

## **Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo.**



*Título:* Evaluación de diferentes sustratos en una plantación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en casas de cultivos protegidos.

*Autor:* Ariel Manresa Meneses.  
*Tutor:* Ing. Madelín Rodríguez Barreras.  
*Colaborador:* Nancy Díaz Jiménez

*Año 2012*



*El hombre debe transformarse al mismo tiempo que la producción progresa; no realizaríamos una tarea adecuada si fuéramos tan sólo productores de artículos, de materias primas y no fuéramos al mismo tiempo productores de hombres*

*Ernesto Guevara de la Serna*

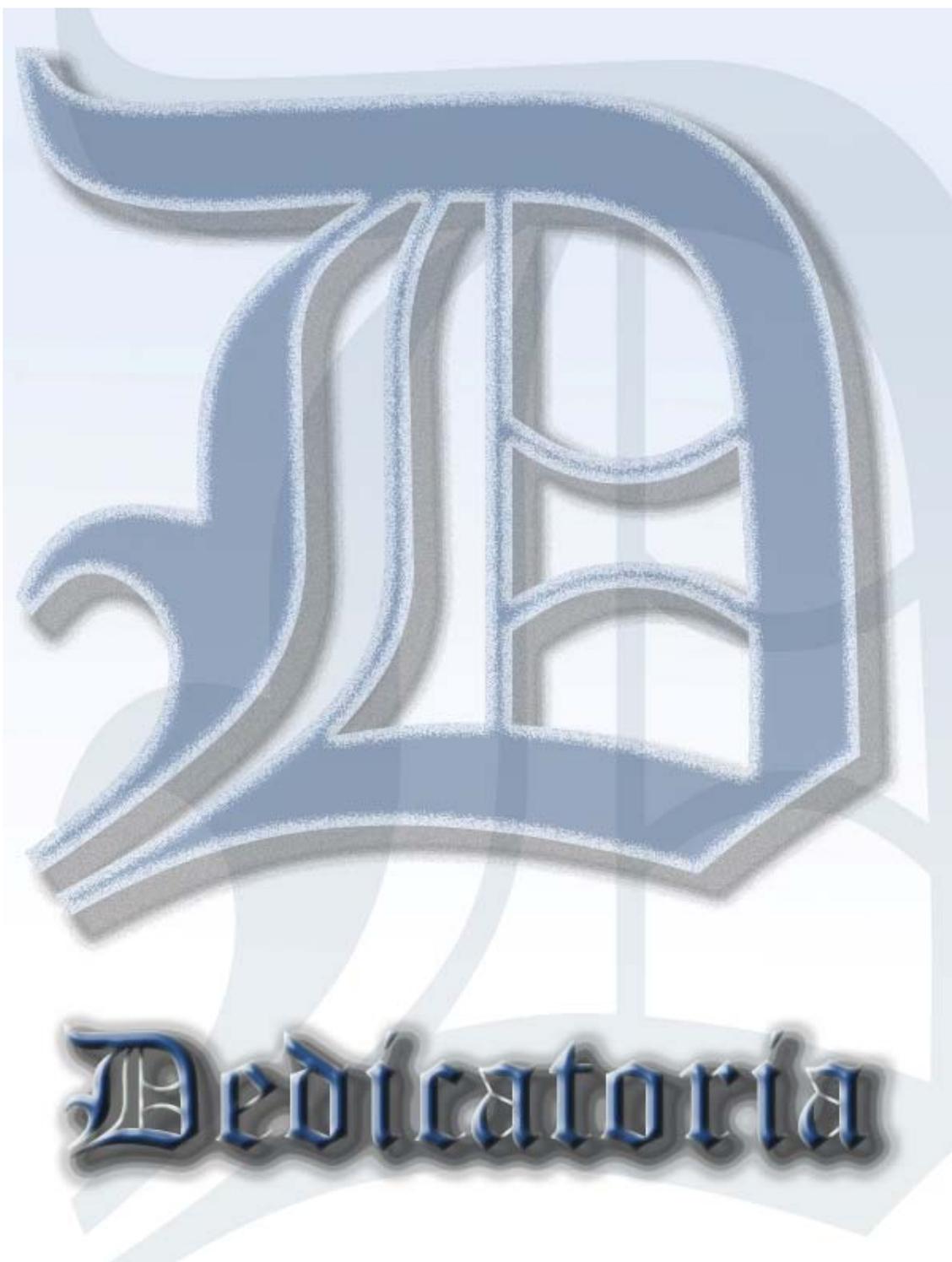
A

Agradecimientos

*Agradezco a todo el que me ayudo y siempre estuvo a mi lado en los momentos difíciles de la investigación.*

*A mis amigos y trabajadores de las casas de cultivo.*

*Y los que pusieron obstáculos también porque me enseñaron a crecer ante las dificultades y me demostraron que en la vida lo más importante es caminar hacia delante y confiar en sí mismo.*



*A todo el que me ha apoyado y ha contribuido en mi formación como  
ingeniero.*

*A las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.*

*A mi familia y amigos, quienes han confiado en mí y han estado siempre a  
mi lado.*



## **RESUMEN**

Los invernaderos surgen como solución para aumentar los volúmenes de producción o simplemente para producir donde las condiciones ambientales no lo permiten. Numerosos son los países que hoy utilizan esta forma de producción. Los países líderes en la utilización son España e Israel. En Cuba se introduce esta tecnología desde hace varios años.

Esta investigación se desarrolla en la brigada de casas de cultivos perteneciente a la empresa Cítricos Arimao en la provincia de Cienfuegos. Debido a los altos índices de nemátodos, se hace necesario estudiar distintos tipos de sustratos que permitan disminuir los niveles del mismo y aumentar la producción de hortalizas y vegetales. En este caso se utiliza el cultivo del tomate (*Lycopersicon sculentum*, Mill).

En este sentido se desarrolla la investigación que tiene como objetivo general: Evaluar en casas de cultivos el uso de sustratos para incrementar el rendimiento en el cultivo del tomate y minimizar la incidencia de nemátodos.

Como resultado fundamental se dota a la empresa de una valiosa información permitiéndole tomar decisiones, para solucionar problemas en la producción de tomate en casas de cultivos.



Indice

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. Investigación bibliográfica sobre el cultivo en invernaderos, el cultivo del tomate y el uso de sustratos para evitar enfermedades del suelo.</b>	
1.1 Introducción.....	5
1.2 El cultivo en invernaderos.....	6
1.3 Cultivo del tomate. ( <i>Lycopersicon esculentum</i> , Mill).....	10
1.3.1 Cultivo del tomate en Cuba.....	11
1.4 El nemátodo ( <i>Meloidogyne</i> spp).....	12
1.5 Generalidades del uso de sustratos en el cultivo de hortalizas.....	14
1.6 Características de Zeolita, coco, perlita y turba rubia como sustratos.....	19
<b>CAPITULO 2. Caracterización de la empresa escenario de la investigación y descripción de los materiales y métodos utilizados.</b>	
2.1 Introducción.....	27
2.2 Caracterización de las casas de cultivo protegidos de la empresa Cítricos Arimao.....	27
2.3 Materiales y métodos.....	28
2.3.1 Características de la muestra seleccionada.....	29
2.3.2 Características de las variantes utilizadas.....	31
2.4 Preparación de los sustratos.....	31
2.4.1 Preparación de la zeolita.....	31
2.4.2 Preparación de la turba, coco y perlita.....	33
2.5 Sistema de riego para cada variante.....	33
2.6 Siembra o transplante.....	34
2.6.1 Conducción de tallos o tutorado de las plantas.....	35

2.7 Plagas, enfermedades y productos químicos utilizados durante el ciclo del cultivo.....	36
<b>CAPÍTULO 3. Resultados y discusión.</b>	
3.1 Análisis de la Emisión de los racimos florales.....	39
3.2 Cantidad de frutos por racimos.....	40
3.3 Peso promedio por racimo.....	41
3.4 Comportamiento de la solución nutritiva.....	42
3.5 Comportamiento de la sanidad vegetal.....	42
3.6 Porte vegetativo de las plantas.....	42
3.7 Índice de nemátodo (Meloidogyne spp).....	43
3.8 Rendimiento obtenido.....	43
3.9 Costo de los sustratos.....	45
3.10 Comparación de las variantes con una casa de cultivo tradicional (T8).....	46
3.11 Análisis de los resultados.....	47
Conclusiones.....	48
Recomendaciones.....	49
Bibliografía.....	50
Anexos.....	53



Introducción

## **INTRODUCCION**

Desde sus orígenes los invernaderos han buscado la finalidad de aumentar la producción o simplemente producir cuando las condiciones ambientales no lo permiten.

En las últimas cuatro décadas la superficie de invernaderos ha crecido vertiginosamente. Así se ha estimado por métodos objetivos que solo en la provincia de Almería se pueden alcanzar cifras superiores a las 30000 ha. Este crecimiento tanto en España como en otras regiones del mundo, hace que se esté formando una nueva visión tanto de la producción agrícola como del invernadero.

Existen numerosos tipos de invernaderos que se pueden clasificar de distintas formas, según se atienda a determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura, etc.).

Desde hace varios años se introdujo en nuestro país las *Casas de Cultivo* (*Cultivo protegido*). Esto constituye una tecnología promisoría para lograr extender el calendario de producción y lograr una alta productividad y calidad de las hortalizas durante todo el año en condiciones tropicales; permitiendo modificar, total o parcialmente las condiciones ambientales, para que las plantas se desarrollen en un medio más favorable (López, G. y López, H., 1996; citado por Gómez, O. et al., 2000). Están implicados dos nuevos conceptos que si bien son generales en agronomía cobran un especial papel con relación a los invernaderos y la producción agrícola intensiva. Un nuevo concepto de producción, entendiéndose por esta no solo la cuantía absoluta de producto por el que se hace el cultivo, sino una producción más dirigida a la calidad del producto.

Cuba es el único país del Caribe que ha desarrollado una tecnología de cultivos protegidos apropiada para las condiciones climatológicas del trópico. El Ministerio de la Agricultura tiene en todo el país, más de mil 600 instalaciones de este tipo, las que

## *Introducción*

---

han multiplicado los rendimientos en el cultivo de hortalizas, al aprovechar el potencial productivo en terrenos que aparentemente no tenían condiciones para estos fines. (Proenza, 2011)

El tomate es uno de los cultivos que más se produce en las casas de cultivos. Es de alto riesgo fitosanitario en los países tropicales, especialmente por los daños causados por plagas y enfermedades, el alto costo de los insumos y la fluctuación de los precios del producto. Los daños en este cultivo pueden alcanzar valores entre 24 y 38% (Sasser, 1989).

Una de las plagas que más afecta a este producto es el nemátodo (*Meloidogyne* spp). Los nemátodos son denominados enemigos ocultos o invisibles debido a su pequeño tamaño y a que, cuando su efecto se hace evidente, el nivel poblacional de la plaga es alto. Ellos no solo debilitan las plantas y disminuyen los rendimientos por su acción directa sobre las raíces, también actúan en complejos etiológicos que involucran hongos, bacterias y virus. (Rodríguez et al., 2005)

Es aquí donde aparece el cultivo sin suelo que se ha desarrollado para evitar enfermedades endémicas, ya que la esterilización del suelo en forma parcial no solo es de alto costo, sino a menudo poco eficiente. Así el suelo se cubre con una lámina de polietileno y de manera más permanente se localiza sobre la misma.

El éxito del cultivo sin suelo depende de la disponibilidad de sustratos relativamente baratos, los cuales puedan ser desechados después de un cultivo o esterilizados para su posterior utilización. Este método de esterilización es eficiente debido al pequeño volumen del sustrato comparado al existente en el invernadero.

Los sustratos sólidos pueden derivarse en dos grupos:

Materiales orgánicos: turba, aserrín y cortezas de pino los cuales requieren de la adición de fertilizantes sólidos antes del trasplante. Estos pueden ser clasificados como sustratos para el cultivo sin suelo, pero no se incluyen en el término “hidropónico”.

## *Introducción*

---

Sustratos fuertes como: arena, lana de roca, zeolita y perlita que permiten el anclaje de las raíces y se constituye en el reservorio de la solución nutritiva. Los fertilizantes sólidos, no son utilizados con estos materiales ya que todos los nutrientes son aplicados en la solución. Ellos se clasifican como sustratos para cultivos sin suelo pero más específicamente para hidroponía ya que las plantas obtienen los nutrientes solo de la nutrición aplicada.

En la teoría todos los sistemas de hidroponía tienen el mismo rendimiento potencial, aunque esto no siempre se logra en la práctica. Sin embargo los rendimientos en hidroponía son generalmente más altos que aquellos alcanzados en sustratos orgánicos y son de una consistencia de buena calidad.

Los sustratos de cultivos sin suelo generalmente proveen el volumen radical más pequeño comparado con las plantas cultivadas en los suelos. La gran ventaja de estas características es permitir al productor controlar el medio ambiente de forma más precisa y económica que en el suelo. Por lo que se requiere más conocimiento y certeza por parte del productor para alcanzar el potencial del sustrato.

Los cultivos sin suelo se establecen en muchas partes del mundo para su producción comercial. En Europa occidental las hortalizas cultivadas en ambientes protegidos fueron cultivadas en sustratos orgánicos (principalmente en turba) al comienzo, pero actualmente existen un incremento de la producción de cultivos de largo período, por ejemplo: en Holanda más del 80% de la producción de tomate y pepino que se cultivan en lana de roca a menudo rinden sobre los 25 y 30 kg/m<sup>2</sup> respectivamente.

De ahí que se defina como **problema de investigación** el: ¿Cómo disminuir la alta incidencia de nemátodos, en el tomate (*Lycopersicon esculentum, Mill*) en las casas de cultivos?

