alt base	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36	-0,29	-0,29	-0,29	-0,29	0,27	0,27	0,27	0,27	-0,29	
IC Alt I/Alt base														0,00
IE Alt II/Alt base	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	-0,08	
IC Alt II/Alt base														0,05

La comparación ambiental y económica de las variantes permite afirmar que bajo las condicionantes del estudio la alternativa II tiene un menor impacto ambiental y aunque es más costosa en un 4.52%, resulta ser la más rentable respecto a la variante I, 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. La variante II por su parte presenta menor impacto ambiental y aunque es muy rentable, lo es menos que la variable estándar.

*CONCLUSIONES*



## Conclusiones

1. La categoría de mayor impacto ambiental durante el ciclo del tomate en casas de cultivo es la ecotoxicidad en ecosistemas marinos, seguida por el agotamiento de recursos abióticos, la acidificación y el calentamiento global.
2. En los insumos que entran en el ciclo de vida del tomate, el nylon y la electricidad tiene mayor contribución a la categoría eco toxicidad ecosistemas marinos, y dentro de los insumos diarios los pesticidas y los fertilizantes nitrogenados tienen la mayor contribución a las principales categorías afectadas.
3. En el análisis de las variantes de mejoras con respecto a la variante estándar, la variante I disminuye el impacto en 0.41 % y la variante II en un 7.33 %, resultando la variante II, la que menor contribución tiene al impacto en las categorías acidificación y calentamiento Global
4. El análisis económico realizado demostró que la alternativa que más se aproxima al caso base es la alternativa II, ya que además de ser la más saludable y menos agresiva al medio ambiente, presenta una holgura atendiendo a la variable rentabilidad del 4%, y del 5% para el costo de inversión, mientras que la variante I resulta de menor impacto ambiental que la estándar, pero es menos rentable.

# RECOMENDACIONES



## **Recomendaciones**

1. Validar en la práctica productiva las variantes de mejoras propuestas para la producción limpia del 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*



## Bibliografía

- Alarcón, A. L.; F. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Cultivo en fibra de coco. Ed. Novedades Agrícolas S. A. España, Pág.245 – 253.
- 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; Mailiu Díaz Peña, tutor – trabajo de diploma, UCF, 2012 -74h.
- Anónimo ,2010.Tecnología del manejo poscosecha del tomate para el mercado fresco [.http://www.Revista\\_Agrovalle](http://www.Revista_Agrovalle) » » [Tecnología del manejo poscosecha del tomate para el mercado fresco.htm](http://www.Revista_Agrovalle).
- Antón Vallejo Asunción .M. Utilización del Análisis del Ciclo de Vida en la Evaluación del Impacto Ambiental del Cultivo bajo Invernadero Mediterráneo / María Asunción Antón Vallejo; José María Baldasamo, Tutor\_- Programa Doctorado en Ciencias Ambientales, UPC, 2004 -229h.
- Antón, A., y Rieradevall J. (2004.). "I Seminario de Análisis del Ciclo de Vida y Agricultura". Xarxa Catalana d' Anàlisi del Cicle de Vida. Generalitar de Catalunya.Departament d` Universitats, Recerca I Societat de la información.
- Arias, B.; Carrizales, L.; Ruiz, G. 1987. Control químico de manchas foliares en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en llanos de Monagas. II Jornadas Tecnicas del ajonjolí en Monagas. FONAIAP.
- Armenta-Bojórquez, A. D. Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. Revista Chapingo Horticultura, 2001, vol. 7, no. 1, p. 61–75.
- Bergamin, F. y Amorim, L. 2003. Datos del período de incubación inconstante en función de la fonología del hospedero. Fitopatología .p561-565 .Brasil.
- 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 máster en Producciones Más Limpias, UCF, 2011 – 170 h.
- Cabezas Aguirre,Cesar.Nutricion Vegetal en flor de corte en el sur del Estado de México /Cesar Cabezas Aguirre- Estado de México,2002-Tomo 8.
- Camejo,Lorenzo E.Tecnología de Riego y Fertirrigacion en Ambientes Controlados.Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias(San José de Las Lajas) 19(1) :1Enero-Marzo del 2010.

