

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA



**Espuma Hidrofílica de Poliuretano y Almidón Bajo Condiciones de Suelo Calcáreo y su
Efecto en Cultivo de Tomate**

Por:

J. MARGARITO QUILLO MARTINEZ

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero del 2001

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMIA

**Espuma Hidrofílica de Poliuretano y Almidón Bajo Condiciones de Suelo Calcáreo y su
Efecto en Cultivo de Tomate**

TESIS

Presentada por:

J. MARGARITO QUILLO MARTINEZ

**Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador
como Requisito Parcial para Obtener el Título de:
Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

DR. Adalberto Benavides Mendoza

Presidente del Jurado Calificador

DR. Valentín Robledo Torres

Sinodal

M.C. Alberto Sandoval Rangel

Sinodal

L.C.Q. Gabriela Padrón Gamboa

Asesor Externo

M.C. Reynaldo Alonso Velazco

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

Buenvista , Saltillo, Coahuila., México.

Febrero del 2001

DEDICATORIAS

A Dios Nuestro Señor, por permitirme llegar a culminar una meta mas en mi vida para guiarme en el camino del saber.

A mi querida madre Angelina Martínez Campos por sus consejos y apoyos durante toda mi vida, me ha sabido conducir por el camino del bien y ha hecho de mi un hombre de provecho. Gracias Mama.

A mi padre José Quillo Cabrera por ser un ejemplo a seguir y además de ser el mejor Padre. También mi mejor amigo. Gracias Papa.

A mis hermanos:

Ismael.

María de Jesús.

Eleazar

Angélica

Juana

Ruben

José Luis

A todos y a cada uno de ellos les deseo el mejor éxito en sus vidas, porque hemos compartido buenos y malos momentos, gracias por su apoyo incondicional que siempre he recibido de ustedes.

A mi pequeña sobrina Guadalupe por que con sus risas y juegos ha traído una inmensa alegría a nuestro hogar.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con un eterno agradecimiento por los conocimientos que de ella recibí para formarme como profesional.

Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza por su valiosa colaboración y consejos para la realización de esta investigación y sobre todo por ser una gran persona.

Al Dr. Valentín Robledo Torres por brindarme su apoyo y asesoría en la revisión de la presente investigación.

Al M.C. Alberto Sandoval Rangel por su colaboración en la revisión de este trabajo.

A la M.C. Gabriela Padrón Gamboa por su desinteresado apoyo en la revisión de este trabajo.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada (C.I.Q.A.) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación.

A todos y cada uno de mis maestros por sus conocimientos recibidos durante mi formación profesional, gracias.

A mis amigos del Palomar 1 Hall C., Esteban, Santiago, Gabriel, Marcos, Luis y Pancho, por compartir la mejor vida, la de estudiante.

A todos mis compañeros y amigos de la generación XC de Ingenieros Agrónomos en Horticultura.

INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIAS.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
INDICE GENERAL.....	5
INDICE DE CUADROS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
OBJETIVO.....	12
HIPOTESIS.....	12
REVISION DE LITERATURA.....	13
Generalidades de los Sustratos.....	13
Historia.....	15
Clasificación.....	16
Materiales Orgánicos.....	16
Materiales Inorgánicos.....	16
Materiales Mixtos.....	17
Características de los Sustratos.....	17
Características Físicas.....	18
Granulometria.....	19
Porosidad.....	20
Características Químicas.....	22
Potencial de Hidrogeno.....	22
Capacidad de Intercambio Cationico.....	23
Conductividad Eléctrica.....	24
Relación Carbón Nitrógeno.....	25
Características Biológicas.....	26
Características de los Materiales mas Utilizados Comercialmente.....	27
Turba.....	27

