



TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO.

TITULO: Influencia de combinaciones de sustratos y soluciones nutritivas en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum. L*) en cepellones.

Autor: Mairely Sarduy Díaz.

Tutor: Dr. Leónides Castellanos González.

Co-tutor: Msc. Leonardo Sarduy Alejo.

Consultante: Dr. Rafaela Soto Ortiz.

Año del 50 Aniversario de la Revolución.

- Junio, 2009-

AGRADECIMIENTOS

Decir gracias: No es la palabra correcta para agradecer a todas aquellas personas que durante los siete años de carrera compartieron conmigo en los buenos y malos momentos, a los que me extendieron las manos cuando más lo necesitaba, por eso y mucho más doy mis más sinceros y profundos agradecimientos **A:**

- * **Mis hijos:** Los cuales para mi formación he tenido que quitarles un poco del tiempo que les correspondía en su atención, pero a través de mí quiero guiarlos con mi ejemplo por el camino correcto.
- * **Mi esposo:** Por su apoyo, por su aporte de conocimientos, por incentivarme a que continuara en los momentos más difíciles.
- * **Mis padres:** que con tanto amor y dedicación han sabido guiarme por el camino correcto.
- * **Mi tutor:** Dr. Leónides Castellanos González por guiarme durante toda mi investigación, por su enorme paciencia para soportarme y dar respuesta a todas mis dudas brindándome incondicionalmente todo su conocimiento.
- * **A los técnicos y dirigentes:** De las casas de cultivos que me permitieron realizar mi investigación allí y muy en especial a Gilberto el obrero de la producción de plántulas.
- * **A todos mis compañeros del aula en especial a Ivis, Aliomar, Ernesto, Cuellar y Manuel.**
- * **A todo el colectivo de profesores del Departamento de Agronomía que durante la carrera contribuyeron a mi formación como profesional.**
- * **A la Revolución que me ha dado la oportunidad de estudiar en estos momentos de mi vida y que me ha permitido formarme como futuro profesional.**

A todos muchas gracias.

DEDICATORIA

- A mis hijos, esposo, padres, familiares y compañeros.
- A la Revolución por haberme dado la posibilidad de realizar mis sueños de estudiar y obtener un título de ingeniero agrónomo.

RESUMEN

La producción protegida de plántulas en cepellones constituye un importante eslabón en la producción de Pimiento (*Capsicum annum. L*) en la tecnología de cultivo protegido. Para lograr el éxito productivo es necesario garantizar la calidad de las mismas. Teniendo en consideración esta problemática se encaminó una investigación en la UEB Ventas al Turismo de la Empresa Cítrico Arimao, donde se evaluaron diferentes combinaciones de cuatro sustratos órgano – mineral y tres soluciones nutritivas. El ensayo se montó sobre un diseño bifactorial completamente aleatorizado y se evaluaron 25 plántulas por tratamiento. Se realizó un análisis de varianza para siete variables empleando el paquete estadístico SPSS versión 12. La combinación sustrato solución nutritiva que menos favorece las variables de calidad de las plántulas de pimiento en cepellones es turba rubia + perlita x agua, desde el punto de vista de calidad de las posturas la mejor combinación sustrato x solución nutritiva resultó ser la turba rubia x solución B por lo que se recomienda utilizarla para la producción de posturas en dependencia de la disponibilidad de sustrato y de recursos de la entidad, aunque otras cinco combinaciones demostraron resultados aceptables y desde el punto de vista económico, esta, la mejor combinación, resulta la más cara por el costo en divisa, mientras que las que demostraron aceptables resultados pudiera emplearse turba rubia + humus x solución B o en última instancia humus de lombriz x solución B que resultó la de menor costo.

INDICE

1. Introducción-----	1
2. Revisión bibliográfica-----	4
2.1. Casas de cultivos protegidos en condiciones tropicales-----	4
2.2. Experiencia cubana-----	5
2.3. Aspectos generales del cultivo del pimiento-----	6
2.4. Taxonomía-----	8
2.5. Botánica del cultivo-----	8
2.6. Exigencias ecológicas-----	10
2.7. Producción protegida de plántulas en cepellones-----	11
2.8. Componentes de la tecnología de producción de posturas de en cepellones--	12
2.9. Fases de trabajo de la tecnología-----	13
2.10. Importancia del uso y calidad del cepellón-----	16
2.11. Bandejas-----	17
2.12. El sustrato-----	20
2.13. Factores en el sustrato relacionado con el crecimiento vegetal-----	28
2.14. Sustratos orgánicos utilizados en la producción de posturas-----	29
2.15. Sustratos inorgánicos-----	32
2.16. Otros sustratos-----	33
2.17. Retenedores de agua-----	33
3. Materiales y métodos-----	34
4. Resultados y discusión-----	41
5. Conclusiones-----	51
6. Recomendaciones-----	52
7. Bibliografía-----	53

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Se considera la calidad de las posturas, una de las causas principales que afectan los rendimientos hortícolas debido a que de ellas dependerá el posterior desarrollo del cultivo. Tanto es así, que hasta mediados de la década del 80, cerca del 100% de las hortalizas en Cuba se plantaban por el método de trasplante a “raíz desnuda”, llegando al 30% de las pérdidas de población en el caso del pimiento haciendo decrecer sus rendimientos en igual medida no garantizando en tiempo, con la calidad fisiológica y fitosanitaria requeridas, las necesidades de plántulas (Casanova, 2004)

Surge entonces a mediados de la década de los 90, el auge del cultivo protegido en Cuba a partir de transferencia de tecnologías de Israel y España, basados en el efecto de “Invernaderos” y efecto de “Sombrilla” para países tropicales con vistas a garantizar la producción de hortalizas frescas durante todo el año que permitan el suministro fresco al turismo, mercado de frontera y población a partir de un nuevo material genético altamente productivo, resistente a enfermedades y con una adaptación climática que permita obtener rendimientos entre 120 y 300 T/ha de acuerdo a las diferentes regiones y manejos climáticos así como a los tipos de instalaciones utilizadas. (Gómez y *et al*; 2000)

Casanova *et al.* (2003) plantearon que los nuevos híbridos cada día son más costosos por lo que la producción de plántulas a escala mundial se ha encaminado a la tecnología de plántulas en cepellón o “speedling” (plántulas en su propio terrón que reduce las pérdidas por trasplante, regular el costo de las semillas, constituyen el medio físico ideal como barrera para evitar el arribo de plagas transmisoras de geminivirus como es el caso de la mosca blanca (*Bermisia tabaci*) logrando precocidad y uniformidad de la producción hasta en períodos adversos.

En Chile se cultiva un gran número de especies hortícolas mediante el sistema de almácigos por lo que Izquierdo, (2005) propone incorporar técnicas que permitan producir plántulas sanas a partir del desarrollando de una amplia gama de sustratos y paquetes tecnológicos que apunten a abaratar costos de semillas, mejorar las condiciones para la germinación y desarrollo de las plántulas.

Casanova *et al.* (2003) plantearon que las posturas en cepellones constituyen un importante eslabón en los sistemas de producción intensiva de hortalizas bajo cultivo protegido a escala mundial y muy en particular en condiciones tropicales. Por otra parte, Caixeta (2002) afirmó que en pequeñas cantidades las mudas o posturas hortalizas ocupan una estructura de vivero durante todo el año y ayudan a cubrir los costos fijos de las empresas. México utiliza como método principal de siembra al almácigo alcanzando cada día un mejor nivel tecnológico (FAO, 2005)

Sandó *et al.* (2006), señalan que en Cuba hay gran interés en mantener su aplicación, por las múltiples ventajas que presenta la tecnología de cepellones para el cultivo protegido. Sin embargo a pesar del desarrollo alcanzado en esta tecnología, aún predomina el empleo de combinaciones de sustratos inadecuados que no le permiten a las plántulas el mejor desarrollo, desde el comienzo de la germinación hasta el momento del trasplante, factor que ha limitado la calidad actual de las posturas, influyendo en la uniformidad de las plantaciones, porcentaje de supervivencia y en los resultados productivos.

1.2. Justificación del estudio

Estos mismos autores realizaron estudios con diferentes combinaciones de sustratos en el cultivo del tomate donde el mejor comportamiento lo tuvo el compuesto por 70% de humus de lombriz, 20% de turba rubia y 10% de litonita, aunque se han realizado estudios acerca de combinaciones de sustratos en tomate aún no se han reportado

estudios que se encuentren relacionando con sustratos en pimiento y mucho menos combinados con soluciones nutritivas.

Por la problemática antes expuesta se planteó el siguiente:

1.3. Problema de Investigación

Problema científico: Cuál será la influencia de diferentes combinaciones de sustrato órgano mineral, soluciones nutritivas, sobre las principales variables de calidad de las plántulas en cepellones en el cultivo del pimiento.

1.4. Objetivo General

Objetivo General: Evaluar la influencia de las combinaciones de sustratos y solución nutritiva sobre los parámetros de calidad de las plántulas de pimiento (*Capsicum annum*. L) en cepellones bajo la tecnología del cultivo protegido.

1.5. Hipótesis de la Investigación

Hipótesis: Existen combinaciones de sustrato y soluciones nutritivas que permiten la obtención de plántulas de pimiento en cepellones con mejores parámetros de calidad.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.– Casas de cultivo protegidos en condiciones tropicales.

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

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

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

Ventajas:

- Cultivar fuera de época y conseguir mayor precocidad.
- Aumento de la producción.
- Obtención de mejor calidad.
- Mejor control de plagas y enfermedades.
- Ahorro en agua de riego.
- Sufrir menos riesgos catastróficos.

- Trabajar con más comodidad y seguridad.

Inconvenientes:

- Alta especialización, empresarial y técnica, de las personas que se dedican a esta actividad productiva.
- Elevados gastos de producción (semilla, abonos, jornales, tratamientos, conservación, etc.), que aumentan considerablemente respecto a los mismos cultivos realizados al aire libre.

2.2 – Experiencia cubana.

El auge de las casas de cultivo en Cuba, se inicia a partir de la transferencia de tecnologías de otros países, principalmente Israel y España, con invernaderos o casa de cultivo (Tipología uno), multitúneles de estructura metálica de cinco a siete metros de altura, una superficie entre 0,25 y 0.50 ha., cubierta superior de polietileno o raffia plastificada, ventilación cenital y cerramiento por los laterales con mallas antibemisia, con lo cual se logra un aislamiento de las plantas cultivadas, pero un fuerte efecto “invernadero”. Se obtienen rendimientos superiores a 200 t/ha/año, a partir de híbridos de alto potencial productivos, manejo adecuado y el empleo de fitohormonas (MINAGRI, 1999).

Desde el año 1998 está validada en todo el país la casa de cultivo rústica o tropical, que es una variante tropicalizada con efecto “sombilla”, propuesta por el Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova” (Tipología dos). Son de estructuras de madera con dimensiones de 8,90 metros de ancho x 40,00 metros de largo, cubierta superior de polietileno o raffia plastificada, además está protegida por los laterales con una malla sombreada (35 por ciento) y posee ventilación cenital, lo que confiere una alta aireación al cultivo. Tratándose de una instalación abierta, se recomienda cultivar sólo cultivares de tomate resistentes al virus del enrollamiento foliar amarillo del tomate (TYLCV). Están dotadas de sistema de fertirrigación. Esta tipología tiene la ventaja de

crear una mayor armonía medio ambiental y puede ser empleada en diferentes sistemas de producción. Se obtienen rendimientos superiores a 140 t/ha/año (Casanova, *et al.*, 1999). Actualmente están disponibles casas con estructuras metálicas inspiradas en el modelo Tropical con efecto “sombrilla”.

La tecnología emplea el riego por goteo y la nutrición se realiza por esa vía (fertirrigación). Para la protección fitosanitaria se aplican los conceptos de Manejo Integrado, con énfasis en las medidas cuarentenarias, empleo de cultivares resistentes, prácticas adecuadas de manejo y lucha biológica y química racional (Vásquez, *et al.*, 1999).

La producción de hortalizas en Cuba es temporal y se ve afectada por diversos factores climáticos entre ellos:

- Radiación media global alta, fundamentalmente durante el verano.
- Fuertes precipitaciones en la estación lluviosa.
- Pequeñas diferencias entre temperaturas diurnas y nocturnas.
- Temperaturas situadas por encima del límite biológico permisible de algunas especies.
- Alta humedad relativa durante casi todo el año.
- Frecuentes amenazas de tormentas y ciclones tropicales.

Adicionalmente en el orden agronómico:

- No se dispone de suficientes variedades adaptadas y resistentes que permitan extender la producción durante el año a campo abierto y asegurar la oferta de un producto de mayor calidad de forma estable.
- Existen dificultades en el manejo y disciplina agronómica de los cultivos.

Los cultivos se han visto azotados por nuevas enfermedades y plagas (mosca blanca-germivirus, trips y otros) (Gordon y Barden, 1984; Canales, 1995).

