



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS Y BIOESTIMULADORES  
DEL CRECIMIENTO EN LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE  
PLÁNTULAS EN CEPELLÓN PARA TOMATE Y PIMIENTO**



**Tesis en opción al título de Especialista  
en Fruticultura Tropical**

**Autor: Ing. Vladimir Contreras Delgado**

**Tutor: MSc. José Pérez Rodríguez**

**Jagüey Grande  
2018**



## FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DE DIFERENTES SUSTRATOS Y BIOESTIMULADORES DEL CRECIMIENTO EN LA TÉCNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS EN CEPELLÓN PARA TOMATE Y PIMIENTO.

Tesis en opción al título de Especialista  
en Fruticultura Tropical

**Autor:** Vladimir Contreras Delgado.

**Tutor:** MSc. José Pérez Rodríguez.

Jagüey Grande

2018

## **DEDICATORIA**

➤ A todos los que de una manera u otra han contribuido a mi formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Revolución que ha hecho posible mi formación académica.
- A toda mi familia por su apoyo e inspiración.
- A todo el claustro de profesores que hicieron posible mi formación profesional.
- Agradezco de forma muy especial a todos los que me han ayudado y apoyado en este trabajo y en especial a mi tutor MSc. José Pérez Rodríguez

A todos, Muchas Gracias.

## **RESUMEN**

En la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Israel León”, la producción protegida de plántulas en cepellones, constituye un eslabón en la producción intensiva de hortalizas, atendiendo a que estos sistemas están concebidos para generar producciones elevadas y competitivas por superficie. Para lograr este objetivo se debe disponer de un sustrato que por sus características le permitan a las plántulas desarrollarse satisfactoriamente y reducir la estancia en la casa de producción de plántulas por cepellón en esta fase. En la finca los Olivas se desarrolló un ensayo con siete variantes, tomando como sustratos el humus de lombriz y la zeolita cubana, combinaciones entre ellos a diferentes proporciones y el uso de EcoMic y *Trichoderma* como bioestimulantes del crecimiento para estimular el crecimiento de las plántulas, las variantes que más contribuyeron a la calidad tanto de las plántulas como del cepellón fueron las combinaciones de zeolita más humus (50+50) y (70+30), además se realizó una valoración económica donde se muestra la factibilidad de producir plántulas con sustratos de fácil adquisición .

## INDICE

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Aspectos generales del cultivo del tomate .....	4
2.2. Aspectos generales del cultivo del pimiento .....	4
2.3. Producción de plántulas de hortalizas en Cuba .....	4
2.4. Producción protegida de plántulas en cepellones .....	5
2.4.1. Importancia de la producción protegida de plántulas en cepellones.....	5
2.4.2. Importancia del uso y calidad del cepellón.	5
2.5. Componentes de la tecnología de producción de plántulas en cepellón .....	6
2.5.1. Características de la casa de producción de plántulas .....	7
2.6. Bandejas .....	7
2.6.1. Desinfección de las bandejas .....	8
2.7. Sustratos .....	9
2.7.1. Características generales de los sustratos .....	9
2.7.2. Clasificación de los sustratos .....	10
2.7.3. Propiedades de los sustratos .....	11
2.8. Humus .....	14
2.9. Zeolita .....	16
2.10. Bioestimulantes. ....	18
2.10.1. Propiedades de trichoderma.....	18
2.10.2. Características generales de las micorrizas.....	19
<b>3. Materiales y Métodos .....</b>	<b>21</b>
3.1. Localización del experimento.....	21
3.2. Material vegetal .....	21
3.3. Diseño de la casa de postura .....	21
3.4. Siembra.....	21
3.5. Influencia del sustrato, los bioestimulantes y su interacción en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate y pimiento.	22

3.5.1. Sustratos orgánicos y minerales utilizados.....	22
3.6. Análisis de factibilidad económica de las mejores combinaciones de sustratos y medios biológicos a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento.....	23
3.7. Integración de los mejores sustratos y medios biológicos a la tecnología de cepellones en tomate y pimiento.....	23
3.8. Análisis general y programa estadístico.....	24
<b>4. Resultado y discusión .....</b>	<b>25</b>
4.1. Influencia de los sustratos, los bioestimuladores y su interacción en las variables de crecimiento de las plántulas del tomate y el pimiento.....	25
4.1.1. Influencia de los sustratos y los bioestimuladores en el crecimiento de las plántulas de tomate HA- 3019 F1 .....	25
4.1.2. Influencia de los sustratos y los bioestimuladores en el crecimiento de las plántulas de pimiento híbrido Rodrigo F1 .....	30
4.2. Integración de los sustratos y los bioestimuladores en el desarrollo de las plántulas del tomate HA-3019 F1y el pimiento Rodrigo F1 .....	37
4.3. Análisis de factibilidad económica de las mejores combinaciones de sustratos y medios biológicos a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento.....	37
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>39</b>
<b>6. Recomendaciones.....</b>	<b>40</b>
<b>7. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>41</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de plántulas en cepellón constituye una tecnología promisoría para extender los calendarios de cosechas de las hortalizas tradicionales, optimizar los recursos y afectar en menor medida el medio ambiente. Permite además obtener rendimientos altos y estables durante todo el año (Nova, 2009).

La producción de plántulas en contenedores comenzó a finales de 1977, por lo que desde entonces los cambios en la tecnología se han sucedido de forma sistemática y creciente (Castro, 2000). La producción protegida de plántulas en cepellones, constituye un eslabón en la producción intensiva de hortalizas bajo cultivos protegidos en condiciones tropicales, estos sistemas están concebidos para generar producciones elevadas y competitivas por superficie durante todo el año (Casanova *et al.*, 2007).

Entre las especies utilizadas en la tecnología de producción de plántulas en cepellón se encuentran el tomate, pimiento, pepino y melón. Otras especies que se cultivan son la berenjena, el calabacín, la fresa y diversas plantas ornamentales y flores de corte. Los resultados que se logran en esta tecnología son muy variados, ya que dependen del cultivo, tipo de instalación, propósito comercial y estación del año (FAO, 1999).

Una plántula de calidad es uno de los factores más importantes para aspirar a una producción hortícola de excelencia, esto es posible si se logran plántulas sanas, de buena calidad, libres de enfermedades y disponibles a tiempo para su trasplante (Sandó, 2016). Las principales ventajas de la tecnología de cepellones es maximizar el ahorro de semillas de híbridos costosos y la reducción de pérdidas en el trasplante, que influye negativamente en el rendimiento de los cultivos (MINAG, 2003).

En el desarrollo de esta tecnología el sustrato es un componente esencial, el cual debe confeccionarse sobre la base de materiales de fácil adquisición en cualquier territorio, debe proporcionar buen drenaje con adecuada aireación para un buen desarrollo del sistema radicular (Peña, 2009).

La lombricultura, por sus ventajas sabré las tecnologías tradicionales de compostaje en la obtención de humus, ha sido introducida y desarrollada en Cuba de forma acelerada, para el tratamiento de los residuales solidos orgánicos mediante las lombrices para la

obtención de humus de lombriz y proteína), la misma ha pasado por varias etapas, las cuales han estado matizadas por diversos factores que han determinado su avance (Martínez, 2013).

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) según (Rivera *et al.*, 2013) son microorganismos del suelo que forman simbiosis con el 80% de las plantas terrestres, formando arbusculos, vesículas (en algunas especies) e hifas, dentro de las células corticales de las plantas que colonizan.

*T. harzianum* produce sustancias que actúan como catalizadores o aceleradoras de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de la planta, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas se desarrollen más rápido en comparación con plantas que no han sido tratadas con dicho microorganismo (Pérez *et al.*, 2013)

En la CCS “Israel León” hay gran interés por mantener la aplicación de la tecnología de cepellón por sus múltiples ventajas, pero se han presentado problemas con la calidad de las plántulas debido a las características de los sustratos utilizados (suelo, Cachaza y gallinaza). Por esta razón se hace necesario realizar estudios que definan los sustratos más adecuados para la producción de plántulas en bandejas.

## **Problema**

¿Cómo influyen los diferentes sustratos y el empleo de EcoMic® y *Trichoderma* sp. como bioestimuladores en la calidad de la plántulas de tomate y pimiento?

## **Hipótesis**

Si se seleccionan las mejores combinaciones de sustratos y medios biológicos en la tecnología de producción de plántulas en cepellón, entonces se podrán obtener plántulas con calidad.

### **Objetivo General.**

Determinar los mejores sustratos y medios bioestimuladoras a aplicar en la tecnología de producción de plántulas en cepellón en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pimiento (*Capsicum annum*).

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el desarrollo de las plántulas de tomate y pimiento con el uso de diferentes sustratos y medios biológicos y la interacción entre ellos.
- Seleccionar las mejores alternativas de sustratos y medios biológicos a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento.
- Realizar un análisis de factibilidad económica de las mejores combinaciones de sustratos y medios biológicos a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

### **2.1. Aspectos generales del cultivo del tomate.**

El tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) perteneciente a la familia de las solanáceas es una planta nativa de la América tropical continental, cultivada en regiones templadas y tropicales del mundo (Dogliotti, 2017).

La aceptación y preferencia del tomate se debe a sus cualidades gustativas, a la posibilidad de su amplio uso en estado fresco o elaborado en múltiples formas, y a su relativo aporte de vitaminas y minerales. Además puede ayudar a reducir el riesgo de enfermedades cardíacas, cáncer y obesidad (Gómez *et al.*, 2010).

El tomate se utiliza como condimento y como planta alimenticia. Tiene además demanda como planta medicinal, por sus propiedades tónicas y por su contenido en vitaminas. Asimismo se usa como remedio casero para las quemaduras y como astringente (Dogliotti, 2017). Por sus contenidos en carotenos (beta carotenos, licopenos y vitaminas C), se le atribuyen propiedades antioxidantes que estimulan el sistema inmunológico (Carrillo, 2002).

### **2.2. Aspectos generales del cultivo del pimiento.**

El pimiento (*Capsicum annum*, L) se considera oriundo de América del Sur, situado por algunos autores entre Perú Bolivia y Brasil. En Cuba ocupa uno de los lugares más destacados en la producción hortícola ya que constituye un renglón de exportación. Se cultiva en todas las provincias del país y una parte importante de las producciones, se destina al consumo interno y la industria, donde se elaboran pastas y encurtidos (Carrillo, 2002).

Desde el punto de vista alimenticio es rico en vitaminas y minerales, destacándose, su contenido de vitamina C, el más alto entre todas las especies hortícola (Gómez y Casanova, 2000).

### **2.3. Producción de plántulas de hortalizas en Cuba.**

En Cuba la producción de hortalizas como en toda el área tropical, es estacional y se ha caracterizado por estar basada en el uso del trasplante a “raíz desnuda”, de plántulas

producidas en semilleros tradicionales a campo abierto, durante el período lluvioso del año (agosto-octubre) (Casanova, 2004).

El Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” (IIHLD), en el período de 1987–1989 estudió comparativamente en época óptima para el cultivo del tomate la influencia de los métodos de plantación a raíz desnuda y de plántulas enraizadas en sustratos, en función de las densidades de plantación alcanzadas por lo mismos en el campo. Llegando a la conclusión que con el trasplante de plántulas enraizadas en sustratos, en bloques o motas prensados, se lograron densidades de plantación en el campo de 93–100% de lo establecido, según las variables usadas en contraste con solo 63% logrado por el trasplante a raíz desnuda, lo que conlleva a la pérdida de un 30% del rendimiento como mínimo (Casanova, 2004).