Turba de Musgo.....	28
Turba de Junceas.....	28
Turba Humosa.....	28
Turberas Bajas.....	28
Turberas Altas.....	29
Turberas de transición.....	29
Pumita.....	29
Vermiculita.....	29
Perlita.....	30
Tierra Volcanica.....	31
Gravas.....	20
Arenas.....	31
Lana de Roca.....	32
Poliestireno.....	32
Poliuretano.....	32
MATERIALES Y METODOS.....	33
Ubicación del Area Experimental.....	33
Descripción del Area Experimental.....	33
Clima.....	33
Suelo.....	34
Material Utilizado.....	34
Establecimiento del Experimento.....	36
Preparación del terreno.....	36
Biopolimero en Bloque.....	36
Biopolimero en polvo.....	37
Trasplante.....	37
Fertilización.....	37
Control Fitosanitario.....	37
Tratamientos Evaluados.....	37
Diseño Experimental.....	38
Deshierbes.....	39

VARIABLES EVALUADAS.....	40
Peso Fresco.....	40
Peso seco.....	40
Altura de Planta.....	40
Diámetro de tallo.....	41
Foliolos por Planta.....	41
Número de Racimos Florales.....	41
Número de Racimos de Fruto.....	41
Peso de Fruto.....	41
Producción Total de Fruta.....	42
RESULTADOS Y DISCUSION.....	43
Altura de Planta.....	43
Diámetro de Tallo.....	44
Número de Foliolos.....	45
Número de Racimos Florales.....	46
Número de Racimos de Fruto.....	47
Altura de Planta.....	48
Peso Fresco Total.....	49
Peso Seco Total.....	50
Producción Total de Fruta.....	51
Peso de la Fruta.....	52
CONCLUSIONES.....	53
LITERATURA CITADA.....	54

INDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 2.1	Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.....	20
Cuadro 2.2	Relación Carbono Nitrógeno (C/N) de algunos materiales orgánicos.....	26
Cuadro 3.1	Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-polieter de diferente peso molecular y almidón.....	35
Cuadro 3.2	Datos de densidad del biopolímero sin fertilizante promedio de 20 bloques de $2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ cm}^3$ se indica también la retención de agua en distintos tiempos.....	35
Cuadro 3.3	Tratamientos evaluados en maceta para el cultivo del tomate en invernadero, 2000	38
Cuadro 4.1	Resultados de la variable altura de planta, 2000.....	43
Cuadro 4.2	Resultados de la variable diámetro de tallo, 2000.....	44
Cuadro 4.3	Variable numero de foliolos por cada tratamiento, 2000.....	34
Cuadro 4.4	Variable número de racimos florales por cada tratamiento, 2000.....	35
Cuadro 4.5	Numero de racimos de frutos por cada tratamiento, 2000.....	45

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.1 Diseño completamente al azar de los tratamientos y las repeticiones.....	39
Figura 4.1 Altura de las plantas con respecto al tiempo, 2000.....	48
Figura 4.2 Comportamiento del peso fresco de los tratamientos con respecto al tiempo, 2000.....	49
Figura 4.3 Peso seco total de los tratamientos en días después del trasplante en el cultivo del tomate, 2000.....	50
Figura 4.4 Producción total de fruta por cada tratamiento en invernadero, 2000.....	51
Figura 4.5 Comportamiento del peso de la fruta en cada tratamiento, 2000.....	52

RESUMEN

El estudio se realizó en el departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que se localiza al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila, México a 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste, a 1742 msnm. Durante el ciclo primavera - verano de 2000. El objetivo del presente estudio fue evaluar un biopolímero hidrofílico sin fertilizante (espuma de poliuretano biodegradable en base almidón). Se buscó entonces verificar si la presencia del biopolímero modificaba de alguna forma la respuesta de la planta bajo condiciones de agua y fertilización suficiente. El experimento se realizó en invernadero se utilizó un diseño experimental completamente al azar con dos formas de aplicar (bloque y polvo) por tres tratamientos (0, 35 y 70 cm³) y seis repeticiones, obteniendo un total de 36 unidades experimentales. A los resultados obtenidos se les aplicó un análisis de varianza (ANVA). Para las variables Altura de Planta, Diámetro de Tallo, Número de Foliolos, Número de Racimos Florales, Número de Racimos de Fruto, Peso Seco Total y Peso Fresco Total, estos presentaron diferencia no significativa. Para las variables Producción Total de Fruta y Peso de la Fruta, a pesar de que se presentaron diferencias numéricas entre los tratamientos estas al aplicarles el análisis de varianza resultaron ser no significativas.