2.3 Aspectos generales del cultivo del pimiento.

Origen y distribución del cultivo.

El pimiento es un cultivo de origen Americano (América del sur), generalmente del Perú y Bolivia. Fue traído al Viejo Mundo por Colón en su primer viaje (1493). En el siglo XVI ya se había difundido su cultivo en España, desde donde se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses.

Su introducción en Europa supuso un avance culinario, ya que vino a complementar e incluso sustituir a otro condimento muy empleado como era la pimienta negra (*Piper nigrum* L.), de gran importancia comercial entre Oriente y Occidente, Corey (1989); Consuelo y Nelia (1991), plantean que más tarde este cultivo fue expandido al resto del Continente (América Central y Meridional).

Importancia alimentaría.

El pimiento, desde el punto de vista alimentario, es rico en vitaminas y minerales. Dentro de las especies hortícolas es la de mayor contenido de vitamina C. Posee un sabor picante que se debe al contenido del alcaloide capcicina presente en el fruto. La concentración de este alcaloide es mayor en la placenta, menor en la pulpa y casi no se encuentra en las semillas y en la piel, Guenkov, (1974). Estas diferencias en el contenido de capcicina permiten preparar el pimentón con variado sabor picante cuando se mezclan en diferentes proporciones las distintas partes del fruto (Gordon y Barden, 1984).

Valor nutritivo.

Los frutos son cosechados en distintos estados de madurez dependiendo del cultivar y su uso, por lo que la composición puede ser muy variable. En el cuadro siguiente, se presenta la composición de pimiento verde y maduro, en la que destaca su alto contenido de ácido ascórbico, valor que incluso es superior al de los cítricos.

El contenido de una serie de elementos en el fruto varía con el estado de madures del mismo (Consuelo y Nelia, 1991).

Composición nutritiva del pimiento verde. (Consuelo y Nelia, 1991).

Componente	Contenido	Unidad
Agua	89,5	%
Carbohidratos	8,40	g
Lípidos	0,22	g
Calcio	13,8	mg
Fósforo	28,90	mg
Hierro	0,92	mg
Vitamina A (valor)	0,43	mg
vit B ₁	0.06	mg
vit B ₂	0,15	mg
vit C	167,0	mg
Niacina	0,96	mg

Composición nutritiva del pimiento maduro. (Consuelo Nelia, 1991).

Componente	Contenido	Unidad
Agua	91,3	%
Carbohidratos	28,7	g
Lípidos	0,18	g
Calcio	15,2	mg
Fósforo	29,2	mg
Hierro	1,15	mg
Vitamina A (valor)	1,78	mg
vit B ₁	0,06	mg
vit B ₂	0,18	mg
vit C	220,0	mg
Niacina	1,25	mg

2.4 Taxonomía.

El pimiento pertenece a la familia de las Solanaceae y su nombre científico es *Capsicum annuum* L. (Suárez. et al., 1992; Consuelo y Nelia, 1991).

División: *Macrophyllrophyta*.

Subdivisión: *Magnoliophytina*.

Clase: *Paeonopsida*.

Orden: *Scrophulariales*.

Familia: *Solanaceae*.

Género: *Capsicum*.

Especie: *Capsicum annun*.

2.5 Botánica del cultivo.

El cultivo del Pimiento se caracteriza por presentar un sistema radicular pivotante y profundo (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 centímetros y un metro (Corey, 1989).

Tallo principal:

De crecimiento limitado y erecto. A partir de cierta altura (“cruz”) emite dos o tres ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continua ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente). Puede alcanzar una altura de 1,20 a 1,30 metros en dependencia de las variedades y las condiciones de cultivo existente. Las ramificaciones son generalmente débiles (Consuelo y Nelia, 1991).

Hoja: Entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso (dependiendo de la variedad) y brillante. El nervio principal parte

de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable en función de la variedad (Corey, 1989).

Flor: Las flores aparecen solitarias en cada nudo del tallo, con inserción en las axilas de las hojas. Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10 por ciento. Según Consuelo y Nelia, (1991), se forman en los nudos de las ramificaciones del tallo, se pueden presentar de uno a cinco flores por nudos, pero lo más frecuente es que se forme una sola flor, son hermafroditas lo cual facilita la autofecundación

Fruto: Es una baya hueca, semicartilaginosa y deprimida, de color variable (verde, rojo, amarillo, naranja, violeta o blanco); algunas variedades van pasando del verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500 gramos. Las semillas se encuentran insertadas en una placenta cónica de disposición central. Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre tres y cinco centímetros (Corey, 1989).

Semilla: se caracterizan por ser reniformes, ligeramente rugosas, con el hilo pronunciado y de un color blanco amarillento. El poder germinativo de las semillas puede mantenerse por cuatro a cinco años, si se conservan en condiciones de refrigeración a temperatura relativamente bajas, (Consuelo y Nelia, 1991).

2.6 Exigencias ecológicas.

Temperatura.

La temperatura es una variable agrometeorológica que de ella dependen los cultivos en gran magnitud. El pimiento es una especie que necesita de temperaturas óptimas para poder experimentar correctamente su crecimiento y desarrollo. Comparada con otras hortalizas demanda más calor y cuando se expone temperaturas por debajo de 13 °C, las plantas no se desarrollan. Guenkov, (1974), plantea que las limitantes de temperatura para esta especie se encuentran entre 18 y 32 °C,

Según Gordon y Barden, (1984), en las condiciones climáticas de Cuba, en los meses de verano la floración es menor comparado con el invierno. Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos. La coincidencia de bajas temperaturas durante el desarrollo del botón floral (entre 15 y 10 °C) da lugar a la formación de flores con alguna de las siguientes anomalías: pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras y otros.

Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos (Canales, 1995).

Luz.

Algunos autores plantean que es una planta exigente a los días cortos y otros, que es indiferente, mientras que Guenkov, (1974), señala que las exigencias de las distintas variedades no son iguales. La intensidad luminosa ejerce un papel fundamental para el desarrollo de las plantas de pimiento. Cuando las plantas están expuestas a una iluminación tenue se afecta morfológica y fisiológicamente.

Humedad del aire.

En comparación con otras hortalizas, el pimiento es una planta que admite mayor humedad del aire. En estudios realizados sobre el crecimiento de las plantas de pimiento se observó que la alta humedad relativa del aire ejerce un efecto negativo sobre la polinización, además se afecta el número de frutos por plantas, así como el peso promedio (Gordon y Barden, 1984; Consuelo y Nelia, 1991).

Humedad del suelo.

Debido a la morfología de su sistema radical, las plantas de pimiento son exigentes a la humedad del suelo. Las necesidades de humedad de esta especie varían en dependencia de los factores edafoclimáticos. Consuelo y Nelia, (1991), plantean que el exceso de humedad en el suelo retrasa la maduración, reduce el contenido de sólidos solubles y si se asocia a las bajas temperaturas la intensidad del calor del fruto disminuye, lo que es de gran importancia para las variedades que se utilizan en la industria.

Suelo.

Para cultivar pimiento, se pueden utilizar diferentes tipos de suelos, aunque algunos autores sugieren que los más adecuados son los arenosos y arcillo-arenosos. El pimiento, tolera suelos ligeramente ácidos, es decir, que el pH puede ser de 5.5 a 6.8. (Consuelo y Nelia, 1991).

Los valores de pH óptimos oscilan entre 6,5 y siete, aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5,5,); en suelos enarenados puede cultivarse con valores de pH próximos a ocho. En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5,5 a siete. Es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego, aunque en menor medida que el tomate (Canales, 1995).

2.7 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.*; 2003) La misma tiene numerosas ventajas, entre las cuales se enuncian:

1. La facilidad con que las plántulas superan las crisis de transplante.
2. Seguridad en el complemento de los plazos de plantación y producción.
3. Mínimo riesgo de enfermedades en las raíces y cuellos de las plántulas.
4. Menor exigencia y especialización en la labor de transplante manual.
5. Ahorro de agua.
6. Fácil control de malezas y reducción de daños en el campo.
7. El proceso de extracción y manipulación de las plántulas es más sencillo.
8. El cepellón es vehículo ideal para trasladar al campo plántulas infestadas sobre patrones resistentes.
9. Para la aplicación de medios biológicos, biofertilizantes.
10. Se propicia mayores rendimientos por superficie.
11. Facilita la selección y agrupación de plántulas por tamaños.

2.8 Componentes de la Tecnología de producción de posturas en cepellones.

Nave de preparación de sustratos.

Un área que se utiliza para la preparación, conservación y desinfección de sustratos; desinfección y llenado de bandejas; siembra y riego inicial. (Casanova *et al.*; 2007)

Almacén.

Almacén para guardar aperos, bandejas, aditivos, medios biológicos, instrumentos de medición, etc. (Casanova *et al.*, 2003)

Áreas de Pregerminación.

Cámara de germinación de semillas o (cuarto oscuro) que debe estar prevista 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 (Casanova *et al.*, 2004).

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, de adecuadas dimensiones (ancho x largo x altura) con cerramiento superior de polietileno flexible (PE) o raffia plastificada con cerramiento de laterales y frentes con malla antiinsectos así como la ventilación cenital, sistema de riego localizado con microaspersión aérea, con posibilidad de riego alternativo. Debe tener porta bandejas nivelados y separados del suelo. Contar con una doble puerta situada contraria a la dirección de los vientos predominantes, punto de desinfección de manos y pies, con vistas a detectar plagas; tener un módulo de trampas entomológicas (amarillas, azules y blancas), estar provista de instrumentos de medición climática. Para la protección de las aguas pluviales a la instalación se requiere poner alrededor de la casa un zócalo de 0.5m de altura sobre el suelo, mantener el drenaje externo de la casa, además el piso debe estar cubierto por gravilla o rocoso que garantice el filtrado de los drenajes del riego. Durante el período de primavera – verano, es preciso aplicar medidas de manejo climático para lo cual se recomienda: colocar una malla sombreadora exterior sobre o separada del techo para interceptar la radiación infrarroja corta (IRC) incidente o colocar una pantalla térmica móvil en el interior de la instalación, durante todo el año el techo de la instalación debe permanecer libre de incrustaciones de polvo, para lograr una buena transmisividad de la luz (Casanova *et al.*, 2007).

2.9 Fases de trabajo de la Tecnología

La tecnología tiene cinco fases o componentes que son: preparación del sustrato, formación del soporte, siembra, germinación y crecimiento de plántulas (Casanova *et al.*, 2002).

Preparación del sustrato.

Al menos un día antes de la siembra, el material orgánico certificado, con comprobada conductividad eléctrica y pH según lo establecido, se pasa por una zaranda para lograr la granulometría deseada y eliminar partículas indeseables.

Si se empleara más de un material orgánico, ambos se mezclan homogéneamente en los volúmenes correspondientes y en condiciones de tempero y posteriormente se mezclan en volumen con el % correspondiente de litonita según la especie a sembrar. Una vez preparado el sustrato órgano – mineral se trata seguidamente con *Trichoderma harzianum* cepa A – 34, el sustrato debe ser mezclado homogéneamente para lograr plántulas con tamaño uniforme (Ansorena, 1994)

Formación del soporte.

Las bandejas previamente desinfectadas son llenadas de forma manual o mecanizada, evitando que tengan contacto con el suelo. Para el llenado de los alvéolos de las bandejas se requiere que el sustrato tenga una adecuada humedad de tempero, cuidar que todos los alvéolos queden bien llenos, evitando espacios vacíos o su compactación durante esta operación, además los tabiques que separan los alvéolos deben quedar libre de sustratos. Después de llenada la bandeja antes de la siembra, es conveniente aplicarle un riego uniforme al sustrato y para evitar complicaciones resulta conveniente si la siembra se realizará de forma manual es aconsejable llenar las bandejas un día antes (Casanova *et al.*, 2003).

Siembra.

La semilla debe ser tratada previamente con gaucha, antes de la siembra la cual puede ser manual o mecanizada, para la siembra manual las bandejas se colocan sobre una mesa y se marca la profundidad a nivel de cada alvéolos de forma simultánea y uniforme con el marcador de profundidad correspondiente (3 mm para el pimiento), se proceden a la siembra manual colocando una semilla por alvéolo y dos en los extremos cortos de las bandejas como reserva para sellar posibles fallos de germinación. En

cada tiro de semilla debe identificarse a nivel de bandeja el nombre de la variedad, la fecha de siembra y destino. Una vez sembradas las bandejas son colocadas en el portabandejas de la nave de preparación donde se le aplicará el primer riego de germinación. Con varios pases ligeros, hasta que se logre el drenaje del agua por los orificios inferiores de los alvéolos, como es importante que durante el riego no se mueran las semillas es conveniente proteger las bandejas con una malla fina por encima antes de este riego que preferiblemente debe hacerse con agua de lluvia con conductividad eléctrica (CE) = 0) para evitar la elevación de la CE y favorecer la germinación homogénea de las semillas (Casanova *et al.*, 2007).