## **2.4. Producción protegida de plántulas en cepellones.**

### **2.4.1. Importancia de la producción protegida de plántulas en cepellones.**

Dentro de la tecnología del cultivo protegido se encuentra la producción protegida de plántulas en cepellones como el eslabón más importante y vulnerable de esta tecnología (Casanova *et al.*, 2007).

La tecnología de cepellón, tiene numerosas ventajas entre las cuales se destacan, mayor uniformidad vegetativa de las plántulas, facilita que superen la crisis del trasplante. Se logra un mayor número de plántulas por superficie, mayor precocidad y uniformidad de la producción, seguridad en el cumplimiento de los plazos de plantación y producción. Además de mínimo riesgo de enfermedades en las raíces y cuello de las plántulas, mayor rendimiento por superficie, facilita la selección y agrupación de las plántulas por tamaño (Companioni y Peña, 2000).

### **2.4.2. Importancia del uso y calidad del cepellón.**

Resulta de especial importancia dentro de la producción de posturas: la calidad de las mismas, una de las causas principales que afectan los rendimientos hortícolas, debido a que dependerá de ellos el posterior desarrollo del cultivo y por consiguiente sus rendimientos (Companioni y Peña, 2000).

Tradicionalmente los agricultores preparan los semilleros donde obtienen plantas para ser trasplantadas a raíz desnuda, con el inconveniente de la poca uniformidad en el desarrollo de las posturas afectándose a muchas el sistema radical, provocando que exista una alta mortalidad en la fase posterior al trasplante con un consiguiente consumo alto de semillas (Casanova *et al.*, 2007).

Frente a la forma clásica de producción de plántulas a raíz desnuda, se está implantando en varios países, la producción en cepellón o “speedling” (plántulas en su propio terrón) cuya principal ventaja para el productor es la reducción de pérdidas en el trasplante, que tanto influyen en los bajos rendimientos de los cultivos. Las plántulas en cepellón no sufren el estrés o crisis del trasplante, se producen menos daños a las raíces, su arraigo y porcentaje de sobrevivencia en campo abierto es mayor y prácticamente siguen su ritmo de crecimiento. Contrario a lo que ocurre en la forma tradicional del trasplante, el sustrato del cepellón contiene una reserva de humedad que la planta puede utilizar hasta que sus raíces alcancen la humedad del suelo (Casanova *et al.*, 2007)

## **2.5. Componentes de la tecnología de producción de plántulas en cepellones.**

La tecnología de producción de posturas en cepellones (Casanova *et al.*, 2003) cuenta con los siguientes componentes:

Nave de preparación de sustratos: Área que se utiliza para la preparación, conservación y desinfección de sustratos, la desinfección y llenado de bandejas y la siembra y riego inicial.

Almacén: Almacén para guardar aperos, bandejas, aditivos, medios biológicos, instrumentos de medición, etc.

Áreas de Pregerminación: Cámara de germinación de semillas o (cuarto oscuro) que debe estar provista de falso techo y climatización, en lo posible, así como estantería para la colocación de las bandejas en la fase de pregerminación de las semillas.

### **2.5.1. Características de la casa de producción de plántulas.**

Debe ser una instalación protegida, ubicada vientos arriba, en un lugar alto, ventilado, de buen drenaje, con adecuada fuente de abasto de agua, seguridad, vías de acceso y alejada de las áreas de producción intensiva de especies afines. Además debe tener adecuadas dimensiones (ancho x largo x altura) con cerramiento superior de polietileno flexible o rafia plastificada con cerramiento de laterales y frentes con malla antiinsectos y ventilación cenital (Álvarez *et al.*, 2008).

Debe poseer además un sistema de riego localizado con microaspersión aérea y laterales independientes, con posibilidad de riego alternativo con manguera y ducha o regadera para situaciones coyunturales. Los porta bandejas deben estar convenientemente nivelados y separados del suelo. Debe contar con una doble puerta de entrada y salida situada contraria a la dirección de los vientos predominantes, con punto de desinfección de manos y pies (Álvarez *et al.*, 2008).

La nave debe contar con un módulo de trampas entomológicas (amarillas, azules y blancas), con instrumentos de medición climática para temperaturas y humedad relativa. Para la protección de la entrada de las aguas pluviales a la instalación se requiere poner por todo el alrededor de la casa un zócalo de 0,5 m de altura sobre el suelo. Debe mantenerse el drenaje externo de la casa, además que una adecuada altura del piso, que debe estar cubierto por gravilla o rocoso preferiblemente para que garantice el filtrado de los drenajes del riego (MINAG, 2002).

Se debe colocar malla sombreadora exterior sobre o separada del techo para interceptar la radiación infrarroja corta incidente, con lo cual la temperatura en el interior de la casa disminuye en unos 4 °C o una pantalla térmica móvil en el interior de la instalación. El techo de la instalación deberá permanecer libre de incrustaciones de polvo lograr una buena iluminación (Stoppani y Francescangeli, 2012).

### **2.6. Bandejas.**

Los cepellones o “speedlings” se producen en bandejas, contenedores o charolas flexibles o rígidas, de polietileno, poliestireno, poliuretano u otro material adecuado que están divididas en alvéolos (orificio del cepellón) de forma troncopiramidal o

truncocónicas de diferentes volúmenes y superficies (Gómez, 2000).

Para la producción de plántulas en cepellones, se utilizan bandejas o contenedores con diferentes dimensiones de alvéolos, donde se deben tener en cuenta en la elección de la bandeja, el volumen y el número de alvéolos, en función de la especie y del sistema de producción de que se trate (Casanova *et al.*, 1999 y Casanova *et al.*, 2003). Las celdas grandes permiten mayor espacio por planta, resultando plántulas más grandes y mejor desarrolladas (Koranski, 2005).

En Cuba se utiliza la bandeja cubana de poliestireno de 2,9 x 2,9 x 6,5 cm de 32,5 cm<sup>3</sup>, a pesar del criterio de algunos especialistas por considerar el autosombreo en la misma que provoca adelgazamiento de las posturas y que estas se excedan de la altura estándar. La tendencia es a cambiar la bandeja por otra de mayor volumen de alvéolo y que tenga mayores posibilidades de aumentar el número de días de las plántulas en la fase de semillero (Casanova y Osuna, 2002).

Numerosas experiencias indican que cuanto más volumen tenga el envase mayor será la calidad de la plántula, mejor será el crecimiento tanto de las raíces como de la parte aérea y mayor precocidad tendrán las plantas en el cultivo (Bruzón, 2004).

Los envases son en general de color blanco, negro o gris. Los blancos reflejan luz y confieren buen aislamiento, especialmente para producción en verano. Los negros y los grises absorben calor y se utilizan para producción de invierno o primavera (Gómez, 2000 y Casanova *et al.*, 2000).

En Madrid (España) en el centro de producción vegetal en la universidad de Almería, practican siembras en bandejas flotantes como alternativas al bromuro de metilo en el cultivo del tabaco que permite la producción de plantas de una forma fácil y segura, con cepellón uniforme, calidad y menor costo (Bello, 2004).

### **2.6.1. Desinfección de las bandejas.**

Existen diferentes modos de desinfección de bandejas para evitar que en las mismas se desarrollen agentes patógenos. En Cuba se sumergen durante cinco minutos en solución de lejía al 5% ó Formol al 2%, en este último caso se requiere un lavado posterior de las mismas con agua antes de su empleo (Casanova *et al.*, 2003).

En España las medidas preventivas son indispensables para mantener las plantas de tabaco libre de plagas y enfermedades, para lo cual recomiendan desinfectar con una solución de agua y lejía comercial al 10% a los diferentes elementos que se utilizan (Bello, 2004).

Estados Unidos para evitar el desarrollo de enfermedades particularmente, “damping off” esterilizan las bandejas ya sea por métodos químicos o de vapor, tienen una técnica común de sumergirlos por 20 minutos en sales cuaternarias de amonio. También se usa hipoclorito de sodio (1–2%) seguido por enjuague (Leskovar, 2009).

## **2.7. Sustratos.**

El sustrato es el medio material donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo, presenta un volumen físico limitado y debe encontrarse aislado del suelo. Además tiene como funciones: mantener la adecuada relación aire-solución nutritiva, para proporcionar a la raíz el oxígeno y los nutrientes necesarios y en el caso de sustratos sólidos ejercer el anclaje de la planta (Alarcón, 2006).

No existe el sustrato ideal, cada uno presenta una serie de ventajas e inconvenientes y su elección dependerá: de las características del cultivo a implantar, de las variables ambientales y de la instalación, lo que sí existe es un manejo ideal para cada tipo de sustrato a emplear (Alarcón, 2006). Por otra parte se considera que el medio o la mezcla sin tierra debe proveer un ambiente favorable para el desarrollo radicular, las funciones principales del medio para sostener el crecimiento son: fuente de nutrientes, retención y disponibilidad de agua, mantener un eficiente intercambio de gases y dar soporte a la planta (Leskovar, 2009).

### **2.7.1. Características generales de los sustratos.**

Los sustratos deben contar con las siguientes características: Retener agua de forma disponible para la planta, proporcionar oxígeno para la respiración radical, suministrar nutrientes, ser un soporte para la planta en crecimiento (anclaje), mantener el pan de tierra para el trasplante, permitir una buena circulación tridimensional de las soluciones nutritivas, tener una buena estabilidad físico-química. Es importante además la ausencia de patógenos y elementos tóxicos para la planta, cuanto menor sea la

capacidad de cambio del sustrato mejor control nutricional, es conveniente un sustrato químicamente inerte (Mori, 2001; Casanova *et al.*, 2003 y Peña, 2009).

### **2.7.2. Clasificación de los sustratos.**

Se pueden establecer diferentes clasificaciones según Alarcón (2000).

Origen: La mayoría de los sustratos empleados son de origen natural y los podemos dividir en:

Orgánicos: De procedencia animal o vegetal, por ejemplo: turbas, fibra de coco, corteza de pino, cascarilla de arroz, serrín, compost, entre otros.

Inorgánicos: Generalmente son inertes desde el punto de vista químico como:

- Los que se usan sin ningún proceso previo aparte de la necesaria homogenización granulométrica: gravas, arenas, puzolana y picón.
- Los que sufren algún tipo de tratamiento previo, generalmente a elevada temperatura, que modifica totalmente la estructura de la materia prima: lana de roca, perlita, vermiculita y arcilla expandida.
- Sintéticos: podemos nombrar las espumas de poliuretano y el poliestireno expandido, aunque su uso está poco difundido.

Granulometría:

Partículas de < 3 mm Ø: arena, perlita, plásticos, lana de roca.

Partículas de > 3 mm Ø: grava, basalto, pumita, lavas, estos pueden presentar dos tipos de riego, superficial (goteo) y por subirrigación (Alarcón, 2000).

Actividad química:

Inertes: no interaccionan químicamente con la solución nutritiva, presentan una muy baja o nula CIC y su misión es únicamente el anclaje de la planta y mantener una adecuada relación aire/agua ejemplo: lana de roca, perlita, arena silícea, gravas, rocas volcánicas (Alarcón, 2000).

Químicamente activos: interaccionan con la solución nutriente liberando y/o reteniendo nutrientes, presentan generalmente elevada CIC como: turbas, compost, vermiculita

(Alarcón, 2000).

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

**Propiedades físicas:** Capacidad de retención de agua: Determina la frecuencia de la irrigación. El medio tiene una fracción sólida y de poros. La porosidad total es la fracción del volumen del agua y del aire. El valor de la porosidad total varía generalmente entre 50 a 90% y el del aire entre 1–10%. La humedad inicial del medio debe ser de un 50% antes de proceder al llenado de los envases. El contenedor debe llenarse sin compactarlo, de manera de favorecer la porosidad. La capacidad, de intercambio catiónico, mide la capacidad del medio de retener los nutrientes del lavado o lixiviado (Alarcón, 2006).

