



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLÁNTULAS DE TOMATE
(*SOLANUM ESCULENTUM L*) Y ACELGA (*BETA VULGARIS L*
VAR. *CICLA.*), OBTENIDAS SOBRE DIFERENTES
SUSTRATOS.”**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

AUTOR:

Juan Pablo Ñamagua Uyaguari

DIRECTOR:

Ing. Msc. Walter Larriva Coronel.

Cuenca-Ecuador

2010

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mis padres, por todo el apoyo incondicional que han sabido brindarme en todos mis años de estudio, por el ejemplo y las enseñanzas recibidas, pues han sabido guiarme en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanas por el apoyo, el cariño y la paciencia que he recibido de ellas.

A mi país Ecuador.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y por bendecirme con una familia.

A mis padres por el ejemplo y sabiduría impartidos, pues han hecho posible la realización de esta meta, por su esfuerzo diario, por enseñarme que la mejor forma de vivir es haciendo las cosas al máximo, gracias sin ellos no sería nada en este mundo.

A mis hermanas por el apoyo incondicional, por sus ejemplos y enseñanzas.

A mis compañeros porque han hecho que en la vida universitaria me haya encontrado una familia.

Al Ing. Walter Larriva, por el apoyo brindado en este trabajo, por sus consejos, por su amistad.

A la Dra. Concepción Heredia por el esfuerzo y el apoyo invertidos en este trabajo, por las largas horas dedicadas, por sus consejos y enseñanzas, por su amistad.

A los profesores de la UNAH, por las enseñanzas recibidas y por brindarme su amistad.

A los técnicos del laboratorio de suelos del INCA por su ayuda brindada en este trabajo

A mi País.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la influencia de los sustratos orgánicos y orgánicos-minerales en la calidad de plántulas de tomate riñón (*solanum esculentum*) y acelga (*beta vulgaris var. cicla*), obtenidas en bandejas de cepellones. Los materiales utilizados para los sustratos fueron zeolita, suelo ferralítico rojo compactado, humus de lombriz, estos se mezclaron en diferentes proporciones para la composición de los cinco diferentes sustratos. En los resultados obtenidos se observó que los tratamientos de tipo orgánico-mineral fueron los que mejor resultado dieron, pues las plántulas presentaron características que las hacían de mayor calidad, frente a las obtenidas en sustratos minerales.

ABSTRACT

The present study aims to assess the influence of organic substrates and organic minerals on the quality of kidney tomato seedlings (*Solanum esculentum*) and Swiss chard (*Beta vulgaris* var. Cicla), obtained in trays of root balls. The material used as substrates were zeolite Ferralitic compacted red, worm humus. The materials were mixed in different proportions, formulating five different substrates. The results showed that treatment of organic-mineral type yielded best results for seedling. The seedling characteristics were higher compared to those from mineral substrates

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice de Contenidos	vi
INTRODUCCION	1
CAPITULO I: PRODUCCIÓN DE TOMATE Y ACELGA	
1.1 Situación actual del cultivo de tomate riñon en ecuador	3
1.2 Cultivo de tomate	3
1.2.1 Origen y distribución geográfica	3
1.2.2 Clasificación taxonómica	4
1.2.3 Características botánicas	4
1.2.4 Requerimientos edafoclimáticos	5
1.3 Cultivo de acelga	5
1.3.1 Origen y distribución geográfica	5
1.3.2 Clasificación taxonómica	6
1.3.3 Características botánicas	6
1.3.4 Requerimientos edafoclimáticos	6
1.4 La fotosíntesis	7
1.4.1 Pigmentos fotosintéticos	7
CAPITULO II: PRODUCCION DE PLANTULAS	
2.1 Producción y manejo de plántulas en cepellón	10
2.2 Ventajas de la utilización de cepellones.	11

CAPITULO III: SUSTRATOS

3.1 Clasificación de los sustratos	12
3.2 Propiedades de los sustratos artificiales	13
3.3 Componentes de los sustratos	14
3.3.1 Suelos	14
3.3.2 Las zeolitas	15
3.3.4 Abonos orgánicos	17
3.4 La materia orgánica	18
3.4.1 Función de la materia orgánica en el suelo	18
3.4.2 Transformación de la materia orgánica	19
3.4.3 Componentes de la materia orgánica	19
3.4.3.1 El humus	20
3.5 Indicadores de calidad de los abonos orgánicos	21

CAPITULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del sitio experimental	23
4.2. Diseño experimental	23
4.2.2 Tratamientos	23
4.3 Preparación previa de los materiales	25
4.4 Metodología	26
4.4.1 Variedades Utilizadas.	26
4.4.2 Siembra.	26
4.5 Evaluaciones y determinaciones	27
4.6 Análisis bioestadístico	28
4.7 Valorización económica	28

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados del cultivo de tomate.	29
5.1.1 Influencia de los tratamientos sobre el desarrollo de las plántulas	29
5.2 Análisis de los resultados del cultivo de acelga.	32
5.2.1 Influencia de los tratamientos sobre el desarrollo de las plántulas.	32
5.3 Valoración económica.	34
CONCLUSIONES	36
RECOMENDACIONES	37
BIBLIOGRAFIA	38

Iñamagua Uyaguari Juan Pablo
Trabajo de Graduación
Ing. Msc. Walter Larriva Coronel
Septiembre del 2010

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*SOLANUM ESCULENTUM L*) Y ACELGA (*BETA VULGARIS L VAR. CICLA.*), OBTENIDAS SOBRE DIFERENTES SUSTRATOS.”

INTRODUCCIÓN:

La producción de plántulas a nivel mundial es una actividad que ha venido especializándose y tecnificándose en los últimos años, pues es esta la base y el comienzo para los productores. Durante muchos años el principal problema de la producción de plántulas ha sido la calidad de las mismas que mucho depende de la tecnología utilizada (raíz desnuda o cepellón) y de la composición del sustrato.

Según Huerres, (1997) la producción de plántulas de hortalizas en cepellones es la tecnología que actualmente se emplea en muchos países para la producción de plántulas, ya que presenta las siguientes ventajas:

- No se producen daños en las raíces de las plantas al trasplantarse.
- La planta no sufre estrés o choque con el nuevo medioambiente donde se va a desarrollar.
- Se reducen las pérdidas en el trasplante.
- Más eficiente uso de semillas de variedades e híbridos costosos.
- Fácil control de plagas, enfermedades y malezas.
- Precocidad y mayor uniformidad de la producción.
- Posibilita aumentar el número de plantas por m².

Los cepellones se producen en bandejas flexibles o rígidas, divididas en alvéolos de diferentes dimensiones y características de acuerdo con el cultivo.

Los sustratos son la base fundamental de la producción de plántulas ya que de ellos depende el desarrollo de la planta, pues su composición influye directamente en la calidad de la plántula. En Cuba, Casanova, et al. (2003) expresaron que la calidad del sustrato elegido es el principal factor de éxito de la producción de plántulas de hortalizas en cepellones. Estos autores señalan además, que el humus de lombriz es el sustrato orgánico más utilizado en Cuba, para la producción de plántulas en cepellones, por sus cualidades físico-químicas, sanidad y estabilidad.

Actualmente en la producción de plántulas en Cuba se utilizan sustratos orgánico-minerales a base de diferentes fuentes orgánicas mezcladas con zeolita.

Según se expone en el Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponía Semiprotégida (2007) la zeolita es un mineral no metálico activo que puede retener muchos nutrientes. Presenta una reacción alcalina y gran cantidad de calcio, potasio y otros elementos. La zeolita además de las propiedades químicas mencionadas, favorece grandemente el mantenimiento de buenas propiedades físicas, tales como abundante aireación y capacidad de retener agua.

En base este análisis se desarrolló el presente trabajo que tiene como propósito demostrar la eficiencia del sistema de producción de plántulas en cepellones comparando la composición del sustrato.