Germinación.

Después del primer riego las bandejas deben ser llevadas a la cámara de germinación o (cuarto oscuro) y deben ser estibados en un número no mayor de seis, con un separador entre las mismas y se cubren con un polietileno lo más herméticamente posible para evitar la pérdida de humedad. En el caso del pimiento después de las 48 horas debe ser observado sistemáticamente hasta aproximadamente las 72 horas para observar el inicio de la germinación (5% o menos) donde se debe proceder al destape y desmonte de las bandejas para ser llevadas a la casa de posturas (Casanova *et al.*, 1998).

Crecimiento de las plántulas.

Una vez que las posturas se encuentran en la casa donde permanecerán durante su crecimiento se le controlará la fecha de entrada y deben ser regadas dos veces al día, bien temprano en la mañana y al caer la tarde hasta lograr la germinación total donde se debe emplear 1.5 l de agua/bandeja/día esta operación será repetida diariamente cuidando controlar el riego y asegurar que no haya excesos que asfixien las plantitas, hasta el inicio de la formación de la primera hoja verdadera en pimiento donde se observará la plantación en la mañana y la tarde regándose las mismas al notarse el inicio del estrés en las plantitas (10% de las plántulas) donde se establece un manejo

del riego que favorezca un crecimiento armónico de la parte vegetativa de las plántulas y su sistema radical, evitando regar en horas del mediodía (Casanova *et al.*, 1999)

En la casa de posturas durante el crecimiento de las plántulas se eliminarán las malezas en la fase de crecimiento inicial para evitar la discriminación de las mismas y el siguiente perjuicio que estas ocasionarían a las nuevas plántulas; se realizará además la labor de repicaje para el sellado de los alvéolos vacíos con plántulas de reserva (de alvéolos con doble número de plántulas), esta actividad se realizará cuando aún las plántulas estén en la fase cotiledonal preferentemente en horas de la tarde seguida de un riego ligero, es recomendable preparar bandejas sin plantas para repicarle plántulas pequeñas a fin de evitar que se afecten por la competencia de las mayores cuando los espacios vacíos no favorezcan esta posibilidad. Debe tenerse en cuenta que debe hacerse un cambio de posición de las bandejas si fuera necesario, en caso de crecimiento desuniforme de las posturas debido a una mala ubicación de las mismas (Casanova *et al.*, 2000)

Medidas fitosanitarias.

Se desinfectará los aperos, medios y utensilios con formol al 3%, y no deberán salir de la casa de posturas (mochila, frascos, vasijas, tanque, regadera, etc.) así como aplicarle un insecticida recomendable de efecto a techos, paredes, piso y puerta de entrada. Previo a la entrada de las primeras bandejas a la casa colocarán trampas entomológicas amarillas, blancas y azules, inclusive en el área de la puerta de entrada para la identificación en las mismas de la presencia de un nivel importante de insectos, donde debe procederse a la aplicación previa de un insecticida recomendado de ambiente, siempre teniendo en cuenta que antes de iniciar la actividad fitosanitaria con nuevos productos y dosis se deberá realizar una prueba previa para valorar su resultado y decidir su aplicación generalizada. Como medida preventiva para controlar los hongos que producen “Damping off”, se realizarán uno o dos tratamientos con biopreparado ***Trichoderma harzianum*** cepa A – 34, al 10% de forma foliar, el primero del transplante con humedad en el suelo, se harán aplicaciones preventivas de medios

biológicos y fungicidas en horarios adecuados y posteriores al riego (Casanova *et al.*, 2007)

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

2.10 Importancia del uso y calidad del cepellón.

Resulta de especial importancia dentro de la producción de posturas: la calidad de las mismas por se esta 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. 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).

Cepellón o Speedling

Gómez, Casanova *et al* ; (2000) haciendo referencia a lo planteado por (Bowen y Kralky, 1981 y Macua, 1990) plantean que 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) plantean además que la principal ventaja para el productor es la reducción de pérdidas en el trasplante, que tanto influyen en los bajos rendimientos de los cultivos, ya que las plántulas en cepellón no sufren el

estrés o crisis del trasplante, se producen menos daños a las raíces, su arraigo y porcentaje de supervivencia en campo abierto es mayor y prácticamente siguen su ritmo de crecimiento sin “paro” contrario a lo que ocurre en la forma tradicional del trasplante, además el sustrato del cepellón contiene una reserva de humedad que la planta puede utilizar hasta que sus raíces alcancen la humedad del suelo.

En Estados Unidos la tecnología del trasplante se ha impuesto en los últimos 20 años. La mayoría de los cultivos hortícolas son aptos para trasplantar. Dentro de las especies hortícolas más comunes y de mayor volumen de producción se encuentra el tomate entre otros. La producción del trasplante ha aumentado aceleradamente debido al incremento en la especialización, automatización de las operaciones en el invernadero y la mayor demanda por los productores. Es común encontrar viveros o “nurseries” que producen más de 500 millones de plugs’ por año, típico en Florida California, Texas y Georgia. Donde semilleros importantes incluyen “speedling”, no obstante algunas regiones de U.S., particularmente donde la horticultura no es tan importante o esta menos diversificada, aún un porcentaje bajo de la producción total hortícola utiliza trasplantes en bandejas (Leskovar, 2001).

En Cuba, la producción de hortalizas, es estacional y se ha caracterizado por estar basada en el uso del trasplante a “raíz desnuda” de plántulas producidas en semilleros a campo abierto durante el período lluvioso del año (agosto - octubre), pues el productor sólo dispone de 90 –100 días para realizar sus plantaciones en el período óptimo de la mayoría de las especies hortícolas (octubre - diciembre). Esta producción es riesgosa y no garantiza en tiempo, ni la calidad fisiológica y fitosanitaria adecuada a las necesidades de plántulas programadas. El método de trasplante conlleva a pérdidas debido a la no recuperación de las plántulas del estrés posttrasplante, lo que influye en los bajos rendimientos agrícolas y en los altos consumos de semillas, en ocasiones de híbridos importados. Esta situación se trató de mejorar en la década del 80 con la introducción de la siembra directa, la que requiere un alto nivel de insumos y tecnificación del productor, que la hizo insostenible... La obtención de plántulas de calidad es una premisa para la producción de excelentes cosechas, por lo que se hace

necesario desarrollar nuevos métodos de plantación adaptadas a las condiciones nacionales existentes (Casanova *et al.*, 2004)

2.11 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 troncocónicas de diferentes volúmenes y superficies, prefiriéndose por ser más eficientes para el cultivo del tomate, los de bandejas de alvéolos de 3 cm x 3 cm y una profundidad de 5 a 7 cm Gómez, Casanova *et al.*, (2000) citando a (Macua, 1990; Casanova *et al.*, 1995) y (Casanova *et al.*, 2003) plantean que 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 por bandejas, en función de la especie y del sistema de producción de que se trate. 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 cm³, 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 por lo que 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 Ozuna, 2002). Stoppani y Francescangeli, (1999) y otros autores plantearon que numerosas experiencias indican que cuanto más volumen tenga el envase mayor será la calidad del plantín, mejor será el crecimiento tanto de las raíces como de la parte aérea y mayor precocidad tendrán las plantas en el cultivo, además existe menor peligro de envejecimiento de los plantines si se atrasa el trasplante comprobándose esto en solanáceas.

Bruzón, (2004) en Colombia se ha realizado un proyecto como una nueva alternativa de producción de plántulas mediante la utilización de vasos plásticos desechados de 320 cm³ logrando con esta técnica optimizar la producción de las plántulas, llamada VSP (vaso – sustrato - planta).

En Cuba las bandejas son usadas para la reproducción de especies hortícolas y tabaco además son también utilizadas para plantas hornamentales como es el caso del clavel chino y español según experimento (Fernández, 2002)

Los bloques prensados se elaboran mecánicamente a partir del sustrato seleccionado, con la humedad requerida para lograr su adecuado prensado. La máquina comprime el sustrato en forma de bloques de diferentes dimensiones, en el caso del tomate, frecuentemente son de 5 cm x 5 cm x 5 cm. En cada operación de la máquina se produce un número determinado de bloques que pueden ser sembrados también mecánicamente. Estos bloques se colocan sobre cajuelas o contenedores apropiados para su traslado a la instalación destinada a su cuidado hasta el trasplante (Gómez, *et al.*, 2000)

Cervantes, (2005) describiendo el cultivo de lana de roca en España afirma que el proceso de siembra de las plántulas se realiza en bandejas con vermiculita o en pequeños tacos de lana de roca donde el sustrato debe estar bastante humedecido y debe permanecer algunos días en la cámara de germinación. Los kiemplugs son unos pequeños cilindros de unos centímetros de diámetro y 2,5 centímetros de altura, que se utilizan mucho en los semilleros para posteriormente replicar las plantas a los bloques y una vez germinada la planta se procede al repicado a tacos de lana de roca saturados de agua; y a la altura de los cotiledones normalmente rellenos con vermiculita, dándole un riego con solución nutritiva. Los bloques del semillero deben recibir un riego antes de llevarlos a la finca para evitar que se sequen los cepellones y de esta manera se asegure un trasplante con éxito. La distribución de las fibras en los bloques o tacos es

vertical para favorecer el crecimiento rápido de las raíces de la plántula y la de las tablas es horizontal para que el crecimiento de las raíces y de la planta se produzca de forma homogénea.

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. El método consiste en que las bandejas permanezcan flotando sobre el agua de una bolsa desde la siembra al trasplante, las bolsas pueden estar situadas en túneles en el exterior protegidas por mantas térmicas o en el interior de un invernáculo donde las paredes de la bolsa deben ser de 15 cm de altura y se construyen a base de ladrillos, bloques de hormigón, chapa metálica o madera. Las bandejas al flotar deben sobresalir 1 cm por encima de las paredes por lo que la altura del agua en la bolsa será aproximadamente de 10 cm. El revestimiento interior de la bolsa se realizará con dos láminas de plástico negro y el sustrato es base de turbas (...) Se utilizan bandejas de poliestireno expandido de alta densidad (32 – 35 g/- 1). El alvéolo debe tener forma de tronco de pirámide invertido y el volumen de cada alvéolo podrá oscilar entre 16 – 23 cc (Bello, 2004)

Desinfección de Bandejas.

Existen diferentes modos de desinfección de bandejas para evitar que en las mismas se desarrollen agentes patógenos. En Cuba se sumergen durante 5 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 los trays 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, (2001) plantea además que el poliéster puede absorber cloro de forma compuestos tóxicos los cuales afectan negativamente la germinación en especies sensibles con los tratamientos químicos los envases pueden ser usados hasta 20 veces. Otra posibilidad es la esterilización a vapor a 71 grado Celsius por 30 minutos, pero en este caso la vida útil se reduce a 4 ó 5 usos.

2.12 El Sustrato.

Martínez y García, (1993) consideran que un sustrato de cultivo es un medio material en el que se desarrollan las raíces de las plantas, limitado físicamente en su volumen, aislado del suelo para impedir el desarrollo de las raíces en el mismo y capaz de proporcionar a la planta el agua y los elementos nutritivos que demande, y a las raíces el oxígeno necesario para su respiración.

Alarcón, (2000) Definió el sustrato como el medio material donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo que presenta un volumen físico limitado y debe encontrarse aislado del suelo además tiene como funciones: mantener la adecuada relación: aire y desolación 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. Este autor planteó además que 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.

Leskovar, (2001) planteó que el medio o la mezcla sin tierra debe proveer un ambiente favorable para el desarrollo radicular y plantea que las funciones principales del medio

para sostener el crecimiento son: fuente de nutrientes, retención y disponibilidad de agua, mantener un eficiente intercambio de gases y dar soporte a la planta.

Casanova *et al.*, (2003) definen al sustrato como el medio de cultivo que le sirve de soporte a la plántula y que además tiene que suministrarle a las mismas, las cantidades equilibradas de aire, agua y nutrientes.

Clasificación de los sustratos.

Según Alarcón, (2000) se pueden establecer diferentes clasificaciones:

❖ Según su origen:

Naturales: 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, aserrín, compost, entre otros.
- Inorgánicas: generalmente son inertes desde el punto de vista químico. Distinguimos:
 - Los que se usan sin ningún proceso previo aparte de la necesaria homogenización granulométrica: gravas, arenas, puzolana, picón, etc.
 - 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, artila, arcilla expandida, etc.

Sintéticos: Se puede nombrar las espumas de poliuretano y el poliestireno expandido, aunque su uso está poco difundido, coincidiendo con Martínez y García, (1993); Abad (1993), citados por Alarcón, (2000).

❖ Según Granulometría

A groso modo podemos dividir los agregados según su granulometría:

- Partículas de $< 3 \text{ mm } \varnothing$: arena, perlita, plásticos, lana de roca, etc.
- Partículas de $> 3 \text{ mm } \varnothing$: grava, basalto, pumita, lavas, etc.; estos pueden presentar dos tipos de riego, superficial (goteo) y por subirrigación.