- Casanova, A.; Gómez, O.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Pupo, F.; Hernández, J.; Moreno, V.; León, M.; Igarza, A.; Duarte, C.; Jiménez, I.; Santos, R.; Navarro, A.; Marrero, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Arozarena, N. y Villarino, L.. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba.
- Casanova, A.; Gómez, O.; Hernández, M.; Chailloux, M.; Depestre, T.; Pupo, F.; Hernández, J.; Moreno, V.; León, M.; Igarza, A.; Duarte, C.; Jiménez, I.; Santos, R.; Navarro, A.; Marrero, A.; Cardoza, H.; Piñeiro, F.; Arozarena, N. y Villarino, L.. 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba.
- Chacón, J.R., 2008. Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Available at: [www.escuelaing.edu.co/.../3\\_historia\\_ampliada\\_comentada\\_analisis\\_ciclo\\_vida.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/.../3_historia_ampliada_comentada_analisis_ciclo_vida.pdf)
- Charter RA, Tabatabai MA, Schafer JW. 1995. Arsenic, molybdenum, selenium, and tungsten contents of fertilizers and phosphate rocks. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 26:3051-3060.
- Chaveli, P. Impacto del manejo agrícola del suelo en casas de cultivo. En: Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov. 9-12; La Habana). Memorias CD-ROM. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2004.
- Cid, M., Raya, V., Socorro, A., Parra, M., Ritter, A., D (2005): *Ecodiseño y manejo sostenible de invernaderos para cultivo de tomate en Canaria*. Memoria. Visitado 15/12/2011.
- Collado, A., 1999. Jornada técnica sobre las virosis del tomate. *Agrícola Vergel*. 208: 275-278.
- De León Erik William. Evaluación Ambiental de la Producción del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Bajo Condiciones Protegidas en Las Palmas Gran Canaria, España, Mediante la utilización de la Metodología del Análisis del Ciclo de Vida / William Erik de León; María Asunción Antón Vallejo, Directora de tesis - Programa Doctorado en Ciencias Ambientales, ICTA, 2009 – 175 h.
- ELLIS, M..1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Kew. Comunidad de naciones Mycological Institute.
- FAO, 2005. Estadísticas. Disponibles en: <http://www.fao.stat.org>. Revisada el 7 de Abril del 2009.
- Ferrato, J; Mondino .M.C. Producción, Consumo y comercialización de hortalizas el mundo, *Agromensaje* (Argentina) 24:1 Abril de 2008.
- Fuentes, F..2000. Evaluación de cultivares de tomate para el consumo fresco, en valle de

zapolitán. El Salvador. (disponible en <http://www.us.es/drus/biblio/citae-e.htm>) Consultado el 19 de febrero del 2009.

García, N., 2009. Cuba a la vanguardia en el uso de la metodología Análisis del Ciclo de Vida. Available at: <http://emba.cubaminrex.cu/Default.aspx?tabid=26290>.

Gasparotto, L; Ferreira, F.; Junqueira, N.. 1988. Mancha de *Corynespora cassiicola* (Berk E Curt) Wei en *Hevea brasiliensis* en Brasil. Fitopatología Brasileña .p 278-280.

Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrot, H.; Anais, G. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana. IIHLD. MINAGRI: 159 p.

González, F.; Casanova, A.; González, R.; González, Y.; Salgado, J.; Hung, J. y Díaz, T..1999. Efecto de la poda en cultivares de tomate para consumo fresco. IIHLD. 6 p. En prensa.

González, M.1990. *Corynespora cassiicola* (Berk E Curt) Wei., en semilla de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). distribución geográfica, ubicación y control.

Guenkov. G., 1981. Fundamentos de la Horticultura cubana. Instituto del libro. La Habana: 123-143.

Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., R., K., de Koning, A., Wegener Sleeswijk A., Suh, S., Udo de Haes, H., Bruijn, H., Duin, R.v. and Huijbregts, M.A.J. 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.