CAPITULO 1

PRODUCCION DE TOMATE Y ACELGA

1.1 Situación actual del cultivo de tomate riñón en Ecuador.

Según el III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO realizado por el INEC en el 2001 en el Ecuador existen 3054 hectáreas distribuidas en 7772 UPAs destinadas únicamente al cultivo de tomate riñón, mientras que también existen 279 hectáreas, distribuidas en 389 UPAs en las que el cultivo de tomate de riñón se encuentra asociado con otros cultivos, estas cifras nos demuestran la gran importancia que tiene este cultivo en la población ecuatoriana, pues su consumo es muy frecuente y es un ingrediente básico de la dieta ecuatoriana.

1.2 Cultivo de tomate:

1.2.1 Origen y distribución geográfica

Es una fruta nativa de las Américas, inicialmente cultivada por los Aztecas e Incas desde el año 700 A.C. Los europeos la conocieron cuando los conquistadores llegaron a México y Centroamérica en el siglo XVI; las semillas fueron llevadas a Europa y favorablemente aceptadas en los países mediterráneos. Se consume en fresco principalmente en ensaladas, cocido o frito, también es de gran importancia en la industria conservera.

Como hortaliza, su importancia se debe a los compuestos químicos de alto valor nutritivo que el fruto contiene tales como: azúcares, nitrógeno y vitaminas).

(Serini, 1986)

1.2.2 Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal
División: Antofita
Clase: Dicotiledónea
Subclase: Metaclamídea
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae.
Género: Lycopersicum
Subgénero: esculentum
Especie: Solanum lycopersicum
Nombre común: tomate de mesa, tomate riñón.

1.2.3 Características botánicas

El tomate es una planta perenne, de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semirrecta o erecta. Existen variedades de crecimiento determinado y otras variedades de crecimiento indeterminado.

Sistema Radical: Tiene una raíz principal, que se encuentra hasta 60-70 cm de profundidad, forma con gran facilidad raíces adventicias.

Tallo principal: Es cilíndrico cuando la planta es joven, pero anguloso a medida que envejece, con finas vellosidades y ramifica abundantemente. En la intersección del tallo con la hoja se forman yemas que dan lugar a los brotes, estas yemas pueden ser determinadas o indeterminadas

Hojas: Son pseudocompuestas, formadas por más de 9 folíolos, que se sitúan de forma alterna y opuesta en el tallo, su color es verde intenso.

Flor: La inflorescencia es cimosa, las flores son hermafroditas, formadas por 6 sépalos, 6 pétalos amarillos unidos en su base y 6 estambres. La fecundación cruzada es poco frecuente.

Fruto: El fruto es una baya de color rojo, que puede tener diferentes formas y tamaños, esto depende de las variedades y semillas. (Huerrez, 1997)

1.2.4 Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura: La temperatura ideal para el cultivo de tomate oscila entre 21-26°C durante el día y 17-22°C durante la noche. La temperatura ideal para la germinación está entre 15.5 a 29.5°C, con máximo de 35°C y mínimo de 10°C el crecimiento de las plántulas se detiene a 10°C promedio y una prolongada exposición de estas a 10°C o superiores a 35°C puede ocasionarles la muerte.

Humedad: La humedad relativa óptima oscila entre un 50-60%; mientras que una excesiva humedad produce una mala fecundación de las flores al aglutinar el polen y un aumento en la incidencia de enfermedades criptogámicas. Los desequilibrios en los riegos pueden dar lugar a la podredumbre apical del fruto y al agrietamiento de los frutos por parte del pedúnculo.

Luminosidad: Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta.

Suelo: Se recomienda suelos profundos, de textura suelta o ligeramente arcillosa, arenarcillosa, con abundante materia orgánica en avanzado estado de humificación. La planta de tomate es muy resistente a la salinidad del suelo y de las aguas de riego.

El pH más favorable para el desarrollo del tomate debe estar cerca de la neutralidad, aunque el valor óptimo en el que se desarrolla el cultivo oscila entre 5.5 y 7.5. (Suquilanda, 2003)

1.3 Cultivo de acelga

1.3.1 Origen y distribución geográfica

Los primeros informes que se tienen de esta hortaliza la ubican en la región del Mediterráneo y en las Islas Canarias (Vavilov, 1951). Aristóteles hace mención de la acelga en el siglo IV a.C.

La acelga ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana durante mucho tiempo. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/acelga.htm>)

1.3.2 Clasificación taxonómica

Familia: *Quenopodiaceae*.

Especie: *Beta vulgaris* L. var. *cicla* (L.).

1.3.3 Características botánicas

La acelga es una planta bianual y de ciclo largo que no forma raíz o fruto comestible.

Sistema radical: la raíz es bastante profunda y fibrosa.

Hojas: Constituyen la parte comestible y son grandes de forma oval hasta acorazonada; tiene un pecíolo o penca ancha y larga, que se prolonga en el limbo; el color varía, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro. Los pecíolos pueden ser de color crema o blancos.

Flores: Para que se presente la floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos.

Fruto: las semillas son muy pequeñas y están encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla (realmente es un fruto), el que contiene de 3 a 4 semillas. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/acelga.htm>)

1.3.4 Requerimientos edafoclimáticos

Temperatura: La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias; le perjudica bastante los cambios bruscos de temperatura.

En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27 a 33° C, con un medio óptimo entre 15 y 25° C. Las temperaturas de germinación están entre 5°C de mínima y 30 a 35°C de máxima, con un óptimo entre 18 y 22°C

Luminosidad: No requiere excesiva luz. Las temperaturas altas con luminosidad elevada son perjudiciales para su desarrollo. Tolera una humedad relativa 60 y 90% en cultivos en. Invernadero: En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrolla

bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne debido a la ausencia de invierno marcado en estas regiones.

Suelo: La acelga necesita suelos de consistencia media; vegeta mejor cuando la textura es arcillosa. Requiere suelos profundos, permeables, con gran poder de absorción y ricos en materia orgánica en estado de humificación. Es un cultivo que soporta muy bien la salinidad del suelo, resistiendo bien a cloruros y sulfatos, pero no tanto al carbonato sódico. Requiere suelos algo alcalinos, con un pH óptimo de 7,2; vegetando en buenas condiciones en los comprendidos entre 5,5 y 8; no tolerando los suelos ácidos. (<http://www.infoagro.com/hortalizas/acelga.htm>)

1.4 La fotosíntesis:

Más del 90% del peso seco de una planta está constituido por las distintas sustancias orgánicas que forman sus estructuras celulares o regulan su metabolismo.

Aunque los procesos bioquímicos que dan lugar a esta variedad de compuestos son muy diversos, las cadenas carbonadas iniciales las proporciona la fotosíntesis.

En las plantas superiores la fotosíntesis tiene lugar en los cloroplastos, orgánulos presentes sobre todo en las células del mesófilo y de la periferia de los tallos herbáceos.

La fotosíntesis es en esencia un proceso de oxidación-reducción, en el que el carbono del CO₂ se reduce a carbono orgánico. (Karp, 2005).

1.4.1 Pigmentos fotosintéticos

Los pigmentos fotosintéticos son sustancias que absorben luz; algunos absorben luz de todas las longitudes de onda y, por lo tanto, parecen negros. Otros, solamente absorben ciertas longitudes de onda, transmitiendo o reflejando las longitudes de onda que no absorben. (Pérez y Martínez, 1994)

La clorofila, el pigmento que hace que las hojas se vean verdes, absorbe luz en las longitudes de onda del violeta y del azul y también en el rojo. Dado que refleja la luz verde, parece verde.