❖ Según la Actividad química (Alarcón, 2000)

- 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 silíceo, gravas, rocas volcánicas, etc.
- Químicamente activos: interaccionan con la solución nutriente liberando y/o reteniendo nutrientes, presentan generalmente elevada CIC ejemplo: turbos, compost, vermiculita, etc.

Propiedades de los sustratos.

Leskovar, (2001) planteó la mezcla tradicional de trasplante en los E.U. es la conocida como: Cormill – Peat – Lite – Mix, y que en la actualidad los productores nuevos prefieren el uso de mezclas comerciales formuladas específicamente para el uso del trasplante. Mezclas no equilibradas pueden provocar baja germinación, deficiencias o toxicidades nutricionales, pobre crecimiento radicular, o tallos estrechados plantea además que antes de utilizar nuevas mezclas es recomendable analizar el medio para así ajustar el programa de fertilización.

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

Propiedades físicas de los sustratos:

Densidad Real (DR): Es la relación del material seco a 1050C y el volumen real ocupado por las partículas sin incluir el espacio intermedio de poros, no depende del grado de compactación ni del tamaño de partícula. Es la densidad del material que compone o constituye el sustrato. Se expresa en g/cm³ (Martínez y García, 1993., Alarcón, 2000).

Densidad Aparente (DA): Es la relación entre la masa del material seco a 1050C y el volumen ocupado, incluido el espacio intermedio de poros. Es la densidad del sustrato en condiciones de utilización por tanto está tremendamente influida por la compactación del medio. Se expresa en g/cm³ (Martínez y García, 1993., Alarcón, 2000).

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

Granulometría: Es el parámetro que expresa la distribución de partículas según su tamaño, lo que determinará el balance entre el contenido en agua y en aire del sustrato a cualquier nivel (Abad y Noguera, 1997). Las propiedades físicas de un sustrato suelen variar considerablemente en función de la distribución porcentual de cada uno de los rangos de tamaño en que estén clasificadas las partículas (Martínez y García, 1993; Alarcón, 2000)

- ❖ **Capacidad de absorción de agua (CAA):** Es la cantidad de agua expresada en gramos que 100 gramos de sustrato seco pueden retener (Martínez y García, 1993)
- ❖ **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 esta tensión para absorber el agua a través de las raíces (Martínez y García, 1993)

Curva de retención hídrica a bajas tensiones (Curva de De Boodt):

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:** 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% (Martínez y García, 1993; Alarcón, 2000)
- ❖ **Agua fácilmente disponible:** Es el volumen de agua retenido por el sustrato entre 10 – 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 (Martínez y García, 1993; Alarcón, 2000)
- ❖ **Agua de reserva:** Es el volumen de agua retenido por el sustrato entre 50 – 100 cm 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 (Martínez y García, 1993; Alarcón, 2000)

- ❖ **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 (Martínez y García, 1993; Alarcón, 2000)
- ❖ Físicas
 - Capacidad de retención de agua.
 - Porosidad.
 - Compactación.
 - Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

La capacidad de retención de agua del medio 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 (Moreno, 2004)

Propiedades Químicas

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

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.

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.

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 CO₂ y otros elementos minerales por destrucción de la materia orgánica (Martínez y García, 1993)

Franco, (2001) haciendo referencia a lo planteado por varios autores él anunció que: lo importante es que las propiedades de cada sustrato estén perfectamente especificados para permitir al usuario en función de las necesidades la elección de los materiales idóneos.

Parámetros fundamentales de los sustratos: (Alarcón, 2000)

- ❖ **Capacidad de intercambio catiónico:** Define la cantidad de cationes que son absorbidos por las superficies de las partículas sólidas constituyentes del sustrato. La capacidad de retención de nutrientes, medida a través de la (CIC) dependerá fundamentalmente del pH y del contenido y composición de la materia orgánica y arcilla de la parte sólida.

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

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

- ❖ **Químicas**
 - pH.
 - Sales Solubles.
 - Nutrientes.
 - Relación C:N.

El pH óptimo es de 5,5 – 6,5. La salinidad depende del contenido de NO₃, NH₄, K, Ca, Mg, Cl, Na y SO₆. si la alcalinidad es baja < 60 ppm, es necesario aumentar su capacidad buffer agregando fuentes de Ca y Mg, además de los principales macro – nutrientes que determinan el contenido salino, es conveniente comparar los niveles de Fe, B, Mn, Cu, Zn, Mo, Na y Cl con los niveles aceptables del medio se recomienda que la relación C:N no sea > 30 ej. (Corteza 300 – 1, Aserrín 1000:1) (Moreno, 2004)

Propiedades Biológicas.

- ❖ **Actividad biológica:** En sustratos de naturaleza orgánica no inertes, como consecuencia del ataque de los microorganismos, la materia orgánica se descompone y experimenta una serie de cambios en su composición hasta alcanzar una cierta estabilidad biológica. Los tejidos de los microorganismos que se alimentan de la materia orgánica que descomponen tienen una relación C:N

de aproximadamente 30. Si descomponen y alimentan de materiales con una relación C:N superior (mayor en materiales poco descompuesto (...)) necesitaron para su crecimiento un aporte extra de Nl compitiendo con las plantas por este elemento (Ansorena, 1994).

Otras Propiedades: (Franco,2001; Abad, 1993; Argo, 1998).

- Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos, hongos, otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproducibilidad y disponibilidad.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar, desinfectar y permanecer estable bajo los procesos de desinfección.
- Resistencia a cambios extremos.

Casanova *et al.*, (2000) plantearon que para la producción de plántulas en cepellones se emplean diferentes sustratos donde el pH recomendado debe estar entre 6 – 7 y la (CE) más adecuada oscilan entre 0,4 – 0,8 mmhos/cm para el cultivo del tomate.

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

2.13 Factores en los sustratos relacionados con el crecimiento vegetal.

Estrés Salino.

Claret, (2005) plantearon que un organismo está sometido a estrés salino, cuando tanto en el agua que absorbe como en el suelo hay una concentración elevada de sales, con relación a la cantidad que necesita para sobrevivir y esta puede estar dada por causas naturales y por el resultado de la intervención directa del hombre, provocando el exceso de partículas disueltas, una disminución del potencial osmótico en el suelo con lo cual se reduce el potencial hídrico de este, dificultando la absorción de agua por las raíces.

Álvarez, (2000) Afirma y menciona a numerosos autores que han estudiado las adaptaciones desarrolladas por las plantas para superar los problemas fisiológicos y metabólicos causados por el exceso de sales, las que se agrupan en adaptaciones fisiológicas y morfológicas, citando dentro de los primeros el retraso en la germinación y/o maduración ante condiciones desfavorables, el acortamiento de la estación de crecimiento (se refiere a especies anuales de ciclo corto que germinan y crecen vigorosamente aprovechando las condiciones favorables creadas por el lavado superficial de sales), el engrosamiento de las cutículas para reducir las pérdidas de agua por exceso de transpiración y la selectividad a iones específicos que les permitan compensar los desequilibrios iónicos del suelo y dentro de los segundos: la disminución del tamaño, foliar para reducir las tasas de transpiración, la aparición de succulencia en tallos y hojas con el fin de acumular una cantidad de solutos en el interior celular que les permita por un lado evitar la toxicidad de ciertos iones y por otro compensar las diferencias de presión osmótica con el suelo y poder así absorber agua, con mayor facilidad. Así como la aparición de tricomas y glándulas en la superficie de las hojas para excretar el exceso de sal.

Claret, (2005) Afirman que el ajuste osmótico u osmoregulación se presenta en células de plantas que están sujetas a sequías y a concentraciones de sal elevadas y consiste en un aumento de ciertas sustancias como la prolina, la betaina y varios carbohidratos, lo cual tiende a compensar la absorción de agua que se produce entre el suelo salino y la planta. Por lo tanto, dentro de ciertos rangos, el grado de ajuste osmótico es una función del grado de estrés hídrico externo que causa la sal del medio circundante de la

planta se encuentre sumergida en una atmósfera oxigenada, sino que es necesario que el oxígeno, esté en contacto con los órganos subterráneos.

Bear, (1967) afirmó que el volumen de suelo está constituido por espacio entre los poros, parte del está ocupado por agua y aire. A medida que aumenta la cantidad de agua, la velocidad de difusión del aire entre la atmósfera y el suelo se reduce alcanzándose finalmente un punto en que la adicción de cualquier cantidad de agua al suelo puede producir perjuicios; y si el suelo permanece saturado durante un período considerable las plantas morirán a causa de la acumulación de anhídrido carbónico, a la deficiencia de oxígeno o a la formación de compuestos reducidos de hierro y manganeso; sobre la influencia de la aireación en el crecimiento de las plantas. Afirmó también que cuando la ventilación es adecuada los pelos radicales se desarrollan abundantemente, pero pueden estar completamente ausentes en suelos anegados o aireados deficientemente por lo que es evidente que debe existir una relación íntima entre las condiciones de aireamiento del suelo y la velocidad de crecimiento de las plantas.

Leskovar, (2001) Afirmó que el manejo del agua, CO₂ y nutrientes, otros factores actúan de forma individual o en interacción afectando la fotosíntesis y la respiración, los dos procesos que determinan el crecimiento del trasplante, como es la temperatura y la luz.

Luminosidad.

La luz juega dos roles en el crecimiento y desarrollo de los plantones. Primero, constituye la fuente de energía para el proceso de fotosíntesis, por cuanto el carbono es fijado en carbohidratos y finalmente en compuestos orgánicos.

Segundo, regula el desarrollo vegetativo y reproductivo. Las mediciones de luz incluyen la cantidad, calidad, duración; e intensidad en general el crecimiento es influenciado por la cantidad total de luz integrada en el día (Leskovar, 2001).

2.14 Sustratos Orgánicos utilizados en la producción de posturas.

Turbas.

Son materiales de origen vegetal más o menos humificados y descompuestos con propiedades físicas y químicas muy variables en función del origen de los vegetales que las componen y del grado de descomposición en que se encuentren. Básicamente pueden clasificarse en turbas rubias (Turba de sphagnum) y turbas negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas que las turbas negras que, al estar más mineralizados, tiene un menor contenido en materia orgánica (Martínez y García, 1993)

Casanova *et al*; (1999) La describe como un producto vegetal que procede de la degradación de plantas acuáticas o semiacuáticas, que en un medio excesivamente húmedo y con falta de oxígeno no llegan a una descomposición completa, la turba no contiene principios nutritivos disponibles inmediatamente para la alimentación de las plantas. Debido a su estructura y a su gran porosidad permite un buen desarrollo del sistema radicular. Las turbas no poseen gérmenes patógenos, ni semillas de malas hierbas y se describen en tres clases de turbas: rubia, negra y de transición.

La turba ha sido el material base de la mayor parte de los sustratos para la producción de plantas hortícolas en semillero así como, para el cultivo de especies ornamentales en contenedor y la crianza de plantas en viveros forestales. (Casanova *et al*; 1999)

Humus.

Es el elemento más estable de la materia orgánica y su contenido en la misma constituye un importante indicador de su calidad. El humus 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. Puede considerarse como un compuesto resultante de la unión de restos de proteína con la lignina no descompuesta, en asociación con materiales inorgánicos. En las formaciones húmicas participan las proteínas de humus... no son solubles en agua, pero puede encontrarse en suspensión coloidal. 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. El humus constituye la fracción más estable de la materia orgánica del suelo desdoblándose a un ritmo no mayor de 5% anual (Velarde, 2004).

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).

El humus de lombriz es una de los mejores sustratos para la agricultura tiene una alta y equilibrada carga de nutrientes junto con un pH neutro y buenas características drenantes y de absorción de agua, se puede ampliar sólo o mejor mezclado con otros sustratos que mejoran su composición y textura como compost, corcho triturado, turba, entre otros (Habanero, 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.

Superior más del 50% de M.O y C/N 10 – 15

Primera 40 – 49% M.O y C/N 15 – 20

Segunda 30 – 39% M.O y C/N 20 – 25

Tercera < 30% M.O y C/N > 25

Fibra de Coco.

Se conoce como fibra de coco al sustrato obtenido del mesacarpio del fruto del cocotero (*Cocos nucífera* L.), compuesto con la mezcla de fibras cortas (“coconut Fiber”) y polvo de coco (“coconut Pith”) es un material muy hidrófilo, se rehidrata fácilmente y es muy elástico, presenta una baja densidad aparente (0,072 g/m³), una porosidad total muy elevada (> 95%), un contenido de aire alto (42,8%), una capacidad de retención de agua fácilmente buena (22,40%) y un contenido bueno en agua de reserva (HPS, 2005).