Densidad real: Es la relación del material seco a 105 °C 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  $\text{g.cm}^{-3}$  (Martínez y García, 2013).

Densidad Aparente: Es la relación entre la masa del material seco a 105 °C 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  $\text{g.cm}^{-3}$  (Martínez y García, 2013).

Espacio poroso o porosidad total: 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 (Alarcón, 2000 y Leskovar, 2009).

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. Las propiedades físicas de un sustrato suelen variar considerablemente en función de la distribución porcentual de cada uno de los rangos de tamaño en que estén clasificadas las partículas (Alarcón, 2000 y Martínez y García, 2013).

Capacidad de absorción de agua: Es la cantidad de agua expresada en gramos que 100 gramos de sustrato seco pueden retener (Martínez y García, 2013).

Potencial de agua: Las disponibilidades de agua y aire en los sustratos. El agua es retenida en los poros del sustrato o del suelo con una cierta fuerza o tensión. La planta debe romper estas tensión para absorber el agua a través de las raíces (Martínez y García, 2013).

Curva de retención hídrica a bajas tensiones: Establece la relación agua/aire en el sustrato así como las variaciones en la disponibilidad del agua total retenida por el sustrato. Esta curva se conforma con los siguientes parámetros: capacidad de aireación que es el porcentaje en volumen de sustrato que contiene aire después de ser saturado en agua y dejado drenar a una tensión de 10 cm de columna de agua. El valor óptimo puede considerarse en 20–30% (Alarcón, 2000).

Agua fácilmente disponible: Es el volumen de agua retenido por el sustrato entre 10 y 50 cm de columna de agua de tensión, se corresponde con el agua que puede consumir la planta sin apenas gasto energético. A partir de 50 cm de columna de agua el proceso de absorción por parte del aparato radical se dificulta, necesitándose un gasto superfluo de energía (Alarcón, 2000 y Martínez y García, 2013).

Agua de reserva: Es el volumen de agua retenido por el sustrato entre 50–100cm de columna de agua de tensión se corresponde con el agua que en los momentos de dificultad puede estar disponible para las plantas y junto al agua fácilmente disponible forma la llamada agua útil o agua total disponible (Alarcón, 2006).

Agua difícilmente disponible: Es el volumen de agua retenido por el sustrato a tensiones superiores a 100 cm de columna de agua. Desde el punto de vista práctico se considera que esta agua está retenida en el material sólido a una fuerza superior a la que pueden ejercer las raíces en su absorción (Alarcón, 2000).

**Propiedades 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

(Russell, 2014).

**Propiedades 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 (Martínez y García, 2013).

**Propiedades 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<sup>2</sup> y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica (Martínez y García, 2013).

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 fundamentalmente del pH y del contenido y composición de la materia orgánica y arcilla de la parte sólida (Franco, 2001).

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 como fibra de coco, algas, arenas entre otros (Alarcón, 2000).

El grado de acidez o alcalinidad de los suelos (pH): Cada sustrato de cultivo presenta un determinado valor de pH inicial. El efecto de amortiguación que presente el sustrato ante cambios de pH dependen sobre todo de su actividad química siendo mayor para sustratos de tipo orgánico con elevada CIC. El pH óptimo es de 5,5–6,5 (Alarcón, 2000).

La salinidad depende del contenido de varios minerales, si la alcalinidad es baja < 60 ppm, es necesario aumentar su capacidad buffer agregando fuentes de calcio y magnesio. Además de los principales macronutrientes que determinan el contenido salino, es conveniente comparar los niveles de hierro, boro, manganeso, cobre, cinc y

molibdeno, sodio y cloro con los niveles aceptables del medio se recomienda que la relación C:N no sea >30 (Martínez y García, 2013).

**Propiedades mecánicas:** Estructura: El material debe mantener su estructura estable a lo largo del cultivo sin degradarse. Un material demasiado frágil puede fragmentarse en partículas finas que reducen la porosidad y la capacidad de aireación, sobre todo en el fondo del contenedor, limitando el volumen aprovechable del sustrato (Alarcón, 2000).

Aristas y lados cortantes: El material es preferible que no sea arestado o cortante, ya que puede lesionar las raíces de las plantas favoreciendo el desarrollo de enfermedades sobre todo de índole fúngica (Alarcón, 2000).

**Propiedades Biológicas:** Presencia de patógenos: Todo sustrato debe estar ausente de cualquier agente patógeno, 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 (Ansorena, 2014).

Otras propiedades de los sustratos son: que estén libre de semillas de malas hierbas, nemátodos, hongos, otros patógenos y sustancias fitotóxicas. Además de reproducibilidad y disponibilidad, bajo costo, fácil de mezclar, desinfectar y permanecer estable bajo los procesos de desinfección, así como resistencia a cambios extremos (Franco, 2001).

## **2.8. Humus.**

El humus es el elemento más estable de la materia orgánica y su contenido en la misma, constituyendo un importante indicador de su calidad. Es un polímero tridimensional de carácter ácido, alto peso molecular y estructura con un núcleo de compuestos aromáticos y cadenas laterales integrados por carbohidratos así como cadenas alifáticas con grupos funcionales que facilitan la retención de nutrientes (Peña *et al.*, 2012).

Los coloides se caracterizan por una gran área externa e interna que favorece el intercambio catiónico y por tanto las reacciones se unen en el humus la de ser liberador tanto de nutrientes (contiene entre 3,5 y 5% de nitrógeno, con una relación C/N próxima

a 10) y favorece el desarrollo de la estructura del suelo y la retención de humedad, ritmo no mayor de 5% anual (Velarde, 2012).

El humus de lombriz es producido por la lombriz roja de California que consume materia orgánica con voracidad y la degrada rápidamente. El resultado es un abono de consistencia similar a la tierra negra, muy oscuro y rico en todos los nutrientes. Resulta ideal para las plantas de interior como las del exterior (Encarta, 2005).

Peña *et al.* (2002) plantearon que estudios demuestran que después de 9 meses se producen pérdidas en la calidad del humus y expusieron los rangos a tener en cuenta para evaluar la calidad del mismo, estableciendo varias categorías con parámetros bien definidos.

**Humus de lombriz:** La lombricultura es una técnica para la transformación de los residuales sólidos orgánicos, por medio de la acción combinada de las lombrices y los microorganismos (Calero y Martínez, 2009).

El humus de lombriz constituye un excelente sustrato para la germinación de las semillas ya que contiene (ácidos húmicos, hormonas, vitaminas, enzimas y antibióticos), que regulan el crecimiento de las plántulas durante su primer estadio de desarrollo (Martínez *et al.*, 2012).

Los ácidos húmicos retienen elementos nutritivos que por intercambio y mineralización secundaria son suministrados a las plantas, las hormonas y vitaminas facilitan la emergencia de las semillas, el crecimiento, el desarrollo de las brotes, las enzimas favorecen la liberación gradual de nutrientes a los cultivos, los antibióticos producen acción inhibitoria contra los fitopatógenos (Martínez *et al.*, 2012).

**Propiedades del humus:** Potencia la acción de los fertilizantes al mejorar la eficiencia de recuperación de estos, regulador de la nutrición vegetal, favorece la formación de agregados estables arcillas-húmicos que dan origen a la estructura granular del suelo, aumenta la capacidad de retención de humedad. Mejora la velocidad de infiltración, evitando la erosión producida por escurrimiento superficial, ayuda a taponar cambios del pH del suelo, inactiva los compuestos o elementos orgánicos tóxicos, fuente nutricional y energética de los microorganismos edáficos, favorece el normal desarrollo

de las cadenas tróficas (Martínez *et al.*, 2012).

Dentro de las principales consideraciones para el uso del humus se encuentran que biológicamente estimula la planta, químicamente cambia las propiedades de fijación del suelo y físicamente modifica el suelo (Martínez *et al.*, 2012).

Beneficios biológicos: estimula las enzimas de la plantas, actúa como un catalizador orgánico, estimula el crecimiento y la proliferación de microorganismos necesarios para el suelo tanto como algas y levaduras, aumenta la respiración y formación de la raíz. Además estimula el crecimiento de la raíz especialmente en su ancho, aumenta la permeabilidad de las membranas de la planta, promoviendo la asimilación de los nutrientes, eleva el contenido de vitaminas de las plantas y la germinación de la semilla y su viabilidad, estimula el crecimiento de la planta al acelerar la división celular, elevando el grado de desarrollo en el sistema radicular (Martínez *et al.*, 2012).

Beneficios químicos eleva las propiedades de aireación, bajo condiciones alcalinas, rico en sustancias orgánicas y minerales esenciales para el crecimiento de la planta, retiene los fertilizantes inorgánicos solubles en agua en las zonas de raíz y los envía cuando son necesarios, posee capacidad de intercambio de iones extremadamente altas y promueve la conversión de un número de elementos en formas asimilables por la planta (Martínez *et al.*, 2012).

En cuanto a los beneficios físicos al suelo eleva la porosidad, la aireación, la capacidad de retención de agua, mejora la germinación de la semilla y su viabilidad y reduce la erosión (Martínez *et al.*, 2012).

## **2.9. Zeolita.**

Sustrato órgano-mineral extraído de las rocas silíceas cuyas propiedades físico-químicas mismas la hacen un mejorador potencial del suelo, debido a su alta capacidad de intercambio catiónico (John, 1998).

La litonita es un sustrato órgano-mineral producido a partir de la zeolita cubana con granulometría de 2–3 mm, cargada con macro y microelementos que se emplea como aditivo al sustrato para semilleros hortícolas (Moreno, 2009).

Este sustrato garantiza los nutrientes necesarios para producir plántulas de alta calidad, sin la necesidad de la adición de abono químico, soluble en forma foliar o mediante fertirriego. Además que evita la compactación del sustrato y su lavado por acción de los riegos, no incrementa la conductividad del sustrato, disminuye los problemas fitosanitarios a nivel radical y se logra una mayor armonía medio – ambiental (Casanova *et al.*, 2003).

La litonita es un producto interesante desarrollada y producida de manera exclusiva en la isla de Cuba, que proporciona medio de cultivo y alimentación al mismo tiempo para cualquier tipo de planta; es una piedra que absorbe sales minerales y luego las cede a las raíces de la planta por medio del intercambio iónico (Hernández *et al.*, 2003).

**Características generales de la zeolita natural:** Entre las principales propiedades físico químicas de la zeolita natural se destacan las siguientes: catálisis, intercambio iónico y la absorción. La primera de ellas resulta la menos conocida en la agricultura pero no por ello la de menos importancia pues se ha comprobado que actúan como catalizadora en procesos relacionados con la fisiología de los vegetales (MINAG, 2009).

Las zeolitas son grandes intercambiadoras iónicas en particular de cationes teniendo una capacidad de intercambio superior a los 200 meq/100g de zeolita, la cual es muy superior a la de los suelos existentes en el país donde predominan los Ferralíticos con capacidad de intercambio catiónico con valores alrededor de 23 meq/100g, los pardos con 50 meq/100g y los oscuros plásticos con 80 meq/100g (Márquez *et al.*, 2009).