Cuando un pigmento absorbe un fotón, un electrón de la molécula de pigmento es lanzado a un nivel energético más alto; se dice entonces que está excitado. Este estado de excitación puede mantenerse sólo por períodos muy cortos de tiempo, de

aproximadamente una millonésima de segundo o aun menos; la energía de excitación, puede disiparse como calor; también puede reemitirse inmediatamente como energía lumínica de mayor longitud de onda, o puede provocar una reacción química, como sucede en la fotosíntesis, lo cual depende no sólo de la estructura del pigmento dado, sino también de su relación con las moléculas vecinas. (Pérez y Martínez, 1994)

Clorofilas:

Las Clorofilas son compuestos del tipo tetrapirrol, al mismo grupo pertenecen las ficocianinas y las ficoeritrinas (pigmentos accesorios en algas azules y rojas).

Clorofila a:

En las plantas, la clorofila a es el pigmento involucrado directamente en la transformación de la energía lumínica en energía química.

La clorofila b:

Puede absorber luz de longitudes de onda diferentes de las que absorbe la clorofila a. Este pigmento actúa como pantalla que transfiere la energía a la clorofila a, extendiendo así la gama de luz disponible para la fotosíntesis. La clorofila puede convertir energía lumínica en energía química solamente cuando está asociada con ciertas proteínas e incluida en una membrana especializada, y sin embargo, sólo una fracción muy pequeña de la luz dentro del espectro visible que incide en las hojas de las plantas es finalmente transformada en energía química.

Clorofila c:

La cual se puede hallar en algas pardas pero es una clorofilina a la cual le falta la cola de fitol y los átomos de hidrogeno en las posiciones 7 y 8 en el anillo IV.

La clorofila d:

Ha sido encontrada en las algas rojas mientras que la bacterioclorofila es el pigmento típico de las bacterias fototrópicas.

CAPITULO II

PRODUCCION DE PLANTULAS

Las formas de cultivo en los viveros son variadas dependiendo de las especies y de las técnicas desarrolladas en cada uno de ellos, en función, de las características y disponibilidad de medios materiales y humanos de cada vivero.

Los sistemas de siembra mas utilizados son:

- **En suelo o semilleros:** Son plantaciones realizadas en el suelo del vivero, los semilleros pueden ser parcelas convenientemente situadas donde se realizaran las siembras. Tienen que estar bien orientadas con buena ventilación.
- **Contenedores o cepellones:** Son bandejas de material plástico que disponen de varios alvéolos donde se cultiva la planta. Se pueden dividir en dos grupos, bandejas de un solo uso y bandejas reutilizables, existiendo gran variedad de modelos de ambos tipos, pudiendo variar el número de alvéolos, la altura, el tamaño, etc. La característica principal de ambos, es que impiden la espiralización de la raíz y que provocan el autorrepicado de la misma (envases autorrepicantes y antiespiralizantes).
- **Macetas:** Se utilizan para plantas de más de un año, su tamaño varía en función del tamaño de la planta que se desea obtener. En la actualidad el material empleado para su fabricación es el plástico, que ha sustituido al barro debido fundamentalmente a su menor peso y su mayor resistencia. (<http://aym.juntaex.es/home>)

2.1 Producción y manejo de plántulas en cepellón

Esta técnica surgió como una alternativa para incrementar la productividad de los canteros en un ciclo anual, disminuyendo el tiempo que se mantienen ocupados los canteros por cada cultivo, este método de producción de plántulas nos permite un ahorro del 25-50% del tiempo de ocupación de los canteros.

En el mundo se ha ido imponiendo el trasplante de plántulas con cepellón producidas en distintos tipos de contenedores o bandejas. Esta técnica permite incrementar la densidad de plántulas ya que mejora la relación semillas utilizadas: plántulas obtenidas, consiguiendo ahorro de tiempo y espacio en el semillero. De esta manera, la producción de plántulas hortícolas se ha convertido en una empresa a gran escala, altamente calificada y de crecimiento económico importante (Fernández, 1997; Rodríguez, 1995).

Sin embargo, Normann, (1993) señala al respecto que, como contrapartida, estas plántulas requieren cuidados culturales más intensos ya que las condiciones de crecimiento de las raíces son alteradas debido a que:

- El pequeño volumen del recipiente limita la expansión de las raíces, ocasionando elevadas densidades de las mismas y, como consecuencia, se hace necesario un mayor suministro de oxígeno
- Las paredes del recipiente no permiten el contacto de la planta con fuentes naturales de agua, causando su dependencia del riego
- La alta frecuencia del riego puede provocar el lavado de los nutrientes disponibles
- Cuanto menor es la altura del recipiente mayor es la dificultad para el drenaje

Estos problemas pueden ser controlados con una correcta selección de los materiales a ser utilizados como medio de cultivo o sustrato hortícola.

2.2 Ventajas de la utilización de cepellones.

Entre las ventajas más destacadas tenemos las siguientes:

- Maximizar el ahorro de semillas
- Reducción de pérdidas en el trasplante
- Mayor uniformidad vegetativa
- Facilita que las plántulas superen la crisis del trasplante
- Mayor número de plántulas por superficie y por año.
- Mayor precocidad y uniformidad de la producción
- Mínimo riesgo de enfermedades en raíces y cuellos de las plantas
- Mayor productividad laboral.

(ACTAF, 2007)

Además con la utilización de cepellones se evita los retrasos en el cultivo, fallos por falta de arraigo y evita la paralización de la planta en el repicado, siendo esta trasplantada sin roturas en el sistema radicular. (TURON J., YUSTE M.)

CAPITULO III

SUSTRATOS

Se define como sustrato a todo material sólido, distinto del suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico que al ser colocado en el sitio de cultivo en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radicular y puede o no intervenir en la nutrición de la planta.

La calidad del sustrato define en primer lugar, que la planta pueda expresar su potencial productivo, en condiciones climáticas propicias al mayor nivel posible. (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 2007)

En el caso de los organopónicos el sustrato debe poseer características que no caben en la definición anterior por ello se define en organopónicos al sustrato como: “a cualquier material mineral u orgánico o la mezcla de materiales orgánicos capaces de brindar todos los nutrientes necesarios para un óptimo desarrollo de las plantas y para que ellas puedan expresar todo su potencial productivo.” (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 2007)

3.1 Clasificación de los sustratos

Los sustratos se subdividen en orgánicos e inorgánicos. Los primeros suelen estar principalmente constituidos por turba o algún tipo de resto vegetal y presentan su propia dinámica, puesto que al ser orgánicos, tienden a mineralizarse. Los segundos están constituidos por diversos materiales inorgánicos inertes y suelen ser el producto o el subproducto de algún tipo de industria.

Sustratos orgánicos

Son los que proceden de material orgánico vegetal, mas o menos humificados. La mas conocida y estudiada es la turba, pero actualmente se utilizan con un cierto éxito algunos restos de coníferas como las cortezas y las agujas de pinos.

Debido a que cualquier sustrato orgánico se humifica, como la materia orgánica en el suelo, y que en su mineralización desprende iones fertilizantes, es importante conocer su composición química para tenerla presente a la hora de los cálculos de fertilizantes.

Sustratos inorgánicos (inertes)

Suelen ser aquellos utilizados para el cultivo hidropónico en invernadero, puesto que en hidroponía se trabaja con soluciones nutritivas al sustrato se le exige que sea químicamente inactivo, es decir que no aporte ni adsorba ningún elemento. Además debe ser biológicamente inerte, no debe contener plagas ni enfermedades, puesto que podría aportar al cultivo enfermedades latentes. (TURON J., YUSTE M.)

3.2 Propiedades de los sustratos artificiales

Propiedades físicas de los sustratos:

La densidad aparente debe ser baja, teniendo en cuenta el anclaje de las plantas y el manejo y la manipulación para la transportación. Se considera como rango óptimo los valores entre 100 y 800 gramos por litro (Ballester - Olmos, 1992).