Alarcón, (2000) Afirmó que el hecho de que la fibra de coco como sustrato para plantas hortícolas y ornamentales, esté actualmente abriéndose paso entre los sustratos comerciales obedece a una serie de ventajas que este ofrece ante otro tipo de materiales como que presenta inercia térmica o poder de amortiguación térmica ante temperaturas ambientales extremas, alto poder de retención hídrica, mayor durabilidad, densidad aparente baja, la producción y calidad de cosechas, ventajosas aspectos medioambientales por lo que puede considerarse ecológico puesto que es biodegradable entre otros, se hizo referencia a las principales características físico – químicas de la fibra de coco y su interpretación.

Fibra de Madera.

Diversos experimentos fueron conducidos con el objetivo de encontrar alternativas al sustrato de turba. Las propiedades físicas de la fibra de madera fueron examinadas y comparadas con otros sustratos orgánicos. El peso del espacio poroso del volumen total, la distribución del espacio poroso u contenido de agua disponible y la capacidad saturada de aire y fue determinada la pérdida del volumen de esos sustratos. El

sustrato de fibra de madera mostró un similar peso volumétrico y un espacio poroso total al sustrato de la turba pero baja retención de agua citado por (Sandó *et al.*, 2006).

Otros Sustratos Orgánicos.

Vicente y Sáez, (2000) realizaron un estudio para la comparación de seis sustratos en cultivos de pimiento en invernadero, donde utilizaron y compararon sustratos como la Perlita, Fibra de Coco, Poseidona, Cáscara de Arroz + Fibra de Coco, Orujo de uva y Cáscara de Arroz, resultando el mejor sustrato y con mejores características: La Cáscara de Arroz + Fibra de Coco.

2.15 Sustratos Inorgánicos.

Lana de Roca.

La lana de roca es un producto de origen natural compuesto por fibras de lana de roca volcánica, es un sustrato químicamente inerte, es un medio libre de patógenos y semillas de malas hierbas, posee una alta capacidad de aireación, alto porcentaje de agua fácilmente disponible y es un sustrato perfectamente homogéneo y de estructura compacta (García, 2000).

Cervantes, (2005) planteó que el material original de la lana de roca se extrae de diabasas y calizas y que el proceso de extracción se realiza por medios mecánicos, debido a su proceso de fabricación con altas temperaturas es un producto libre de patógenos y malas hierbas.

Arenas y Gravas.

Las arenas y gravas que se utilizan para sustratos suelen tener unas granulometrías muy variables y tienen una baja porosidad. Esto supone que sus porcentajes en agua y/o aire no sean elevadas; estos materiales tienen una ventaja y es que suelen ser

fáciles de encontrar y relativamente económicos además de tener una estructura muy estable. Las arenas de origen silíceo tienen una buena inercia química pero las de origen calcáreo producen reacciones químicas al entrar en contacto con la solución de nutrientes liberando iones carbonato y bicarbonatos descontrolando el valor del pH y haciendo que ocurra la precipitación de determinados elementos nutritivos (Martínez y García, 1993)

2.16 Otros Sustratos.

Carmona, (1999) Estudiaron el Compost de Corcho como sustrato alternativo hortícola, lo consideran un producto autóctono y renovable y que con su utilización se resuelve un problema medio – ambiental de eliminación de residuos. El material está compuesto por partículas poliédricas que presentan aspecto similar al de una grava fina o gravilla con aceptables propiedades físicas destacándose su alta ligereza, porosidad y gran capacidad de aireación pudiéndose corregir con un adecuado manejo de riego.

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

2.17 Retenedores de Agua.

Poliagua. Polímero, Retenedor de Agua.

Polímero es una sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamadas monómeros. Cuando un polímero se forma por medio de uniones entre si de un solo tipo de molécula pequeña o monómero, se le dice homopolímero y cuando en cambio dos tipos diferentes de monómeros están

unidos a la misma cadena polimérica, el polímero es denominado Copolímero (Encarta, 2005).

El polímero retenedor de agua es un producto que es un compuesto derivado muy lejano del petróleo sobre una sal acrílica sobre la base de potasio. Este último cuando llega la biodegradabilidad del producto actúa sobre la raíz de las plantas. El polímero no es un agroquímico y no es un fertilizante; es un producto que es una enmienda física, un acondicionador del suelo que tiene la virtud de tener una vida útil muy larga y tiene un alto valor para el suelo ya que lo mejoran y no le aportan ningún elemento nocivo, es capaz de absorber hasta 500 veces su peso en agua y cede hasta el 95% y es el mayor elemento para aumentar la capacidad de retención de suelo por lo que este producto evita pérdidas de cultivos por sequía o faltante de agua ya que reduce más de un 80% la frecuencia del riego (Gelonch, 2005), para el cambio financiero.

La firma Química Meristem, aseguró que mejora las propiedades del suelo: aumentando la capacidad de retención de agua, aumentado la aireación, mejora la estructura, se estimula el crecimiento radicular y se reduce la pérdida de elementos por lixiviación entre otras (Meristem, 2000)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en la Unidad Empresarial de Base Ventas al Turismo, perteneciente a la Empresa Cítrico Arimao, provincia de Cienfuegos, Cuba, en el período comprendido del 31 de Diciembre del 2008 al 10 Febrero del 2009.

Para realizar el trabajo se utilizó una instalación para el cultivo protegido de plántulas en cepellones, modelo Tropical de la firma cubano-española CARISOMBRA, cuyas dimensiones son 10 m x 12 m (120 m²) y una altura a la cumbre de 4.40 m, con un cerramiento superior de la instalación de rafia plastificada y de malla anti insectos por los laterales, los frentes y la ventana cenital. Para ello se utilizó el híbrido de pimiento DENVER F1 de la firma EliSem de origen: Francia.

La instalación está ubicada alejada de las áreas de producción y vientos arriba, en un sitio alto y ventilado con posibilidades de riego y vías de acceso.

Durante la realización de la investigación, se utilizó un termohigrómetro para medir variables climáticas de interés durante las fases de germinación y crecimiento de las plántulas todos los días a las nueve de la mañana, realizando las lecturas de la temperatura y humedad relativa máxima y mínima registradas por el instrumento en memoria, primero en la cámara de germinación y posteriormente en la instalación tropical, calculando los medios según lo recomendado por Bacsó, (1969), lográndose en el proceso germinativo valores promedios de temperatura de 26°C y 76% de humedad relativa así como en la fase de crecimiento, 31°C y 60% respectivamente.

Se realizó un estudio donde se valoraron dos factores (tipo de sustrato y solución nutritiva) que intervienen en la calidad de las plántulas. El ensayo se montó sobre un diseño bifactorial completamente aleatorizado con 25 observaciones (planta como unidad experimental).

Variantes de sustratos orgánicos evaluados.

Sustratos Orgánico – Mineral
Turba rubia (100%)
Turba rubia + perlita (80 + 20%)
Turba rubia + humus de lombriz (50 + 50%)
Humus de lombriz (100%)

Características de los sustratos utilizados:

Humus de lombriz: Material orgánico de producción nacional, libre de nematodos, evaluado de calidad segunda en cuanto al porcentaje de materia orgánica y superior en cuanto a la relación C/N, según las características dadas por el laboratorio de la Estación Experimental de Suelos Escambray lo cual esto dentro de los parámetros exigidos por Peña *et al*, (2002) (Anexo 1). Además este sustrato poseía una conductividad eléctrica (CE) de 0,8 mmhos/cm y un pH de 7,02 se plantea que puede ser utilizado sin ninguna restricción aplicando las normas establecidas.

Turba rubia: Es de importación, calidad certificada, producto orgánico vegetal que procede de la degradación de plantas acuáticas o semiacuáticas, que en un medio excesivamente húmedo y con falta de oxígeno no llegan a la descomposición completa. Constituye uno de los sustratos más utilizados a escala mundial para la producción de plántulas hortícolas en cepellones. (Anexo 2)

Perlita: Material Inorgánico, inerte desde el punto de vista químico porque sufre tratamiento previo, generalmente a elevadas temperaturas, lo que modifica totalmente

la estructura de la materia prima, no interaccionan con las soluciones nutritivas, presenta muy baja o nula capacidad de intercambio catiónico, su misión es únicamente el anclaje de la planta y el mantenimiento de una adecuada relación aire-agua.

Variantes de soluciones nutritivas empleadas

Agua común.

Solución nutritiva A.

Solución nutritiva B.

Características de las soluciones nutritivas empleadas:

Solución nutritiva: Es una disolución acuosa con una determinada concentración de fertilizantes líquidos o sólidos especiales de alta solubilidad, es decir en disolución se separan en sus correspondientes partes catiónicas y aniónicas, lo que genera un incremento específico de la conductividad eléctrica (CE).

El agua utilizada para el riego provenía de la presa Hanabanilla (Anexo 3), la misma poseía una conductividad de 0.5 mmhos/cm. Fue clasificada según Riverside C2 y S1 como un agua de salinidad media y bajo contenido de sodio (Na) apta para el riego; según Wilcoz por el % de Na del total de los cationes, su evaluación es de excelente a buena y según su dureza expresada en grados hidrotimétricos franceses (G.H.F), la clasificación es semiblanda (Cadahia, 2000) citado por Moreno, (2003).

Preparación de las soluciones madres concentradas para la confección de las soluciones nutritivas A y B:

1. Se seleccionaron 6 frascos, con tapa, de 2 litros de capacidad. Se aforaron a 2 litros de capacidad con la ayuda de una bureta graduada.

2. Se identificó cada frasco con el nombre de la solución madre concentrada que va a contener:
 - a) Nitrato de Calcio
 - b) Nitrato de Potasio
 - c) Sulfato de Magnesio
 - d) Sulfato de Potasio
 - e) Ácido Fosfórico
 - f) Ácido Nítrico
3. Se pesó en una balanza técnica de dos platos marca DT SCALL clase I, de rango hasta 1000g. (Anexo 4)
 - a) Nitrato de Calcio-----54gr
 - b) Nitrato de Potasio-----20gr
 - c) Sulfato de Magnesio-----32gr
 - d) Sulfato de Potasio-----7.4gr
4. Se traspasó cada producto a su frasco correspondiente. Añade agua al frasco, se disuelve y se enraza a 2 litros.
5. Las soluciones de Ácido Nítrico y fosfórico se prepararon con una jeringuilla tomando las siguientes cantidades:
 - a) Ácido Fosfórico-----12ml
 - b) Ácido Nítrico-----48ml
6. Cada uno se transvasó a su correspondiente frasco de 2 litros, a los cuales previamente se les ha echado agua hasta la mitad, y se enraza con agua hasta 2 litros.

Las soluciones nutritivas A y B se prepararon a partir de las soluciones madres concentradas, tomando de cada una de ellas un determinado volumen y diluyéndolas

en una cantidad de agua de riego, para ello se selecciona una vasija de 3-4 litros y se aforó a 1.732 litros.

Solución nutritiva A: Al recipiente que se tiene aforado, se le añadió agua, aproximadamente, hasta la mitad. Con una pipeta aforada se extrajo de los frascos las soluciones madres, las siguientes cantidades se echaron al recipiente aforado que contenía agua hasta la mitad.

Nitrato de calcio-----14ml

Nitrato de Potasio -----13ml

Sulfato de Magnesio-----13.5ml

Sulfato de Potasio -----13.5ml

Ácido Fosfórico-----14ml

Se enrazó a 1.732 litros con agua de riego, la solución nutritiva A, recién preparada, se pasó a una mochila de aspersión o regadera para efectuar el riego, lo más uniformemente posible, aportando a las bandejas de 150 alvéolos 1300ml.

Solución nutritiva B: Se realizó el mismo procedimiento que en la solución nutritiva A, con la diferencia que a la solución nutritiva B además de tener los fertilizantes de de la solución nutritiva A, se le adicionó a la solución:

Ácido Nítrico-----7ml

Previo a la realizaron de la mezcla de los sustratos correspondientes para el estudio de cada uno de los factores, el humus de lombriz fue sometido a un lavado de sales con agua de baja conductividad, hasta llevarlo a 0.8 mmhos/cm de conductividad eléctrica (CE), lo cual se midió con el auxilio de un conductímetro de campo, mientras se obtuvo un pH en el material orgánico, medido con el auxilio de un phmetro de campo.

Sustratos Orgánico – Mineral	PH

Turba rubia (100%)	6.5
Turba rubia + perlita (80 + 20%)	6.5
Turba rubia + humus lombriz (50 + 50%)	6.8
Humus lombriz (100%)	7.02

Los materiales orgánicos utilizados de calidad certificada, se mezclaron en volumen de acuerdo a cada uno de los tratamientos, proyecto por proyecto. El día antes de realizar la mezcla de los sustratos se le adicionó agua de baja conductividad, para lograr que los mismos tuvieran al día siguiente una humedad adecuada (humedad de tempero). Los volúmenes de cada sustrato, según tratamiento, se midieron con el auxilio de un recipiente plástico graduado al efecto. La mezcla física de los sustratos se realizó sobre una película de polietileno negro, aislado del suelo, de forma manual, con el auxilio de una pequeña pala, garantizando una adecuada uniformidad de la mezcla.