Para dar solución al problema científico expuesto se formula la siguiente **hipótesis de investigación**: Si se utilizaran sustratos alternativos como la zeolita y

## *Introducción*

---

turba+coco+perlita en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) se lograría minimizar la incidencia de nemátodos en las casas de cultivos.

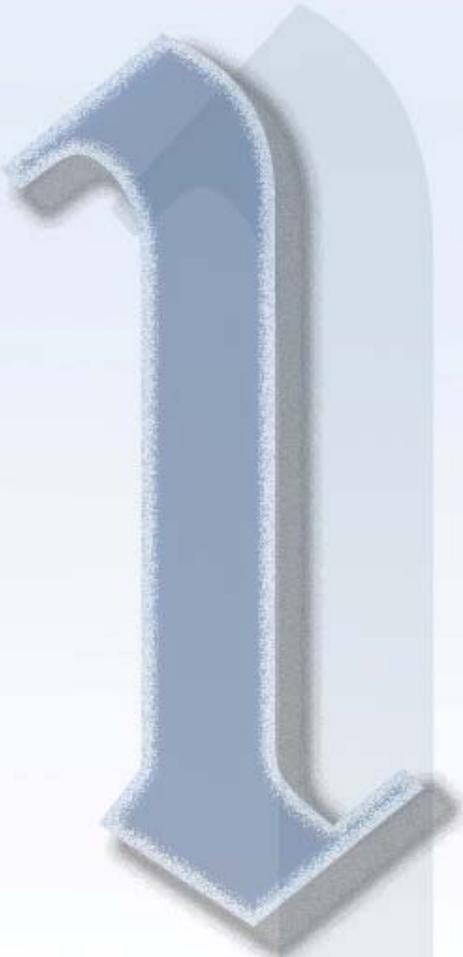
Trabajando a partir de la **variable independiente**: sustrato y la **variable dependiente**: incidencia del nemátodos y rendimiento de la producción.

El **objetivo general** de esta investigación es: Evaluar en casas de cultivos el uso de sustratos para incrementar el rendimiento en el cultivo del tomate y minimizar la incidencia de nemátodos.

Para dar cumplimiento al objetivo general se definen los siguientes **objetivos específicos**:

- Evaluar el comportamiento productivo en los diferentes sustratos.
- Determinar índices de nemátodos en los sustratos.

Para la realización de esta investigación se utilizan varios métodos como: Análisis Documental en torno a los invernaderos y al uso del cultivo sin suelo. Observación directa y análisis de la evolución y desarrollo de un invernadero y entrevistas.



# Capítulo

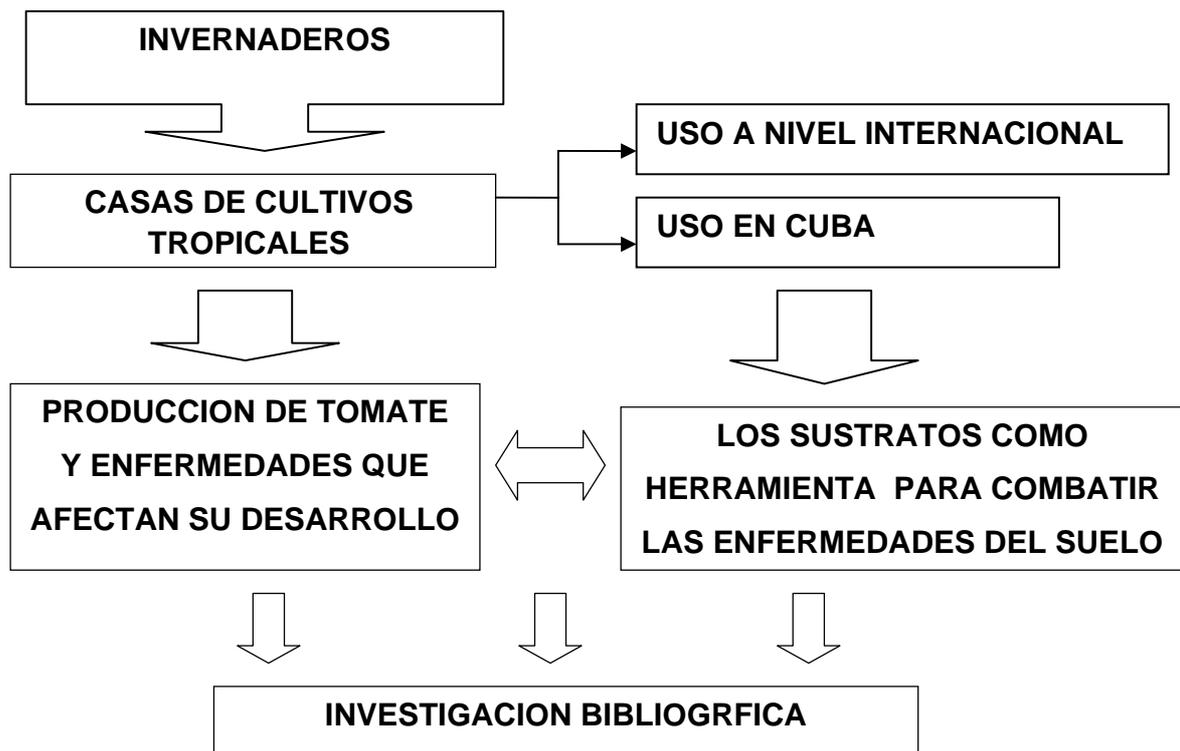
*INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE EL CULTIVO EN  
INVERNADEROS, EL CULTIVO DEL TOMATE Y EL USO DE  
SUSTRATOS.*

*Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

**CAPÍTULO 1. Investigación bibliográfica sobre el cultivo en invernaderos, el cultivo del tomate y el uso de sustratos para evitar enfermedades del suelo.**

**1.1 Introducción**

En este capítulo mediante un análisis bibliográfico se realiza el estudio de teorías y definiciones en torno a los invernaderos según su evolución y desarrollo, así como, el uso de sustratos como alternativa para evitar la contaminación con enfermedades que se desarrollan en el suelo. El objetivo fundamental de este capítulo es proyectar un fiable marco referencial que enriquezca las perspectivas y proporcione un alto grado de actualización del tema en cuestión. Para ello se efectúa un análisis de trabajos de autores o estudiosos del tema así como de otras personalidades que constituyen exponentes en sus campos de estudio. En el presente capítulo se expone el análisis bibliográfico que se utiliza en la investigación y que se organizó según el hilo conductor mostrado en la **figura 1**.



**Figura 1. Hilo conductor para la elaboración del marco teórico referencial de la investigación.**

**Fuente: Elaboración propia**

**1.2 El cultivo en invernaderos.**

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. (Infoagro, 2010)

Se define también como: edificio con paredes y cubierta de vidrio o plástico translúcido, empleado para el cultivo y la conservación de plantas delicadas, o para forzar su crecimiento fuera de temporada. Los invernaderos están ideados para transformar la temperatura, humedad y luz exteriores y conseguir así unas condiciones ambientales similares a las de otros climas. (Enciclopedia libre, 2009)

El uso de cualquier tipo de invernadero tiene ventajas e inconvenientes, que se reflejan en la **tabla 1**, pero el desarrollo exitoso depende en gran medida de realizar la elección adecuada de acuerdo a: las características climáticas de la zona, las características de los cultivos y la mano de obra disponible.

**Tabla 1. Ventajas e inconvenientes del uso de los invernaderos.**

Ventajas	Inconvenientes
Precocidad en los frutos	Alta inversión inicial
Aumento de la calidad y el rendimiento	Alto costo de operación
Producción fuera de época	Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.
Ahorro de agua y fertilizante	
Mejora del control de insectos y enfermedades	
Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.	

**Fuente: Elaboración propia**

El diseño estructural de un invernadero debe brindar protección contra daño de viento, lluvia, calor y frío. Al mismo tiempo, los componentes estructurales de un invernadero deben ser de tamaño mínimo para permitir una transmisión máxima de luz al cultivo.

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

---

Generalmente, una disminución del 1% significa una disminución del 1% en el rendimiento. (Jesen, 2000)

Las casas de cultivo constituyen un tipo de invernadero que responden a diseños tropicalizados con una mejor compatibilidad entre la estructura y los factores del clima lo que permite obtener mejores resultados en producciones hortícolas. (Ecured, 2008)

En la década de los ochenta se inicia por el IRAT<sup>1</sup>, en Guyana, los primeros trabajos de investigación sobre cultivos protegidos en región tropical (Raoult, 1988a y 1988b). Esta técnica comenzó a desarrollarse posteriormente en Martinica y Guadalupe y en otros países de la región como Cuba.

Desde hace varios años se introdujo en Cuba las *Casas de Cultivo* (*Cultivo protegido*). Esto constituyó una tecnología promisoría para extender el calendario de producción y lograr una alta productividad y calidad de las hortalizas durante todo el año en condiciones tropicales; permitiendo modificar, total o parcialmente las condiciones ambientales, para que las plantas se desarrollen en un medio más favorable (Gómez et al., 2000).

El auge del cultivo protegido en Cuba, se inicia a partir de la transferencia de tecnologías de otros países, principalmente Israel y España, con invernaderos o casas de cultivo tipo 1<sup>2</sup> con uso de híbridos de alto potencial productivo (Vázquez et al., 1999).

Actualmente se está fomentando el uso de casas de cultivos tropicales, instalaciones que permiten aumentar la producción agrícola, para que las plantas cultivadas crezcan protegidas de factores externos, es decir, condiciones climáticas, plagas y enfermedades, obteniendo así mejores rendimientos.

Un invernadero tropical principalmente es un protector contra la lluvia, una cubierta de polietileno sobre un cultivo para prevenir que la lluvia entre al área de crecimiento, y a su vez, mitigue los problemas de enfermedades en las hojas. Para prevenir que entren insectos, especialmente aquellos que son vectores de enfermedades viróticas,

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

costados son cubiertos con malla. (Jesen, 2000)

### **1.3 Cultivo del tomate. (*Lycopersicon esculentum*, Mill).**

Las hortalizas son elementos importantes en la dieta humana, ya que representan fuentes de fibra, vitaminas y minerales. Un ejemplo notable del papel de las hortalizas en la dieta es el hecho de que estas, junto con las frutas aportan más del 90 % de la vitamina C en la alimentación humana (Díaz, 1998).

En realidad, el valor nutritivo del tomate no es muy elevado. Un estudio realizado por la Universidad de California clasifica al tomate en el número 16 respecto a la concentración relativa de un grupo de 10 vitaminas y minerales, entre los principales cultivos de frutas, hortalizas y viandas en Estados Unidos. Sin embargo, pasa a ocupar el primer lugar cuando se analiza la contribución de nutrientes que ofrece en relación con su preferencia y nivel de consumo en ese país (Rick, 1978).

Desde el punto de vista alimenticio el tomate no puede ser considerado como alimento energético, aunque 1 kg. de fruto, puede proporcionar 176 calorías, su aroma estimula el apetito, es abundante en potasio y bajo en energía calorífica. (Josafad *et al.*, 1998)

Varios autores coinciden en que el tomate cultivado, (*Lycopersicon esculentum*, Mill), es originario del área del Perú, Ecuador y Bolivia, en los Andes de Sudamérica. El hábitat natural de esta especie es una estrecha franja costera que se extiende desde el Ecuador (0° de latitud) hasta el norte de Chile (30° latitud sur) y entre el Pacífico y los Andes en latitudes que varían entre 0 y 2000 metros, se incluyen las Islas Galápagos, donde aproximadamente no llueve durante seis meses pero si existe una niebla constante a temperaturas de 17 a 24 °C.

#### 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 *et al.*, 1990).

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

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 et al., 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. Sin embargo, en las condiciones habituales del cultivo, el trasplante a raíz desnuda daña a la raíz pivotante y el resultado es el de un sistema muy ramificado en el que dominan las raíces adventicias (Ochoa y Carravedo, 1999).

**Tallo:** 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

Elkind et al., (1991) describen tres hábitos de crecimiento en el tomate los cuales se pueden observar en la figura 1:

- Crecimiento determinado: Está determinado por el gen *sp*, aquí el tallo principal termina en un racimo que marca la detención del crecimiento; Se presentan como máximo cinco racimos en el tallo principal, los cuales están situados cada una o dos hojas.
- Crecimiento semideterminado: Está determinado por el gen *std*, el tallo principal termina en un racimo al igual que en el caso anterior, con la diferencia de que en el tallo principal se pueden encontrar seis o más racimos que aparecen cada dos hojas. Esta forma parte del crecimiento determinado.
- Crecimiento indeterminado: Está determinado por el gen *sp+*, su crecimiento se mantiene en forma casi indefinida pues el tallo principal termina en yema vegetativa y en este caso los racimos se producen cada tres hojas.

**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 (Izquierdo et al., 1992).

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

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).

**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) según Guenkov, 1981.

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

El contenido del fruto es de 94 – 95 % de agua y de 5 – 6 % de compuestos mixtos, donde predominan constituyentes orgánicos que le confieren al mismo sus características de sabor y textura. Los azúcares libres y los ácidos orgánicos son los principales responsables del sabor del tomate; sin embargo otros compuestos orgánicos también contribuyen a crear su típico sabor (Jones et al., 1997).

**Semilla:** Tiene forma lenticular y está constituida por: el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal (Chamarro, 1995).