Granulometría: mucho más gruesa que un suelo, lo que facilita la aireación aunque esto disminuye la retención de agua. Por ello, al hacer una mezcla a base de sustancias orgánicas y minerales, hay que tratar de buscar el equilibrio entre retención de agua y aireación.

Propiedades químicas de los sustratos:

Según el pH del sustrato estarán disponibles en mayor o menor medida los iones de unos u otros minerales.

El pH de un sustrato debe estar alrededor de 6,5, ya que permite la máxima disponibilidad de nutrientes.

El sustrato ideal debe tener nutrientes en forma asimilable para la planta (nitrógeno, potasio, fósforo, azufre, calcio, magnesio y hierro entre los macro elementos y cobre, cinc, sodio, manganeso, boro, cloro y molibdeno entre los micro elementos). Estos nutrientes, sobre todo el N, P y K, deben ser aportados mediante abonos ya que las

necesidades de la planta son grandes y el espacio con sustrato de una maceta, es pequeño.

Propiedades biológicas de los sustratos

Todos los sustratos orgánicos, incluso los relativamente estables, son susceptibles a la degradación biológica continua, viéndose favorecida esta situación por las condiciones ambientales que prevalecen en los invernaderos.

La población microbiana es la responsable de dicho proceso, pudiendo resultar finalmente su actividad biológica en deficiencias de oxígeno y de nitrógeno, liberación de sustancias fitotóxicas y contracción del sustrato. Así pues, la descomposición de la materia orgánica en los medios de cultivo, considerada de modo global, es desfavorable desde el punto de vista hortícola (Raviv, Chen e Inbar, 1986).

Muchos de los efectos biológicos de los sustratos orgánicos son directamente atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos, que son los productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Una gran variedad de funciones vegetales, tanto a nivel de células como de órganos, son afectadas positivamente por estos ácidos (Viser, 1986; Chen y Stevenson, 1986).

3.3 Componentes de los sustratos

3.3.1 Suelos

El suelo como factor productivo

El papel del suelo como factor productivo se manifiesta como:

- Los componentes inorgánicos del suelo sirven de sustancia nutritiva para las plantas superiores
- El suelo almacena el agua necesaria para las plantas superiores.
- Los microorganismos existentes en el suelo son los que desintegran las partes vegetales muertas y las demás sustancias orgánicas que se incorporan al suelo. gracias a su funcionamiento las sustancias vegetales en las materias orgánicas van a estar disponibles de nuevo para las plantas superiores.

Factores que influyen en la capacidad productiva de los suelos

Los factores que influyen en la capacidad productiva de los suelos pueden clasificarse en tres grupos: energéticos, materiales y biológicos.

- Factores energéticos: el contenido de energía y la capacidad de adsorción de luz son las más importantes. si se cambia el color de los suelos se varía la capacidad de adsorción de foto energía.
- Factores materiales: el contenido de agua y de sustancias nutritivas
- Factores biológicos: presencia de microorganismos en el suelo.

(INRA, 1975)

3.3.2 Las zeolitas

El término zeolita fue utilizado inicialmente para designar a una familia de minerales naturales que presentaban como propiedades particulares el intercambio de iones y la desorción reversible de agua, por esta propiedad se dio el nombre de zeolita, que deriva de los vocablos griegos *zeo*: que ebulle y *lithos*: piedra. El mineralogista sueco Cronsted descubrió en 1756 las zeolitas naturales. (Giannetto, G. Montes, A. Rodríguez, G. 2000)

En 1963 apareció una definición histórica de zeolita aportada por Smith: “zeolita es un alumino-silicato con una estructura que contiene cavidades ocupadas por iones y moléculas de agua, las cuales tienen gran libertad de movimiento, de tal modo que posibilita el intercambio iónico y la deshidratación reversible”. (Giannetto, G. Montes, A. Rodríguez, G. 2000)

Propiedades de las zeolitas

Las tres propiedades de las zeolitas que sobresalen para su uso en la agricultura son las siguientes:

- Capacidad y selectividad al intercambio iónico
- La modificación de la granulometría del suelo por la presencia de la partícula de zeolita
- La adsorción de agua.

Usos de las zeolitas

La zeolita tiene varios usos:

- La agricultura
- La acuicultura
- La alimentación de ganado
- Como intercambiador iónico
- Como catalizador en la industria química

Agricultura: Se utiliza como fertilizante; permiten que las plantas crezcan más rápido, pues les facilita la fotosíntesis y las hace más frondosas.

Acuicultura: Se utiliza para favorecer el aumento de peso en algunos peces, aunque el exceso puede ser mortal.

Alimentación de ganados: En la actualidad se utiliza como suplemento alimenticio para el ganado, la zeolita que permite esto es la clinoptilolita.

Como intercambio iónico: Se utiliza para ablandar aguas pesadas residuales.

Como catalizador en la industria química: muy importante para muchos procesos de la petroquímica. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Zeolites>)

Tipos de zeolitas

Existen varios tipos de zeolita, nueve principales, y que surgen en las rocas sedimentarias:

- Chabazita
- Clinoptilolita
- Erionita
- Mordenita
- Estilbita
- Ferrierita
- Filipita
- Huelandita
- Laumantita

Estas zeolitas se encuentran constituidas por aluminio, silicio, hidrógeno, oxígeno, y un número variable de moléculas de agua. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Zeolites>)

Beneficios en el sustrato

El uso de zeolita en la etapa de semillero garantiza más del 95% de supervivencia y la reducción de esta etapa entre 3.5 días, obteniéndose plantas más vigorosas y sanas.

El empleo de tecnología de zeopónicos aumenta la eficiencia del fertirriego entre un 25 al 50% después del segundo ciclo del cultivo de tomate.

Aumenta la economía del agua en más de un 25%.

(Febles Jorge. 2006)

3.3.4 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son productos naturales resultantes de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 2007)

El humus de lombriz

Es un material rico en materia orgánica y sales minerales fácilmente absorbidas por las plantas, es un producto orgánico estable, uniforme de coloración oscura, semejante al polvo de café. Es un auténtico fertilizante biológico que actúa como un mejorador del suelo, mejorando su productividad. (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 2007)

El humus de lombriz influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de las plantas, durante el trasplante previene las enfermedades y evita el trauma por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad (Agricultura Orgánica, 2007)

Ventajas y beneficios del humus de lombriz

- es un fertilizante biológico que actúa mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

- protege a las plantas, aumentando sus defensas por el aporte que hace equilibrado de vitaminas fitoreguladoras naturales, auxinas, enzimas, macro y microelementos, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. (Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 2007)

3.4 La materia orgánica

En los ecosistemas naturales, la materia orgánica está formada por mezcla de microorganismos (biomasa microbiana) y restos de vegetales y animales, en diferente grado de descomposición. En los agrosistemas el agricultor incorpora otras materias de diferente origen y composición que se suman a las anteriores. (Urbano, 2002)

3.4.1 Función de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica influye en el suelo dotándolo de funciones características que sin ella no tendría estas características son las utilizadas en agricultura para corregir defectos básicos que se presentan puntualmente en los suelos. Entre los defectos más destacados podemos citar la incapacidad de los suelos arenosos para retener agua y nutrientes, la sobresaturación de agua de los suelos muy arcillosos y su compacidad, etc. Las características más importantes que la materia orgánica imprime en el suelo son las siguientes:

- El color oscuro de la materia orgánica favorece que la temperatura del suelo sea mayor a la normal.
- La materia orgánica puede retener hasta 2° veces su peso en agua.
- La materia orgánica amortigua el pH del suelo. Establece una uniformidad ácido-básica en el medio.
- La materia orgánica incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo.
- Mineralización.