Huerres. y. Caraballo, 1988. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.: 1-34.

Jones, J. P., R. E. Stall y T. A. Zitter, 1997. Botany and culture. En: Compendium of tomato diseases. Unit States of American: APS - PRESS: 2-8.

Kurozawa y Pavan.1997. Manual de Fitopatología. v.2. Ceres.

Latorre, B.; M. A. Vaughar; P. Aguilar, 1990. Plagas de las hortalizas. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: 277-342.

Mañas, D. y Bonachea, S...2004. productividad de tomate bajo distintas frecuencias de destallado. departamento de producción vegetal. Universidad de Almeria.Pdf.

Martínez, C. y García, L.1993. Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. Compendio de horticultura. España.

Martínez, E.; Barrios, G.; Rovesti, L.; Santos, R. 2007. Manejo Integrado de Plaga Manual Práctico. Tomate. p 330-331.

- Milà I Canals L, Burnip GM, Cowell SJ,2006 - Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): case study in New Zealand.Agriculture,Ecosystems&Environment.114, 226-238.DOI:10.1016/j.agee.2005.10.023.
- MINAGRI Comisión nacional de organopónicos y huertos intensivos. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. VII Encuentro Nacional de Agricultura Urbana. Informe Central. Enero - Febrero 2002.
- MINAGRI.2008.Resumen de los indicadores productivos de la rama de cultivos varios.EIMA.
- Muñoz, P., Antón, A., Paranjpe, A., Ariño, J. and Montero, J.I. 2008. High decrease in nitrate leaching by lower N input without reducing greenhouse tomato yield. *Agronomic and Sustainable Development* 28:489–495.
- Muñoz,P.; Antón, A.; VijayA.; Ariño,J.,Castells,X.,Montero,JI.,Rieradevall,J.2007. Comparing the environmental impacts of Greenhouse versus open-field tomato production in the mediterranean región. *Acta Horticulturae*(801):1591- 1596.
- Netwally, A. M., 1992. Curso sobre producción de hortalizas. Egipto: Centro Egipcio Internacional para la Agricultura: 73-79.
- Nuez, F., 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi Prensa. España: 793 p.
- Nuez, F.; S. Roselló y B. Picó, 1998. La conservación y recuperación de nuestro patrimonio hortícola. *Mejorar para conservar. Agrícola Vergel*. 194: 74-80.
- Ochoa, J. M. y M. Carravedo, 1999. Catálogo de semillas de tomates autóctonos. Zaragoza. España: 14-16 p.
- Ohep, J. 2005. Producción de tomates en los valles del estado de Monagas. [Disponible en <http://www.cenazap.gov.ve/publica/divulga/fdiund.html>]. [Consulta el 20 de Febrero del 2009].
- Olimpia G.; Casanova A.; Laterrot H.; Anais G. 2000. Mejora genética y manejo del Cultivo del Tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. La Habana. 159 pp.
- Peña, C., 2008. Hitos en la evolución de la industria en el mundo. *Innova Minería*. Available at: <http://www.innovamineria.cl> 07/02
- Peña, E.; Carrrión, R.M.; Martinez, F.; Nodals.; R.A.; Companioni,C.n. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. Ed. INIFAT. Cuba. Pág. 102.