### **1.3.1 Cultivo del tomate en Cuba.**

El tomate al igual que el pimiento constituye en Cuba las principales hortalizas tanto el área que ocupa nacionalmente como por su producción. Del área total de hortalizas, el tomate comprende el 50%. Esta hortaliza es cultivada en todas las Provincias del País, siendo las principales productoras: la Habana, Pinar del Río y Villa Clara. (Batista, S. et al., 2003)

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

Además se han introducido en la práctica el uso de estimulantes vegetales, lo que ha contribuido a una mejor comprensión de la calidad funcional de los tejidos y las plantas. (Batista, S. et al., 2003)

La utilización de estos en la agricultura moderna gana terreno de manera creciente, teniendo en cuenta sus características de hormonas antiestrés y su efecto intensificador del crecimiento, desarrollo y fructificación, a partir de dosis muy reducidas que la hacen compatible con las tendencias actuales orientadas hacia formas sostenibles y ecológicas de la intensificación de la producción (Núñez, 1995).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es uno de los cultivos principales en casas de cultivos protegidos y según León *et al.* (2006) se considera una de las hortalizas más susceptibles a los daños por nemátodos, los cuales varían desde la disminución de los rendimientos hasta la pérdida total del cultivo, ya sea en semilleros o en plantación.

### **1.4 El nemátodo (*Meloidogyne spp.*)**

Una de las plagas más importantes que ataca a los cultivos hortícolas bajo abrigo cada año, lo constituyen fundamentalmente microorganismos que habitan el suelo, entre los que se destacan los nemátodos. (MINAGRI, 2002)

Uno de los mayores obstáculos de la producción adecuada de cultivos en los países desarrollados son las afectaciones causadas por estos organismos, especialmente la especie *Meloidogyne spp* (Sasser, 1980). Ver **anexo 1**

Los nemátodos atacan a la mayoría de los cultivos comerciales, pueden encontrarse además en pastos y plantas de jardín, debido a su pequeño tamaño (0.25 mm a 3.0 mm), en muchas ocasiones pasa inadvertida y las pérdidas causadas por los mismos no se reportan o son atribuidas a otras causas, no obstante se ha comprobado que causan pérdidas anuales mundiales valoradas en 20 billones de dólares aproximadamente (Hochmuth, 2001).

Penetran en las raíces desde el suelo produciendo los típicos nódulos en las raíces que le dan el nombre común de "batatillas" o "porrillas". Estos daños producen la obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces. Se distribuyen por rodales o líneas y se transmiten con facilidad por el agua de riego, con el calzado, con los aperos y con cualquier medio de transporte de tierra.

De forma general los nemátodos se pueden clasificar en:

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

- Zooparásitos
- Fitoparásitos
- Nemátodos de vida libre (no dañan a las plantas ni a los animales)

Según Hussey y Willianson (1998), desde el punto de vista biológico se pueden dividir en tres categorías generales:

- Endoparásitos: cuando llegan a adultos y hacen la puesta en el interior de tejidos vegetales.
- Semi-endoparásitos: se fijan en las raíces o raicillas sobre las que viven, pero efectúan las puestas en el exterior del vegetal.
- Ectoparásitos: se encuentran en el suelo fuera de las raíces a las que pican eventualmente con su estilete.

Más de 40 especies de *Meloidogyne* han sido descritas y más del 95 por ciento de la infestación de los cultivos agrícolas son causadas por 6 especies, de las cuales solamente cuatro, (*M. incógnita*, *M. javanica*, *M. hapla* y *M. arenaria*) están distribuidas mundialmente, (Sasser, 1980).

El género *Meloidogyne* causa agallas o nudosidades en las raíces de las hortalizas, ocasionando una condición anormal en la cual la planta se enferma presentando unos síntomas similares a los ocurridos en otros cultivos (Román, 1978).

La acción concentrada de los nemátodos alimentándose, y con ello drenando la savia de la planta, y la imposibilidad de ésta de tomar del sustrato el agua y los nutrientes necesarios, conlleva a la declinación de la planta con síntomas que pueden observarse tanto en su parte aérea como en la subterránea. Ver **anexo 2** (Kucharek, 2001)

### **1.5 Generalidades del uso de sustratos en el cultivo de hortalizas.**

El término sustrato, ha sido definido por Abad (1993) como todo material sólido distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema de raíces, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta.

Leskovar, (2001) planteó que el medio o la mezcla sin tierra debe proveer un ambiente favorable para el desarrollo radicular y plantea que las funciones principales del medio para sostener el crecimiento son: fuente de nutrientes, retención y

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

disponibilidad de agua, mantener un eficiente intercambio de gases y dar soporte a la planta.

Casanova *et al.*, (2003) definen al sustrato como el medio de cultivo que le sirve de soporte a la plántula y que además tiene que suministrarle a las mismas, las cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes. La sustitución del cultivo tradicional en el suelo por el cultivo hidropónico y en sustratos, se fundamenta en la existencia de factores limitantes en suelo agrícolas, particularmente la salinización, las enfermedades y el agotamiento de estos; los incrementos en la producción, calidad y precocidad de las cosechas y la mejora de la eficiencia energética.

El sistema de los cultivos con el uso de sustratos, tiene las siguientes **ventajas** respecto a los tradicionales en suelo:

- Posibilitan una alta densidad de plantación y máximos rendimientos del cultivo.
- Permiten la producción vegetal donde las condiciones edáficas son inadecuadas.
- Resultan mucho más eficientes en el uso del agua y los fertilizantes.
- Posibilitan una mejor mecanización y control de plagas.
- La mano de obra se minimiza al reducirse las labores culturales necesarias.
- Se eliminan problemas intrínsecos del suelo, como organismos nocivos, agotamiento, salinización, degradación de su estructura, drenaje inapropiado, etc.
- Control completo y homogéneo de la nutrición vegetal.
- Cosechas de elevada calidad, muy homogéneas y más precoces.
- Riesgo mínimo de contaminación por agentes patógenos.
- El control de la salinidad de la solución, al nivel de la raíz, es mucho más fácil, lo que posibilita el uso de aguas mediocres, aunque a costa de un mayor consumo de agua y abonos.

Por otro lado sus **desventajas** están asociadas a los siguientes aspectos:

- Elevados costos de capital.
- Elevado nivel de calificación en el manejo para la obtención de resultados exitosos.
- Resultan menos frecuentes los ataques de organismos nocivos del suelo, pero una vez presentes, se pueden desarrollar más rápidamente.
- Las plantas responden con antelación tanto a las buenas como a las inadecuadas condiciones.

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

- Existe un más bajo poder tampón o amortiguador ante situaciones desfavorables, tales como valores inapropiados de PH, estados hídricos y nutricionales inadecuados, condiciones ambientales adversas. Son muy vulnerables ante cualquier fallo o error en el manejo.

Según Alarcón, (2000) se pueden establecer diferentes clasificaciones para los sustratos como muestra la **tabla 2**.

**Tabla 2. Clasificación de los sustratos**

<b>Según su origen</b>	<b>NATURALES</b>	<b>Orgánicos:</b> Turbas, fibra de coco, cascarilla de arroz, aserrín.
		<b>Inorgánicos:</b> Zeolitas, basalto, perlita, vermiculita, arenas, gravas.
	<b>SINTÉTICOS</b>	Espumas de poliuretano, poliestireno extendido
<b>Según Granulometría</b>	<b>Partículas de menos de 3 mm de diámetro:</b> Arena, perlita, plásticos, lana de roca.	
	<b>Partículas de más de 3 mm de diámetro:</b> Grava, basalto, lavas. Se pueden regar por goteo y por subirrigación	
<b>Según actividad química:</b>	<b>Inertes:</b> No interaccionan químicamente con la solución nutritiva. Muy baja o nula C.I.C. Su misión es únicamente de anclaje de la planta y mantener adecuada relación aire/agua. Ejemplo: Lana de roca, perlita, arena silíceo, etc.	
	<b>Químicamente activos:</b> Interaccionan con la solución nutritiva liberando y/o reteniendo nutrientes. Elevada	

	C.I.C. Ejemplo: Zeolita, turba, compost, vermiculita.
--	---

**Fuente: Elaboración propia.**

### **Propiedades de los sustratos.**

Alarcón, (2000) plantea que para la caracterización física de un sustrato interesa evaluar sobre todo la granulometría, distribución del tamaño de partículas y la porosidad y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, la capacidad de retención de agua y la porosidad de aire.

Propiedades físicas de los sustratos:

Densidad Real (DR): Es la relación del material seco a 1050C y el volumen real ocupado por las partículas sin incluir el espacio intermedio de poros, no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula. Es la densidad del material que compone o constituye el sustrato. Se expresa en g/cm<sup>3</sup> (Martínez y García, 1993., Alarcón, 2000).

Densidad Aparente (DA): Es la relación entre la masa del material seco a 1050C y el volumen ocupado, incluido el espacio intermedio de poros. Es la densidad del sustrato en condiciones de utilización por tanto está tremendamente influida por la compactación del medio. Se expresa en g/cm<sup>3</sup> (Martínez y García, 1993., Alarcón, 2000).

Espacio poroso o porosidad total (EPT): Volumen total de sustrato no ocupado por la fase sólida del mismo (partículas orgánicas o minerales). El volumen está lleno en los macroporos y de agua en los microporos (Martínez y García, 1993., Alarcón, 2000; Leskovar, 2001).

Granulometría: Es el parámetro que expresa la distribución de partículas según su tamaño, lo que determinará el balance entre el contenido en agua y en aire del sustrato a cualquier nivel (Abad y Noguera, 1997). Las propiedades físicas de un sustrato suelen variar considerablemente en función de la distribución porcentual de

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

cada uno de los rangos de tamaño en que estén clasificadas las partículas (Martínez y García, 1993; Alarcón, 2000)

### **Propiedades Químicas**

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza (Martínez y García, 1993)

Reacciones químicas: suelen ser debidas a disolución e hidrólisis de los propios sustratos y puede provocar efectos fitotóxicos por liberación de iones  $H^+$  y  $OH^-$  y ciertos iones metálicos como el  $Co^{++}$ , efectos carenciales debido, por ejemplo a la hidrólisis alcalina de algunos sustratos que provoca un aumento de pH y la precipitación de fósforo y algunos microelementos y efectos osmóticos provocado por un exceso de sales solubles y el consiguiente descenso en la absorción de agua por la planta.

Reacciones Físico – químicas: son reacciones de intercambio de iones. Se dan en sustratos con contenidos de materia orgánica o los de origen arcilloso (arcilla expandida) es decir, en aquellos en los que hay una cierta capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estas reacciones provocan modificaciones en el pH y en la composición química de la solución nutritiva por lo que el control de la nutrición de la planta se dificulta, tanto más, cuanto mayor es la CIC.

Reacciones Bioquímicas: son reacciones que producen la biodegradación de los materiales que componen el sustrato. Se producen sobre todo en materiales de origen orgánico, destruyendo la estructura y variando sus propiedades físicas. Esta biodegradación libera  $CO_2$  y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica (Martínez y García, 1993)

Parámetros fundamentales de los sustratos: (Alarcón, 2000)

- Capacidad de intercambio catiónico: Define la cantidad de cationes que son absorbidos por las superficies de las partículas sólidas constituyentes del sustrato. La capacidad de retención de nutrientes, medida a través de la (CIC) dependerá

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

fundamentalmente del pH y del contenido y composición de la materia orgánica y arcilla de la parte sólida.

- pH: Cada sustrato de cultivo presenta un determinado valor de pH inicial. El efecto de amortiguación que presenta el sustrato ante cambios de pH dependen sobre todo de su actividad química siendo mayor para sustratos de tipo orgánico con elevada CIC (Alarcón, 2000)

- Presencia de sustancias fitotóxicas: Todos los sustratos deben estar ausente de sustancias químicas fitotóxicas tales como NaCl en sustratos que hayan entrado en contacto con ambientes marinos (fibra de coco, serrín, algas, arenas, etc.) (Alarcón, 2000).

El pH óptimo es de 5,5 – 6,5. La salinidad depende del contenido de NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, K, Ca, Mg, Cl, NA y SO<sub>6</sub>. si la alcalinidad es baja < 60 ppm, es necesario aumentar su capacidad buffer agregando fuentes de Ca y Mg, además de los principales macro – nutrientes que determinan el contenido salino, es conveniente comparar los niveles de Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Na y Cl con los niveles aceptables del medio se recomienda que la relación C:N no sea > 30 ej. (Corteza 300 – 1, Aserrín 1000:1) (Moreno, 2004)

### **Propiedades Biológicas.**

Actividad biológica: En sustratos de naturaleza orgánica no inertes, como consecuencia del ataque de los microorganismos, la materia orgánica se descompone y experimenta una serie de cambios en su composición hasta alcanzar una cierta estabilidad biológica. Los tejidos de los microorganismos que se alimentan de la materia orgánica que descomponen tienen una relación C:N de aproximadamente 30. Si descomponen y alimentan de materiales con una relación C:N superior (mayor en materiales poco descompuesto (...)) necesitaron para su crecimiento un aporte extra de NI compitiendo con las plantas por este elemento (Ansorena, 1994).

**Otras Propiedades:** (Franco, 2001; Abad, 1993).

- Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos, hongos, otros patógenos y sustancias fitotóxicas.

- Reproducibilidad y disponibilidad.

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

-Bajo costo.

-Fácil de mezclar, desinfectar y permanecer estable bajo los procesos de desinfección.

-Resistencia a cambios extremos.