- Combinación con moléculas orgánicas: influye en la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de los plaguicidas. (Turón, J. Pérez M. 1997)

3.4.2 Transformación de la materia orgánica

La materia orgánica fresca del sistema suelo va a experimentar en una primera fase una simplificación por vía biológica hasta los componentes elementales de sus constituyentes básicos (proteínas, hidratos de carbono, ácidos orgánicos complejos, etc.). Una parte de estos componentes será sometida por acción microbiana a un proceso de mineralización, pasando de compuestos orgánicos a formas inorgánicas simples que pueden ser de dos tipos:

- Solubles como: fosfatos, sulfatos, nitratos.
- Compuestos gaseosos: CO₂ y NH₄.
- La fracción que no se mineraliza, a través del proceso de humificación va a formar parte de complejas reacciones bioquímicas de resíntesis y polimerización, transformándose y dando lugar a nuevos compuestos llamados sustancias húmicas.

3.4.3 Componentes de la materia orgánica

La materia orgánica está compuesta por:

- **Materiales inalterados:** componentes frescos y no transformados de restos más antiguos.
- **Productos transformados (humus):** No tienen semejanza morfológica con las estructuras de las cuales derivan. Estos componentes transformados son referidos como los productos del proceso de humificación.
- **Sustancias húmicas:** una serie de sustancias de relativamente alto peso molecular, de color marrón a negro formadas por reacciones de síntesis secundarias. El término es usado como un nombre genérico para describir el

material coloreado o sus fracciones obtenidas en base a sus características de solubilidad: Ácidos húmicos, Ácidos fúlvicos, Huminas.

- **Sustancias no húmicas:** compuestos pertenecientes a clases conocidas de bioquímica, tales como: Carbohidratos, Lípidos y Aminoácidos.

(<http://www.manualdelombricultura.com>)

3.4.3.1 El humus

Son sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, alto peso molecular, naturaleza coloidal, muy resistentes al ataque por los microorganismos del suelo y con propiedades ácidas.

Es la fracción humificada de la materia orgánica del suelo, esta fracción, es sumamente más compleja e incluye los productos de descomposición avanzada de los restos orgánicos y los productos sintetizados por los microorganismos, es transformada la mayoría de las veces por vía biológica y presenta una naturaleza coloidal que le da unas propiedades características.

Las sustancias húmicas

La forma más común y aceptada de caracterización de las sustancias húmicas se base en la distinta solubilidad en función del pH que presentan las distintas fracciones de las que dichas sustancias están formadas.

El humus se puede fraccionar empleando extracciones químicas simples como sigue:

Humina: Es la fracción insoluble a pH básico o alcalino. Esa distinta solubilidad viene dada por su composición y estructura química.

Básicamente podemos decir que los ácidos húmicos son macromoléculas más grandes que los fúlvicos, que presentan mayor contenido en carbono y de nitrógeno y que los ácidos fúlvicos presentan un mayor porcentaje de oxígeno en sus estructuras que los ácidos húmicos.

Ácidos húmicos: Son las sustancias que no son solubles. Su peso mayor conduce a una serie de propiedades relacionadas con el estado coloidal muy diferentes a las de los ácidos fúlvicos como son: mayor poder de intercambio catiónico y mayor poder de retención de agua.

Ácidos fúlvicos: Posee un mayor contenido en oxígeno lo que lleva a que su acidez sea mayor y que presenten mayor capacidad de retención de metales. (<http://www.manualdelombricultura.com/wwwboard/losmejores.html>)

Funciones de las sustancias húmicas

Sobre el suelo:

- Aporte de nutrientes minerales a las raíces.
- Mejora de la estructura del suelo.
- Aumento de la actividad microbiana del suelo.
- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de la capacidad tamponante del suelo a nivel de pH.
- Formación de complejos estables con cationes polivalentes y aumento así de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas.
- Aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadores de nutrientes.
- Facilitar el calentamiento del suelo debido a que lo oscurecen
- Afectan a la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de plaguicidas por combinarse con ellos.

Pero debemos tener en cuenta que para conseguir estas propiedades debemos aportar grandes cantidades de materia orgánica y de buena calidad.

Sobre la planta

Las sustancias húmicas presentan efectos fisiológicos en la planta. Esto implica que la planta absorbe dichas sustancias. Los ácidos húmicos se desplazan a la parte aérea en menor cantidad que los fúlvicos siendo estos últimos los que la planta absorbe mejor.

Las sustancias húmicas ejercen un efecto favorable sobre la toma y contenido de nutrientes. Para algunos elementos como el cloro, la adición de sustancias húmicas tiene efectos inhibidores por lo que puede contrarrestar los síntomas de salinidad. Pueden influir directamente en la toma de micronutrientes debido a su capacidad de formar complejos con determinados cationes como hierro, manganeso, Zinc, etc. Aumentan la solubilidad del hierro en la disolución del suelo y mejoran su traslocación en el interior de la planta. Aumentan el crecimiento radicular y la formación de raíces secundarias. (<http://www.cannarias.com/foros/newreply.php?do=newreply&p=16332>)

3.5 Indicadores de calidad de los abonos orgánicos

Relación carbono- nitrógeno

Esta relación indica la fracción de carbono orgánico frente a la de nitrógeno.

Prácticamente la totalidad del nitrógeno orgánico presente en un residuo orgánico es biodegradable y, por tanto disponible.

Con el carbono orgánico ocurre lo contrario ya que una gran parte se engloba en compuestos no biodegradables que impiden su disponibilidad en la agricultura.

El rango óptimo en los residuos orgánicos para un correcto compostaje se encuentra entre 20 y 50 a 1. Los excesos de cualquiera de los dos componentes conllevan a una situación de carencia. Si el residuo de partida es rico en carbono y pobre en nitrógeno, la fermentación será lenta, las temperaturas no serán altas y el carbono se perderá en forma de dióxido de carbono. Para el caso contrario, en altas concentraciones relativas de nitrógeno, éste se transformará en amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica. (<http://www.estrucplan.com.ar/Articulos?IDArticulo=433>)

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del ensayo

El experimento se montó en condiciones semicontroladas, en el umbráculo de Biotecnología, con el objetivo de evaluar el desarrollo de las plantas en los diferentes sustratos.

Este sitio está localizado en el área central de la Universidad Agraria de La Habana (UNAH) “Fructuoso Rodríguez Pérez”, ubicado en el Km. 3½ de la carretera a Tapaste, Municipio San José de Las Lajas, Provincia La Habana, Cuba, situada en los 23° 00' 00" latitud Norte y 32° 12' 00" longitud Oeste a 138 m.s.n.m. (Academia de Ciencias de Cuba, 1979).

Con una temperatura promedio de 19.1 °C, una humedad relativa del 80% y una precipitación entre 1400 y 1600 mm/año. (Peña, 2004)

4.2. Diseño experimental

Se desarrollaron dos experimentos con las especies hortícolas de tomate y acelga, en cada uno los cuales se utilizó un Diseño Experimental Completamente Aleatorizado, (DCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones.

4.2.2 Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la conformación de 5 diferentes sustratos a base de capa vegetal (tomada de 0 a 0,20 m) de suelo Ferralítico Rojo compactado, humus de lombriz y zeolita cubana (Mordenita y Clinoptilolita 50 % respectivamente), mezclados en diferentes proporciones.