**Composición química y mineral de las zeolitas:** En las zeolitas naturales aparecen iones de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  entre otras en el interior de los canales coordinados a la estructura cristalina y ellos pueden ser reemplazados por otros iones como  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ , sin alterar en absoluto la composición Sílice-Aluminio de la estructura cristalina. La zeolita es capaz de intercambiar los iones que presenta en los canales por otros, lo cual nos permite utilizar soluciones con una adecuada concentración de cationes para así obtener una composición iónica determinada de acuerdo a nuestras necesidades (Márquez *et al.*, 2009).

En los espacios libres de los canales se incorporan moléculas de agua y gases los cuales pueden ser desplazados por otras moléculas, de esta forma es que se beneficia la absorción de agua y gases, por ejemplo la zeolita del yacimiento de Tasajeras tiene una capacidad de retención de agua de hasta un 30% de su peso (Márquez *et al.*, 2009).

La composición química de la roca zeolitita puede variar por el proceso de intercambio iónico pero sólo en aquellos cationes intercambiables presentes en la misma, con Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Fe<sup>2+</sup> y otros, durante este intercambio la zeolita tiene el siguiente orden de selección K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> > Fe<sup>2+</sup> > Ca<sup>2+</sup> > Mg<sup>2+</sup> > Cu<sup>2+</sup> > Zn<sup>2+</sup>. (Márquez *et al.*, 2009).

## **2.10. Bioestimuladores.**

### **2.10.1. Propiedades de *Trichoderma* sp.**

Según Godes, (2007) y Howell, (2003) Además del efecto biocontrolador de patógenos, *T. harzianum* aporta otros beneficios a las plantas; a través de la descomposición de materia orgánica, libera nutrientes en formas disponibles para la planta.

Presenta actividad solubilizadora de fosfatos (Valero, 2007), por lo cual se utiliza frecuentemente como un organismo biofertilizante en diferentes productos comerciales. Promueve el crecimiento y desarrollo de los cultivos produciendo metabolitos que estimulan los procesos de desarrollo vegetal (Moreno. 2008).

Tiene la capacidad de multiplicarse en el suelo y colonizar las raíces de las plantas liberando factores *T. harzianum* produce sustancias que actúan como catalizadores o aceleradoras de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de la planta, acelerando su reproducción celular, logrando que las plantas se desarrollen más rápido en comparación con plantas que no han sido tratadas con dicho microorganismo de crecimiento (auxinas, giberelinas y citoquininas) que estimulan la germinación y el desarrollo de las plantas (Altomare *et al.*, 2009).

Se ha reportado la producción de ácido 3-indol acético (AIA), sustancia que actúa como hormona vegetal favoreciendo el desarrollo del sistema radical, entre otros beneficios (Altomare *et al.*, 2009).

*T. harzianum* también ha sido reportado como promotor del crecimiento vegetal en cultivos de berenjena, arveja, frijol, café, tomate, pimientos papa, vid y especies forestales, entre otros (Börkman *et al.*, 2008).

### **2.10.2. Características generales de las micorrizas.**

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Barea *et al.*, 2011).

Los hongos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares no solubilizan el fósforo del suelo pero pueden aumentar la absorción del fósforo disponible explorando un volumen de suelo más grande que el que normalmente explora las raíces no micorrizadas. Las plantas micorrizadas son resistentes a la sequía, debido al mayor transporte de agua a las raíces se ha logrado mayor supervivencia en el trasplante de posturas en el campo (Ruiz, 2015).

Las micorrizas son la simbiosis producida entre un hongo y la raíz de la planta, el hongo coloniza biotróficamente su corteza y llega a ser parte integrante de ella, desarrollando un micelio extenso que a modo de sistema radical y altamente efectivo, ayuda a la planta a adquirir nutrientes minerales y agua del suelo. A cambio, la planta le proporciona al hongo que es heterótrofo por naturaleza (incapaz de producir su propio alimento) un nicho ecológico y los nutrientes necesarios para su existencia (Ramos *et al.*, 2013).

Los hongos formadores de micorrizas constituyen biofertilizantes de amplia distribución, ya que cualquier hongo simbiote puede colonizar cualquier planta receptiva, aunque existen algunos casos donde se percibe una mayor afinidad entre determinadas parejas hongo/planta (Ramos *et al.*, 2013).

**Efectos de las asociaciones micorrízicas:** Las micorrizas actúan a varios niveles, provocando alteraciones morfológicas y anatómicas en las plantas hospederas como cambios en la relación tallo- raíz, en la estructura de los tejidos radicales, en el número

de cloroplastos, aumento de la lignificación y alteración de los balances hormonales (Ramos *et al.*, 2013).

Otro de los efectos interesantes de las micorrizas es su papel en relación con el ecosistema en el que se desarrollan; así interactúan con diversos organismos de la micorrizosfera estableciendo provechosas cooperaciones con unos y compitiendo con otros, generalmente de tipo patógeno, e incluso se reporta su interacción con la microfauna de la rizosfera (nematodos, áfidos, ácaros y otros) aunque su papel aparentemente protector es relativo (Ruiz, 2015).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1. Localización del experimento.**

El trabajo se desarrolló en el período de octubre a noviembre de 2017 en una casa rustica preparada para la producción de plántulas en cepellón en la CCS “Israel León”, finca los Olivas, localizada entre los 22°30' - 22°50' de latitud norte y los 81°35' - 81°51' de longitud oeste a una altitud de 13-25 msnm, en el municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas.

El clima de la localidad se caracteriza según Aranguren (2009) por una temperatura media mensual de 14,4 °C en el mes más frío (enero) y de 33,4 °C en el mes más cálido (julio), con el período lluvioso entre mayo y octubre, una precipitación media anual de 1 494 mm, humedad relativa promedio superior al 80% y 7,6 horas diarias de luz solar.

#### **3.2. Material Vegetal.**

Se utilizaron como material vegetal semillas del híbrido de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cultivar HA -3019 F1 de la firma HAZERA y del híbrido de pimiento (*Capsicum annum*, L) cultivar Rodrigo F1 de la “Liliana Demitrova”.

#### **3.3. Diseño de la casa posturas.**

Se utilizó una casa de posturas rustica, con dimensiones 15 m de largo por 8 m de ancho y una altura de 2,5 m, ubicada de norte a sur, con cuatro porta bandejas separados entre sí a 0,9 m, con una altura 0,8 m y una capacidad de 42 bandejas cada uno recomendada por Álvarez y Pérez (2008).

Para la siembra se utilizaron bandejas españolas de polietileno de 150 alvéolos con una capacidad de sustrato de 7,2 L, que se desinfectaron con formol al 5% y se lavaron con abundante agua.

#### **3.4 Siembra.**

La siembra se realizó con un marcador de madera para lograr uniformidad en el hollado, el cual está graduado según el cultivo a sembrar, se colocó una semilla por alvéolo, en ambos cultivos, a una profundidad de 2 mm en tomate y de 3 mm en

pimiento según las metodologías establecidas por Sandó (2016) y Santana *et al.* (2016).

### **3.5. Influencia del sustrato, los bioestimulantes y su interacción en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate y pimiento.**

#### **3.5.1. Sustratos orgánicos y minerales utilizados.**

Para el diseño del experimento se utilizaron los siguientes sustratos: zeolita cargada (Litonita), turba rubia y humus de lombriz a diferentes proporciones.

**Zeolita cargada:** Para realizar la carga de la zeolita se vertió una tonelada de sustrato en una piscina que contenía un metro cúbico de agua y fertilizantes químicos a diferentes dosis.

**Humus de lombriz:** El humus de lombriz de producción local a partir de estiércol vacuno, caprino y restos de cosechas, fue tamizado con malla de 3 mm y sometido a un lavado de sales hasta llevarlo a una conductividad eléctrica (CE) de 0,8 mS/cm y un pH de 7,0), para ello se utilizó un conductímetro del tipo HANNA con un rango de 0,01-19,99 mS/cm y pH metro del tipo HANNA.

A estas variantes se les incorporó los siguientes bioestimulantes:

**Ecomic®:** para ello se sumergió la semilla en un preparado del producto comercial Ecomic® a una dosis del 10% del peso de la semilla, coincidiendo con lo realizado por Terry *et al.* (2002) y INCA (2010).

**Trichoderma:** fue aplicado un biopreparado del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* cepa A-34, con una concentración de  $1 \times 10^9$  a razón de 100 mL del biopreparado por 10 kg de sustrato.

Se montaron nueve tratamientos con 50 plantas por replica para un total de 3 500 plantas por tratamiento.

Los tratamientos empleados fueron los siguientes:

- 1- Zeolita cargada 100%
- 1.1- Zeolita + EcoMic®

1.2- Zeolita + Trichoderma

2- Zeolita + Humus de lombriz (50% + 50%)

2.1- Zeolita + Humus de lombriz+ EcoMic® (50%+50%)

2.2- Zeolita + Humus de lombriz+ Trichoderma (50%+50%)

3- Zeolita + Humus de lombriz (70%+30%)

3.1- Zeolita + Humus de lombriz+ (70%+30%)

3.2- Zeolita + Humus de lombriz+ Trichoderma (50%+50%)

Fueron evaluados las variables de crecimiento de las plántulas altura (cm), diámetro (mm), número de hojas (conteo físico), masa seca y fresca del área foliar y del área radicular (g).

Se realizó un análisis estadístico bifactorial, donde el factor 1 fue el sustrato zeolita y la combinación zeolita-humus y el factor 2 los bioestimulantes EcoMic® y *Trichoderma*. Los datos para las diferentes variables se transformaron a  $\sqrt{x}$  para el ANOVA y las diferencias entre medias para los factores y las interacciones se establecieron para el test de Tuckey al 5% de probabilidad.

### **3.6. Análisis de factibilidad económica de las mejores combinaciones de sustratos y medios biológicos a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento.**

Para la realización de la valoración económica se pesaron los volúmenes de sustrato (zeolita y humus) para un alvéolo y a partir de él se determinó el número de bandejas que se pueden llenar con una tonelada de cada sustrato y tomando como referencia los precios vigentes en el departamento económico de nuestra unidad, se realizó la valoración del costo del sustrato en la producción de posturas.

### **3.7. Integración de los mejores sustratos y medios biológicos a la tecnología de cepellones en tomate y pimiento.**

Para diseñar la tecnología de cepellones en tomate y pimiento en la CCS "Israel león", se integraron los mejores resultados obtenidos en la fase experimental, teniendo en

cuenta el origen y costo de los sustratos empleados, parámetros de calidad y el ciclo de las plántulas.

### **3.8. Análisis general y programa estadístico.**

Para estandarizar los datos antes del ANOVA se determinaron la normalidad y la homogeneidad de la varianza, por la prueba de Cochran C., Hartley y Bartlett. Los datos que no cumplían con esta condición fueron transformados con la función correspondiente. Para los análisis estadísticos se empleó el paquete STATISTICA, Versión 6.1, StatSoft, Inc. (2003).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 4.1. Influencia de los sustratos, los bioestimuladores y su interacción en las variables de crecimiento de las plántulas del tomate y el pimiento.

#### 4.1.1. Influencia de los sustratos y los bioestimuladores en el crecimiento de las plántulas de tomate HA- 3019 F1.

Al analizar la influencia de los sustratos en las variables de crecimiento hasta los 22 días después de la siembra (tabla 1), en cuanto a la altura se observó que la combinación de Z50+H50, alcanzó el valor más elevado 12,9 cm con diferencias significativas con el resto de los tratamientos, la combinación de Z70+H30 tuvo un comportamiento intermedio, mientras que en la zeolita (Z:100) mostró el menor desarrollo de las plántulas.

Tabla 1. Influencia de sustratos, bioestimuladores y su interacción en las variables de crecimiento foliar del tomate híbrido HA-3019 F1.