Antes del llenado de las bandejas, a todos los tratamientos con sustrato organo- mineral de cada uno de los dos factores en estudio, les fue aplicado un biopreparado del hongo antagonista *Trichoderma harzianum* cepa A-34, con una concentración de 1×10^9 a razón de 100 ml del biopreparado por 10 kg de sustrato. Este producto se emplea para prevenir la afectación de hongos del suelo, que generan la enfermedad conocida como Damping off o Mal de los Almácigos y que afectan a las plántulas hortícolas y otras especies, principalmente en fase de semillero, de acuerdo por lo recomendado por Casanova, *et al.* (2003)

Para el estudio se emplearon bandejas o contenedores nuevos. La bandeja española de 45,0 cm³ de 150 alvéolos (Anexo 5). En todos los casos, previo al llenado de las bandejas con los tratamientos de sustratos órgano minerales correspondientes para cada factor en estudio, éstas fueron desinfectadas con formaldehído (formol al 2%), sumergiéndolas en un tanque con la citada solución por espacio de 5 minutos, procediendo posteriormente a su lavado con abundante agua limpia, de acuerdo con las normas vigentes.

La siembra se realizó a la profundidad adecuada según normativas y posterior a la misma la semilla fue cubierta con el sustrato órgano- mineral del tratamiento correspondiente.

Después de sembradas las semillas en las bandejas, se aplicó un riego adecuado, con el auxilio de una asperjadora manual, en cantidades de hasta 1,5 litro de agua por bandeja, hasta que se observara el drenaje del agua por los alvéolos de las mismas. Con ello se pretendía garantizar la humedad necesaria del sustrato, para su estancia en el cuarto oscuro, para cumplimentar la fase de pre germinación, por un período aproximado de 72 horas. El mismo se desarrolló bajo la influencia de temperaturas máximas de 30 °C y mínimas de 22 °C y a una humedad relativa máxima de 82 % y mínima de 70% respectivamente.

Posteriormente las bandejas fueron trasladadas a la instalación protegida de plántulas, ubicándolas separadas por factor en estudio y réplicas correspondientes. El agua utilizada para el riego tenía una conductividad de 0.5 mmhos/cm. Fue clasificada según Riverside C2 y S1 como un agua de salinidad media y bajo contenido de sodio (Na) apta para el riego; según Wilcoz por el % de Na del total de los cationes, su evaluación es de excelente a buena y según su dureza expresada en grados hidrotimétricos franceses (G.H.F), la clasificación es semiblanda (Cadahia, 2000 citado por Moreno, 2003).

Las labores de manejo de las plántulas durante su fase de crecimiento consistieron en la aplicación de riegos diarios y la aplicación de fungicidas para prevenir enfermedades foliares. Para el riego en condiciones de la instalación protegida se utilizó una asperjadora manual de 16 litros, la misma poseía un pH comprobado entre 5.5 y 6.0, de acuerdo con lo recomendado por Moreno, (2004). La norma de riego empleada fue la razón de 1 a 1.5 litros de agua por bandeja por día. Se realizaron 10 riegos en el ciclo de los cepellones a partir de la emisión del primer par de hojas verdaderas.

Metodología

Se evaluaron las siguientes variables de la calidad de las plántulas.

Variable	U.M.	Medio para la medición
Altura de la planta	(cm)	Regla graduada
Diámetro del tallo	(mm)	Pie de Rey
Número de hojas	(No.)	Conteo físico
Número de raíces	(No)	Observación
Largo de la hoja.	(cm)	Regla graduada
Ancho de la hoja	(cm)	Regla graduada
Emisión de 1ra hoja verdadera	-	Observación

La altura de la planta se evaluó a los 30 dds y al final del ciclo de las posturas 36dds. El resto de las evaluaciones se realizaron a los 36dds. En cada variante se procedió a tomar una muestra aleatoria de 25 plántulas de las bandejas por cada una de las tres réplicas de cada tratamiento.

Con la información de las variables evaluadas se realizó un análisis multifactorial y procesando los datos a través del paquete estadístico SSPS versión-12. Se realizaron los análisis de varianza y la prueba de Duncan correspondientes para los casos que lo requirieron, con un error experimental del 5%.

Se realizó una valoración económica de los costos de las combinaciones sustrato solución nutritiva que obtuvieron los mejores resultados. Para ello se determinó el costo

del sustrato y solución nutritiva de cada variante para una casa de cultivo que lleva 1700 posturas según el precio de los materiales que estaban en el almacén de la unidad y se hizo el cálculo para de 1000 posturas tanto en CUC como en moneda nacional. Los valores del costo para cada componente aparecen a continuación.

Precios de cada elemento de gasto según precio de compra de la Empresa Cítrico Arimao.

Elementos	UM	Valor CUC	Moneda nacional
Nitrato de calcio	TM	741.40	129.39
Nitrato de potasio	TM	710	71.6
Sulfato de Magnesio	TM	440.20	75.93
Sulfato de Potasio	TM	1407.69	108.38
Acido fosfórico	TM	1332.43	163.59
Acido nítrico	TM	389.59	68.14
Turba rubia	Kg	0.2083	0.03
Humus lombriz	TM	-	110
Perlita	Kg	0.173	0.021

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza para la variable altura de las plántulas, tanto a los 30 días después de sembradas las semillas (dds) como al final del ciclo de los cepellones manifestaron significación estadística para los factores sustrato y para las soluciones nutritivas, así como para la interacción de los dos factores.

En la altura de las plántulas a los 30 dds para la interacción de los tratamientos sustrato x solución nutritiva (Tabla 1) se presentan once combinaciones donde las plántulas alcanzan más de 5 cm de altura y no difieren entre sí, sin embargo las plántulas en la variante Turba Rubia + Perlita con agua alcanzaron 4.88 cm con diferencia estadística con el resto.

En cuanto a la altura de las plántulas al final del ciclo (36dds), se pudo constatar que los cepellones de la variante turba rubia + humus de lombriz x solución B alcanzaron una altura de 8.94 cm. Alcanzaron más de 8 cm las posturas de otras cuatro variantes que no difirieron de ésta, las cuales fueron: Turba rubia x solución B, humus x solución B, turba rubia + perlita x solución B y turba rubia + humus de lombriz x solución A. Estas variantes no alcanzaron los 12 cm que señala Casanova *et al.* (2007)

Tabla 1: Altura de las plántulas en las diferentes combinaciones de sustrato – solución nutritiva.

Combinación sustrato x solución		Variables	
Sustrato	Solución nutritiva	Altura a los 30 días (cm)	Altura al final del ciclo (cm)
Turba rubia	Agua	5.6040 a	7.5520 bcd
Turba rubia	Solución A	5.7400 a	7.9880 bc
Turba rubia	Solución B	5.7120 a	8.2840 ab
Turba rubia + Perlita	Agua	4.8800 b	5.5520 e
Turba rubia + Perlita	Solución A	5.5600 a	7.3240 cd
Turba rubia + Perlita	Solución B	5.5360 a	8.2600 ab
Turba rubia + Humus	Agua	5.5040 a	7.1480 d
Turba rubia + Humus	Solución A	5.9120 a	8.3440 ab

Turba rubia + Humus	Solución B	5.9960 a	8.9400 a
Humus	Agua	5.5120 a	6.8800 d
Humus	Solución A	5.7320 a	7.1600 a
Humus	Solución B	5.6960 a	8.2440 ab

Puede observarse que todas las variantes de sustratos estudiadas con la solución B quedaron en este grupo y una sola combinación con la solución A donde intervenía la mezcla turba rubia + humus de lombriz. La variante en la cual las plantas presentan la menor altura fue la turba rubia + perlita + agua, el resto de las variantes quedaron intermedias desde el punto de vista estadístico.

Con relación a la altura de la planta pudo observarse el mayor efecto de la combinación sustrato x solución nutritiva al final del ciclo y no tan evidente a los 30 días de sembrada la semilla debido al corto periodo de las posturas, hubo una tendencia a ser mayor las combinaciones donde participo la turba rubia, el humus de lombriz o combinaciones de estas, lo que también fue observado en estudios realizados por Sandó *et al.* (2006) en cepellones de tomate. Estos resultados pudieran estar relacionados por las características de la turba rubia y también en bastante medida el humus de lombriz que le confiere adecuadas características físicas al sustrato mejorando su porosidad y proporcionándole mayor aireación facilitando la condición planteada por Bear (1967) sobre la necesaria relación interna entre las condiciones del aireamiento del suelo y la velocidad de crecimiento de las plantas. Por otra parte aunque las raíces no pueden llevar un proceso fotosintético, pero utilizando carbohidratos sintetizados en la parte aérea respiran para obtener la energía necesaria para la absorción hídrica y mineral, siendo critica y necesaria una adecuada aireación del suelo/ sustrato pues la cantidad de oxígeno utilizada para respirar es 10 veces superior a la empleada por la parte aérea.

A esto hay que agregar que el humus de lombriz es superior en cuanto al contenido de nutrientes por lo que con respecto a la turba rubia la respuesta es más evidente cuando se emplea la solución B, más rica en nitrógeno, que es un elemento vital para el crecimiento vegetativo de una planta (Martín, 2006), lo cual quedó demostrado al quedar en segundo lugar la combinación turba rubia + perlita x solución A, ya que en este caso no está el aporte de nitrógeno del humus de lombriz ni de la solución B.

.A los efectos de la altura es evidente la influencia que ejercen la turba rubia y el humus de lombriz por ser materiales orgánicos con una estructura que permite una absorción considerable de agua, desarrollándose las plantas en un medio adecuado, lo cual está en concordancia con lo planteado por Ansorena (1994) quién enfatiza que los sustratos deben poseer una elevada porosidad, capacidad de retención de agua, aire, unido a un drenaje rápido y a una buena aireación.

El análisis de varianza para la variable grosor del tallo de las plántulas al final del ciclo, manifestó significación estadística para el factor sustrato y para las soluciones nutritivas, así como para la interacción de los dos factores.

El grosor del tallo de las plántulas en la interacción sustrato x solución nutritiva fue mayor para la variante turba rubia x solución B con 2.92 mm muy próximo al óptimo (3mm) como señala Casanova *et al.* (2007) (Anexo 2). No difirieron de este valor el grosor de las plántulas de las siguientes variantes: Turba rubia + perlita x solución B, turba rubia + humus de lombriz x solución A y turba rubia +humus de lombriz x solución B. Las mejores variantes resultaron las que emplearon solución B con la excepción del sustrato humus de lombriz. La variante en la cual las plántulas alcanzaron menor grosor del tallo fue turba rubia + perlita x agua, lo cual se explica por el menor aporte en nutrientes del agua y ningún aporte de la perlita por ser un material inerte. El resto de las variantes quedaron intermedias desde el punto de vista estadístico.

Tabla 2: Grosor del tallo en las diferentes combinaciones de sustrato – solución nutritiva.

Combinación sustrato x solución		Variable
Sustrato	Solución nutritiva	Grosor (mm)
Turba rubia	Agua	2.6960 bc
Turba rubia	Solución A	2.8920 b
Turba rubia	Solución B	2.9200 a
Turba rubia + Perlita	Agua	2.2800 d
Turba rubia + Perlita	Solución A	2.6960 bc
Turba rubia + Perlita	Solución B	2.8320 ab
Turba rubia + Humus	Agua	2.6160 c
Turba rubia + Humus	Solución A	2.7480 abc
Turba rubia + Humus	Solución B	2.8000 ab
Humus	Agua	2.2680 d

Humus	Solución A	2.4160 d
Humus	Solución B	2.6680 bc

La turba rubia es considerada un material orgánico de gran riqueza y calidad biológica, que proporciona a la raíz y después al tallo una positiva influencia sobre las propiedades biológicas tales como mejora de los procesos energéticos, modificaciones de la actividad enzimática favoreciendo la síntesis de ácidos nucleicos así como servir de amortiguador regulando la disponibilidad de nutrientes según las necesidades de las plantas (Peña *et al.* 2002), esto explica el porqué los mejores resultados del grosor del tallo se presentaron en las variantes mencionadas donde participa la turba rubia combinada con la solución B, y también con la solución A cuando esta está sola o mezclada con el humus de lombriz, considerado este último sustrato de gran valor biológico y nutricional también. Al grosor del tallo le es concedida gran importancia como variable de calidad de los cultivos agrícolas por Casanova *et al.* (2004) ya que está muy relacionado con los posteriores resultados productivos de la planta.

El análisis de varianza para la variable número de pares de hojas verdaderas, manifestó significación estadística para el factor sustrato y para las soluciones nutritivas, así como para la interacción de los dos factores.