- 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 Biobrás 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.
- Quintero Pupo Helia. Evaluación del impacto ambiental del Ciclo de vida de Maíz (*Zea mays* L.) var .T-G-H en la Finca Soterrado en el municipio de Cienfuegos /Helia Quintero Pupo; Mailiu Díaz Peña, tutor – trabajo de diploma, UCF, 2012 -67h.
- Quintero, S. & V. Santiesteban.1997. Virus del encrespamiento foliar del tabaco (Tobacco left curl virus). Agrotecnia de Cuba 11(1).
- Raoult, P., 1888a. La Martinique. Situation des cultures proteées. P.H.M. Revue Horticole (284): 45-50.
- Rieradevall, J., Pere F. (1995). "Análisis del ciclo de Vida del producto – ACV (I), nueva herramienta de gestión ambiental. Universidad Autónoma de Barcelona, innovación química."
- Romero Rodríguez, B. I. (2004). "*El análisis del ciclo de vida y la gestión ambiental*" [Electronic Version], p. 7. Retrieved Diciembre, 2008 from [www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf](http://www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf)
- Ruiz, J.; M. Valero; S. García; J. Martínez; A. Fernández y F. Nuez, 1999. Recuperación y conservación de cultivares tradicionales valencianos: el tomate "de la pera" de la vega alta de Segura. Agrícola Vergel. 214: 669-675.
- Stanhiil, G (1980). The energy cost of protected cropping: A comparison of six systems of tomato production. Journal Agricultural engineering Research. 25: 145-154.
- Silva, G.; Rodríguez, A.; Soares, J..1997. Mancha de *Corynespora cassiicola* (Berk E Curt) Wei en acerola (*Malpighia glabra*). Fitopatologia Brasileña. DF, v.22, p.452. Suplemento. Resumen.
- Suppen, N. (2007). "*Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en elEcodiseño*". México: Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable. fromdisponible en: [www.lcamexico.com](http://www.lcamexico.com).
- Suppen, N., 2005. LCA Association in Latin America. International Journal of Life Cycle Assessment.
- Terry,Elein .Evaluacion de biopreparados para la producción de tomate bajo sistema de cultivo

protegido. Cultivos Tropicales (La Habana) 29 (3):1Julio-Septiembre de 2008.

Torrellas, M., de León, W., Raya, V., Montero, J., Muñoz, P., Cid, M. and Antón, A. 2008. The 8th International Conference on EcoBalance, Tokyo, Japan. 10-12 Dec. p. P-041.

Vanden Mijzenberg, E. W. B. (1980). A history of Greenhouses. Institute for Agricultural Engineering. Wageningen, the Netherlands.

Vázquez, E. y Torres, S.1995. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación.Ciudad de La Habana.p 332-347.

Verzignassi, J., Vida, J. y Tessmam, D. 2003. *Corynespora cassiicola* (Berk E Curt) Wei Epidemias de manchas foliar en pepino ' el japonês' sobre cultivo protegido en la región norte del Estado de Paraná. Fitopatología. p28. Brasil.

Vida, J., Olivo, R., Tessmam, D., Verzignassi, J. y La Costa, H.. 2004. La agricultura protegida: Plásticultura-verdura-manejo de enfermedades en Cultivo de atmósfera protegida - Histórico, Tecnología y Perspectivas. p. 225-240.

*ANEXOS*



### Anexo 1. Propuesta de mejora I.

Muestreo/días	Productos usados	Dosis Kg o L/ha	Importe en pesos CUP ha	Solución final L/ha	Plagas observadas	Enfermedades Observadas
0 - 15	Heberneem	10	178,4			Nemátodos
	Trichoderma	6	30	433		
15 - 30	Trichoderma	6	30	-	-	-
	Verticillium	1		433		
30 - 45	Trichoderma	6	30	433		-
	Verticillium	1		433		
	Trichoderma	6	30	433	Mosca blanca	
	Verticillium	1	4.84	433		
45 - 60	BT + Trichogramma	4.0+6.0	21.22	433	keiferia	-
60 – 75	BT + Trichogramma	4.0+6.0	21.22	433	Lepidoptera	-
	Score	0.7	37.6516	433	-	Oidium
	BT + Trichogramma	4.0+6.0	21.22	433	keiferia	-
	Score	0.7	37,6516	433	-	Alternaria
	BT + Trichogramma	4.0+6.0	21.22	433	Minador	-
75 – 90	BT + Trichogramma	4.0+6.0	21.22	577	keiferia	-
	BT + Trichogramma	4.0+6.0	21.22	577	keiferia	-
	Score	0.7+4.0+0.6	58.87541	433	-	Oidium

	+ BT + Trichogramma					
90 - 105	Orius	0.7	20.7018	577		Alternaria
	Oriun + Muralla	0.7 + 0.7	41.7375	577	keiferia	Alternaria
	Muralla	0.7	21.0357	577	Minador	
105 - 125	Muralla	0.7	21.0357	433	keiferia	
	Muralla	0.7	21.0357	433	Desinfección de la malla	
Total	Total		690.28			