	Niveles	Altura de la plántula (cm)	Diámetro tallo (mm)	Número de hojas
Sustratos	T100	12,9 a	3,3 a	4,1a
	Z70+H30	12,2 b	3,1 ab	4,0ab
	Z100	11,9 c	3,0 b	4,0ab
Bioestimuladores	EcoMic®	12,6 a	3,2 a	4,0 a
	<i>Trichoderma</i>	12,5 a	3,2 a	4,0 a
	Testigo	12,3 b	3,2 a	4,0 a
Interacción (Sustratos x Bioestimuladores)				
T100	EcoMic®	13,1 a	3,5 a	4,2 a
	<i>Trichoderma</i>	12,9 a	3,4 a	4,1 ab
	Testigo	12,8 ab	3,2 b	4,0 b
Z70+H30	EcoMic®	12,4 b	3,1 bc	4,0 b
	<i>Trichoderma</i>	12,4 b	3,1 bc	4,0 b
	Testigo	12,1 bc	3,2 b	4,0 b
Z100	EcoMic®	12,2 bc	3,0 c	4,0 b
	<i>Trichoderma</i>	11,8 c	2,9 cd	4,0 b
	Testigo	11,8 c	2,9 cd	4,0 b
	E.S.	0,046	0,085	0,002
	CV (%)	5,87	7,93	1,65
	Sig. P	0,000**	0,000**	0,000**

Letras iguales en la misma columna no hay diferencias significativas al 5 % de probabilidad, según el Ttest de Tukey HSD. N= 200.

En cuanto al diámetro de las plántulas se observó que los valores más elevados se encontraron en la zeolita más Humus (Z50+H50) con 3,3 mm, seguido por la mezcla de zeolita y humus (Z70+H30) con 3,1 mm, el menor diámetro se encontró en las plántulas que se desarrollaron con el empleo de zeolita (Z:100) con 3,0 mm. Todos los tratamientos cumplieron con los parámetros expuestos por Casanova *et al.* (2007), quien plantea que las plántulas de tomate para ser llevadas a la plantación deben tener 3 mm de diámetro.

El número de hojas presentó similitud en su comportamiento en todos los tratamientos, excepto, en la zeolita más Humus (Z50+H50) con 4,1, que mostró diferencias estadísticamente significativas con el resto de los tratamientos. Al analizar los resultados se pudo observar la potencialidad del empleo de la combinación de la zeolita con el humus y la turba en la obtención de posturas de calidad para la siembra en suelo en cultivos protegidos.

Resultados que se corrobora con lo expuesto por Moreno (2009) quien plantea que el uso de sustratos alternativos para la producción de plántulas es imprescindible si se quieren lograr altos volúmenes de plántulas, ya que no siempre contamos con volúmenes suficientes de sustratos para satisfacer las necesidades.

Al analizar la influencia de los biostimuladores del crecimiento en las variables del crecimiento (tabla 1), se comprobó el efecto positivo de los mismos, destacándose los tratamientos donde se aplicó EcoMic® indistintamente de la variable analizada, estos resultados difieren de los obtenidos por Pérez *et al.* (2013) quienes al evaluar el crecimiento de esquejes de guayaba inoculados con EcoMic® no obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos y exponen que esto pudo estar dado fundamentalmente por el corto periodo de tiempo en vivero.

Terry *et al.* (2014) plantean que uso de *Trichoderma sp.*, mejora la nutrición y la absorción de agua por la planta, la ayuda a descomponer la materia orgánica, haciendo que los nutrientes se conviertan en formas disponibles

Señala la literatura que además estimula el crecimiento de los cultivos porque posee metabolitos que promueven los procesos de desarrollo en las plantas (Terry *et al.*,

2014). Al respecto Godes, (2007) plantea que las micorrizas son el principal mecanismo con que cuentan las plantas con raíz en su adaptación al suelo. Se trata de una simbiosis multifuncional, cuya actividad gira alrededor de la interacción planta-hongo-suelo. Asimismo señala Valdés (2001) que la infección está condicionada por la densidad de las raíces e infectividad del suelo, déficit nutritivo de la planta, que a su vez depende de la especie vegetal y de la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Se considera que las micorrizas tienen un notable efecto sobre el crecimiento y la nutrición vegetal ya que la superficie de contacto entre las hifas del hongo y el suelo son mayores y le permite explorar zonas inaccesibles. Los HMA tienen la capacidad de asimilar tanto fuentes amoniacales como nítricas y ser cooperantes de importancia en la simbiosis con otros microorganismos fijadores del nitrógeno (Bonfante y Bianciotto, 2009).

Atendiendo a los señalamientos anteriores, los resultados alcanzados con el empleo de estos microorganismos demuestra sus potencialidades en la obtención de plántulas de tomate en cepellón con calidad.

Al analizar la interacción entre el sustratos y los bioestimulantes, se apreció que las micorrizas y el *Trichoderma sp*, en las variables altura y diámetro de las plántulas manifestaron su potencial para mejorar la calidad de las plántulas independientemente del sustrato utilizado. Estos resultados se corresponden con lo expuesto por Cordero *et al.* (2010) quienes plantean que con el empleo de sustratos y bioestimuladores del crecimiento vegetal, adecuados a los requerimientos de la especie que se va a cultivar, se garantiza que las pequeñas plantas inicien su ciclo productivo en la casa de cultivo en condiciones óptimas.

El comportamiento de las plántulas para las variables masa fresca y masa seca foliar teniendo en cuenta los sustratos, los bioestimulantes y la interacción entre ellos (tabla 2), resultó similar al alcanzado en el parámetro altura.

Sobresalen por su peso foliar ya sea fresco o seco las plántulas sembradas en la zeolita más Humus (Z50+H50), seguida de las combinación (Z70+H30), con diferencias estadísticas significativas con el testigo, lo que muestra que el sustrato así como la

proporción en que se use, influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plántulas.

Tabla 2. Influencia de sustratos, bioestimuladores y su interacción en las variables masa fresca y seca foliar del tomate híbrido HA-3019 F1.

	Niveles	Masa fresca foliar (g)	Masa seca foliar (g)
Sustratos	Z 50+h50	1,8 a	0,2 a
	Z70+H30	1,7 ab	0,2 a
	Z100	1,0 c	0,1 b
Bioestimuladores	EcoMic®	1,7 a	0,2 a
	<i>Trichoderma</i>	1,6 ab	0,2 a
	Testigo	1,3 bc	0,1b
Interacción (Sustratos x Bioestimuladores)			
T100	EcoMic®	1,9 a	0,2 a
	<i>Trichoderma</i>	1,9 a	0,2 a
	Testigo	1,7 b	0,2 a
Z70+H30	EcoMic®	1,7 b	0,2 a
	<i>Trichoderma</i>	1,8 ab	0,2 a
	Testigo	1,6 bc	0,2 a
Z100	EcoMic®	1,0 d	0,1 b
	<i>Trichoderma</i>	1,1 cd	0,1 b
	Testigo	1,0 d	0,1b
	E.S.	0,011	0,004
	CV (%)	18,46	13,31
	Sig. P	0,000**	0,000**

Letras iguales en la misma columna no hay diferencias significativas al 5 % de probabilidad, según el Ttest de Tukey HSD. N= 200.

En cuanto a la masa seca foliar, se comprobó que el sustrato independiente así como la interacción entre sustrato y bioestimulantes, refleja en la zeolita así como en la generalidad de los testigos y ocasionalmente en la combinación de las micorrizas con *Trichoderma sp.*, valores inferiores con 0,1 g, con diferencias estadísticamente significativas, lo que muestra correspondencia con los resultados de los acápite anteriores, en los que se observó un menor desarrollo vegetativo de las plántulas de tomate desarrolladas en zeolita.

Los tratamientos con micorrizas y *Trichoderma* por separados fueron los de mejor resultados lo que se corresponde con los resultados obtenidos por León (2007), quien

plantea que los hongos que realizan la función de bioestimuladores garantizan a la planta hospedera un incremento del crecimiento y la nutrición, al incidir directamente en el suministro de nutrientes.

Estos resultados pueden estar dado por el mutualismo hongo-planta que se ven favorecidos por la asociación: el hongo coloniza la raíz de la planta y le proporciona nutrientes minerales y agua, que extrae del suelo por medio de su red externa de hifas, mientras que la planta suministra al hongo substratos energéticos y carbohidratos que elabora a través de la fotosíntesis (Dorrego, 2000).

Cuando analizamos la influencia de los sustratos se observó que tanto para la masa fresca como la masa seca de la raíz (tabla 3) los mejores resultados se alcanzaron en con las combinaciones de sustratos zeolita más Humus (Z50+H50) y (Z70+H30), con diferencias significativas con la zeolita (Z:100).

Lo que difiere de lo expuesto por Markovic (2015) quien plantea que los componentes mezclados con zeolita enriquecida produjeron alta calidad en el crecimiento de las plántulas de semilleros. Claret (2005) plantea que la retención de agua del sustrato utilizado influye como factor fundamental en la emisión de raíces. En este sentido el sustrato debe mantener el agua de forma disponible para la planta, proporcionar oxígeno para la respiración radical, suministrar nutrientes y ser un soporte para la planta en crecimiento (Mori, 2001; Casanova *et al.*, 2003; Peña, 2009).

La influencia de los bioestimulantes en cuanto el parámetro masa fresca y seca de la raíz muestra que existió una respuesta positiva en las plantas tratadas con los bioestimulantes presentando valores superiores al testigo, lo cual asegura León (2007) está condicionado por el beneficio directo en la nutrición de las plantas, la cual está determinada por el incremento de la superficie de contacto entre las hifas del hongo y el suelo.

Tabla 3. Influencia de sustratos, bioestimuladores y su interacción en las variables masa fresca y seca de la raíz del tomate HA-3019 F1.

	Niveles	Masa fresca raíz(g)	Masa seca raíz(g)
Sustratos	Z50+H50	0,4 a	0,1 a
	Z70+H30	0,3 ab	0,09 b
	Z100	0,2 b	0,05 bc
Bioestimuladores	EcoMic®	0,3 a	0,08 a
	<i>Trichoderma</i>	0,3 a	0,08 a
	Testigo	0,2 b	0,06 b
Interacción (Sustratos x Bioestimuladores)			
Z50+H50	EcoMic®	0,6 a	0,3 a
	<i>Trichoderma</i>	0,6 a	0,3 a
	Testigo	0,5 b	0,3 a
Z70+H30	EcoMic®	0,4 bc	0,3 a
	<i>Trichoderma</i>	0,5 b	0,2 b
	Testigo	0,4 bc	0,2 b
Z100	EcoMic®	0,4 bc	0,2 b
	<i>Trichoderma</i>	0,4 bc	0,2 b
	Testigo	0,4 bc	0,2 b
	E.S.	0,006	0,005
	CV (%)	15,04	20,44
	Sig. P	0,000**	0,000**

Letras iguales en la misma columna no hay diferencias significativas al 5 % de probabilidad, según el Ttest de Tukey HSD. N= 200.

La interacción para las variables masa fresca y seca de la raíz muestra el sustrato zeolita más humus (50+50), como el de mayor peso independientemente del bioestimulante utilizado con diferencias significativas con el testigo y el resto de los sustratos. Es notable señalar que cuando se usó zeolita (Z100) en el parámetro masa seca de la raíz disminuyó sus valores hasta llegar a existir diferencias con el resto de los tratamientos, lo que está dado por ser la zeolita el sustrato con menor retención de agua, lo que pudiera inducir un menor desarrollo radicular en las plántulas.