El número de hojas verdaderas para la interacción sustrato solución nutritiva fue más alta en la variante turba rubia x Solución A (2.98), muy próximo al óptimo de 3 pares como señalan Casanova *et al.* (2007). No manifestaron diferencia con ésta las plántulas de las variantes: humus de lombriz x solución B, turba rubia x solución B, turba rubia + humus de lombriz x solución A, turba rubia + humus de lombriz x solución B y turba rubia + perlita x solución B (Tabla 3). El menor número de hojas verdaderas lo alcanzó las plántulas en la variante turba rubia + perlita x agua con dos hojas verdaderas. El resto de las variantes quedaron intermedias entre estos dos grupos desde el punto de vista estadístico.

Tabla 3: Emisión de hojas por las plántulas en las diferentes combinaciones de sustrato x solución nutritiva.

Combinación sustrato x solución		Variable
Sustrato	Solución Nutritiva	Nro de pares de hojas verdaderas
Turba rubia	Agua	2.52 c
Turba rubia	Solución A	2.98 ab
Turba rubia	Solución B	2.80 ab
Turba rubia + Perlita	Agua	2.00 d
Turba rubia + Perlita	Solución A	2.68 bc
Turba rubia + Perlita	Solución B	2.92 ab
Turba rubia + Humus	Agua	2.68 bc
Turba rubia + Humus	Solución A	2.88 ab
Turba rubia + Humus	Solución B	2.96 a
Humus	Agua	2.48 c
Humus	Solución A	2.52 c
Humus	Solución B	2.77 abc

La emisión de las hojas verdaderas en las plántulas estuvo fuertemente favorecidas por el mayor contenido en el sustrato de la turba rubia, que como se hizo referencia anteriormente facilita el crecimiento de la planta al mejorar la porosidad del sustrato y proporcionar mayor aireación con adecuadas características biológicas que influye sobre el número de hojas verdaderas, pero como la producción de nuevos órganos se requiere de la división celular la variante donde se combinan los diferentes sustratos con la solución nutritiva B más rica en nitrógeno estuvieron entre las de mayor número de hojas, conjuntamente con la turba rubia x solución A y turba rubia + humus de lombriz x solución A, donde la influencia de la turba rubia compensó la menor cantidad de nutriente en la solución nutritiva. Según lo planteado por (Martin, 2006), el nitrógeno es el elemento mayor responsable del desarrollo de los cultivos, está presente en la composición de las proteínas, las hormonas de crecimiento, las vitaminas, así como los ácidos nucleicos, por lo que es un regulador que gobierna en grado considerable todo el metabolismo de la planta.

El análisis de varianza para el número de raíces / plántula, manifestó significación estadística para el factor sustrato y para las soluciones nutritivas, así como para la interacción de los dos factores. Diez variantes de interacción sustrato x solución nutritiva tenían valores por encima de 2.63 y no difirieron entre si, la peor variante fue turba rubia + perlita x Agua (1.36 raíces promedio / plántula), quedando intermedia desde el punto de vista estadístico turba rubia x Agua con 2.52 raíces / plántulas (Tabla 4).

Tabla 4: Emisión de raíces por las plántulas en las diferentes combinaciones de sustrato x solución nutritiva.

Combinación sustrato x solución		Variable
Sustrato	Solución Nutritiva	Nro de raíces
Turba rubia	Agua	2.52 b
Turba rubia	Solución A	2.80 ab
Turba rubia	Solución B	2.96 a
Turba rubia + Perlita	Agua	1.36 c
Turba rubia + Perlita	Solución A	2.84 ab
Turba rubia + Perlita	Solución B	2.72 ab
Turba rubia + Humus	Agua	2.64 ab
Turba rubia + Humus	Solución A	2.88 a
Turba rubia + Humus	Solución B	2.84 ab
Humus	Agua	2.72 ab
Humus	Solución A	2.64 ab
Humus	Solución B	2.92 a

Le evidenció que los nutrientes del agua no son suficientes para favorecer la emisión adecuada de raíces combinadas con turba rubia o turba rubia + perlita, sin embargo este proceso se produce de forma optima en el resto de las combinaciones estudiadas de sustrato combinadas con la solución nutritiva A o solución nutritiva B, mientras que el humus con agua fue capaz de proporcionar condiciones adecuadas al sustrato desde el punto de vista físico y nutricional para que se emitieran las raíces.

Este resultado se logra debido a que el humus facilita la respiración de las raíces suministrándoles polifenoles que actúan como catalizadores de la respiración celular y

según Ruíz (2006), tiene efecto estimulante en la formación de raíces y en el aumento de la actividad enzimática de las plantas.

Los análisis de varianza para las variables ancho y longitud de las hojas, manifestaron significación estadística para el factor sustrato y para las soluciones nutritivas, así como para la interacción de los dos factores.

En cuanto al ancho de las hojas se manifestó marcada diferencia entre las combinaciones sustrato x solución nutritiva. Los mayores valores se obtuvieron en turba rubia x solución A, turba rubia x solución B y el menor valor desde el punto de vista estadístico lo alcanzaron las plántulas de la variante turba rubia + perlita x Agua. El resto de las variantes se ubicaron desde el punto de vista estadístico en grupos intermedios entre estos extremos.

Los valores más altos de largo de las hojas lo alcanzaron las plantas en las variantes turba rubia x solución A, turba rubia x solución B y turba rubia + humus de lombriz x solución B (Tabla 5). En segundo orden se ubicaron estadísticamente turba rubia + humus de lombriz x solución A, y humus de lombriz x solución B. Los menores valores de ancho de las hojas se evidenciaron en las plántulas de la variante turba rubia + perlita x Agua.

Tabla 5: Ancho y largo de las hojas de las plántulas en las diferentes combinaciones de sustrato – solución nutritiva.

Combinación sustrato x solución		Variables	
Sustrato	Solución Nutritiva	Ancho de las hojas (cm)	Largo de las hojas (cm)
Turba rubia	Agua	3.552 b	6.964 cd
Turba rubia	Solución A	3.496 a	7.860 a
Turba rubia	Solución B	3.408 a	7.548 ab
Turba rubia + Perlita	Agua	2.088 f	4.496 g
Turba rubia + Perlita	Solución A	2.864 cde	6.500 e
Turba rubia + Perlita	Solución B	2.700 c	5.924 f
Turba rubia + Humus	Agua	3.032 bc	6.744 cde
Turba rubia + Humus	Solución A	3.008 bc	7.148 bc
Turba rubia + Humus	Solución B	2.704 c	7.480 ab
Humus	Agua	2.90 cde	6.312 ef
Humus	Solución A	2.716 ef	6.640 de
Humus	Solución B	2.964 bcd	7.168 bc

El ancho y largo de las hojas son dos variables de calidad que complementan las evaluadas anteriormente y que dan la posibilidad de que la plántula tenga mayor capacidad fotosintética y por consiguiente mejores condiciones para su futuro desarrollo como planta productiva. En ambos aspectos se evidenció la influencia positiva que ejerce la turba rubia combinada con cualquiera de las dos soluciones nutritivas, aunque la combinación turba rubia + humus de lombriz x solución B manifestó buenos resultados para el largo de las hojas.

Esta respuesta de la planta se explica por lo expuesto por Martín (2006) en la relación de que el elemento nitrógeno determina la succulencia de las hojas y menciona el efecto en algunas hortalizas como la lechuga, el rábano y la col.

Un análisis integrado de todas las variables evaluadas (Tabla 6) evidenció que la mejor combinación resultó turba rubia x solución B que obtuvo los mejores resultados para las siete variables evaluadas (a) Obtuvieron buenos resultados las combinaciones turba rubia + humus x solución B con seis variables entre los mejores resultados; turba rubia + humus x solución A y turba + perlita x solución B; con cinco variables entre las de mejores resultados humus x solución B con cuatro variables entre los mejores resultados. Estas últimas tres combinaciones incluyen entre las de mejores resultados la altura del tallo, el número de pares de hojas verdaderas y el número de raíces. También presentó cinco variables entre las de mejor comportamiento: Turba rubia x solución A; pero no incluye el grosor del tallo ni la altura al final del ciclo.

Tabla 6: Resumen de las mediciones de todas las variables.

Combinación sustrato x solución		Variables						
Sustrato	Solución nutritiva	Altura a los 30 días. (cm)	Altura al final del ciclo (cm)	Grosor del tallo (mm)	Pares de hojas verdaderas	Nro de raíces	Ancho de las hojas	Largo de las hojas
Turba rubia	Agua	5.604 a	7.552 bcd	2.696 bc	2.52 c	2.52 b	3.552 b	6..964 cd
Turba rubia	Solución A	5.740 a	7.988 bc	2.892 b	2.88 ab	2.80 ab	3.496 a	7.860 a
Turba rubia	Solución B	5.712 a	8.284 ab	2.920 a	2.80 ab	2.96 a	3.408 a	7.548 ab
Turba rubia+ Perlita	Agua	4.880 b	5.552 e	2.280 d	2.00 d	1.36 c	2.088 f	4.496 g
Turba rubia+ Perlita	Solución A	5.560 a	7.3240 cd	2.696 bc	2.68 bc	2.84 ab	2.864 cde	6.500 e
Turba rubia+ Perlita	Solución B	5.536 a	8.2600 ab	2.832 ab	2.92 ab	2.72 ab	2.700 c	5.924 f
Turba rubia+ Humus	Agua	5.504 a	7.1480 d	2.616 c	2.68 bc	2.64 ab	3.032 bc	6.744 cde
Turba rubia+ Humus	Solución A	5.912 a	8.3440 ab	2.748 abc	2.88 ab	2.88 a	3.008 bc	7.148 bc
Turba rubia+ Humus	Solución B	5.996 a	8.9400 a	2.80 ab	2.96 a	2.84 ab	2.704 c	7.480 ab
Humus	Agua	5.512 a	6.8800 d	2.268 d	2.48 c	2.72 ab	2.90 cde	6.312 ef
Humus	Solución A	5.732 a	7.1600 a	2.416 d	2.52 c	2.64 ab	2.716 ef	6.640 de
Humus	Solución B	5.696 a	8.2440 ab	2.668 bc	2.77 abc	2.92 a	2.964 bcd	7.168 bc

Un análisis económico arrojó que la mejor combinación, turba rubia x solución B, fue la de mayor costo en divisa, siguiéndole la turba rubia + perlita x solución B (Tabla 7). El humus de lombriz x solución B resultó la variante de menor costo en divisa. Se aprecia también una ínfima diferencia entre el costo de la solución A y la B. De acuerdo a los resultados biológicos y el análisis de los costos, en dependencia de la disponibilidad de sustrato y de recursos de la entidad, se recomienda el empleo de turba rubia x solución B, en segundo lugar turba rubia + humus de lombriz x solución B y en última instancia humus x solución B para la obtención de plántulas de pimiento en cepellones.

Tabla 7: Valoración económica de las combinaciones más destacadas.

Variante	Sustrato para 1730 posturas		Solución nutritiva para 1730 posturas.		Costo para 1000 posturas de pimiento.	
	CUC	M.N	CUC	M.N	CUC	M.N
Humus x S. B	-	5.06	0.0039	0.0061	0.0022	2.928
Turba rubia x S. B	6.40	0.96	0.0039	0.0061	3.70	0.5584
Turba rubia x S. A	6.40	0.96	0.0038	0.0060	3.70	0.5593
Turba rubia + humus x S. A	3.20	3.01	0.0038	0.0060	1.8519	1.7433
Turba rubia + humus x S. B	3.20	3.01	0.0039	0.0061	1.8519	1.7334
Turba rubia + perlita x S. B	6.18	0.672	0.0039	0.0061	3.5745	0.3919

5. CONCLUSIONES

1. La combinación sustrato solución nutritiva estudiada que menos favorece las variables de calidad de las plántulas de pimiento en cepellones es turba rubia + perlita x agua.
2. Desde el punto de vista de calidad de las posturas de pimiento la mejor combinación sustrato x solución nutritiva resultó ser la turba rubia x solución B, aunque otras cinco combinaciones demostraron resultados aceptables.
3. Desde el punto de vista económico la mejor combinación resulta la más cara por el alto costo en componente en divisa, mientras que dentro de las que demostraron aceptables resultados, humus de lombriz x solución B resultó la de menor costo.

6. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar la combinación de sustrato turba rubia + solución nutritiva B para la producción de posturas de pimiento en cepellones y de existir dificultades con la disponibilidad de sustrato y de recursos de la entidad pudiera emplearse turba rubia + humus x solución B o en última instancia humus x solución B.
2. Dar a conocer los presentes resultados a las entidades del MINAG y el MINAZ que cultivan pimiento con la tecnología de cultivo protegido para que se introduzcan en la práctica productiva y divulgarlos por diferentes vías entre estudiantes, técnicos, profesionales y profesores.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad, B.; Martínez, C.; Díaz, F. 1993. Sustratos, características y propiedades. En cultivo sin suelo. Centro superior de especialización. Ed. Almería. España.

Alarcón. A. L. 2000. Introducción a la fertirrigación: Aspectos básicos. Tecnología para cultivo de alto rendimiento. Ed. Novedades Agrícolas. S.A. Espina pág. 15 –25.