Generalmente suele dársele mayor importancia a las propiedades físicas de los sustratos que a las químicas, ya que una vez seleccionada una mezcla como sustrato, apenas puede modificarse su estructura física mientras que su composición química puede ser mejorada antes o durante el crecimiento de las plántulas. Para cumplir correctamente las funciones de regulación del suministro de agua y aire, los sustratos deben poseer una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, unidas a un drenaje rápido y una buena aireación. (Casanova et al; 2003)

### **1.6 Características de Zeolita, coco, perlita y turba rubia como sustratos.**

#### **Zeolita**

El nombre de zeolita proviene de las palabras griegas zeein=hervir y lithos=piedra, que significa piedra hirviente. Las zeolitas se presentan de forma natural en rocas de origen volcánico. Son minerales del grupo aluminio-silicatos hidratados, compuestos por: aluminio, sílice, hidrógeno y oxígeno. Su nombre fue dado por el investigador sueco Barón de Cronsted, que en el año 1756 descubrió algunas variedades de zeolitas como cristales bien definidos, presentes en las cavidades de rocas basálticas, y constituyen los únicos silicatos de aluminio que hierven al ser calentados en un tubo de ensayo con bórax (sal blanca compuesta por ácido bórico, sosa y agua). (Vázquez, 2007)

Estas rocas fueron usadas hace más de 2 mil años como material constructivo. A fines del siglo XIX se descubrió el primer yacimiento en el mundo, pero al no tener promoción, quedó olvidado. En la segunda mitad del siglo XX, precisamente por los años 60, los norteamericanos la explotaron por primera vez en California en función de la industria petrolera. El intento, con pocos éxitos, abrió nuevas perspectivas para su empleo en la agricultura, tratamiento de residuales y la industria química. (Vázquez, 2007)

Es un mineral que tiene una alta capacidad e intercambio iónico, que favorece la nutrición mineral y la retención de humedad. Este material le confiere al sustrato

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

condiciones físicas adecuadas, evitando la compactación y favoreciendo el drenaje y la aireación. El efecto beneficioso del uso de las zeolitas provenientes de yacimientos cubanos como componente de los sustratos, ha sido ampliamente probado en Cuba en los organopónicos. La granulometría de este material deberá estar entre 1 - 5 mm de diámetro. Los tamaños menores retienen mucho la humedad pudiendo provocar, en ocasiones, escasez de agua a los cultivos. (Ecured, 2011)

La Empresa Rayonitro, de Matanzas, una de las pioneras en el aprovechamiento a gran escala de la zeolita, la aprovecha en la producción de fertilizantes mezclados. La trascendencia de este hecho está en que disminuye los costos de producción, reduce su compactación, la degradación y posibilita un mayor tiempo de almacenaje del producto, con menos pérdidas. (Gil, 2011).

### **Propiedades físicas de las zeolitas:**

- Baja capacidad de retención de agua fácilmente disponible:

Óptima: 20 – 30 %; Zeolita. 10-20 %

- Óptima capacidad de aireación:

Óptima: 20 – 30 %, Zeolita: 20-30 %

- Baja porosidad:

Óptima: > 85 %, Zeolita. 15-20 %

-Muy elevada densidad aparente:

Óptima:  $\leq 200 \text{ Kg/m}^3$  ; Zeolita:  $880 \text{ Kg/m}^3$

- Puede contener elevadas cantidades de sodio en su composición catiónica superior a 70 – 80 meq/100 gr (aproximadamente 50 % de C.I.C.)

- PH neutro o ligeramente alcalino.

- Sumergida en solución concentrada que contenga iones de  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{NO}_3^-$  intercambia y se “carga” con lo que se priorice.

- No todas las zeolitas son aptas para ser utilizadas como sustrato de cultivo sin suelo. Existen diversos sistemas de cultivos en zeolita, fundamentalmente diferenciadas en cuanto al tipo de contenedor empleado. Los más usuales son los canales de cultivo, principalmente de polietileno o polipropileno negros, con unas dimensiones de 25 – 30 cm. de ancho, 15 – 20 cm. de altura y longitudes variables, dependiendo de la casa de cultivo; pero siempre contemplando la suficiente pendiente para facilitar la evacuación del drenaje.(Moreno,2004)

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

### **Coco**

La fibra de coco es un sustrato que ha entrado de manera importante a nivel comercial en la última década y que actualmente se encuentra en auge.

Se utiliza como componente de mezclas para sustratos de semilleros o plantas ornamentales; en macetas como sustituto de la turba rubia Sphagnum; en jardinería, como mejorador de suelos donde posteriormente se implantará una vegetación de plantas cespitosas; como enmendante y mulchino de suelos y como sustrato alternativo en las tecnologías de cultivo sin suelo de horticolas y flor de corte. (Ecured, 2011)

La fibra de coco se trata de un sustrato del mesocarpio del cocotero (*Cocos nucifera L.*). El mesocarpio es procesado separando las fibras largas para su aprovechamiento en la industria textil y generándose un residuo a base de fibras cortas y partículas más o menos finas (polvo de coco) que puede ser aprovechado como sustrato de cultivo.

#### Características físico-químicas.

La **tabla 3** que a continuación se expone recoge las principales características de la fibra de coco y una interpretación de las mismas según valores óptimos (Bunt, 1988; Abad et al, 1989). Los análisis establecidos para la caracterización de las propiedades físicas de la fibra de coco muestran una gran similitud con las características de las turbas rubias. Estas similitudes atañen fundamentalmente a las proporciones de tamaño de partícula, inercia térmica y curva de retención hídrica. Conviene resaltar que la capacidad de retención hídrica de la fibra de coco es enorme, puede retener hasta 8 veces su peso en agua, incluso puede verse aumentada en su uso, ahora bien, no toda el agua retenida por este sustrato está fácilmente disponible para el cultivo.

#### **Tabla 3. Características de la fibra de coco.**

No.	Determinación	valor	Interpretación.
1	Densidad aparente gr.por cm.3	0.06	baja
2	Densidad real gr.por cm.3	1.55	media
3	Material sólido %en volumen	5	bajo
4	Porosidad total %en volumen	95	alta
5	Indice de grosor %en peso	20-35	Medio-baja
6	Capacidad de aireación % en volumen	35-50	alta
7	Agua fácilmente asimilable % en volumen	15-25	Medio-baja
8	Agua de reserva % en volumen	5-15	Medio-alta
9	Agua difícilmente asimilable % en volumen	20-35	alta
10	Capacidad de intercambio catiónico meq. /100gr.	50-90	Media-alta
11	pH	5.0-6-3	Ligeram. ácido
12	C.E. en extracto de saturación ( mS/cm.)	0.3-3.5	No salino-salino
13	Materia orgánica total. % en peso	92	medio-alta
14	Cenizas % en peso	8	Medio-alta

En cuanto a las propiedades químicas, existen acusadas diferencias con las turbas rubias:

- Valores de pH superiores; 5,8 – 6,3, más adecuados agrónomicamente.
- Elevada capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) lo que permite una fertirrigación intermitente (alternando riegos con solución nutritiva completa y con agua clara) .
- No se detecta apenas presencia de nitratos (NO<sub>3</sub>) y los valores de otros nutrientes son muy variables, aunque altos en general para fósforo y potasio, y bajos para calcio y magnesio. Igualmente las cantidades de sales fitotóxicas (cloruros, sodio, sulfatos) es muy variable y depende de los procesos de lavado.
- Se resalta su elevado contenido de lignina, lo que le permite tener una elevada resistencia a la degradación microbiana, mayor que en la turba rubia y otros sustratos orgánicos. Esto le confiere una gran durabilidad con pérdidas inferiores al 5% anual en volumen, siempre y cuando se efectúe un adecuado manejo del material.

Ventajas de la fibra de coco desde el punto de vista agrónómico y medioambiental.

- Inercia térmica más ventajosa: La fibra de coco muestra un poder de amortización térmica ante temperaturas ambientales extremas (máximas y mínimas) considerablemente superior a otros sustratos.

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

- Alto poder de retención hídrica: Posibilita el establecimiento de una menor frecuencia de riegos. Ofrece a la plantación un margen de tiempo superior, con agua disponible, que otros sustratos.
- Mayor durabilidad: Correctamente manejada puede emplearse durante un elevado número de años (hasta cinco), sin mayores observaciones que las de ir reponiendo anualmente las cantidades perdidas por el efecto de su propia mineralización.
- Densidad aparente relativamente baja: Favorece una instalación más cómoda en comparación con otros sustratos de mucha mayor densidad aparente, como la zeolita.
- La producción y calidad de las cosechas no difiere de otros sustratos.
- Ventajosos aspectos medioambientales: Es un recurso inagotable, ecológico y biodegradable.
- Ventajosos aspectos sociales: Se puede constituir en un factor de crecimiento económico en los lugares donde se produzca.

### Sistemas de cultivo en fibra de coco.

A nivel comercial existen diversos sistemas de cultivo en fibra de coco, fundamentalmente en cuanto al tipo de contenedor empleado. De esta manera podemos encontrar:

- Canales de cultivo: Principalmente de polietileno o polipropileno negros y recubiertos con una lámina coextruido blanco-negro. Con unas dimensiones de 25-30 cm. de ancho, 15-20 cm. de altura y longitudes variables dependiendo de las dimensiones de la casa de cultivo, pero siempre contemplando la suficiente pendiente para facilitar la evacuación de los drenajes y la adecuada nivelación del terreno para evitar la acumulación de lixiviados en puntos concretos de la canal. Si se trata de cultivos a solución perdida, es decir sin recirculación de drenajes, es preferible la evacuación total de los lixiviados fuera de la casa, sean o no posteriormente reaprovechados.
- Sacos de Cultivo: Fabricados de polietileno coextruido blanco-negro y con diferentes alturas y volúmenes que dependen principalmente de la especie vegetal a desarrollar.
- Contenedores: Utilizando diferentes materiales aunque sobre todo poliestireno expandido. En este caso existen muy diversas geometrías comerciales de contenedores en cuanto a anchura, altura y longitud de los mismos.

En cualquier caso se utilizan volúmenes de sustratos de unos 4 –6.5 litros por planta, en cultivos tales como tomate, pimiento, pepino y melón.

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

### **Perlita**

Es un cristal natural que se encuentra distribuida por todo el planeta, por otra parte también la podemos encontrar de forma artificial, o sea, una piedra que ha sido triturada y mediante un proceso térmico lo que era un granito se ha convertido en una especie de bolita de corcho pero que no es corcho. (Ecured, 2011)

Casanova *et al.* (2007) Definen a la perlita como material orgánico, inerte desde el punto de vista químico porque sufre tratamiento previo, generalmente a elevadas temperaturas, lo que modifica totalmente la estructura de la materia prima, no interacciona con las soluciones nutritivas, presenta muy baja o nula capacidad de intercambio catiónico, su misión es únicamente el anclaje de la planta y el mantenimiento de una adecuada relación aire-agua.

### Propiedades

- Es muy liviana, pesando 125 kg por metro cúbico.
- pH neutro.
- Libre de plagas, enfermedades y malezas.
- Incorporada en sustratos es ideal porque favorece la buena aireación y absorbe grandes cantidades de agua.
- No es inflamable.
- Su color blanco reduce la temperatura el sustrato y aumenta la reflexión de la luz, lo que es importante en invernaderos y sombreaderos.

### Utilidad de la perlita

Al principio su uso estaba destinado a la construcción para la fabricación de morteros por su bajo peso pero pronto fue descubierto para la jardinería, sobre todo los que se fabricaban de grano grueso. Se utiliza para mezclar en los sustratos, sobre todo para sustituir a las arenas ya que carecen de uniformidad (son distintas unas de otras y con capacidades diferentes). La perlita es inerte, pesa muy poco (cosa apreciada sobre todo en los viveros) y no absorbe agua, tan solo la retiene en su superficie, su tamaño además permanece inalterable. (Ecured, 2011)

## Capítulo 1. Investigación bibliográfica

Es ideal como sustrato de propagación de todo tipo de plantas por su neutralidad y en cultivos hidropónicos.

### **Turba rubia**

La turba rubia es un material fibroso totalmente orgánico procedente de la acumulación de musgo de Sphagnum a lo largo de cientos de años, en las turberas. (productos flower, 2011)

Son restos de materia orgánica vegetal disgregada y parcialmente descompuesta procedente de la antigua vegetación de áreas pantanosas en las que como consecuencia de unas condiciones ambientales pobres en oxígeno y con exceso de agua se ha producido la mencionada descomposición parcial. En el territorio pinero existe un yacimiento de turba en el humedal Ciénaga de Lanier. (Ecured, 2011)

### Clasificación

Este material orgánico compacto, de color pardo por lo general oscuro y rico en carbono se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras:

- Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas.
- Las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica.

### Aplicaciones de la turba rubia

La Turba en estado fresco alcanza hasta un 98% de humedad, pero una vez desecada puede usarse como combustible. También se usa en jardinería para mejorar suelos por su capacidad de retención de agua. Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivos sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles. Las turbas rubias tienen un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero son muy variables en cuanto a

## *Capítulo 1. Investigación bibliográfica*

---

su composición ya que depende de su origen. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros.



*CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA ESCENARIO DE LA  
INVESTIGACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y  
MÉTODOS UTILIZADOS.*

## **CAPITULO 2. Caracterización de la empresa escenario de la investigación y descripción de los materiales y métodos utilizados.**

### **2.1 Introducción**

Nuestro país cuenta con varias empresas destinadas al cultivo protegido. El desarrollo de este capítulo tiene como objetivo caracterizar la situación actual de las casas de cultivos de la empresa Cítricos Arimao escenario de la investigación, haciendo énfasis en la utilización de sustratos para la producción de tomate, así como los materiales y métodos utilizados.

### **2.2 Caracterización de las casas de cultivo protegidos de la empresa Cítricos Arimao.**

La Empresa Cítricos Arimao ubicada en Carretera a Cienfuegos Km 1, en el municipio de Cumanayagua, perteneciente a la Provincia de Cienfuegos, dicha empresa se encuentra en Perfeccionamiento Empresarial, se crea el 15 de Diciembre de 1976. En el año 1994 pasó a integrar la Corporación Nacional del Cítrico. En el 2001 cambió su denominación por la del Grupo Empresarial Frutícola.

En el año 1993 se creó la Corporación Nacional del Cítrico actualmente Grupo Empresarial Frutícola al que está subordinada la empresa.

La Empresa Cítricos Arimao, tiene como objeto social la producción de cítricos, hortalizas, frutas y otros cultivos los cuales se distribuyen a todo el país, tanto para el consumo nacional, como para la venta al turismo y tiene alta demanda en el mercado internacional.