## Anexo 2. Propuesta de mejora II.

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	Orgánica	Química ( usando 50% de la dosis de estos productos)	Importe en pesos/ha
20 días	23 días	20 días	44 días	29 días			
1kg/m <sup>2</sup>	1kg/m <sup>2</sup>	1kg/m <sup>2</sup>	1kg/m <sup>2</sup>	1kg/m <sup>2</sup>	Humus de lombriz		11700
2g/alvéolo	2g/alvéolo	2g/alvéo	2g/alvéo	2g/alvéolo	micorrizas		9
25mg/ha	25mg/ha	25mg/ha	25mg/ha	25mg/ha	biobras-16		0.225
0.65g/m <sup>2</sup>	0.96 g/m <sup>2</sup>	1.27 g/m <sup>2</sup>	1.56 g/m <sup>2</sup>	1.27 g/m <sup>2</sup>		H3PO4	4992.2
0.42 g/m <sup>2</sup>	1.31 g/m <sup>2</sup>	1.71 g/m <sup>2</sup>	2.10 g/m <sup>2</sup>	1.71 g/m <sup>2</sup>		HNO3	44844.4
	2.47 g/m <sup>2</sup>	6.86 g/m <sup>2</sup>	13.8 g/m <sup>2</sup>	6.86 g/m <sup>2</sup>		Ca(NO3)2	36409
	0.14 g/m <sup>2</sup>	1.1 g/m <sup>2</sup>	3.45 g/m <sup>2</sup>	1.1 g/m <sup>2</sup>		MgSO4	3238
	2.30 g/m <sup>2</sup>	5.83 g/m <sup>2</sup>	2.80 g/m <sup>2</sup>	5.83 g/m <sup>2</sup>		KNO3	34082
		3.53 g/m <sup>2</sup>	11.40 g/m <sup>2</sup>	3.53 g/m <sup>2</sup>		K2SO4	8500
	0.34 g/m <sup>2</sup>					NH4NO3	117.5

### Anexo 3.Muestreo de la carga tóxica.

Muestreo/días	Productos usados	Kg ia/ha
0 - 15	Agrochelone	1.08
15 - 30	-	-
30 - 45	Previcur	2.52
	Confidor	0.49
45 - 60	Vertlan	0.01
60 – 75	Titán	0.16
	Score	0.17
	Monarca + Titán	0.23
	Score	0.17
	Monarca + Titán	0.23
75 – 90	Titán	0.16
	Titán	0.16
	Score + Monarca	0.24
90 - 105	Orius	0.17
	Orius + Muralla	0.24
	Muralla	0.07
105 - 125	Muralla	0.07
	Muralla	0.07
Total		6.1