Alarcón, A. L.; F. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Cultivo en fibra de coco. Ed. Novedades Agrícolas S. A. España, Pág. 245 – 253.

Alarcón; A. L. 2000. Aspectos prácticos en nutrición del cultivo del tomate en fertirrigación. Murcia. España. 2000.

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, Pág. 191 – 204.

Ansorena, J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi Prensa. Madrid. Pág. 35 – 71.

Bacsó, N. 1969. Introducción a la agrometeorología. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana, 322 pág.

Bear, F. E. 1967. Suelos y Fertilizantes. Ed. Norteamericana. La Habana, Cuba. Pág. 127 – 134.

Bello, A. 2004. Alternativas al bromuro de metilo como fumigante del suelo de España. [Disponible en <http://www.fumi.esp.com>] [Consulta: 14 de marzo del 2009].

Bruzón, S. 2004. En Colombia un tomate de altura.[Disponible en <http://www.aupec.univalle.edu.co/infones>] [Consulta:20 de Febrero 2009].

Cadahía, C. 2000. Fertirrigación de cultivos hortícolas y ornamentales. Ed. Mundi - Prensa. Madrid. Pág. 475

Canales. El cultivo del pimiento (Apartados del 1.al 2.2.)[en línea] , 1995. [Disponible en: <http://www.canales.nortecastilla.es/canalagro/datos/hortalizas/pimiento.htm>] [Consulta: Marzo 19 2009].

Consuelo. H y Nelia. C (1991). Horticultura. Edición Pueblo y Educación. La Habana. Cuba, 139 p.

Corey. R. El cultivo del pimiento [en línea] 1989. Disponible en: <http://www.eumedia.es/articulos/vr/hortofrut/83pimiento.html> [Consulta: Marzo 19 2009].

Casanova, A.; O. Gómez; R. Pupo; M. Hernández y otros. 1998. Tecnología de producción de posturas de hortalizas en Cepellones. Producción de Cultivos en condiciones tropicales. La Habana. Ed. Liliana. Pág. 41 – 43.

Casanova, A.; O. Gómez; T. Depestre; A. Igarza; M. León; R. Santos; M. Chailloux; J.C. Hernández y F.R. Pupo, 1999. Guía Técnica para la producción protegida de

hortalizas en casas de cultivos tropical con efecto sombrilla. La Habana, I.I.H. "L. Dimitrova. Pág. 55

Casanova. A. y A. A. Osuna, 2002. Ensayo participativo de producción de plántulas de tomate de industria en cepellones para el transplante mecanizado informe técnico IIHLD y Empresa de Cítricos de Ciego de Ávila. Pág. 20

Casanova, A.; O. Gómez; M. Hernández y otros. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ed. Liliana. La Habana, Cuba. Pág. 116.

Casanova A.; R. Pupo; O. Gómez; T. Depestre. 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. Pág. 20.

Casanova. A.; O. Gómez; R. Pupo; M. Hernández; V. Moreno; T. Depestre; J.C Hernández y otros 2007. Manual para la producción protegida de hortalizas. Ed. Liliana. La Habana, Cuba. Pág. 116

Carmona, E. 1999. El Compost de corcho como sustrato hortícola y silvícola. España. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura, Floricultura. Año XVIII, No. 214: 643 – 698

Cervantes, M. A. 2005. Cultivo en lana de roca. [Disponible en <http://www.cempresarial.con>] [14 de marzo del 2009].

Claret, P. 2005. Estrés hídrico y salino. [Disponible en <http://www.odec.CI>] [Consulta: 20 de Febrero del 2009]

Crespo, I. A. 2005. Elegía a un paradigma. [Disponible en <http://www.elhabanero.cubaweb.cu/sumario/patronciencytec.html>] [Consulta: 14 de Marzo del 2009]

El Sistema de Cultivo" HPS. [Disponible [pág web http://www.xeries.com/sustratos.html](http://www.xeries.com/sustratos.html)] [Consulta: 20 de Abril del 2005]

Encarta, Biblioteca de Consulta Microsoft. 2005. Polímero. [Consulta: 14 de Marzo del 2009]

Encarta, Biblioteca de Consulta Microsoft. 2005. Copolímero. [Consulta: 14 de Marzo del 2009].

FAO. La producción mundial de tomate fresco. Revista Claridades Agropecuarias.[Disponible en <http://www.economia-snilm.gob.mx/nuevo/index.html>] [Consulta: 20 de Mayo del 2005]

Fernández, A. 2002. Evaluación de plantas de clavel obtenidas en cepellones. [Disponibles en <http://www.Elhabanero.Cubaweb.cu/2001/agosto/nro177>] [Consulta: 4 de Febrero 2009]

Franco, J. A. 2001. Los sustratos Agrícolas en la región de Murcia. España. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura, Floricultura. Año XX, No. 235: Pág. 376.

García, A. 2000. Cultivos en lana de roca. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Ed. Novedades Agrícolas S.A. España, Pág. 213 – 22

Gelonch, M. Buscan evitar problemas de sequía y desertificación. Ámbito financiero. [Disponible en [w.ambitoweb.com/ediciones anteriores/afinanciero](http://w.ambitoweb.com/edicionesanteriores/afinanciero)] [Consulta: 29 de Enero del 2009]

Gómez, O.; A. Casanova.; H. Laterrot; G. Anais, 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. La Habana. IIHLD. MINAGRI:11p 159 p.

González, F. M.; A. Casanova y E. Bravo. Resultados de investigaciones en la producción de plántulas de hortalizas de hojas en cepellones. La Habana, Cuba. 2000. Pág. 11.

Gordon, R. y Barden, J.(1984). Horticultura. México, 727p.

Guenkov, G. (1974). Fundamentos de la Horticultura cubana. Editorial Organismo. Instituto cubano del libro. La Habana, 335p.

Izquierdo, F. A. 2005. Evaluación Agronomica de una turba del norte de Chile. [Dispñible en www.uchile.cl/facultades/CsAgronomicas].[Consulta: 20de Abril del 2005]

John, C. M. 1998. Generalización del empleo de la zeolita, como aditivo del área, en cultivos de importancia económica. Producción de cultivos en condiciones tropicales. La Habana. Ed. Liliana. Pág. 193 – 195.

Koranski, D. S. 2005. Producción de plántulas. Recomendaciones generales ballseed para producción de plántulas. [Disponible: <http://www.faxsa.com.mx/submenoi.htm>] [Consulta: 20 de Febrero del 2009].

Leskovar, D. I. 2001. Producción y ecofisiología del trasplante hortícola 2001. [Disponible en: http://www.ediho.es_orticom/fitech3/potencia/text/fpetit.html] [Consulta: 4 de Febrero 2009]

MINAGRI, 1999. Guía Técnica para el cultivo del tomate. La Habana. IIHD-Asociación Nacional de Cultivos Varios (en prensa).

Macua J. L. 1990. Tomate de industria en Navorra. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura y Floricultura. España. Año IX, No. 108: 996 – 970.

Meristem, 2000. Catálogo General. MONCADA - VALENCIA. Pág. 27.

Markovic, V. Enriched zeolite as a substrate component in the production of pepper an tomato seedlings. [Disponible en URL <http://www.actahort.org>] [Consulta: 29 de Enero del 2009]

Martín, N. El nitrógeno en el suelo. En disciplina Ciencias del Suelo Tomo II: Fertilidad del suelo. Capítulo 16. Universidad Agraria de la Habana.

Martínez, E.; M. García 1993. Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. Ed. de Horticultura, S. L. España, Pág. 19 – 40.

Moreno, V. 2004. Procedimientos para el manejo de la nutrición y el control de la fertilización en las casas de cultivos. Grupo Empresarial Frutícola. La Habana. Pág.38.

Moreno, V ;Luis L. 2003. Manejo Integrado de Plagas, Editora: CIDISAV. Ciudad de La Habana, Cuba. Pág.117-274.

Olimpia G.; Casanova A.; Laterrot H.; Anais G. 2000. Mejora genética y manejo del Cultivo del Tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana. 159 pp.

Peña, E.; Carrión, R.M.; Martinez, F.; Nodals.; R.A.; Companioni,C.n. 2002. Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. Ed. INIFAT. Cuba. Pág. 102.

Raoult, P., 1888a. La Martinique. Situation des cultures protégées. P.H.M. Revue Horticole (284): 45-50.

Raoult, P., 1888b. La Martinique. Situation des cultures protégées (Cont). P.H.M. Revue Horticole (285): 11-16.

Ruíz,N. R. 2006. La materia organica en el suelo. En Dicipina Ciencias del Suelo Tomo I: Pedología. Capitulo 8. Universidad Agraria de la Habana.

Sandó, N; A. Casanova y R. Soto. Contribución a la tecnología de cepellones para el cultivo protegido de plántulas de tomate (*Lycopersicon sculentum* Mill.) en la provincia de Cienfuegos. Tesis para la opción del grado académico de Máster en Ciencias. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez. 2006.

Suárez, R.; M. Rosario, P.; Gladys S.C. (1992). Compendio de Agronomía. 2^{do} Año. Editorial Pueblo y Educación, 152p.

Stoppani, M. T.; N. Francescangeli. 1999. Influencia del contenedor en la producción artesanal de platines hortícolas. España. Agrícola Vergel. Fruticultura, Horticultura, Floricultura. Año XVIII, No. 216: 755 – 810.

Vásquez, A.; M. Martínez; R. Sanros; I. Jiménez; I. Herrera; B. Bernal; R. Delgado; I. Martínez; A. Hernández; A. Guzmán; L.C. Hernández, 1999. Instructivo técnico para el tomate en casas de cultivo protegidos de alta tecnología. La Habana. Ministerio de la Agricultura. Folleto. 77 pp.

Velarde, E. 2004. Producción y Aplicación del Compost orientado a las condiciones de la Agroindustria Azucarera. Ed. La Habana, Cuba. Pág. 182.

Vicente, F. E.; M. J. Saéz 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Sustratos Alternativos: Comparación de sus sustratos en cultivo integrado de pimiento en invernadero. Ed. Novedades Agrícolas S. A. España, Pág. 255 – 260.

8. ANEXOS

ANEXO 1

Las principales características de los sustratos utilizados son las siguientes:

Características físico-químicas del Humus de Lombriz, analizadas por la Estación Experimental “Escambray”.

pH	CE Mmho/cm	N (%)	P (%)	K (%)	M.O. (%)	Relación C/N
7.02	1.8	1.49	0.44	0.89	36.50	14.21

ANEXO 2

Características físicas de las turbas según: Martínez y García, (1993)

Parámetro(unidad de medidas)	Turba Rubia	Turba Negra
Densidad Aparente (gr/cm3)	0,076	0,296
Densidad Real (gr/cm3)	1,350	1,830
Espacio Poroso Total (volumen en %)	94,3	84
Capacidad de Agua (gr Agua/100gr M.S)	1,049,0	286,70
Material Sólido (volumen en %)	5,7	16
Aire (volumen en %)	29	7,6
Agua Fácilmente Asimilable (volumen en %)	33,5	24
Agua Reserva (volumen en %)	6,5	4,7
Agua Difícilmente Asimilable (volumen en %)	25,3	47,7

ANEXO 3.

Según Cadahía, (2000) el agua de riego puede ser clasificada a través de diferentes métodos utilizados por Moreno, (2004):

A – Normas Riverside

CE Mmhos/cm	Na Meq/l	PH	RAS	RAS Ajustado	Clasificación
0,5	1,39	7,5	1,7	3,23 bajo	C2S1

C2S1 - Agua de salinidad media y bajo contenido de sodio apta para el riego.

B – Clasificación de Wilcoz

CE mmhos/cm	% Na del Total	Evaluación
0,5	24	Excelente a buena

C – Clasificación de Aguas de riego según su dureza expresada en grados hidrotimétricos franceses (G.H.F.)

Dureza (G.H.F.)	Clasificación
24,9	Semiblanda

ANEXO 4.

Composición de las Soluciones Nutritivas A y B.

Solución Nutritiva A.

Meq/litro							P.P.M					
NO3	H2PO4	SO4	NH4	K	Ca	Mg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	SO4
2.85	0.7	1.3	0.15	1.0	2.0	1.0	42	50	47	56	20	62

Solución Nutritiva B.

Meq/litro							P.P.M					
NO3	H2PO4	SO4	NH4	K	Ca	Mg	N	P2O5	K2O	CaO	MgO	SO4
3.85	0.7	1.3	0.15	1.0	2.0	1.0	56	50	47	-56	20	62

ANEXO 5

Características de las bandejas utilizadas.

Bandeja de poliestireno			Alvéolo tronco piramidal		
Procedencia	Dimensión (cm)	Precio (CUC)	Volumen (cm3)	No./ bandeja	No./ (m2)
España	2 4,0 x 4,0 x 7.0	2.60	45,0	150	450