La brigada Casas de Cultivos protegida de la empresa Cítricos Arimao cuenta con un área de 2.32 ha de ellas 18 casas tropicales con un área de 1216m<sup>2</sup>, 3 umbráculos con 900m<sup>2</sup>, 6 casas paneles con un área de 900m<sup>2</sup> cada uno, 1 sistema de lombricultura, 1 nave de beneficio, 1 semillero, 1 casa para injertar. Los modelos de estas instalaciones se agrupan en una topología que tiene un efecto “invernadero”, mientras que otros tienen efecto “sombrija”, el efecto invernadero tiene variación de la temperatura, una reducción del aire con la atmósfera exterior y un balance positivo de la radiación, además tienen la malla contra insectos por laterales, frente y ventanas

## Capítulo 2. Materiales y métodos

cenital, lo que provoca una reducción de la corriente de aire y una disminución transporte conectivo del calor.

El total de trabajadores de la brigada es de 49 obreros, 24 de ellos están vinculados directamente a las casas y las demás instalaciones, son atendidas por un trabajador. Se cuenta con 7 C.V.P. los principales cultivos a trasplantar son tomate, pimiento, pepino y melón. El destino de la producción es para incrementar la venta al turismo y contribuir al ahorro de importaciones.

Entre las principales dificultades que hemos tenido se encuentran: el techo, las mantas de polietileno para la desinfección de los suelos, deterioro en el sistema de riego, daños causados por altas temperaturas y en este año 2011 el déficit de semilla. Para esta tipología de cultivo la calidad de los techos es de vital importancia ya que a través de él se incrementa la ventilación cenital de un 16% a un 30%. En la actualidad, este cambio favorece el manejo climático de las instalaciones en condiciones tropicales. Con esta tipología, se produjo una mejora estructural al cambiarse la madera por la estructura metálica, estando disponibles, este modelo.

### **2.3 Materiales y métodos.**

Esta investigación se realiza en el periodo comprendido del 2011-2012. Para la realización de este ensayo se tomó como muestra la casa T18 con un área de 540 m<sup>2</sup>, la cual se dividió en dos utilizándose dos variantes con diferentes sustratos. En una parte se utiliza la zeolita como sustrato y en la otra turba, coco y perlita. Se analizan las dos variantes con 5 réplicas cada una, cada réplica contiene 10 plantas, lo que da un total 50 plantas por cada variante. Esto dará la posibilidad de analizar y evaluar el comportamiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en los sustratos antes mencionados. Para ello se evalúan los siguientes parámetros:

- **Emisión de los racimos florales:** para esto se tiene en cuenta la fecha de transplante hasta el comienzo de la floración, contabilizando los días de inicio de cada replica. Asumiendo que cada siete después del primer racimo florar la planta emite otro.
- **Cantidad de frutos por racimos:** esta labor se contabilizó cuando los frutos estaban en óptimo cuajado, prometiendo frutos comerciales para los rendimientos de la casa.

## Capítulo 2. Materiales y métodos

- **Peso promedio por racimo:** para esta tarea se esperó a que los racimos tuvieran los frutos en proceso de maduración o inicio de cosecha. Se pesaron los frutos con una balanza utilizando como unidad de medida el gramo.
- **Comportamiento de la solución nutritiva:** en ambos casos se tuvo en cuenta los aniones y cationes y una solución nutritiva existente para la hidroponía.
- **Comportamiento de la sanidad vegetal:** para esto se analizaron las plagas y enfermedades durante el ciclo de cultivo y los productos utilizados.
- **Porte vegetativo de las plantas:** se tiene en cuenta el tallo, la coloración de la hoja, calidad de la floración y fructificación.
- **Índice de nemátodo:** para esto fue necesario enviar muestras de los sustratos a la ETPP (estación de protección de plantas) provincial para comprobar los índices de afectación por agentes patógenos que pueden causar daños irreversibles a la planta.
- **Rendimiento obtenido:** este proceso se evaluó al terminar el ciclo, teniendo en cuenta la cantidad y la calidad de los frutos.
- **Costo de los sustratos:** para esto se analizan los precios de cada sustrato, así como el costo de los materiales utilizados para la preparación y producción en ambas variantes.

### **2.3.1 Características de la muestra seleccionada.**

#### Casa de 540 m<sup>2</sup>. (Anexo 3)

Dimensiones: ancho de 12m, largo de 45m y un pasillo de 2m

La casa esta compuesta por los siguientes elementos:

- Polietileno lineal aditivado anti-uv, calidad alimentaria. Tapa independiente, no estanca. Color blanco natural, opaco opcional.

## Capítulo 2. Materiales y métodos

- Conductímetro y ph metro; medidor portátil de reducidas dimensiones resistentes al agua, que mide ph conductividad y TDS (total de sales disueltas) en soluciones. El medidor es fácilmente calibrable ofreciendo reconocimiento automático de los valores de calibración para conductividad y cinco valores tampones para la calibración del ph.
- Electrobomba; es un grupo especializado de 2 cw de potencia encargado de la aspiración del agua del embalse para dotar del caudal apropiado al sistema de riego de esta casa y la de postura.
- El sistema de riego dispone de un solo programador para la instalación de hidroponía y para la instalación de NGS (nuevo sistema de cultivo).
- Tela cubresuelo; es un telado de polipropileno 100% virgen, estabilizado con aditivos U.V, que le brinda una mayor vida útil que a la interperie, se ubica en los pasillos de los invernaderos controlando el crecimiento de las malezas, por consiguiente reduce el costo de la mano de obra relacionado con esta labor y el costo de herbicida.
- Aluminit; es una maya tejida y metalizada de alta calidad, las fibras son cubiertas en una capa antioxidante especial que les proporciona una larga vida, la maya tejida ofrece una textura precisa y uniforme. Permite la moderación de la diferencia de temperatura entre el día y la noche, controlando el microclima en viveros e invernaderos; proporciona una sombra uniforme, controla la circulación de aire y provee al cultivo de una optima transmisión de luz difusa, no permite que las plantas se elonguen ni permite que los limites del tallo sobrepasen la longitud establecida para cada cultivo. Esta maya ahorra energía en instalaciones con calefacción debido a su alta reflexión.

Esta maya es especialmente adecuada para uso interior, en extendido fijo como techo del invernadero o instalada como pantalla móvil adecuada para usarse en vasta gama de cultivos, manejando el uso de la misma en los horarios precisos, la maya previene los daños ocasionados por los rayos solares a plantas y frutas, no permiten que los mismos queden sin calidad para la comercialización, reduce la temperatura en días calurosos y es muy eficaz para la conservación de energía en invierno.

### **2.3.2 Características de las variantes utilizadas.**

#### Primera variante: zeolita como sustrato **(Anexo 4)**

Contiene 336 cubetas de zeolita distribuidas en un área de 226m<sup>2</sup>. Estas tienen una altura de 20cm y un radio de 12cm.

#### Segunda variante: Turba, coco y perlita como sustrato **(Anexo 5)**

Esta compuesta por 20 contenedores de polietileno de color negro con una altura y ancho de 20cm y una longitud de 10cm.

### **2.4 Preparación de los sustratos.**

La preparación de los sustratos constituye uno de los elementos principales para el logro de una cosecha exitosa, de ahí que se hace necesario el cumplimiento de las técnicas establecidas para su preparación y manejo. En este caso de estudio se realizó esta labor siguiendo las normas y requisitos necesarios, descrito en los siguientes epígrafes.

#### **2.4.1 Preparación de la zeolita**

Para la preparación de la zeolita se utilizó la “metodología para efectuar la carga de nutrientes con la fórmula Nerea III. Carga rápida. Empresa Cítricos Arimao”

Este proceso tiene un tiempo de realización de 72 horas. Resulta una de las formas más fáciles y eficiente. Para realizar esta carga es imprescindible que los canteros no tengan salideros y que estén bien nivelados o en su defecto realizarla en una instalación especialmente construida para ello. Si las cantidades de zeolita a cargar son pocas se puede efectuar el proceso en unos tanques de 200 litros y se facilita la operación.

Este equipo de carga es necesario realizarlo antes de la siembra debido a las altas concentraciones con que se trabaja (>30gr/L).

Siempre que sea posible debe utilizarse como portador de fósforo y amonio (MAP) 12-06-0. La zeolita se inundará en una solución durante 72 horas que contenga los fertilizantes mostrados en la **tabla 4**:

**Tabla 4.** Fertilizantes

Fertilizante	Kg/ton de zeolita(500lts)
MAP	7.6-25.5kg
Nitrato de amonio	4.8-16.12kg
Nitrato de potasio	2.2-7.3kg
Nitrato de calcio	3.0-10kg
Sulfato de magnesio	2.0-6.7kg

Cada metro cúbico de zeolita requiere para su inundación 0.5 metros cúbicos de solución.

Después de 72 horas de tratamiento se puede conservar la solución en recipientes disponibles y se procede a lavar la zeolita con abundante agua para eliminar los excesos de sales. La solución que se elimina de la primera carga podrá utilizarse en un nuevo tratamiento u otro material que aun no se haya tratado.

Cuando la zeolita estuvo bien lavada con agua, se rellenaron las vasijas quedando listas para el transplante. Es valido señalar que la zeolita se debe mantener hidratada, no se debe dejar que se reseque y transplantar con el material seco ya que la zeolita es muy habida para hidratarse y reseca el cepellón y afectara la plántula. El manejo del lavado constituye un elemento de suma importancia, ya que los residuales, básicamente las sales de sodio, extraídas en el proceso de intercambio de no ser eliminados producirá la muerte.

Para este procedimiento se utilizó zeolita extraída de la cantera de San Juan de los Yeras, esta zeolita es totalmente inerte, estando aquí se procedió a cargar la misma con macro elementos en una salmuera, se mantuvo 72h bajo ese tratamiento, luego se procedió al lavado para eliminar los excesos de sales en cada una de sus partículas con granulometría 3mm. Seguidamente se comenzó al llenado de las cubetas plásticas para comenzar con el trasplante de las plántulas previamente preparadas y evaluadas para esta labor, teniendo en cuenta que es el único lugar del país en que se hace ducha investigación debido al alto índice de afectación por nemátodo que tiene nuestros suelos, esta es una estrategia ideal para eliminar la

contaminación ambiental y ahorrar en productos químicos como Agrocelhone que el mismo es altamente costoso y toxico.

#### 2.4.2 Preparación de la turba, coco y perlita.

Este sustrato es de origen español, que llega listo para su utilización. Este es un sistema de cultivo en contenedor sin suelo que utiliza este sustrato. El sistema puede ser de dos formas; cerrado o abierto. En este caso el sistema es abierto. El material de construcción del contenedor es de polietileno expandido.

Se prepararon 20 contenedores, a los que se le abrieron orificios en la parte de abajo para garantizar el drenaje, que en este caso es un 30% del agua de riego. Una vez vertido el sustrato en ellos se realiza un riego total quedando listo para la siembra.

#### 2.5 Sistema de riego para cada variante.

El riego de las dos variantes parte de un mismo sistema que contiene un tanque cisterna de 2000 litros (**Anexo 6**) donde se prepara la solución madre para efectuar el fertiriego. El aporte de fertilizante y acido se realiza en este manualmente las cantidades que muestra la **tabla 5**. Para realizar la medición de PH y CE se incluye un PH metro y Conductímetro de bolsillo. Tiene un sistema de filtraje que está compuesto por una unidad de limpieza de agua.

**Tabla 5.** Solución madre para aplicar a los sustratos.

Fertilizantes	g/m3	Cantidad
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	102	204
HNO	136	272
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1031	2062
MgSO <sub>4</sub>	384	768
KNO <sub>3</sub>	262	724
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	516	1032

Al tanque esta acoplada una bomba de riego de acero inoxidable, tiene dos manómetros para medir la presión del agua, uno a la entrada y otro a la salida

## Capítulo 2. Materiales y métodos

después del filtro, es de 2800 revoluciones por minutos, de marca Lowara ce, es trifásica de 220v.

La bomba extrae la solución madre del tanque y la distribuye por una tubería principal de 33mm. En las dos variantes tanto el tiempo como el intervalo de riego se realiza mediante un programador automático que esta acoplado en el cabezal de riego.

El sistema de riego es automatizado por goteo con una separación entre gotas de 40 cm. La cantidad de riegos para el sustrato turba-coco-perlita es de 5 diario con una frecuencia de 2 horas con un riego de cinco minutos, teniendo un caudal de 1.14litros por hora, el consumo de litros por plantas por días es de 0.200ml. En el caso de la zeolita la cantidad de riegos en el día es 25 con una frecuencia de 20 minutos. Los riegos tienen una duración de un minuto manteniendo el mismo caudal que en el otro sustrato. El riego se comienza en las primeras horas de la mañana y termina cuando comienza a ocultarse el sol.

### **2.6 Siembra o transplante.**

El híbrido utilizado (FA-Eagean- Indeterminado) para las dos variantes es el mismo. En el semillero se tuvo en cuenta las siguientes caracterizas de las plántulas.

- Altura promedio: 13cm
- Numero de hojas: 3 pares
- Grosor del tallo: 3 - 3.5 mm
- Color de la hoja: verde claro
- Ciclo: 25 días

Después del proceso de preparación de los sustratos se procede a la siembra logrando una uniformidad en las plantas.

Previo al transplante se le dio un riego al área de plantación para garantizar la humedad adecuada para el establecimiento de la postura en cepellón y así evitar el stress de la misma. Los orificios para transplantar se abrieron con una estaca de madera aguzada quedando similar al volumen del cepellón con el objetivo de lograr un adecuado contacto entre este y el orificio abierto.