#### 4.1.2. Influencia del sustrato, los bioestimuladores y su interacción en las variables del crecimiento de las plántulas de pimiento Rodrigo F1.

Al analizar la influencia del sustrato en el crecimiento (tabla 4), nos muestra la combinación de zeolita más Humus (Z50+H50) como la de mejores resultados tanto en

el parámetro altura, como en el diámetro seguido de las combinación de zeolita y humus (Z70+H30). La zeolita resultó la de menores valores para ambas variables de crecimiento, resultados similares se encontró en el acápite anterior en el cultivo del tomate, lo que demuestra una vez más que la zeolita es un sustrato de poca retención de agua, por lo que la plántula necesita un período más largo en casas de posturas para alcanzar la calidad requerida.

Tabla 4. Influencia de sustratos, bioestimuladores y su interacción en las variables de crecimiento foliar del pimiento híbrido Rodrigo F1.

	Niveles	Altura de la plántula (cm)	Diámetro tallo (mm)	No de hojas
Sustratos	Z50+H50	13,0 a	3,3 a	6,0 a
	Z70+H30	12,0 b	3,0 b	6,0 a
	Z100	11,3 c	2,6 c	5,8 b
Bioestimuladores	EcoMic®	12,5 a	3,0 a	6,0 a
	<i>Trichoderma</i>	12,3 b	3,0 a	6,0 a
	Testigo	11,9 c	3,0 a	6,0 a
Interacción (Sustratos x Bioestimuladores)				
T100	EcoMic®	13,1a	3,3 a	6,0 a
	<i>Trichoderma</i>	12,9 ab	3,3 a	6,0 a
	Testigo	12,6 b	3,2 ab	6,0 a
Z70+H30	EcoMic®	12,1 bc	3,0 b	6,0 a
	<i>Trichoderma</i>	11,9 c	3,0 b	6,0 a
	Testigo	11,7 cd	3,0 b	6,0 a
Z100	EcoMic®	11,6 cd	2,6 c	5,9 ab
	<i>Trichoderma</i>	11,2 d	2,6 c	5,8 b
	Testigo	11,2 d	2,6 c	6,0 a
	E.S.	0,0098	0,0062	0,0026
	CV (%)	3,98	5,04	1,49
	Sig. P	0,000**	0,000**	0,000**

Letras iguales en la misma columna no hay diferencias significativas al 5 % de probabilidad, según el Ttest de Tukey HSD. N= 200.

En el caso de los bioestimulantes para las variables altura y diámetro de las plántulas, mostraron resultados positivos cuando se adicionaron micorrizas y *Trichoderma* sp a los sustratos, mientras que para el parámetro número de hojas verdaderas no existió diferencia entre los tratamientos.

En cuanto al efecto positivo de las micorrizas en estas variables del crecimiento de las plántulas, los resultados obtenidos muestran la capacidad de las micorrizas para

emplear nitrógeno tanto de forma amoniacal como nítrica. Sin embargo sus efectos tienen mayor repercusión fisiológica producto de la absorción de amonio, ión que por el contrario del nitrato, se difunde lentamente en la rizosfera, y por lo tanto es menos accesible a las raicillas de las plantas (Baath y Spokes, 1989).

Por otra parte influyó en estos resultados los efectos secundarios del *Trichoderma sp* en el suelo, el cual emite vitaminas que absorbe la raíz, y la planta crece más rápido y emite también gran cantidad de enzimas, que propicia que la raíz se alimente mejor (Strullu, 2011).

Resultados similares obtuvieron González *et al.* (2008) al comparar posturas de tomate tratadas con una suspensión de conidias de *T. harzianum* con plántulas sin tratar, observaron incrementos significativos en las variables del crecimiento con respecto a las no tratadas.

Al analizar la influencia en el número de hojas se puede observar que difiere en la zeolita, atendiendo a que las plántulas no alcanzaron las seis hojas verdaderas como el resto de los sustratos. Lo que se puede atribuir al sustrato empleado y a la respuesta de la planta a colonización micorrízica, que pueden ser positivas, neutrales o negativas (Fernández, 2000).

Cuando analizamos la interacción del sustrato con los bioestimuladores se aprecia que el parámetro altura de la plántula está influenciado por la aplicación de *EcoMic®* y *Trichoderma*, se corrobora además que en el tratamiento con zeolita disminuye el crecimiento de las plántulas de pimiento con relación a las demás sustratos.

En cuanto al análisis de la interacción en el diámetro de las plántulas se observó variabilidad atendiendo a que en la zeolita más Humus (Z50+H50), las dos formulaciones de bioestimulantes fueron superior al testigo, en la mezcla de zeolita con humus (Z70+H30) y zeolita (Z:100) no existió diferencias entre los bioestimulantes y el testigo.

Al analizar el sustrato para las variables masa fresca y seca foliar (tabla 5) mostró que la zeolita más Humus (Z50+H50) alcanzó el mayor peso de masa fresca y seca con 4,27 y 0,42 g respectivamente con diferencias significativas con el resto y en la zeolita

(Z:100) se observó el menor peso de masa fresca y seca con 1,49 y 0,25 g, respectivamente.

Tabla 5. Influencia de sustratos, bioestimuladores y su interacción en las variables masa fresca y seca foliar del pimiento híbrido Rodrigo F1.

	Niveles	Masa fresca foliar (g)	Masa seca foliar (g)
Sustratos	Z50+H50	4,27 a	0,42 a
	Z70+H30	3,11 c	0,34 bc
	T50+Z50	3,83 b	0,37 b
	Z100	1,49 d	0,25 d
Bioestimuladores	EcoMic®	3,57 a	0,37 a
	<i>Trichoderma</i>	3,33 b	0,36 ab
	Testigo	3,05 c	0,31 b
Interacción (Sustratos x Bioestimuladores)			
T100	EcoMic®	4,56 a	0,41 a
	<i>Trichoderma</i>	4,27 ab	0,37 b
	Testigo	3,82 b	0,35 bc
Z70+H30	EcoMic®	3,26 bc	0,31 bc
	<i>Trichoderma</i>	3,29 bc	0,37 b
	Testigo	2,86 cd	0,28 c
Z100	EcoMic®	1,88 d	0,19 d
	<i>Trichoderma</i>	1,42 d	0,15 d
	Testigo	1,26 e	0,11 e
	E.S.	0,025	0,006
	CV (%)	19,3	15,3
	Sig. P	0,000**	0,000**

Letras iguales en la misma columna no hay diferencias significativas al 5 % de probabilidad, según el Ttest de Tukey HSD. N= 200.

Al analizar la respuesta al uso de bioestimuladores, los valores de masa fresca y seca foliar mostraron que las dos formulaciones mejoraron este parámetro pues sus valores presentan diferencia con el testigo, la aplicación de *EcoMic®* indujo mayor peso en masa fresca.

Diversos estudios han señalado que las hifas de micorrizas exploran mayor cantidad de suelo y por esta razón pueden transportar más fácilmente fósforo, calcio y azufre. También se comprobó que el hongo interviene en la toma de amonio (Ames *et al.*, 2007).

En la interacción de sustrato con bioestimulante tanto para la masa fresca como en la masa seca foliar se obtuvo un buen desempeño de los bioestimulantes, atendiendo a que en todos los casos al aplicarlos se alcanzaron valores de masa fresca y seca foliar superiores a los alcanzados por el testigo. Los sustratos analizados por separados muestran en la zeolita, las plántulas alcanzan valores de masa fresca foliar inferiores al en el resto de los sustratos

Al analizar el sustrato para las variables masa fresca y seca de la raíz (tabla 6) no mostró diferencias entre la turba y las combinaciones de zeolita y humus, sólo existió diferencias con el empleo de zeolita (Z:100) como sustrato.

Al analizar el comportamiento de las plántulas al ser tratadas con bioestimulantes se observó que para el parámetro masa fresca de la raíz sólo existió respuesta ante el uso de *EcoMic®* y *Trichoderma*, no siendo así para el empleo de *Trichoderma solo*, el cual no mostró diferencias con el testigo.

El parámetro masa seca radicular solo mostró diferencia en las plántulas que se les aplicó la combinación de micorrizas y *Trichoderma sp.*, con respecto al resto de los tratamientos y aunque cuando se utilizó *EcoMic®* se alcanzó un valor diferente al del testigo la diferencia de las plántulas en este parámetro no llega a ser significativa.

En la interacción de los sustratos y biestimulantes, se observó que en la masa fresca radicular influyó el empleo de la zeolita más Humus (Z50+H50), así la combinación de *EcoMic®* y *Trichoderma sp.*, presentaron diferencias con el testigo.

En las combinación de zeolita con humus (Z70+H30), las plántulas tratadas con *EcoMic®* se comportaron igual al testigo mientras que las que se trataron con, presentaron un comportamiento inferior. En el sustrato conformado por zeolita (Z100) las plántulas con micorrizas se comportaron con diferencia a las tratadas con *Trichoderma sp.*, que se comportaron sin diferencia entre ellas pero sí con el testigo.

Tabla 6. Influencia de sustratos, bioestimuladores y su interacción en las variables masa fresca y seca de la raíz del pimiento Rodrigo F1.

	Niveles	Masa fresca raíz(g)	Masa seca raíz(g)
Sustratos	Z50+H50	0,43 a	0,10 a
	Z70+H30	0,40 b	0,08 b
	Z100	0,37 c	0,05 c
Bioestimuladores	Micorrizas	0,43 a	0,08 a
	<i>Trichoderma</i>	0,40 b	0,07 b
	Testigo	0,39 bc	0,07 b
Interacción (Sustratos x Bioestimuladores)			
T100	EcoMic®	0,42 ab	0,10a
	<i>Trichoderma</i>	0,42 ab	0,07 b
	Testigo	0,45 a	0,08 b
Z70+ H30	EcoMic®	0,44 a	0,08 b
	<i>Trichoderma</i>	0,34 c	0,07 b
	Testigo	0,40 b	0,08 b
Z100	EcoMic®	0,41 b	0,04 c
	<i>Trichoderma</i>	0,37 bc	0,04 c
	Testigo	0,33 c	0,05 bc
	E.S.	0,004	0,005
	CV (%)	9,6	24,1
	Sig. P	0,000**	0,000**

Letras iguales en la misma columna no hay diferencias significativas al 5 % de probabilidad, según el Ttest de Tukey HSD. N= 200.

En cuanto a la masa seca radicular se observó que en el sustrato formado *zeolita más Humus (Z50+H50)* presentó diferencias significativas con el resto con un valor de 0,1 g, mientras que la *zeolita* mostró el menor valor con 0,05 g.

La masa seca radicular de las plántulas en la interacción bioestimulante-sustrato presentó variaciones, lo que demuestra que para cada sustrato el comportamiento de las plántulas ante un bioestimulante es diferente y varía según su composición y la agresividad con que actuó el bioestimulante (Ruiz, 2001 y Rivera, 2001). Estos autores consideran que otro factor determinante en la efectividad simbiótica lo constituye el tipo específico de suelo o sustrato, o más aún las concentraciones o el equilibrio de nutrientes en la solución del suelo, la velocidad de mineralización de la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y en especial los niveles de calcio.

De manera general se ha podido apreciar que la respuesta de las plántulas de tomate y pimiento a la aplicación de bioestimulantes fue positiva ante las tres formulaciones utilizadas. En este sentido Fernández (2009) plantean que el desarrollo vegetal puede incrementarse por la utilización de elementos biológicos que actúan de forma coordinada en la interfase suelo - raíz, entre estos y como factor imprescindible se encuentran los hongos formadores de micorrizas arbusculares; por otra parte, Marschner y Dell (2014) demostraron que la inoculación de las plantas con hongos micorrizógenos provoca, de manera general, un marcado incremento en los procesos de absorción y translocación de nutrientes tales como: P, N, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Mo y B.