INTRODUCCION

En los últimos años en México, la producción de hortalizas ha cobrado un gran auge desde el punto de vista de superficie sembrada, divisas generadas y la mano de obra requerida, lo cual obliga a la generación de tecnología propia y adecuada a esta evolución tecnológica.

Uno de los problemas que sufren los productores de hortalizas son los altos costos de la semilla certificada, por lo que se ven en la necesidad de dejar de utilizar la siembra directa y modernizarse con el uso de trasplante para la optimización de este insumo. En este aspecto los sustratos juegan un papel importante porque de ellos depende una buena germinación y desarrollo de las plántulas.

Son notables y rápidos los cambios que durante estos últimos años han experimentado las técnicas de cultivo de las plantas en maceta y contenedor; donde los sustratos o medios de cultivo destinados para este fin pueden tener una composición muy variable, desde el suelo mineral u otros componentes inorgánicos, hasta materiales orgánicos naturales o sintéticos, pasando por mezcla de ambos tipos de ingredientes en distintas proporciones (Ansorena, 1994).

En la actualidad los sustratos comúnmente utilizados, provienen de países como Canadá y Estados Unidos, lo que nos convierte en un país dependiente de dicho material, ya que para 1997 la importación de musgo de pantano (Peat moss) proveniente de Canadá fue de 7,785.515 Ton. y de Estados Unidos 602.035 Ton. (Avilés, 1999).

Los polímeros biodegradables presentan características similares a sustratos comerciales como la lana de roca por lo que pudieran utilizarse en sustitución a sustratos tradicionales de mayor costo o bien como materiales mejoradores de suelo. El presente trabajo pretende generar información acerca de si un nuevo biopolímero hidrofílico en base a almidón mejora la respuesta de crecimiento de las plantas en un suelo calcáreo bajo condiciones de riego y fertilización adecuadas. Esta información es necesaria para definir

las condiciones y alcances de la aplicación de los materiales de esta clase.

OBJETIVO

Verificar si la adición en suelo calcáreo de una espuma hidrofílica de poliuretano y almidón permite mejorar las respuestas al riego y la fertilización.

HIPOTESIS

El biopolímero proporciona mejores condiciones para el desarrollo de plantas de tomate al incorporarlo al suelo.

REVISION DE LITERATURA

Generalidades de los Sustratos.

Bajo la denominación de sustratos se encuentran todos los soportes que sirven para el cultivo de las plantas, independientemente de una mayor o menor productividad. Desde la antigüedad con la aportación de materia orgánica se comprobó que los suelos mejoraban. Así se utilizó el estiércol, los restos de cosecha, la turba, las algas, los residuos industriales (orugas, escorias, etc.) y basuras urbanas. Siempre utilizando materiales abundantes y baratos para crear la composta y a partir de la composta componer los distintos sustratos. (Gordilo y Treviño, <http://www.ediho.es>)

El rápido crecimiento de la industria de los plásticos ha favorecido el uso como sustratos de materiales orgánicos sintéticos, como el poliuretano expandido reciclado, el cual se obtiene a partir de los residuos de la industria de la espuma de poliuretano y presenta una larga duración en condiciones de cultivo en campo, hasta unos 10 años. (Nuez, 1995).

El sustrato ideal es aquel que sea económico, que este disponible inmediatamente, que sea uniforme y completamente libre de patógenos, semillas de malezas o sustancias químicas peligrosas. (Carpenter, 1995).

Las funciones más importantes de un sustrato de cultivo son proporcionar un medio de cultivo ideal para el crecimiento de las raíces y constituir una base adecuada para el anclaje o soporte mecánico de las plantas. Un elevado número de materiales pueden ser utilizados con éxito, bien separadamente o bien en mezcla, en la preparación de los medios de cultivo. (Nuez, 1995).