Se transplantó el cultivo tomate híbrido (FA-Eagean- Indeterminado), el día 18 de octubre del 2011, utilizando para el mismo el agua con una CE de 1.1 mmhos/cm

empleando un sistema de riego por goteo auto compensados de 1.14 L/ha, los micro elementos empleados son la forma de un complejo comercial a una dosis de 2.5 g/m<sup>2</sup>. Se trasladaron las bandejas al área de plantación. El transplante se realizó con mucho cuidado para evitar daños al taco del cepellón, al sistema radicular de las plantas o pérdidas de plántulas, lo que provoca falta de uniformidad de la plantación y gastos adicionales en semillas y otros insumos, además de la fuerza de trabajo.

Las plántulas fueron enterradas hasta el nivel de las hojas cotiledonales y el tape del cepellón se realizó mediante una ligera presión hacia la plántula. Luego se le aplica un riego ligero para garantizar la humedad adecuada alrededor de las raíces y evitar los espacios de aire entre el cepellón y el sustrato, lo cual beneficia el rápido desarrollo radical de las plántulas. La distancia de sembrado fue en la zeolita de 50cm y en el sustrato turba rubia, coco, perlita de 20cm. El número de plantas fue 336 y 960 respectivamente.

### **2.6.1 Conducción de tallos o tutorado de las plantas.**

El tutorado nos permite organizar el espacio vital planta a planta, de forma que cada una disponga de suficiente luz, agua y área de desarrollo y crecimiento facilitando las labores de manejo agronómico y fitosanitarias.

Después del transplante se procedió a conducir verticalmente todas las plantas a un solo tallo, ya que este híbrido es indeterminado. Se utilizó un cordel tomatero que sirve de tutor enredando las plantas hoja a hoja, desde el cuello del tallo hasta el final del mismo guiándola a izquierda y a derecha, hacia cada lado.

Se deja crecer libremente las plantas manteniendo el deshije y el desfrute y cuando el tamaño de la planta lo permitió se inclinó de forma alterna, una hacia el lado derecho y otra al izquierdo dándole un ángulo de 45° facilitando el futuro bajo.

**Deshije:** El deshije realizado nos permitió tener una planta vigorosa y equilibrada. Se realizó la eliminación de hijos axilares a punta de dedos ya que no rebasaban los 5cm. Esta labor se puede hacer sola o en el momento del tutorado.

**Deshoje:** Se aplicó en las dos variantes el deshoje con el objetivo de eliminar hojas no funcionales (caducas, enfermas o dañadas) que se encuentran en la parte inferior de los tallos, pretendiendo sanear las plantas y eliminar posible hospedero de plagas y

## Capítulo 2. Materiales y métodos

enfermedades. Otra técnica utilizada fue dejar dos hojas por debajo del primer racimo una vez que los frutos alcanzaron el 75% de su formación biológica.

**Desfrute:** Consiste en eliminar de cada racimo todos los frutos cuya emisión floral fue más tarda y su calibre no resulta comercial en categoría de selecto primera y segunda. El numero de frutos promedio que se le dejó a cada racimo dependió de los rendimientos propuestos, la época de siembra y numero de racimos por planta en el comportamiento del híbrido.

**Polinización:** Con la aparición del primer racimo floral se comenzó a aplicar aire con motomochila en las horas del medio día con el objetivo de lograr una buena polinización. Es escoge esta hora porque es el momento en el que la flor se encuentra más abierta y facilita el desprendimiento del polen.

### **2.7 Plagas, enfermedades y productos químicos utilizados durante el ciclo del cultivo.**

Durante el ciclo de cultivo las plantas presentaron las mismas plagas y enfermedades en ambos sustratos. Las plagas que se presentaron las siguientes:

- Liriumyza triifolii burgess (minador común)
- Keiferia (Minador gigante)
- Afidos (Pulgón verde)
- Mosca Blanca (Bemisia tabaci gennadius)

Las enfermedades que se presentaron fueron:

- Oidiun
- Tizón temprano (alternaria solani)

Para combatir estas plagas y enfermedades se utilizaron los siguientes insecticidas y fungicidas:

#### Insecticidas:

- Muralla
- Beltrán
- Titán 20%
- Confidol

#### Fungicidas:

## Capítulo 2. Materiales y métodos

- Sereno
- Antracol
- Positron do
- Silbacur combi
- Mancoseb
- Hidrato de cal

La **tabla 6** muestra las plagas, enfermedades y la dosis de productos aplicada en cada caso.

**Tabla 6. Plagas, enfermedades y la dosis de productos aplicada.**

Plagas	Enfermedades	Productos	Dosis
Liriumyza triifolii burgess		Muralla	0.5L/ha
Keiferia (minador gigante)		Beltrán +Muralla	0.5L/ha
Afidos (Pulgón verde)		Titán 20%	0.7L/ha
Mosca Blanca (Bemisia tabaci gennadius)		Confidol + Titán 20%	0.5kg/ha 0.7L/ha
	Oidiun	Sereno + Antracol	2.2kg/ha
	Tizón temprano (alternaria solani)	Silbacur combi	0.5L/ha

Debido a la alta humedad de los pasillos se aplica hidrato de cal para prevenir enfermedades fungosas, una dosis de 3kg/ha.

Otro producto que se utilizó para mejorar el crecimiento y comportamiento de la plantación fue el Bayfolan forte, se realizaron dos aplicaciones foliares con una dosis de 2.5L/ha.

En la evaluación se realiza el análisis procesando los datos a través del paquete estadístico ssps versión 12. Los gráficos se montaron con las medias de los resultados obtenidos en las muestras.

Además en cuanto al diseño empleado podemos decir que fue aleatorizado con 50 observaciones por réplicas

# 3

## Capítulo

*RESULTADO Y DISCUSION*

### **CAPÍTULO 3. Resultados y discusión.**

#### **3.1 Análisis de la Emisión de los racimos florales.**

Para este análisis se contaron los días a partir del transplante en ambas variantes.

Estos datos se analizaron estadísticamente y no dieron diferencias significativas la **tabla** muestra los resultados obtenidos.

**Tabla 7. Emisión de los racimos florales**

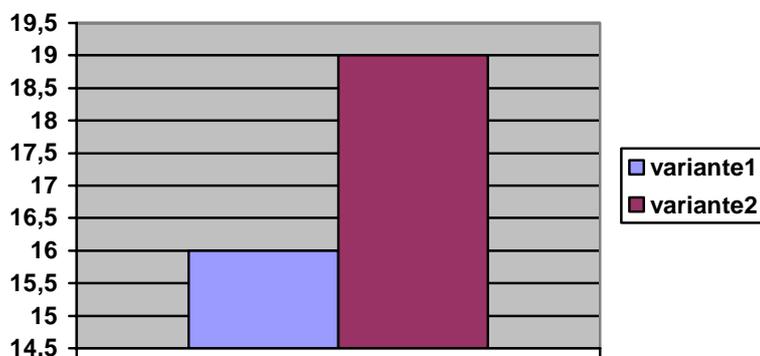
	<b>1er Racimo</b>	<b>2do Racimo</b>	<b>3ro Racimo</b>	<b>4to Racimo</b>	<b>5to Racimo</b>	<b>6to Racimo</b>	<b>7mo Racimo</b>
Variante1	16	23	30	37	44	51	58
Variante 2	19	26	33	40	47	54	61
Significación	NS						

Se realizó el análisis de los datos obtenidos de una medición de las emisiones de todos los racimos florales durante el ciclo del cultivo. Dando como resultado que en la variante 1 (Zeolita) el primer racimo floral lo emitió a los 16 días y los siguientes los emite con una frecuencia de siete días, sumando un total de siete racimos durante el ciclo. En el caso de la variante 2 (Turba+Coco+Perlita) la emisión del primer racimo floral ocurre a los 19 días y mantiene como en la primera variante una frecuencia de siete días en la emisión de los demás racimos. Dando como resultado que a pesar de no existir diferencias significativas en el análisis estadístico, si se aprecia una ligera diferencia en cuanto a las variantes estudiadas ya que la emisión de los racimos florales ocurre primero en la variante1, tres días antes que en la variante 2, aunque mantienen la misma frecuencia en la emisión de los demás. Esto trae consigo que la emisión del racimo ocurrió en la sexta hoja, es decir con un porte más bajo que en la otra variante lo que posibilita un mejor cuajado de los frutos teniendo en cuenta que las temperaturas inciden directamente en ello además que el manejo de la plantación se facilita.

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 0C 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 0C (Varona, 1999).

A continuación reflejamos en una gráfica los resultados comentados anteriormente.



**Grafico 1 Emisión del primer racimo floral.**

**Fuente: Elaboración propia.**

### 3.2 Cantidad de frutos por racimos.

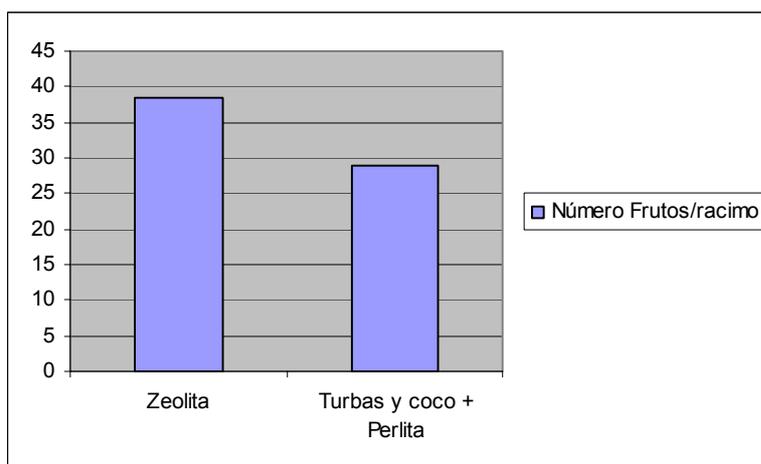
En este caso estadísticamente los resultados obtenidos se muestran en la **tabla**.

**Tabla 8. Cantidad de frutos por racimos.**

	1er Racimo	2do Racimo	3ro Racimo	4to Racimo	5to Racimo	6to Racimo	7mo Racimo
Variante1	40	40	40	38	38	37	35
Variante 2	34	35	33	33	34	29	0
Significación	NS						

La cantidad de frutos por racimos se contabilizó a partir del cuaje del primer racimo. La variante 1 muestra mejores resultados en cuanto a la cantidad de frutos por racimos que la segunda, cuaja siete racimos florales con un promedio de frutos mayor, mientras la variante 2, a pesar de emitir el séptimo racimo floral, no logra el cuaje del mismo, obteniéndose la diferencia de un racimo entre ambas variantes.

**El gráfico 2** muestra los resultados promedio de frutos de cada variante.



**Grafico 2 Promedio de frutos. Fuente: Elaboración propia**

### 3.3 Peso promedio por racimo.

Cuando los frutos estuvieron en proceso de maduración o inicio de cosecha se pesaron con una balanza utilizando como unidad de medida el gramo.

En este parámetro se obtuvieron los resultados siguientes:

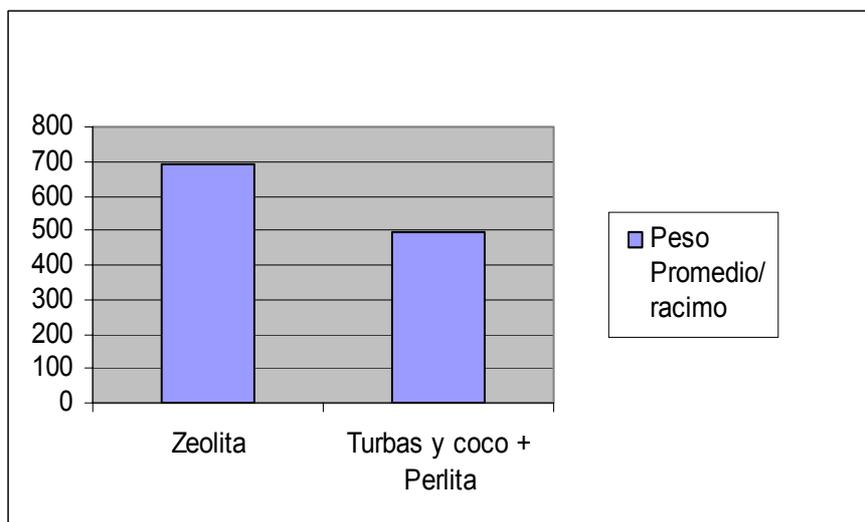
**Tabla 9. Peso promedio por racimos.**

	1er Racimo	2do Racimo	3ro Racimo	4to Racimo	5to Racimo	6to Racimo	7mo Racimo
Variante1	784,8	784	735,6	676,8	664,8	622	585,2
Variante 2	610	630	561	561	570	460	0
Significación	NS						

En ambas variantes el primer racimo es el de mayor peso, pero la variante 1 tiene un peso mayor que la variante 2, tanto en el primer racimo como en los demás.

La variante 1 muestra de manera general valores más altos que la variante 2 en cuanto al peso de los racimos.

El **grafico # 3** muestra el peso promedio de los racimos.



**Grafico 3** Peso promedio por racimos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Desde el punto de vista hortícola el objetivo de cualquier sustrato de cultivo es producir la mayor cantidad de cosecha de calidad en el más corto período de tiempo, con los más bajos costos de producción. (Alarcón, 2000)

### **3.4 Comportamiento de la solución nutritiva.**

Este parámetro no brinda resultados significativos para la investigación debido a que se utiliza la misma nutrición para ambos casos. La única diferencia que se presenta entre las variantes es la frecuencia de riego, pero cada planta al final del día recibe la misma cantidad de agua.

### **3.5 Comportamiento de la sanidad vegetal.**

El análisis de este parámetro no permite establecer comparaciones entre las variantes estudiadas, debido a que ambas se encuentran en la misma casa y durante el ciclo del cultivo se presentaron índices similares de plagas y enfermedades, aplicándose por ende los mismos productos y dosis. Los cuales se explicaron en el capítulo anterior.