También estos resultados se ven influenciados por las bondades del *Trichoderma* sp., quien necesita para desarrollar su metabolismo fuentes de carbono difícilmente biodegradables como ligninas y celulosas. Por ello es capaz de movilizar nutrientes del suelo mediante excreción de enzimas extracelulares que transforman compuestos nitrogenados orgánicos en inorgánicos, fundamentalmente amonio, compuestos fosforados orgánicos en fósforo inorgánico etc. ampliamente utilizados por las plántulas (Páez, 2006).

La respuesta de las plántulas al efecto de los sustratos corroboró lo observado en la primera fase de este trabajo de tesis, donde se demostró que la turba fue el sustrato donde mejor se comportaron las plántulas, y después le siguen las combinaciones con zeolita y por último la zeolita sola.

En cuanto a la interacción se puede concluir que aunque en algunos parámetros las respuestas de las plántulas no resultó la esperada, en la mayoría de los casos se comportó de forma lógica y muestra que la combinación de bioestimuladores y sustratos le permite a las plántulas obtener un mejor desempeño.

Estas observaciones se corresponden con lo expuesto por Sánchez (2000), Joao (2002) y Fernández (2009), quienes plantean que para diferentes condiciones edáficas se encontró una respuesta positiva a la inoculación con HMA que dependió de dos factores: la especie o ecotipos inoculados y de la riqueza del sustrato, la cual define la intensidad de la simbiosis (efectividad).

#### **4.2. Integración de los sustratos y los bioestimuladores en el desarrollo de las plántulas del tomate HA-3019 F1y el pimiento Rodrigo F1.**

En el análisis de los sustratos utilizados se pudo observar que en todos se pueden hacer plántulas, pero no todos dan plántulas con la calidad requerida para un sistema intensivo donde las exigencias son cada día mayores, por lo que fue necesario tener en cuenta las características de los sustratos recomendadas por Martínez y García (2013) así como su disponibilidad y las necesidades de la empresa.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto y los resultados obtenidos durante la fase experimental se pudo observar que la zeolita más Humus (Z50+H50) resultó ser el sustrato donde mejor se desarrollaron las plántulas, seguido de las combinación (Z70+H30)

La turba tiene como limitante su elevado costo y su difícil adquisición por lo que se seleccionó la mezcla de zeolita con humus como el sustratos a utilizar en la producción de posturas para los módulos que plantan en suelo por las ventajas que este proporciona tanto al productor por su rápida adaptabilidad al medio como a la entidad por su bajo costo y fácil disponibilidad resultados similares a los obtenidos por (Peña, 2009)

#### **4.3. Análisis de factibilidad económica de las mejores combinaciones de sustratos y medios biológicos a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento.**

Para la valoración económica se seleccionaron los dos sustratos bases del trabajo: Zeolita cubana y Humus de lombriz. Se analizaron varios parámetros para decidir cuál de ellos es más factible utilizar en la empresa en la producción de posturas en cepellón, además se tuvo en cuenta lo expresado por Peña (2009) quien plantea que entre las características deseables en los sustratos se encuentran su bajo costo, disponibilidad, tenor de nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, agregación, retención de humedad y uniformidad.

Para ello se pesó la cantidad de sustrato que contiene un alvéolo para poder determinar cuántas bandejas podríamos llenar con una tonelada de sustrato (unidad de medida

seleccionada para nuestra valoración) y se determinó que con una tonelada de zeolita se llenan 167 bandejas, con un costo de: \$ 0,077 USD y \$ 0,07 MN y con una tonelada de humus de lombriz 267 bandejas con un costo de \$0,025 USD y \$ 0,012 MN, apreciándose claramente la diferencia que existe entre el costo entre zeolita y humus de lombriz.

La determinación del efecto económico de los tratamientos más prometedores (Tabla 7), demostró que la utilización de la combinación de zeolita con humus (Z50+H50) y (Z70+H30) resultó ser la más eficiente con un costo por hectárea de \$9,33. Asimismo el tratamiento con zeolita (Z:100) con un costo de \$14,09 ha, se debe considerar ya que la producción de plántulas en este sustrato requiere de mayores atenciones y riegos abundantes.

Tabla 7. Comparación económica de los costos de los sustratos.

Tratamientos	Precio de la tonelada		Costo para una bandeja		Costo para plantar 1ha	
	USD	MN	USD	MN	USD	MN
Z50+H50	9,85	7,61	0,05	0,04	9,33	7,50
Z70+H30	11,08	9,40	0,06	0,05	11,24	9,70
Z:100	12,92	12,08	0,08	0,07	14,09	12,80

Por otra parte la utilización de la zeolita y el humus en la producción de plántulas en cepellón, disminuye los costos de producción atendiendo a que son productos nacionales y de bajo costo. Lo que coincide además con lo planteado por Peña (2009) que el sustrato debe confeccionarse sobre la base de materiales de fácil adquisición en cualquier territorio.

Con la utilización de la combinación de zeolita y humus se comprobó que las plántulas cumplieron los parámetros de calidad requeridos por Casanova *et al.* (2007); además se logró disminuir a 22 días el ciclo de las plántulas de tomate que era de 25 días, y a 25 días las de pimiento que era de 30 días establecidos por la tecnología de producción de plántulas en cepellón.

## 5. CONCLUSIONES.

- La evaluación de las variables del crecimiento de las plántulas de tomate y pimiento, con el empleo de diferentes sustratos y bioestimuladores del crecimiento mostró que la combinación de zeolita más humus de lombriz (50+50), y las combinaciones con micorrizas y *Trichoderma* resultaron ser las de mayor desarrollo.
- Las mejores alternativas a aplicar en la tecnología de cepellón en tomate y pimiento son las combinaciones de zeolita más humus al (50+50) (70 + H30), indistintamente del bioestimulante utilizado.
- La combinación de la zeolita más humus resultaron ser económicamente factibles para la producción de plántulas en cepellón por sus bajos costos.

## **6. RECOMENDACIONES.**

- Incluir en la tecnología de producción de plántulas en cepellón la combinación de zeolita más Humus y los bioestimuladores del crecimiento.
- Estudiar la combinación de zeolita más humus y los bioestimuladores en otros cultivos hortícolas

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ABAD, M. Y NOGUERA, P. 2007. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En Manual de cultivos sin suelo. Universidad de Almería. España. p. 101-150.
- ALARCÓN, A. L. 2000. Introducción a los cultivos sin suelos. Sistemas y sustratos. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Ed. Novedades Agrícolas S.A. España. p. 191–204.
- ALARCÓN, A. L. 2006. Curso internacional de cultivos protegidos. Jagüey Grande. Cuba. p. 2-15.
- ALTOMARE, C., NORVELL, W.A. BJÖRKMAN, T. Y G.E. HARMAN. 2009. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl. Environ. Microb. 65 (7): 2926-2933.
- ÁLVAREZ, E. PEREZ, E. MORENO, V. 2008. Manual de instrucción, proyecto: Casas de cultivos para la producción injertada de hortalizas. 133 p.
- AMES, R.N. AND BETHLENFALVAY, G.J. 2007. Mycorrhizal fungi and the integration of plant and soil nutrient dynamics. Journal of Plant Nutrition. 23(10):1313-1321.
- ANSORENA, J. 2014. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi Prensa. Madrid. p. 35 – 71.
- ARANGUREN, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los cítricos de Jagüey Grande. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- BELLO, A. 2004. Alternativas al bromuro de metilo como fumigante del suelo de España [en línea]. Disponible en: <http://www.wesp.com>. [Consulta: noviembre, 20 2017].
- BAATH, E. Y SPOKES, J. 1989. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in *Allium schoenoprasum*. Can. J. Bot. (67): 3221 - 3232.

- BAREA, J. M. 2011. Morfología, anatomía y citología de las micorrizas va. En: Fijación y Movilización de Nutrientes. Madrid. Tomo II. p. 150 - 173.
- BRUZÓN, S. 2004. En Colombia un tomate de altura [en línea]. Disponible en: <http://www.aupec.univalle.edu.co/infones>. [Consulta: septiembre, 4 2017].
- BONFANTE, P. Y V. BIANCIOTTO. 2009. Saprotrophic versus symbiotic phase in endomycorrhizal fungi: morphology and cytology. En: Mycorrhizas: Molecular Biology and Biotechnology. Eds.: Hoch, B. y Varma, A. Berlin: Springer - Verlag. p. 229 - 247.
- BÖRKMAN, T.; BLANCHARD, L. Y HARMAN, G. 2008. Growth enhancement of shrunken-2 sweet corn by *Trichoderma harzianum*: effect of environmental stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 23(1): 295-322.
- BURÉS, S. 2017. Sustratos. Madrid: Ediciones aerotécnicas. 336 p.
- CALERO, B. Y MARTINES, F. 2009. Premisas técnicas para el desarrollo óptimo del sistema de lombricultura. Agricultura orgánica. III Congreso de la ACTAF. p. 9-11.
- CARRILLO, O. V. 2002. Los vegetales en la nutrición humana. La Habana. Ed. Política. 64 p.
- GODES, A. 2007. Perspectivas de los inoculantes fúngicos en Argentina. En: Izaguirre-Mayoral, M.L., C. Labandera y J. Sanjuán (eds.). Biofertilizantes en Iberoamérica: una visión técnica, científica y empresarial. Imprenta Denad Internacional, Montevideo. p. 11-14.
- GÓMEZ, O.; CASANOVA, A.; PURO, F.; HERNÁNDEZ, M.; CHAILLOUX, M. DEPESTRE, T.; HERNÁNDEZ, T.; MORENO, V.; LEÓN, M.; MARRERO, A. y IGARZA, A. 2010. Guía Técnica para la producción protegida de hortalizas en casas de cultivo tropical con efecto "sombrialla". Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Cuba. 55 p.
- CASANOVA, A.; GÓMEZ, O.; PURO, F.; HERNÁNDEZ, M.; CHAILLOUX, M. DEPESTRE, T.; HERNÁNDEZ, T.; MORENO, V.; LEÓN, M.; MARRERO, A. y

- IGARZA, A. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ed. Liliana. La Habana, Cuba. 116 p.
- CASANOVA, A. 2004. Contribución al establecimiento de un sistema competitivo de obtención de plántulas hortícolas enraizadas en contenedores para condiciones tropicales. Propuesta Premio Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba. 20 p.
- CASANOVA, A.; GÓMEZ, O.; PURO, F.; HERNÁNDEZ, M.; CHAILLOUX, M. DEPESTRE, T.; HERNÁNDEZ, T.; MORENO, V.; LEÓN, M.; MARRERO, A. y IGARZA, A. 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ed. Liliana. La Habana, Cuba. p. 32-33.
- CASANOVA, A. Y OSUNA, A. 2002. Ensayo participativo de producción de plántulas de tomate de industria en cepellones para el trasplante mecanizado informe técnico IIHLD y Empresa de Cítricos de Ciego de Ávila. 20p.
- CASTRO, J. 2000. Evaluación y desarrollo de tres patrones de cítricos sobre diferentes sustratos. Matanzas. Tesis en opción al título de Master en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
- CLARET, P. 2005. Estrés hídrico y salino [en línea]. Disponible en: <http://www.odec.cl> [Consulta: enero, 14 2018].
- COMPANIONI, N. y PEÑA, E. 2000. Influencia del sustrato en el desarrollo de las posturas. En inédito. Archivo. INIFAT.16 p.
- CORDERO, J. Y NUÑES, M. 2000. Evaluación agronómica de la inoculación *Bradyrhizobium japonicum*- hongos micorrizogenos arbusculares y la aplicación de análogos de brasinoesteroides en soya cultivado en época de invierno. En: “Programas y resúmenes XII seminario Científico” INCA.
- DOGLIOTTI, S. 2017. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L) Material de apoyo al Módulo Hortícola Universidad de la República – Facultad de Agronomía Ciclo de Formación Central Agronómica Curso de Fisiología de los Cultivos. 12 p.