1) Suministro y homogeneidad: cada sustrato requiere su propio plan de riego y fertilización. Un cambio en la calidad del sustrato puede llegar a alterar el sistema completo, lo que puede ocasionar pérdidas graves en la producción, por todo ello, el material elegido debe reunir las características de disponibilidad abundante y homogeneización.

2) Costo: en una horticultura competitiva, el coste de los materiales utilizados es importante. Sin embargo, el coste del material no debe invalidar otros aspectos o factores, ya que el material elegido debe permitir alcanzar el objetivo propuesto con el mínimo de riesgos e inconvenientes

3) Propiedades: Las analogías y las diferencias entre los distintos materiales utilizados como sustratos pueden ser comprendidas más fácilmente si las características de los materiales se consideran agrupadas en propiedades físicas, propiedades químicas y propiedades biológicas.

La elección del sustrato es de gran importancia en cuanto a sus requisitos físicos y químicos ya que pueden influir directa o indirectamente en el crecimiento de las plantas. (Alpi *et al*, 1991).

Muchos productores han cambiado la siembra directa por el trasplante porque dan poblaciones más homogéneas, cosechas tempranas y maduración uniforme de las plantas; para esto hay que seleccionar la semilla adecuada, el medio de crecimiento y calidad del agua. (Hassell, 1994).

Los trasplantes permiten al productor reducir costos y aumentar utilidades por que se logran mas temprano las cosechas, se producen mas cosechas por año; se reduce la siembra directa y aumenta la tasa de germinación; se ahorra dinero al usar semillas híbridas. (Miller, 1994).

Las ventajas mas importantes que existen entre la propagación de transplante y la siembra directa son:

Uso intensivo de las áreas de producción.

Producción escalonada de acuerdo con las fechas de siembra.

Reducción de los trabajos de cultivo.

Mejor control de las malezas.

Empleo mas eficiente de las semillas.

Mejor aprovechamiento de los insumos.

Optimización de la germinación el crecimiento de las plantas.

Producción de plantas sin limitaciones del clima.

(Minero, 1998).

Historia.

El uso de sustratos es propio del cultivo en maceta. La practica de cultivar plantas en maceta tiene probablemente el mismo origen que la jardinería. Desde hace cerca de 4,000 años, los egipcios cultivaban arboles en contenedores de madera o piedra, dejando constancia de ello en sus pinturas murales, pudiéndose afirmar que sus elementales sistemas de cultivo han perdurado casi hasta nuestros días.

Dos hechos influyeron en la evolución del concepto de sustrato distinto del suelo natural. El primero fue el descubrimiento de que todas las plantas tienen los mismos requerimientos básicos. El segundo fue el darse cuenta de que el medio de cultivo solo proporciona soporte, humedad, aireación y nutrientes minerales, llevando, en consecuencia a definir sustratos que no contenían suelo natural. (Bures, 1997).

Clasificación.

El número de materiales que pueden ser utilizados como sustratos es muy amplio y estos pueden ser utilizados solos o en mezclas. Una de las clasificaciones más frecuentes es orgánicos, inorgánicos y mixtos.

Materiales Orgánicos.

Existen dos tipos de materiales orgánicos, los de origen natural y los de síntesis. Los materiales orgánicos de origen natural están sujetos a descomposición biológica y pueden ser utilizados como sustratos después de sufrir una serie de procesos biológicos ya sea artificial como el compostaje o bien natural como el caso de las turbas. Los materiales orgánicos de síntesis son polímeros orgánicos no biodegradables que se obtienen mediante procesos químicos como el poliestireno o las espumas de poliuretano, que por sus características en ocasiones las clasifican erróneamente como inorgánicos. (Bures, 1997)

Materiales Inorgánicos.

Los materiales inorgánicos se obtienen a partir de rocas o minerales de distintos orígenes (ígneo, metamórfico o sedimentario) e incluyen los suelos naturales. Estos materiales pueden modificarse ligeramente, sin alterar la estructura interna del material, mediante tamizado o fragmentación o bien pueden transformarse mediante procesos físicos o químicos que transforman las propiedades del material original. (Bures, 1997)

Los sustratos inorgánicos no contienen humus y no contribuyen a la formación de este. En lugar de esto su función principal es actuar como separador de las partículas físicas del suelo. Algunos de estos materiales también ayudan en la retención de agua. (Fernández *et al*, 1992).