Tratamientos

1. Humus 75 % + Capa vegetal 25 %
2. Humus 33% + Capa vegetal 33 % + Zeolita 33 %
3. Humus 40 % + Capa vegetal 40 % + Zeolita 20 %
4. Humus 14 % + 86 % de capa vegetal
5. Humus 100 % (Testigo)

En el caso de la acelga se optó por definir como testigo el tratamiento de Humus 14 % + 86 % de capa vegetal

Tabla 1: Propiedades químicas de los sustratos

Sustratos	Na	K	Ca	Mg	Ca/Mg	P	MO	pH
	Cmol.kg ⁻¹					ppm	%	
T1	2,82	1,12	32,1	11	2,83	913	19,2	7,0
T2	1,20	6,64	19	10,8	1,75	1498	21,6	6,9
T3	1,35	7,16	20,3	9,7	2,09	1760	21,6	6,8
T4	1,43	5,8	19,5	10,5	1,85	1193	20,4	6,9
Tratamiento 5 (Humus 100 %)								
Na	K	Ca	Mg	P	MO	N	pH	
%								
0,1	0,9	9,7	0,85	0,83	50,3	2,10	7,1	

(Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la UNAH) (Heredia C; Autor)

Se realizaron los cálculos correspondientes tomando como base la densidad de los diferentes componentes.

- D del humus = 0,73 Mg.kg⁻¹
- Da del suelo = 1,19 Mg.kg⁻¹
- D de la zeolita = 1,5 Mg.kg⁻¹

4.3 Preparación previa de los materiales

- Se procedió a recolectar la capa vegetal, luego se sometió a un proceso de secado al aire, una vez eliminado el exceso de humedad del suelo se procedió a tamizarlo (1mm) para mezclarlo con los demás componentes del sustrato.
- El humus fue secado al aire y luego se lo tamizó a 2mm.
- La zeolita utilizada tuvo un diámetro de 3 a 6mm.

Las mezclas de los materiales se realizaron manualmente.

Propiedades Químicas y fisicoquímicas de los componentes del sustrato.

En las tablas 2, 3 y 4 se muestran los análisis químicos y fisicoquímicos de los componentes y de cada sustrato.

Tabla 2: Propiedades químicas del suelo Ferralítico Rojo compactado

Na	K	Ca	Mg	Ca/Mg	P	MO	pH
Cmol.kg ⁻¹					ppm	%	
0,04	0,24	7,2	4,5	1,6	148	320	6.9

(Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la UNAH) (Heredia C; Autor)

Tabla 3: Propiedades químicas del humus de lombriz

Na	K	Ca	Mg	P	MO	N	pH
%							
0,1	0,9	9,7	0,85	0,83	50,3	2,10	7,1

(Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la UNAH) (Heredia C; Autor)

Tabla 4: Análisis químico de las zeolitas

Especie química	Valor Promedio	Rango	Relacion NH ₄ /K ⁺
NH ₄ ⁺	35.55	24.5-43.0	3.0
K ⁺	11.48	11.2-12.2	
Na ⁺	15.85	15.8-17.2	
Ca ⁺⁺	101.25	95.8-101.0	
Mg ⁺⁺	2.50	2.2-3.37	
Mg en 100gr P ₂ O ₅	180.5		

(Análisis realizado en el laboratorio de suelos de la UNAH) (Heredia C; Autor)

4.4 Metodología

Las actividades y el material vegetal utilizado realizadas se detallan a continuación.

4.4.1 Variedades Utilizadas.

La variedad de tomate utilizada fue Amalia, es una variedad de crecimiento determinado, la cual fue obtenida en el Instituto Nacional de Ciencia Agrícola (INCA).

La variedad de acelga utilizada fue Pak Choi.

4.4.2 Siembra.

Antes de la siembra se sumergió el lote de semillas en agua por 24 horas, este procedimiento se lo realizó para romper la dormancia de las semillas y activar su capacidad germinativa.

La siembra de tomate se realizó el día 12 de noviembre, en cepellones que contenían 40 alvéolos, en los cuales se colocaron 5 tratamientos con sus repeticiones.

Las bandejas utilizadas tenían alvéolos circulares de 9cm de alto y 4,15cm de radio, los alvéolos tenían un volumen de 117,34cm³ de capacidad. En los ensayos se utilizaron bandejas con 100 alvéolos

La siembra del semillero de acelga se realizó el día 1° de diciembre de 2008. Las semillas de acelga recibieron dos horas de remojo en agua.

Este experimento se desarrolló en dos bandejas de 70 alvéolos cada una con tratamientos idénticos al tomate, con excepción del testigo. Se hicieron cuatro repeticiones por tratamiento.

Las bandejas utilizadas tenían alvéolos de 5 cm de alto, 5 cm de ancho y 5 cm de profundidad.

4.5 Evaluaciones y determinaciones

A los 25 días de germinadas las semillas de tomate se evaluaron 3 plantas por tratamiento. En tanto que las plántulas de acelga se evaluaron a los 18 días de sembradas, utilizándose 40 plantas por tratamiento.

Para evaluar el efecto de los tratamientos en el desarrollo de las plántulas de tomate y acelga se realizaron las siguientes evaluaciones y determinaciones:

Longitud del tallo: En las plántulas de tomate se procedió a medir con una regla graduada en cm desde el cuello de la raíz hasta la zona de nacimiento de las últimas hojas.

En el caso de la acelga se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja.

Diámetro del tallo: se utilizó un pie de rey graduado en mm y se hizo la medición en el espacio comprendido entre las hojas cotiledonales y las primeras hojas verdaderas.

Área foliar: Obtenidos en papel milimetrado el contorno de los folíolos por planta (3 por repetición), correspondientes a los diferentes tratamientos, se procedió a contar la superficie total obtenida y se expresó en dm^2 .

Peso fresco: Se utilizó una balanza electrónica con precisión de 0,01 gr.

Peso seco: Las plantas fueron secadas en estufa digital de circulación forzada, a una temperatura de 60°C hasta peso constante.

Pigmentos: Se procedió a la extracción de discos de 5 mm (tomate) y 6 mm (acelga) de diámetro de las hojas de las plantas obtenidas con los diferentes tratamientos. Estos discos se los trató con una solución de 10 ml de acetona al 80%.

Se los mantuvo en reposo por 72 horas en refrigeración, para que los pigmentos se disuelvan en la solución.

Las lecturas de los pigmentos se realizaron en un Espectrofotómetro ultravioleta (digital) RAY LEIGH UV-1601, de fabricación china, con las longitudes de onda (470 nm, 646,8 nm y 663,2 nm, los cálculos para determinar la concentración de clorofila a, clorofila b, clorofila a + b y de carotenos, se realizaron según un programa computarizado.

4.6 Análisis bioestadístico

Los resultados fueron evaluados estadísticamente utilizando el paquete estadístico STATGRAPH 5.0. Para la consideración final de la significación se utilizó la prueba de Tukey al 95%.

4.7 Valorización económica

Para la valoración económica se consideró el cultivo de tomate por ser el de mayor importancia y para un millar de plántulas, a partir de los índices: 1 gastos totales, 2 costo unitario, 3 ganancia, 4 valor de la producción, 5 rentabilidad en %.

Se consideraron además, 24 días hábiles al mes y 0.15 dólares por plántula como precio de venta.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados del cultivo de tomate.

El crecimiento y el diámetro del tallo, el área foliar y la masa fresca de las plántulas son índices que determinan la calidad de las plántulas en el semillero.

5.1.1 Influencia de los tratamientos sobre el desarrollo de las plántulas

De acuerdo a los resultados expresados en la tabla 5, se puede afirmar que los tratamientos (2, 3,4,) tienen un efecto igual para la variable altura de las plantas. En tanto que el tratamiento 1 obtuvo como resultado un menor desarrollo en la altura de las plántulas. El tratamiento que sobresalió fue el de humus 40%+ capa vegetal 40%+ zeolita 20% que conformaron la combinación más favorable para la altura del tallo, que alcanzo 18,06cm que muestra plántulas de optima calidad, muy superior al testigo. Este es un índice de especial importancia para evaluarse la calidad de las plántulas.

Este resultado concuerda con los obtenidos por **Abad y Louis 2003**, trabajando sobre cachaza.

Tabla 5: Efecto de los tratamientos en la altura del tallo.