- DORREGO, A. 2000. Sustancias y Tecnologías Naturales. ANE, Agro-Nutrientes Especiales. Departamento de Protección Vegetal del IRTA SYTEN, Catalunya.
- ENCARTA, BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT. 2005. Estrategias adaptativas de plantas de páramo y del bosque alto andino en la cordillera oriental de Colombia. Unibiblos, Bogotá. 5 p.
- FAO, 2005. La producción mundial del tomate fresco [en línea]. Disponible en: <http://www.elhabanero.Cubaweb.cu/agosto/177>. [Consulta: mayo, 21 2017].
- FAVARO, J.; BUYATTI, A. y ACOSTA, M. 2002. Evaluación de sustratos a base de serrín de silíceas compostado para la producción de plantones. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Litoral. Esperanza. Santa Fe. Argentina. p. 15.
- FERNÁNDEZ, A. 2009. Evaluación de plantas de clavel obtenidas en cepellones [en línea]. Disponibles en: <http://www.elhabanero.Cubaweb.cu/agosto/nro177>. [Consulta: septiembre, 4 2017].
- FERNÁNDEZ; K. 2000. Factibilidad biológica de la micorrización “in vitro” de Coffea robusta. En: “Programas y resúmenes XII seminario Científico” INCA.
- FERRUZZI, C. 1986. Manual de Lombricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 138 p.
- FRANCO, J. A. 2011. Los sustratos Agrícolas en la región de Murcia. España. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura, Floricultura. (235): 376.
- GAMAYO, J. 1982. El cultivo protegido del pimiento [en línea]. Disponible en <http://www.gestiopolis.com/canales6/mkt/investigacion-productos-con-aloe.htm>. [Consulta: mayo, 21 2017].
- GÓMEZ, O. Y CASANOVA, A. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" La Habana, Cuba. p. 74 – 85
- GODES, A. 2007. Perspectivas de los inoculantes fúngicos en Argentina. En: Izaguirre-Mayoral, M.L., C. Labandera y J. Sanjuán (eds.). Biofertilizantes en Iberoamérica:

una visión técnica, científica y empresarial. Imprenta Denad Internacional, Montevideo. p. 11-14.

GONZALEZ, M.; AROZARENA, N.; BARDANCA, T.; CURBELO ,R.; GUEVARA, A .; RODRÍGUEZ, J.; PEÑA, E. y HARTMAN, T. 2008. Manejo de sustrato en casas de posturas como alternativa en la sostenibilidad de las producciones hortícolas. Cultivos Tropicales. 29(3): 11-15.

HOWELL, C. R. 2003. Mechanisms employed by Trichoderma species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. Plant Dis. 87(21): 4-10.

HERNÁNDEZ, C. y GONZALEZ, M. PÉREZ, J. 2003. Evaluación de diferentes sustratos de suelo, Gallinaza y Zeolita, en la producción de plántulas de tomate en bandejas para trasplante. Nicaragua. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria.

INCA. 2010. Efecto de las aplicaciones del biofertilizante Ecomic (HMA) en cultivos de interés económico Informe de Investigaciones INCA (La Habana).

JOAO J. P. 2002. Efectividad de la inoculación de cepas de HMA en la producción de posturas de cafeto sobre suelos Ferralítico Rojo compactado y Ferralítico Rojo Lixiviado de montaña. La Habana. Tesis en opción al título de Máster en “Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes”. INCA.

JOHN, C. 2015. Generalización del empleo de la zeolita, como aditivo del área, en cultivos en condiciones tropicales. La Habana. Ed. IILD. p. 193-195.

KORANSKI, D. S. 2005. Producción de plántulas. Recomendaciones generales ballseed para producción de plántulas [en línea]. Disponible en: <http://www.faxsa.com.mx/submenoi.htm> [Consulta: noviembre, 2 2017].

LEÓN, D., PEÑA, V. C. Y CARDONA, G. 2007. Glomus [en línea]. Disponible en: <http://www.siac.net.co/sib/catalogoespecies/especie.do?idBuscar=501&method=display>. AAT. [Consulta: enero, 11 2018]

- LESKOVAR, D. I. 2001. Producción y ecofisiología del trasplante hortícola [en línea]. Disponible en: <http://www.ediho.eshorticom/fitech3/potencia/text/fpetit.html>. [Consulta: septiembre, 4 2017].
- MARSCHNER, H Y B. DELL. 2014. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159 (89): 102- 104.
- MARTINEZ, F. 2013. Abonos orgánicos y su contribución a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en cuba, Instituto de suelo. AB la ACTAF. 6 p.
- MARKOVIC, V. ENRICHED, C. 2005. Zeolite as a substrate component in the production of pepper and tomato seedlings [en línea]. Disponible en: URL <http://www.actahort.org> [Consulta: junio, 29 2017].
- MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 2012. Programa de defensa fitosanitaria para casa de cultivos protegidos. Ed: Ministerio de La Agricultura. Ciudad de la Habana. Cuba. 52 p.
- MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas en Cuba. Ed: Ministerio de La Agricultura. Ciudad de la Habana. Cuba. 27 p.
- MINAG (MINISTERIO DE LA AGRICULTURA). 2009. Documento rector para el desarrollo de los cultivos protegidos en Cuba. Ed: Ministerio de La Agricultura. Ciudad de la Habana. Cuba. p. 7-9.
- MÁRQUEZ, E.; HERNANDEZ, O. Y GARCIA, C. 2009. Sustratos combinados para la producción de Magullos de Picus. *Agricultura Orgánica*. 2(5): 37-38.
- MARTINEZ, F.; CALERO, J.; NOGALES, R. y RAVINTE, L. 2002. Manual práctico de Lombricultura. p. 20-32.
- MARTÍNEZ, E. y GARCÍA, M. 2013. Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. Ed. de Horticultura, S. L. España. p. 19 – 40.
- MORENO, V. 2009. La nutrición en cultivos protegidos. Curso de Capacitación. Jagüey Grande. Cuba. 17 p.

- MORENO, V. 2008. Intercambio de conocimientos con especialistas en nutrición en cultivos protegidos. Conferencia Especializada. Jagüey Grande. Cuba.
- MORI, C. 2001. Evaluación agronómica de sustratos para la producción de plántulas de tomate. 7 p.
- NOVA, A. 2009. Equipamiento agrícola y ganadero. *Época*. 2(545): 8.
- PAES, P. 2006. Quienes somos | Site Map | Aviso legal | Contacto | © Spainbonsai all rights reserved - Web design Pedro Paes.
- PEÑA, E. 2009. Cáscara de arroz carbonizada: opción ventajosa en la elaboración de sustrato para la producción de posturas. Instituto de Suelo. Manual de prácticas orgánicas. p. 5-24.
- PEÑA, T. E.; RODRÍGUEZ, A.; CARRIÓN, M. Y GONZÁLEZ, R. 2012. Generalización del Humus de Lombriz en la producción de posturas en Cepellón para la agricultura. Urbana. En Inédito. Archivo INIFAT [en línea]. Disponible en: <http://www.ucf.edu.cu>. [Consulta: septiembre, 22 2017]
- PÉREZ, J.; ARANGUREN, M.; LUZBET, R.; REYNALDO, I. M. y RODRÍGUEZ, J. 2013. Aportes a la producción intensiva de plantas de guayabo (*Psidium guajava* L.) a partir de esquejes en los viveros comerciales. *CitrFut*. 30(2) : 11-16.
- RAMOS, LEUDIYANES, NOEL J. AROZARENA, Y. GARCÍA REYNA, TELO, L. CRESPO, M. RAMÍREZ, J. 2013. Hongos micorrízicos arbusculares, *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium* y FitoMas-E: una alternativa eficaz para la reducción del consumo de fertilizantes minerales en *Psidium guajava*, L. var. Enana Roja cubana. 34 (1): 5-10
- RIVERA, R.; Fernández, K. 2013. Bases científico – técnicas para el manejo de los sistemas agrícolas micorrizados eficientemente. En: Rivera R. y Fernández K. Eds. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: el Caribe. INCA. La Habana. 166 p.

- RIVERA, R. 2001. Efectividad de la simbiosis micorrízica, suministro de nutrientes y nutrición de las plantas. XV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Libro de Resúmenes, Cuba. 45 p.
- RUÍZ, L. 2001. Efectividad de las asociaciones micorrízicas en especies vegetales de raíces y tubérculos en suelos Pardos y Ferralíticos rojos de la Región central de Cuba. La Habana. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. INCA.
- RUSSELL, J; 2014. Las Condiciones del suelo y el Desarrollo de las plantas. Ed. Revolucionaria. La Habana, Cuba. p. 509 – 526.
- SÁNCHEZ, J. 2000. Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y agroecosistemas [en línea]. Disponible en: URL <http://www.actahort.org>. [Consulta: junio, 29 2017].
- SANDÓ, N. 2016. Contribución a la tecnología de cepellones para el cultivo protegido en plántulas de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill) en la provincia de Cienfuegos. La Habana. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Universidad agraria de la Habana.
- SANTANA, Y.; AGUIAR, I.; LEÓN, L.; DEL BUSTO, A. y CRUZ, R. 2016. Comportamiento de las plántulas de tomate en sustratos elaborados a partir de Humus, Turba y Cascarilla de Arroz. Universidad de Pinar del Rio. Cuba. 12 p.
- STATISTICA. 2003. (Data análisis software system), version 6.1. StatSoft, Inc. [www.statsoft](http://www.statsoft).
- STOPPANI, M. T.; y FRANCESCANGELI, N. 2012. Influencia del contenedor en la producción artesanal de platines hortícolas. España. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura, Floricultura. Año XVIII, (216): 755 – 810.
- STRULLU, D. G. 2011. Les mycorrhizes des arbres et plantes cultivées. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris.

- TERRY, E.; PINO, M. A., MEDINA, N. y HIDALGO, L. 2014. Uso de biofertilizantes y bioestimuladores en el cultivo del tomate en época temprana. Seminario Científico del INCA. 65 p.
- TERRY, E.; TERÁN, Z.; MARTÍNEZ, R. y PINO, M. 2002. Biofertilizantes, una alternativa promisorio para la producción hortícola en organopónicos. Cultivos Tropicales. 23(3): 43-46.
- VALDÉS, R. 2001. Conferencia especializada. Papel de las micorrizas como biofertilizante. Universidad Agraria de La Habana. "Fructuoso Rodríguez". Facultad de Ciencias Agrícolas. Cuba.
- VALERO, N. 2007. Determinación del valor fertilizante de microorganismos solubilizadores de fosfato en cultivos de arroz. p. 169-183.
- VELARDE, E. 2012. Producción y Aplicación del Compost orientado a las condiciones de la Agroindustria Azucarera. Ed. La Habana, Cuba. 182 p.
- RUIZ, R.; VARGAS, V.; CETINA, Y. y VILLEGAS, A. 2015. Efecto del Ecomic en el desarrollo radicular de (*Gmelina arborea* Roxb.). Fitotecnia Mexicana. 28(4): 319-326.