### **3.6 Porte vegetativo de las plantas.**

Para la medición de este parámetro se tuvo en cuenta el comportamiento del tallo, la coloración de la hoja, calidad de la floración y fructificación durante el ciclo del cultivo.

En la variante 1 el comportamiento general de la plantación fue mucho mejor. El tallo presentó un mayor grosor que en la segunda variante. La coloración de la hoja fue adecuada en las partes foliares de la planta. La floración se comportó más pareja y vigorosa que en la segunda variante, es ésta una de las causas por la que los frutos tienen mayor calidad y rendimiento.

.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).

### **3.7 Índice de nemátodo (*Meloidogyne* spp).**

El análisis nematológico en cada sustrato se realizó en el laboratorio provincial de sanidad vegetal por el método de plantas indicadoras donde se evaluó la infestación del sistema radical por nemátodos noduladores del género *Meloidogyne* y por la escala Zeck(1971) modificada en cinco grados.

El cultivo fue evaluado en dos ocasiones. La primera a los dos meses de transplantado y la segunda cuando comenzó el proceso de demolición. En ambas ocasiones se envió el sistema radical utilizando la misma escala. Cuando finalizó la producción se analizó el sistema radicular de las plantas y se observó gradología 0, no existiendo afectaciones en la producción.

En Cuba, aun cuando no se cuenta con estadísticas acerca de pérdidas estimadas provocadas por nemátodos en estos sistemas, numerosos productores manifiestan que uno de los principales problemas fitosanitarios que se presentan en esta tecnología lo constituye la incidencia de los nemátodos formadores de agallas (*Meloidogyne* spp.), el cual provoca la disminución del tiempo útil de la plantación y los rendimientos. Así por ejemplo se conoce, que en el complejo de instalaciones “El Pomodoro Cubano”, los nemátodos formadores de agallas ocasionaron pérdidas en tomate estimadas en el 40% de la cosecha (Hidalgo, 2000).

Los resultados del análisis de los sustratos fue aceptable ya que al existir gradología 0 no es necesario realizar la desinfección del suelo al finalizar el ciclo del cultivo, incidiendo de forma positiva ya que el producto empleado de forma tradicional para los suelos con índices de nemátodos es el Agrocelhone, producto que es altamente tóxico y muy contaminante, a pesar de los riesgos que puede traer para el ser humano

en el momento de la aplicación lo cual hace daño irreversible a la salud humana, teniendo un costo alto en CUC.

Las lesiones causadas por *Meloidogyne* spp suelen caracterizarse por una combinación de vesículas y raíces de escobilla, las vesículas tienden a agrandarse y afectar las raíces principales terminando por interrumpir la traslocación de fluidos en la planta y con ello causan la poca asimilación del agua y de los nutrientes, pérdidas de rendimiento y en casos grave la muerte de las plantas (Pérez, 2001).

### 3.8 Rendimiento obtenido.

Cuando terminó el ciclo del cultivo se realizó el cálculo del rendimiento por planta. En la **tabla 10** se muestran los resultados por cada variante.

**Tabla 10. Rendimiento por variantes.**

	<b>Producción Total(Kg.)</b>	<b>Rendimiento (Kg./planta)</b>
<b>Variante 1</b>	242.6	4.8
<b>Variante 2</b>	172.3	3.4

Después de observar detenidamente estos resultados se puede comprobar que los análisis anteriores arrojan resultados muy favorables en la variante 1 donde se emplea la Zeolita ya que el rendimiento fue superior en 1.4 Kg por planta respecto a la variante 2. También se hizo una comparación con una casa sembrada de forma tradicional del cultivo en la misma época de siembra donde los resultados fueron de 2.7 Kg por planta existiendo diferencia significativa con las dos variantes empleadas tanto en la (zeolita) que fue muy superior así como en el empleo de (turba-coco-perlita). Lo que demuestra que es válido realizar inversiones de estos sustratos porque disminuye considerablemente los costos de las producciones a pesar de tener altos precios en el mercado, solo que con el manejo técnico que se realiza a las plantaciones y su comportamiento se dejan de emplear productos químicos que hacen que el ciclo sea más extenso, la siembra se retrase mucho más y se corran riesgos para la salud humana,

### 3.9 Costo de los sustratos.

Este parámetro se evalúa mediante el análisis de los precios e importe de los productos utilizados. La **tabla 11** muestra los valores analizados.

La variante 1 es más económica, incurriendo en gastos solo en moneda nacional, no siendo así en la variante 2 donde los gastos son superiores en 550.8 en CUC por lo que resulta más factible la utilización de la variante 1, debido a que son productos nacionales y su costo es menor y de fácil adquisición, además de ser menos propenso a la aparición de enfermedades fungosas

**Tabla 11. Costo de los sustratos.**

	Producto	Precio 1 Tonelada		Cantidad utilizada	Importe	
					CUC	CUP
		CUC	CUP			
Variante 1	Zeolita	-	28.50	2 T	-	57.00
	Cubeta	-	1.20	336	-	403.20
Variante 2	Turba + coco+perlita	700.00	-	1.2 T	840.00	-
	Contenedor	0.90	-	190 m	171.00	

Fuente: elaboración propia.

### 3.10 Comparación de las variantes con una casa de cultivo tradicional (T8).

La **tabla 12** muestra los resultados totales de las dos variantes estudiadas y de una casa de cultivo tradicional.

La casa de cultivo tradicional tiene una producción total mayor que las variantes estudiadas, pero tiene un área mayor y mayor cantidad de plantas. Sin embargo cuando analizamos el rendimiento por planta se puede ver que la variante 1 tiene un rendimiento por planta superior respecto a las demás.

**Tabla 12. Resultados totales por variantes.**

Variante	Producción(T)	Kg/planta	No de plantas	Área(m2)
Variante1 Zeolita	1.646	4.9	336	226
Variante2 Turba	2.554	2.7	940	314
T 8	6.300	2.7	2270	900

**Fuente: elaboración propia.**

Si se hubiese utilizado en la variante 1 la misma cantidad de plantas que en la casa de cultivo tradicional, la producción habría sido de 11.120 t. Este valor comparado con la producción real de la T8 muestra una diferencia de producción de 4820 kg.

El rendimiento obtenido en la T8 se debe en gran medida a la incidencia del nemátodo en la plantación, provocando muerte de un número considerable de plantas.

Resulta más conveniente utilizar las variantes 1 y 2 que las casas de cultivo tradicional, debido a que su utilización posibilita máximo rendimiento, minimiza el ciclo de rotación entre cultivos, se reducen las labores culturales y se elimina la aplicación de agrocelhone, producto utilizado para la desinfección del suelo contra nemátodos que provoca altos costos y daños irreversibles en la salud humana.

### **3.11 Análisis de los resultados.**

El análisis estadístico realizado demuestra que no existen diferencias significativas entre ambos sustratos.

Cada parámetro dió como resultado:

- La emisión de los racimos florales ocurre primero en la variante 1, tres días antes que en la variante 2, aunque mantienen la misma frecuencia en la emisión de los demás.
- La primera variante muestra mejores resultados en cuanto a la cantidad de frutos por racimos que la segunda.
- En la variante 1 el comportamiento general de la plantación fue mucho mejor. El tallo presentó un mayor grosor que la segunda. La coloración de la hoja fue adecuada en las partes foliares de la planta. La floración se comportó más pareja y vigorosa que en la segunda variante, es esta una de las causas por la que los frutos tienen mayor calidad y rendimiento.
- La comparación con una casa de cultivo tradicional (T8) demostró que es más conveniente utilizar la variante 1.

De manera general tiene mejores resultados la primera variante, que utiliza la zeolita como sustrato y a su vez constituye una alternativa para eliminar los nemátodos.

Esto corrobora lo antes mencionado cuando se explica que un sustrato es el medio material donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo. Presenta un volumen físico

limitado, debe encontrarse aislado del suelo y tiene como funciones mantener la adecuada relación de aire y disolución nutritiva para proporcionar a la raíz el oxígeno y los nutrientes necesarios y en el caso de sustratos sólidos, ejercer de anclaje de la planta. No existe el sustrato ideal, cada uno presenta una serie de ventajas e inconvenientes. Lo que sí existe es un manejo ideal para cada tipo de sustrato a emplear. (Alarcón, 2000)



Conclusiones

### CONCLUSIONES

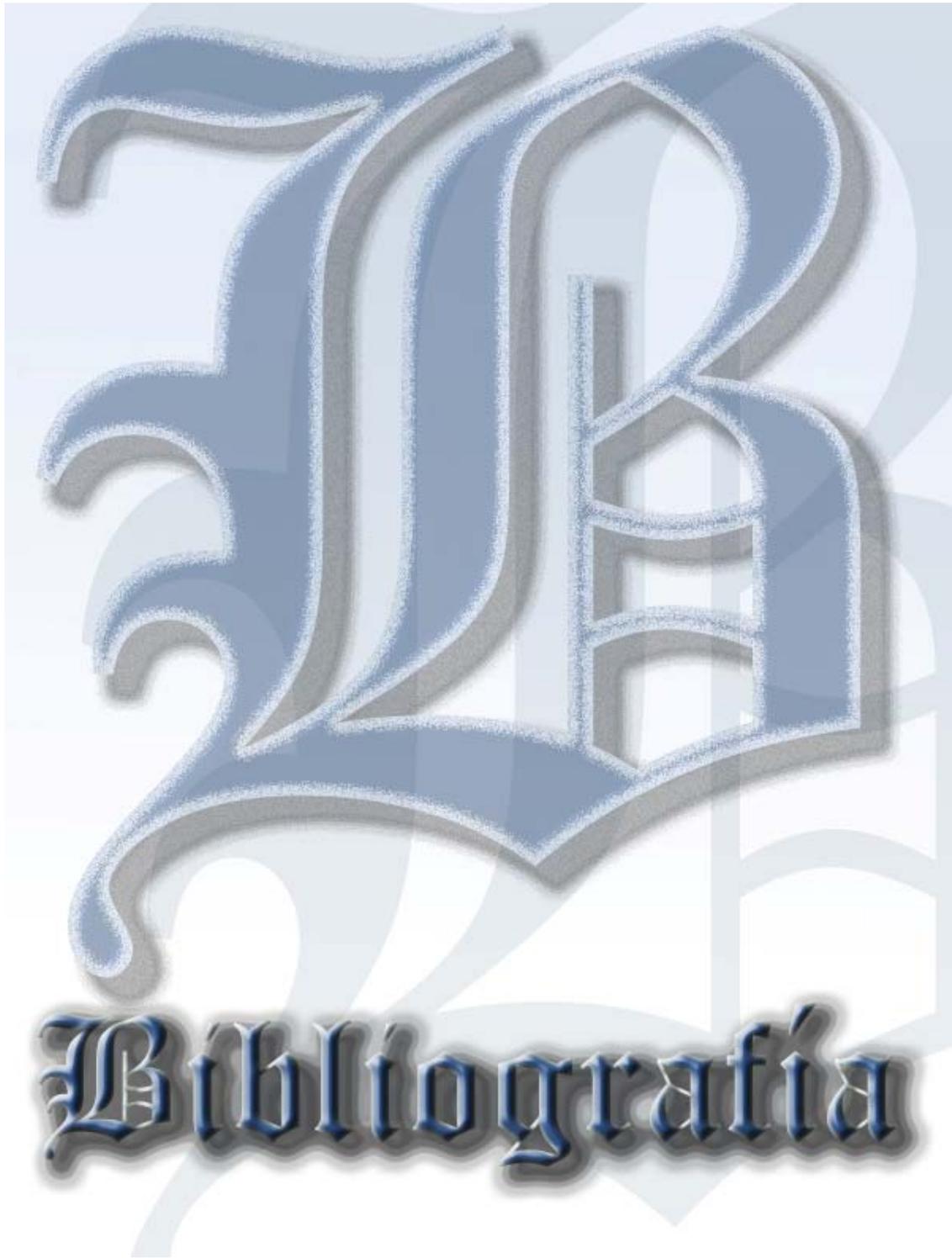
Como resultado de la investigación realizada pudo arribarse a las conclusiones siguientes:

1. Los rendimientos del cultivo del tomate trasplantado en zeolita fue superior con 4.9 kg por planta, que con el empleo de la turba + coco + perlita donde se obtuvo de 2.7 kg por planta.
2. No existió incidencia de nemátodos con la utilización de la zeolita ni con la turba + coco + perlita.



## **RECOMENDACIONES**

- 1- Dar a conocer los resultados obtenidos a la dirección de la empresa para que se tenga en cuenta a la hora de realizar una inversión que constituya una alternativa para minimizar los daños por nemátodos.
- 2- Profundizar en estudios posteriores que permitan evaluar nuevas opciones para la producción de tomate en las Casas de Cultivos.



## *Bibliografía*

---

### BIBLIOGRAFIA

- Abad, B. (1993). Cultivo sin suelo. Curso superior de especialización sobre cultivo sin suelos. Madrid: Almería.
- Alarcón; A., (2000). Aspectos prácticos en nutrición del cultivo del tomate en fertirrigación. Madrid: Murcia.
- \_\_\_\_\_. (2000). Introducción a la fertirrigación: Aspectos básicos. Tecnología para cultivo de alto rendimiento. Madrid: Novedades Agrícolas.
- \_\_\_\_\_. (2000). Introducción a los cultivos sin suelos. Sistemas y sustratos. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Madrid: Novedades Agrícolas.
- \_\_\_\_\_. (2000). Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Cultivo en fibra de coco. Madrid: Novedades Agrícolas.
- Ansorena, J. (1994). Sustratos: Propiedades y Caracterización. Madrid: Mundi Prensa.
- Batista, S. (2003). Alternativas agroecológicas en la producción de hortalizas en las condiciones semiáridas del sur de Guantánamo. Guantánamo: Montaña.
- Bernal, B. (2000). Manejo integrado de plagas en híbridos de tomate bajo condiciones de cultivo protegido. Tesis de Máster en Protección de Plantas, Universidad Agraria, La Habana.
- Casanova, A. (2000). Guía técnica para la producción de tomate. IIHLD. La Habana: Ministerio de La Agricultura.
- \_\_\_\_\_. (2007). Manual para la producción protegida de hortalizas. La Habana: Liliana.
- Chamarro, I. J. (1995). Anatomía y fisiología de la planta. El cultivo del tomate. Madrid: Mundi Prensa.
- Cuba. Ministerio de la Agricultura. (2002). Programa de defensa fitosanitario para casas de cultivo protegido. Tomate, Pimiento, Melón y Pepino. La Habana: Centro Nacional de Sanidad Vegetal.