#### Anexo 4. Producciones históricas en toneladas por surtido. Tomado de Moya (2012)

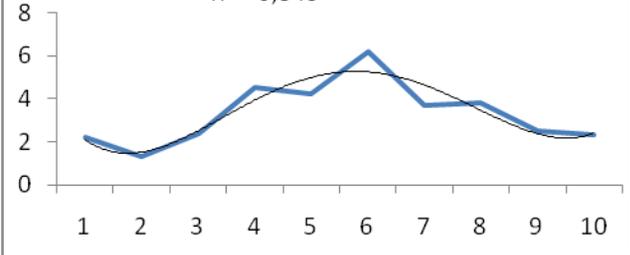
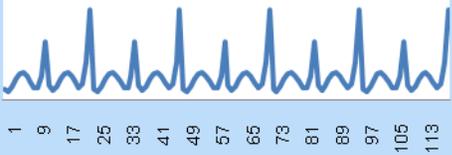
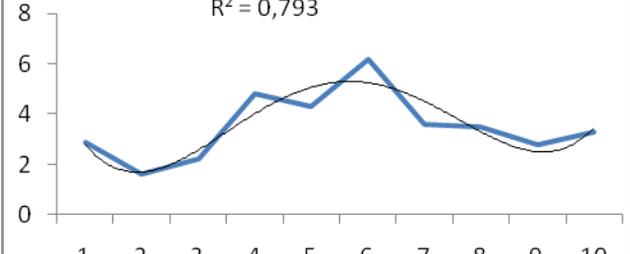
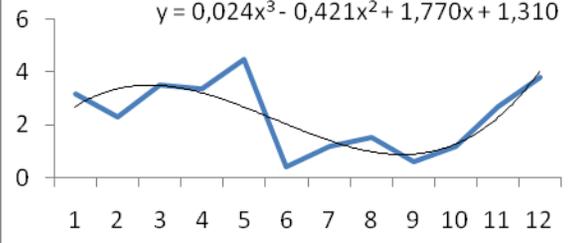
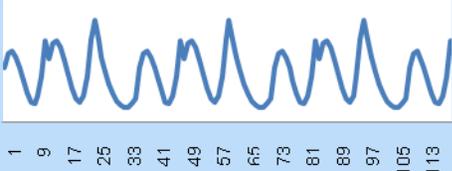
Años	meses	Tomate	Pimiento	Pepino	Melón	Otras Hortalizas
2009	1	11.7	2.3	11.4	2.2	3.2
	2	18.9	3.2	13.1	1.3	2.3
	3	20.2	4.1	6.9	2.4	3.5
	4	21.8	5.4	3.6	-	3.4
	5	19.5	3.2	4.5	4.5	4.5
	6	8.7	2.5	4.4	4.2	0.4
	7	7.1	1.1	2.9	6.2	1.2
	8	12.1	3	2.3	3.7	1.5
	9	10.2	2.3	3.5	3.8	0.6
	10	4.9	4.2	2.3	-	1.2
	11	3.4	2.3	3.9	2.5	2.7
	12	8.4	1.1	5.1	2.3	3.8
2010	1	13.8	2.9	10.4	2.9	3.5
	2	19.8	3.2	12.1	1.6	3.2
	3	20.6	4	7	2.2	3.6
	4	22.8	4.4	4.6	-	4.3
	5	20.4	2.4	4.8	4.8	4.8
	6	8.8	2.9	4.5	4.3	0.5
	7	8	1.2	3.9	6.2	1.5
	8	11	2.6	3	3.6	1.6
	9	10.3	2.5	3.9	3.5	1
	10	5.2	3.2	1.1	-	1.2
	11	3.6	3	4.7	2.8	2.8
	12	8.3	1.2	4	3.3	3.9
2011	1	27.8	0.9	2.1	-	5.8
	2	21.6	1.1	6.2	-	2.3
	3	29.4	1.5	9.6	-	3.6
	4	21.1	4.9	8.3	-	3.2
	5	15	4.6	6.1	0.1	2.4
	6	9	1.9	5.8	0.1	1
	7	8.3	1	8.2	5.2	0.9
	8	8.9	1.2	9.3	4.2	1.1
	9	2.5	1.3	8.2	1.6	0.6
	10	0.3	1.5	1.9	6.1	0.1
	11	3.6	1.7	4.1	0.6	1.4
	12	10.8	1.6	6.6	0.2	1.2

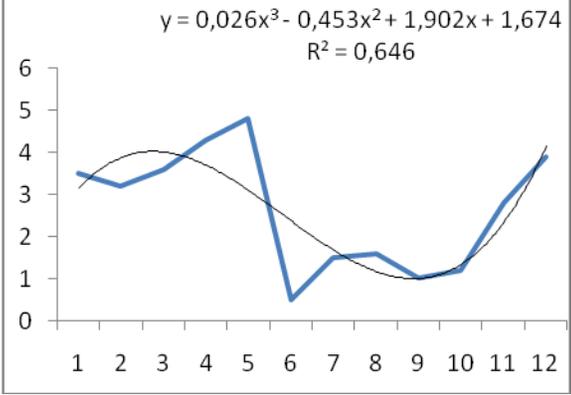
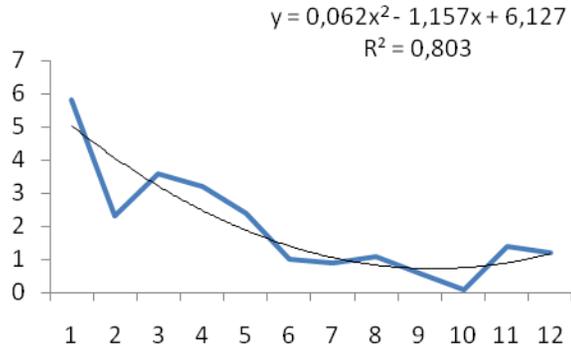
Anexo 4. Serie histórica de las producciones de tomate, pepino, pimiento, melón y otras hortalizas. Tomado de Moya, (2012)