TRATAMIENTO	ALTURA(cm)
1: Humus 75% + Capa Vegetal 25%	9,46 ^b
2: Humus 33% + Capa Vegetal 33% + Zeolita 33%	16,18 ^a
3: Humus 40% + Capa Vegetal 40% + Zeolita 20%	18,06 ^a
4: Humus 14% + Capa Vegetal 86%	16,95 ^a
5: Humus 100% (Testigo)	13,05 ^{ab}
ESx= 0,995	

Medias con letras iguales no difieren para $P < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

Evidentemente el humus al 40% al igual que la capa vegetal, y la proporción en ½ de zeolita respecto a estos componentes favorecieron el mejor desarrollo del tallo de las plántulas. De igual forma que el diámetro (Tabla 6), en que se alcanzan valores significativamente iguales al sustrato 2 con 33% de humus, suelo y zeolita.

Tabla 6: Influencia de los tratamientos para la variable diámetro del tallo.

TRATAMIENTO	DIAMETRO (cm)
1: Humus 75% + Capa Vegetal 25%	3,63 ^b
2: Humus 33% + Capa Vegetal 33% + Zeolita 33%	5,83 ^a
3: Humus 40% + Capa Vegetal 40% + Zeolita 20%	5,7 ^a
4: Humus 14% + Capa Vegetal 86%	5,51 ^a
5: Humus 100%	3,66 ^b
ESx= 0,3805	

Medias con letras iguales no difieren para $P < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

La formación de masa fresca mostró un comportamiento similar a los anteriores índices, respecto al sustrato sobre cuales se desarrollaron las plántulas sin diferencia significativa cuando las plantas crecieron con 14% de materia orgánica (tratamiento 4), resultados que las sitúan muy por encima de los alcanzados por Abad y Louis 2003, trabajando sobre cachaza. Los resultados se aprecian en la tabla 7.

Tabla 7: Influencia de los tratamientos en el peso fresco de la planta.

TRATAMIENTO	PESO (g)
1: Humus 75% + Capa Vegetal 25%	3,02 ^c
2: Humus 33% + Capa Vegetal 33% + Zeolita 33%	9,83 ^b
3: Humus 40% + Capa Vegetal 40% + Zeolita 20%	11,99 ^a
4: Humus 14% + Capa Vegetal 86%	13,87 ^a
5: Humus 100% (Testigo)	8,16 ^b
ESx= 1,5893	

Medias con letras iguales no difieren para $p < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

El área foliar es sin duda uno de los índices que mejor caracteriza una buena plantula de tomate, por el potencial fotosintético y las reservas que se acumulan en este proceso para la segunda fase del desarrollo del cultivo.

En la tabla 8 se observa que nuevamente la mejor composición la presenta el tratamiento 3, con solo 20% de zeolita y 40% de humus y capa vegetal respectivamente. Lo que parece corroborar un mejor aprovechamiento del agua y las sustancias nutritivas disponibles para la planta.

Tabla 8: Influencia de los tratamientos en el área foliar de la planta.

TRATAMIENTO	AREA(dm ²)
1: Humus 75% + Capa Vegetal 25%	0,47
2: Humus 33% + Capa Vegetal 33% + Zeolita 33%	1,20
3: Humus 40% + Capa Vegetal 40% + Zeolita 20%	1,40
4: Humus 14% + Capa Vegetal 86%	1,04
5: Humus 100%	0,34

(Autor)

Los pigmentos fotosintéticos cumplen un papel muy importante en el desarrollo de las plantas, pues estos determinan la capacidad de absorción de luz y el desarrollo de la fotosíntesis. Es por eso que el contenido de los pigmentos fotosintéticos en las plantas es un indicador muy importante del desarrollo de las plantas pues están relacionados directamente con la fotosíntesis.

El tratamiento 2 como se puede apreciar en la tabla 9, fue el que mejor contenidos de pigmentos fotosintéticos presentaron, lo que está en concordancia con los resultados anteriores pues se puede apreciar con claridad que este fue uno de los tratamientos que propiciaron un mejor desarrollo de las plántulas.

El tratamiento 3 también obtuvo resultados favorables y se destacó como en los indicadores anteriores.

Tabla 9: Influencia de los tratamientos sobre el contenido de pigmentos fotosintéticos en la planta.

TRATAMIENTO	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila a +b	Carotenos
1:	1666,48 ^b	617,55 ^b	2193,93 ^b	427,66 ^b
2:	1933,07 ^a	1570,15 ^a	4862,04 ^a	633,27 ^a
3:	1888,00 ^b	596,67 ^b	2260,01 ^b	483,58 ^b
4:	1811,98 ^b	735,55 ^b	2864,04 ^c	439,90 ^b
5: (Testigo)	1269,70 ^c	471,91 ^b	4798,04 ^d	344,07 ^b
ESx=	83,7414	141,262	98,7363	49,5362

Medias con letras iguales no difieren para $p < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

5.2 Análisis de los resultados del cultivo de acelga.

Como en las plántulas de tomate, en el cultivo de la acelga el crecimiento del tallo, la masa fresca de las plántulas y el contenido de pigmentos fotosintéticos son índices que determinan la calidad de las plántulas en el semillero. Los mismos han sido influenciados por las diferentes variantes de sustratos.

5.2.1 Influencia de los tratamientos sobre el desarrollo de las plántulas.

Como se observa en la tabla 10, el tratamiento 2 con la composición del humus, la capa vegetal y zeolita al 33% fue el tratamiento que mejores resultados dio obteniendo plantas con una altura promedio de 12,6 cm, lo que nos indica que son plántulas de buena calidad y es muestra evidente del desarrollo de las plántulas. El tratamiento 3, con 40% de humus y capa vegetal y con el 20% de zeolita mostró resultados muy favorables, similares al tratamiento 2, estadísticamente no existen diferencias significativas, pues según Tukey los dos tratamientos producen similar efecto sobre las plántulas.

Tabla 10: Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas.

TRATAMIENTO	ALTURA (cm.)
1: Humus 75% + Capa Vegetal 25%	12,14 ^a
2: Humus 33% + Capa Vegetal 33% + Zeolita 33%	12,6 ^a
3: Humus 40% + Capa Vegetal 40% + Zeolita 20%	11,90 ^a
4: Humus 100%	9,54 ^c
5: Humus 14% + Capa Vegetal 86% (Testigo)	10,78 ^b
ESx = 0,2826	

Medias con letras iguales no difieren para $p < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

El peso fresco de la planta contribuye a interpretar el desarrollo de ésta, pues al ser éste mayor evidentemente la planta ha desarrollado sus estructuras de mejor manera. En este estudio los tratamientos dos con 33% de humus, capa vegetal y zeolita, y el tratamiento tres, con 40% de humus y capa vegetal y 20% de zeolita, se desarrollaron de mejor manera, pues el peso fresco fue de 0,74 y 0,72 g, respectivamente. Este indicador del desarrollo vegetal, refleja que estos dos tratamientos propiciaron un mejor desarrollo de las estructuras de la planta, como es el follaje. Al ser la acelga una planta en la cual se aprovecha su follaje como alimento, el comportamiento descrito define la posibilidad de acelgas de buen rendimiento.

Ver tabla 11.

Tabla 11: Prueba de Tukey para peso fresco de la planta.

TRATAMIENTO	PESO(g)
1: Humus 75% + Capa Vegetal 25%	0,55 ^b
2: Humus 33% + Capa Vegetal 33% + Zeolita 33%	0,74 ^a
3: Humus 40% + Capa Vegetal 40% + Zeolita 20%	0,72 ^a
4: Humus 100%	0,41 ^c
5: Humus 14% + Capa Vegetal 86% (Testigo)	0,52 ^b
ESx = 0,0279	

Medias con letras iguales no difieren para $P < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

El contenido de pigmentos fotosintéticos en la planta es un indicador del desarrollo de la planta, pues este nos muestra la capacidad de absorción que tienen las plantas y su capacidad fotosintética.