## Bibliografía

- Cultivo del tomate: Plagas, enfermedades y fisiopatías en cultivo de tomates. (2006).  
Disponible en: <http://www.infojardin.com/huerto/cultivo-tomate-tomates.htm>.
- Cultivo en organopónico. (2000). Disponible en: [http://www.ecured.cu/index.php/Cultivo\\_en\\_organop%C3%B3nico](http://www.ecured.cu/index.php/Cultivo_en_organop%C3%B3nico).
- Díaz, J. C. (1998). Problemática sobre hortalizas y perspectivas en México. México: Trillas.
- Enciclopedia libre. Invernadero. (2012). Disponible en: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) Accesado el 10 de marzo de 2012.
- Franco, J. (2001). Los sustratos Agrícolas en la región de Murcia. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura, Floricultura, 235, 376.
- Gil, R. (2011). ¿Despegue definitivo en el empleo de la zeolita? Disponible en: [http://www.forum.villaclara.cu/UserFiles/File/Despegue\\_definitivo\\_en\\_el\\_empleo\\_de\\_zeolita\\_Cuba\\_Juventud\\_Rebelde](http://www.forum.villaclara.cu/UserFiles/File/Despegue_definitivo_en_el_empleo_de_zeolita_Cuba_Juventud_Rebelde).
- Gómez, O. (2000). Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana: MINAGRI.
- Hidalgo, L. (2000). Datos obtenidos en Intercambio con productores durante Visita técnica a instalaciones de “El Pomodoro Cubano”. Zona Franca Berroa. La Habana: Manuscrito.
- Herrera, j. (1984). Fitopatología General. La Habana: Pueblo y Educación.
- Hochmuth, G. J. (2002). Nematodes: Feeding Habits (en línea) febrero 2002. Disponible en: <http://colostate.edu/depst/bspm/> Consulta: abril 2011.
- Huerres, C. y Caraballo, N. (1988). Horticultura. La Habana: Pueblo y Educación.
- Izquierdo, J. (1992). Producción, poscosecha, procesamiento y comercialización de ajo, cebolla y tomate. FAO. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Jesen, M. (2000). Producción hidropónica en invernadero. Universidad de Arizona Tucson. Arizona EEUU. Disponible en: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin12.htm>.
- Jones, J. (1997). Botany and culture. En Compendium of tomato diseases. (pp. 2-8). Unit States of American :APS-PRESS.

## Bibliografía

- Josafad, S., Mendoza, M. y Borrego, F. (1998). Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*, 1, 59-61.
- León, M. (2006). Evaluación de la efectividad de *Bacillus thuringiensis* para el control de *Meloidogyne incognita* en condiciones de producción en casas de cultivo. Matanzas: Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal.
- Leskovar, D. (2001). Producción y ecofisiología del trasplante hortícola. Disponible en: <http://www.ediho.esorticom/fitech3/potencia/text/fpetit.html>.
- Metwally, A. M. (1992). Curso sobre producción de hortalizas. El Cairo: Centro Egipcio Internacional para la Agricultura.
- Moreno, V. (2011). El cultivo del tomate en casas de cultivo sin suelo sobre zeolita como alternativa al bromuro de metilo en la empresa Victoria de Girón. Matanzas: Brisas del Mar.
- \_\_\_\_\_. (2004). Procedimientos para el manejo de la nutrición y el control de la fertilización en las casas de cultivos. La Habana: Grupo Empresarial Frutícola.
- Nuez, F. (1995). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi Prensa.
- Núñez, M. (1995). Efectividad de los análogos de brasinoesyeroides sobre el rendimiento de plantas de tomate y papa. *Cultivos Tropicales*, 3, 5-8.
- Ochoa, J. M. y Carravedo, M. (1999). Catálogo de semillas de tomates autóctonos. Zaragoza: Paidós.
- Pérez, A. (2001). Caracterización de los daños, pérdidas y manejo de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de malanga en Cienfuegos. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria, La Habana.
- Perlita. (2004). Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Perlita>.
- Porras, A. (1990). Recolección del tomate: Principios agronómicos y técnicos. Hojas divulgadoras, 2, 6.
- Principales tipos de invernaderos. (2006). Disponible en: [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/tipo\\_invernaderos.asp](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_invernaderos.asp)
- Productos flowers. (2005). Disponible en: [www.productosflower.com/producto.php?id\\_Producte=16](http://www.productosflower.com/producto.php?id_Producte=16)

## *Bibliografía*

- Rick, Ch. M. (1978). The tomato. Scientific American, 239, 67-76.
- Rodríguez, M. (2005). Meloidogyne spp., Plagas de las Hortalizas: Alternativas para su manejo en sistemas de cultivo protegido. Protección Vegetación, 1, 4-6.
- Román, J. (1978). Nematología General. (t. 2). San Juan: Colegio de Ciencias Agrícolas.
- Raoult, P. (1988). La Martinique. Situation des cultures protégées. Horticole, 284, 45-50.
- \_\_\_\_\_. (1988). La Martinique. Situation des cultures protégées. Horticole, 285, 11-16.
- Sasser, J. N. (1989). Plant Parasitic Nematodes: The farmer's hidden enemy a crop. Publ. of Dep. Pl. Pathol. NC. St. Univ. and Consortium for International Crop Protection.
- \_\_\_\_\_. (1980). Root – Knot nematodes: A Global Menace to crop production. Plant disease, 1, 36-41.
- Turba rubia. (2005). Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Perlita>.
- Varona, M. (1999). La semilla de tomate: aspectos básicos y tecnológicos. Folleto: IIHLD.
- Vázquez, A. (1999). Instructivo técnico para el tomate en casas de cultivo de alta tecnología. La Habana: MINAGRI.
- Vázquez, I. (2007). La zeolita, ¿el mineral olvidado? Su aplicación en la agricultura eleva los rendimientos de los cultivos. La Habana: Pueblo y Educación.



Anexo 1. Principales órganos y formas de los nemátodos.

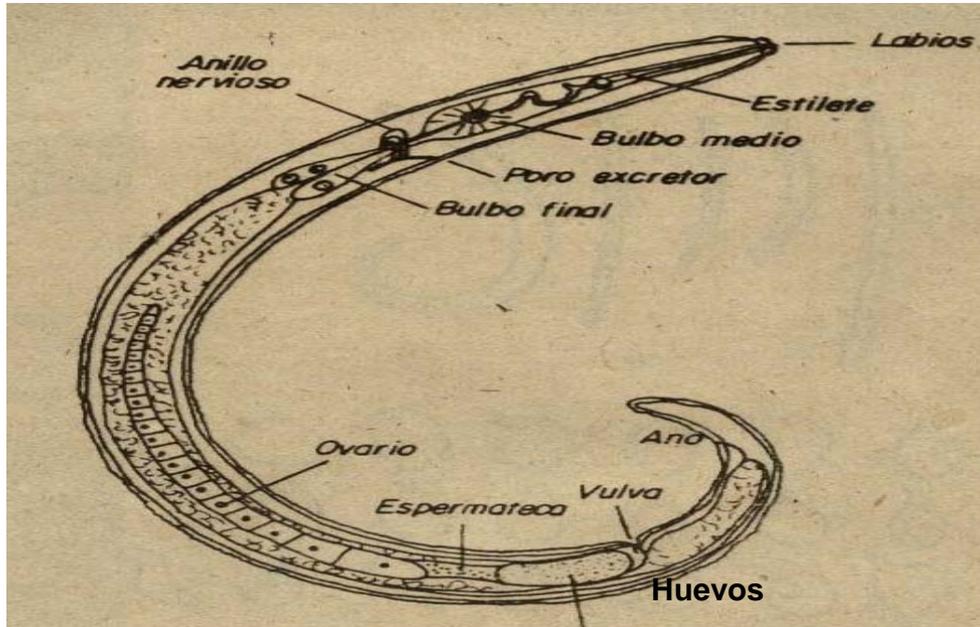


Figura 1. Principales órganos de un nemátodo hembra.

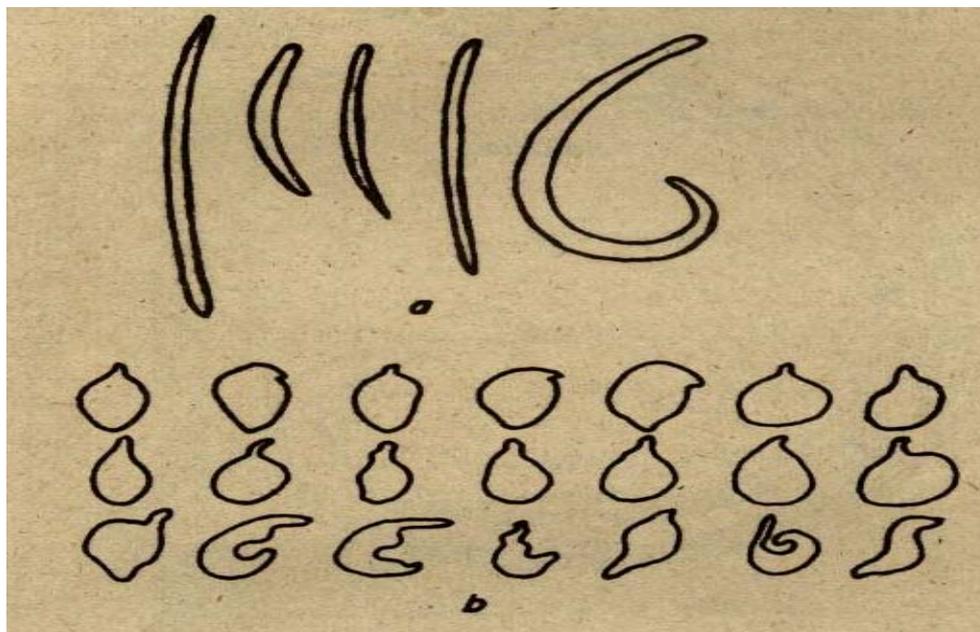
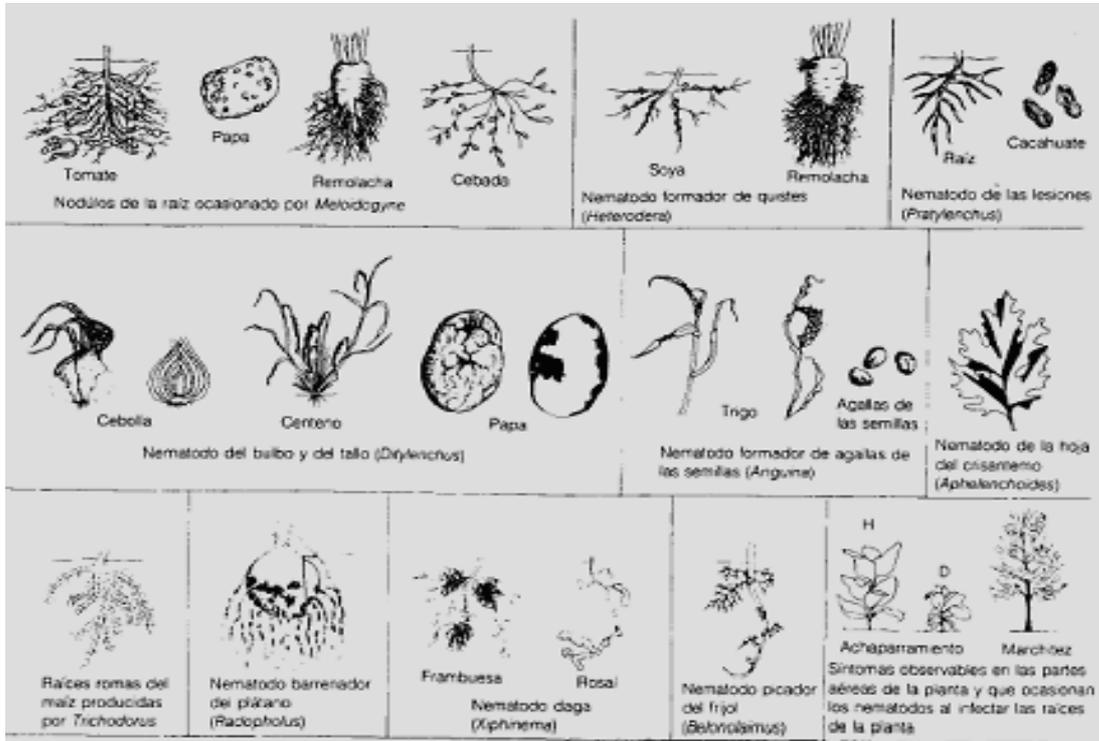


Figura 2. Diferentes formas de nemátodos fitoparásitos,

Fuente: *Fitopatología General*, 1994.

**Anexo 2. Síntomas producidos por los nemátodos fitoparásitos.**



**Figura 6.** Tipos de síntomas producidos por los nemátodos fitoparásitos.

Fuente: (*Fitopatología 2º*, 00-01).

**Anexo 3. Casa de investigación Tropical 18.**



**Anexo 4. Sustrato zeolita.**



**Anexo 5. Sustrato turba + coco + perlita.**



**Anexo 6. Sistema de riego.**