Productos	Años	Función	Gráfico a partir de datos históricos	Gráfico de tendencia
Tomate	1	$Y=0.0907x^3-1.8507x^2+9.34+5.6798$	<p><math>y = 0,090x^3 - 1,850x^2 + 9,354x + 5,679</math> <math>R^2 = 0,761</math></p>	<p>Proyecciones producción de tomate</p>
	2	$Y=0.089x^3-1.794x^2+8.7335x+8.0071$	<p><math>y = 0,089x^3 - 1,794x^2 + 8,733x + 8,007</math> <math>R^2 = 0,800</math></p>	
	3	$Y=0.2705x^2-5.84x+36.502$	<p><math>y = 0,270x^2 - 5,84x + 36,50</math> <math>R^2 = 0,828</math></p>	

Pepino	1	$Y=0.1919x^2-3.169x+15.53$	<p><math>y = 0,191x^2 - 3,169x + 15,53</math> <math>R^2 = 0,852</math></p>	<p><b>Proyecciones de producción de pepino</b></p>
	2	$Y=0.1387x^2-2.4599x+13.8$	<p><math>y = 0,138x^2 - 2,459x + 13,80</math> <math>R^2 = 0,828</math></p>	
	3	$Y=0.0313x^3-0.7269x^2+4.7815x-1.1899$	<p><math>y = 0,031x^3 - 0,726x^2 + 4,781x - 1,189</math></p>	

Pimiento	1	$Y = 0.0067x^3 - 0.1575x^2 + 0.9159x + 2.0495$	<p><math>y = 0.006x^3 - 0.157x^2 + 0.915x + 2.049</math></p>	<p style="text-align: center;"><b>Proyección de producciones de pimiento</b></p>
	2	$Y = -0.0067x^4 + 0.177x^3 - 1.5504x^2 + 4.9312x - 1.0056$	<p><math>y = -0.006x^4 + 0.177x^3 - 1.550x^2 + 4.931x - 1.005</math> <math>R^2 = 0.683</math></p>	
	3	$Y = 0.0236x^3 - 0.5012x^2 + 2.9677x - 2.1707$	<p><math>y = 0.023x^3 - 0.501x^2 + 2.967x - 2.170</math></p>	

<b>Melón</b>	1	$Y=0.0151x^4 - 0.3445x^3 + 2.4864x^2 - 5.8813x + 5.8333$	$y = 0,015x^4 - 0,344x^3 + 2,486x^2 - 5,881x + 5,833$ $R^2 = 0,843$ 	<b>Proyecciones de producción de melón</b> 
	2	$Y=0.0192x^4 - 0.4294x^3 + 3.0963x^2 - 7.705x + 7.8417$	$y = 0,019x^4 - 0,429x^3 + 3,096x^2 - 7,705x + 7,841$ $R^2 = 0,793$ 	
<b>Otras Hortalizas</b>	1	$Y=0.0244x^3 - 0.4214x^2 + 1.7708x + 1.310$	$y = 0,024x^3 - 0,421x^2 + 1,770x + 1,310$ 	<b>Proyecciones de producciones de otras hortalizas</b> 