El tratamiento con humus y capa vegetal al 40% y zeolita al 20% fue el tratamiento que mejores contenidos de pigmentos fotosintéticos presentó en comparación con el testigo. Este resultado refleja en cierta forma la tendencia que se ha venido presentando en los indicadores anteriores, pues se observa un significativo desarrollo de las plántulas obtenidas bajo este tratamiento. Aunque estadísticamente el contenido de pigmentos es similar en todos los tratamientos, pues según el análisis estadístico de Tukey no hay diferencias significativas entre ellos.

Tabla 12: Influencia de los tratamientos sobre el contenido de los pigmentos.

TRATAMIENTO	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila a +b	Carotenos
1:	2,69	0,99	3,74 ^b	0,79 ^b
2:	2,54	0,85	3,4 ^b	0,70 ^b
3:	2,72	0,81	3,65 ^b	0,76 ^b
4:	2,53	0,80	3,27 ^b	0,77 ^b
5: (Testigo)	2,92	1,36	3,90 ^a	0,85 ^a
ESx	NS	NS	0,1592 [*]	0,0603 [*]

Medias con letras iguales no difieren para $P < 0,05$, según TUKEY. (Autor)

5.3 Valoración económica.

La valoración económica se dedicó al cultivo de tomate por su importancia económica y considerando la producción de un millar plántulas en aquellos tratamientos que mostraron la mayor calidad (Tabla 12).

Tabla 13: Valoración económica del tomate.

Concepto	T2	T3	T4	T5
Costo unitario	1,29	1,62	1,29	1,95
Ganancia	98,71	98,38	98,71	98,05
Valor de la producción.	83,09	66	83	55
Rentabilidad. (%)	>100	>100%	>100%	>100%

(Autor)

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en esta tesina se pueden esbozar las siguientes conclusiones:

1. Los tratamientos humus 33 %+ capa vegetal 33 %+ zeolita 33 % (2), humus 40 % + capa vegetal 40 %, respectivamente y zeolita 20 % (3) y humus 14 % + capa vegetal 86 %, resultaron los mejores tratamientos respecto a los índices altura, diámetro del tallo, área foliar y peso fresco de las plántulas de tomate. Mientras que el testigo, humus 100 % acumuló la mayor cantidad de pigmentos.
2. Para las plántulas de acelga, los tratamientos 1, 2 y 3 resultaron los que alcanzaron el mejor desarrollo para las variables: altura de las plántulas; los tratamientos 2 y 3, en tanto reportan los valores más altos para el peso fresco. El testigo representado por humus 14 % + capa vegetal 86 %, reportó los valores más altos de pigmentos.
3. Se demuestra entonces el efecto de la zeolita como componente indispensable en las mezclas de sustratos.
6. El mayor impacto económico de las plántulas de tomate correspondió a las obtenidas sobre los tratamientos humus 33 %+ capa vegetal 33 %+ zeolita 33 % (2), humus 40 % + capa vegetal 40 %, + zeolita 20 % (3), Humus 14 % + 86 % de capa vegetal (4) y Humus 100 % (5).

RECOMENDACIONES

Una vez analizados los resultados obtenidos en este ensayo podemos establecer las siguientes recomendaciones:

1. Continuar los estudios de composición de sustratos observando la respuesta de diferentes especies hortícolas.
2. Analizar otros indicadores como rendimiento por planta, calidad de frutos, etc.
3. Analizar la influencia de las zeolitas en sustratos para otras especies hortícolas.
4. Analizar los porcentajes de retención de nutrientes por parte de las zeolitas en los sustratos.
5. Estudiar el efecto de las zeolitas en el sustrato en todo el ciclo vegetativo del cultivo de tomate.

BIBLIOGRAFIA

Referencias Bibliográficas

1. ABAD Y. Y LOUIS J. Establecimiento de una metodología para obtener posturas en vegetales y hortalizas empleando el método del cepellón. Trabajo de curso, facultad de agronomía. La Habana, Cuba. UNAH. 2003
2. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales ACTAF. Manual Técnico para Organopónicos, Huertos Intensivos y Organoponia Semiprotegida. 2007.
3. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales ACTAF. Revista Agricultura Orgánica. 2007
4. BALLESTER-OLMOS, J. Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. Hojas Divulgadoras_(11), 1992.
5. CHEN Y, STEVENSON. Soil organic matter interactions with trace elements. In: The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. Eds Y. CHEN, Y AVNIMELECH. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht 1986
6. Dirección Nacional de suelos y fertilizantes INRA. Suelos de Cuba Tomo 1. Resumen de los trabajos investigativos Marzo 1964-Marzo 1968. La Habana.1975
7. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. Tecnología de cultivos Semiprotegidos. Guías técnicas de consulta. La Habana. 2006
8. GIANNETTO G, MONTES A, RODRIGUEZ G. Zeolitas: Características, Propiedades y Aplicaciones Industriales. Caracas, Venezuela. Innovación Tecnológica, Facultad de Ingeniería, UCV 2000
9. HUERREZ P, C. Producción de Hortalizas Instructivo Técnico. Santa Clara. 1997
10. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS, INEC. III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO. ECUADOR. 2001
11. Instituto de Suelos. Nueva Versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana. 1999
12. KARP, G. Biología Celular y Molecular. 4^{ta} Ed. México. McGrawHill. 2005.

13. MAG. Tomate de mesa (riñón), Quito, Ecuador. 2001
14. PEREZ, F, MARTINEZ J: Introducción a la Fisiología Vegetal. Madrid, España. Ed. Mundi-Prensa. 1994
15. SUQUILANDA M. Producción Orgánica de hortalizas en Sierra Norte y central del Ecuador. Ecuador. Universidad Central del Ecuador, PROMSA, MAG. 2003
16. TURON J., YUSTE M. BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA, Barcelona, España. IDEA BOOKS, 1997
17. URBANO, P. Fitotecnia: Ingeniería de la Producción Vegetal. Madrid, España. Ed. Mundi Prensa. 2002.
18. VAVILOV. The Origin, Variation, Immunity & Breeding of Cultivated Plants. Chronica Botanica 13:1-366, 1951

Referencias Electrónicas

1. ESTRUCPLAN ON LINE. Relación Carbono-Nitrógeno.2000. Argentina <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=433>.Argentina Disponible el 10/12/08
2. FEBLES Jorge. Algunos resultados obtenidos con el empleo de las zeolitas en sistemas de zeopónicos. 2006. (<http://emmexico.com/zeoponcuba.pdf>). México. 2006
3. GINER, J, F. y ARCINIEGA, L. Las sustancias húmicas: incidencia en la fertilidad de los cultivos. Revista "Agrícola Vergel N° 269, Pág. 264-269. 2004. <http://www.cannarias.com/foros/newreply.php?do=newreply&p=16332>
4. INFOAGRO SYSTEMS. El Cultivo de la Acelga. <http://www.infoagro.com/hortalizas/accelga.htm>. España Disponible el 10/12/08.
5. ORGANIZACIÓN CARIBBEAN TROPICAL INTERCONTINENTAL LTDA. Uso de las zeolitas en los sustratos <http://www.caribeantropicalin.com> Disponible 10/12/08.
6. SUQUILANDA, Técnicas de producción de plantas http://aym.juntaex.es/medioambiente/Ordenación+y+Gestión+Forestal/viveros_forestales/viveros/. España Disponible 10/12/08.
7. WEBER, J. Definición de materia orgánica del suelo: citado por <http://www.manualdelombricultura.com>. Disponible 10/12/08.
8. Wikipedia. Las Zeolitas (2008) <http://www.wikipedia.com> Disponible 10/12/08.