	<p>2 <math>Y=0.026x^3-</math> <math>0.4539x^2+1.9022x+1.674</math></p>	 <p><math>y = 0,026x^3 - 0,453x^2 + 1,902x + 1,674</math> <math>R^2 = 0,646</math></p>	
	<p>3 <math>Y=0.0621x^2-1.1575x+6.12</math></p>	 <p><math>y = 0,062x^2 - 1,157x + 6,127</math> <math>R^2 = 0,803</math></p>	

**Anexo 5.Fertirriego que se aplicó para la producción de Tomate.**

Fase de desarrollo	# aproximado de días		Fertilizantes			Demanda del riego			Volumen total agua m3
	Período	Total	Productos	Dosis g/m <sup>3</sup>	Dosis g/m <sup>2</sup>	Importe en pesos/ha	Norma L/Plantas	No Plantas	
Trasplante - Primer racimo floral	0 - 20	20	H3PO4	137	1,317	1142,51667	0.5	1728	0,864
			HNO3	89	0,852	5244,5	0,5		
Emisión del primer racimo – Cuaje del tercer racimo	21 - 44	23	H3PO4	10	1,92	1672,35802	1	1728	1,728
			HNO3	137	2,6304	16229,56			
			Ca(N O3)2	258	4,9536	5993,26157			
			Mg SO4	15	0,288	160,87104			
			KNO3	240	4,608	9355,02336			
			NH4N O3	36	0,6912	235,166976			
Cuaje del tercer racimo –	45 - 65	20	H3PO4	102	2,55	2221,10049	1,3	1728	2,246
			HNO3	137	3,42	21132,25			

Inicio de la cosecha					5				
			Ca(N O3)2	549	13,7 25	16605,603			
			Mg SO4	88	2,2	1228,876			
			KNO3	467	11,6 75	23702,2348			
			K2SO4	283	7,07 5	3254,5			
Inicio de la cosecha – Producción	66 - 110	44	H3PO4	102	3,13 14	2727,5114	1,6	1728	2,764
			HNO3	137	4,20 59	25950,40			
			Ca(N O3)2	905	27,7 835	33614,701			
			Mg SO4	225	6,90 75	3858,39135			
			KNO3	183	5,61 81	11405,6981			
			K2SO4	746	22,8 101	10492,64			
Cosecha final	111 - 140	29	H3PO4	102	2,55	2221,10049	1,3	1728	2,246
			HNO3	137	3,42 5	21132			
			Ca(N O3)2	549	13,7 25	16605,603			
			Mg SO4	88	2,2	1228,876			

			KNO3	467	11,6 75	23702,2348			
			K2SO 4	283	7,07 5	3254,5			
		136	Total	647 2	169, 00	264371,41	4,9	8640	9,848

## Anexo 6. Control fitosanitario.

Muestreo/ días	Productos usados	Dosis Kg o L/ha	Importe en MN ha	Solución final L/ha	Plagas observadas	Enferme dades Observa das
0 - 15	Agrochelone	1,35	8,70			Nemátos
15 - 30	-	-		-	-	-
30 - 45	Previcur	3	60			-
	Confidor	0,7	133,53	433	Mosca blanca	
45 - 60	Vertlan	0,7	18,54	433	Keiferia	-
60 - 75	Titán	0,8	9,79	433	Lepidortera	-
	Score	0,7	37,65	433	-	Oidio
	Monarca + Titán	0,7+0,8	24	433	Keiferia	-
	Score	0,7	37,65	433	-	Alternar ia
	Monarca + Titán	0,7+0,8	24	433	Minador	-
75 - 90	Titán	0,8	9,79	577	Keiferia	-
	Titán	0,8	9,79	577	Keiferia	-
	Score + Monarca	0,7 + 0,7	53,73	433	-	Oidio
90 - 105	Orius	0,7	20,70	577		Alternar ia
	Orius + Muralla	0,7 + 0,7	41,73	577	Keiferia	Alternar ia
	Muralla	0,7	21,03	577	Minador	

105 - 125	Muralla	0,7	21,03	433	Keiferia	
	Muralla	0,7	21,03	433	Desinfección de la malla	
Total		18,15	541,14			

## Anexo 7. Diagrama de proceso del cultivo de Tomate.