Materiales Mixtos.

Este grupo comprende subproductos minerales de diversas industrias, como los residuos de filtración que suelen ser materiales inorgánicos colmatados por residuos orgánicos de origen diverso según el proceso industrial para el que se utilizan.

Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Retención de humedad
- Permitir buena aireación
- Estabilidad física
- Químicamente inerte
- Biológicamente inerte
- Tener buen drenaje
- Tener capilaridad
- Ser liviano
- Ser de bajo costo
- Estar disponible

Características de los Sustratos.

Características Físicas.

La estructura física de un sustrato esta formado básicamente por un esqueleto sólido que conforma un espacio poroso, que pueden estar llenos de agua o de aire y corresponden a espacios situados entre las partículas de sustratos o dentro de las mismas partículas.

Los sustratos a diferencia de los suelos tienen mayor porosidad, puesto que la mayoría de los materiales que se utilizan como sustratos tienen poros dentro de sus partículas además de los poros interparticulares, lo que permite aumentar el espacio de

poros respecto a un suelo donde los poros se encuentran situados solamente entre las partículas.

Las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primer importancia; ya que una vez que el sustrato este en el contenedor, y la planta creciendo en el, no es posible modificar prácticamente las características físicas básicas de dicho sustrato. Esto contrasta con las características químicas, que pueden ser modificados mediante técnicas de cultivo apropiadas, realizadas por el propio agricultor (Abad, 1993).

El sustrato ideal no existe este variara con numerosos factores como: tamaño y forma del saco o contenedor, condiciones climáticas, sistemas de riego y fertilización así como aspectos económicos. Para obtener buenos resultados en el crecimiento y desarrollo de la planta, se requieren las siguientes características del medio del cultivo.
(Nuez, 1995).

Propiedades físicas

Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.

Suficiente suministro de aire.

Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones antes mencionadas.

Baja densidad aparente.

Elevada porosidad.

Estructura estable que impida la concentración o hinchazón del medio.

(Nuez, 1995).

Granulometría. Es común que los sustratos estén formados por la mezcla de partículas (corteza, arena, etc.) o fibras (turba, lana de roca) de diferentes tamaños. Dependiendo de la naturaleza de estos materiales, tendrán en su interior poros de diferentes tamaños que constituyen la porosidad interna o interparticular. Pero, además, quedaran huecos entre las partículas (tanto más grande cuanto mayor será el tamaño de las partículas que componen el sustrato), que dan lugar a la porosidad intraparticular. De ahí la importancia de la granulometría en las propiedades físicas. (Ansorena, 1994).

Esta granulometría o distribución de tamaño de partículas, es representada gráficamente como una curva que asigna a cada tamaño de partículas el porcentaje en peso de partículas con el mismo tamaño. Demostrando, que aunque el tamaño medio x de partícula sea igual en dos sustratos, las propiedades físicas de ellos varían con la distribución del tamaño de partícula.

En el sustrato con la distribución ancha de tamaños, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre partículas grandes, reduciendo su tamaño, y con ello, la porosidad total y la ocupada por el aire. Demostrándose que las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de tamaños de partícula.

Para los sustratos no existe un sistema de clasificación en la distribución de partículas resultantes del tamizado, ya que cada país ha ido adoptando una serie de tamices correspondiente a sus normas oficiales. No obstante, cabe recordar que cuando se desea controlar por tamices las propiedades físicas de una mezcla, debe ubicarse el estudio en fracciones menores de 1 mm, utilizando los tamices de 0.1, 0.25, y 0.5 mm.

Por la gran diversidad de sistemas de clasificación granulométrico existente, no puede ser posible la comparación directa de los resultados obtenidos por diferentes autores. Como alternativa a este inconveniente, se puede recurrir a la curva sumativa de 0 acumulada, que es la representación gráfica de cada tamaño de partícula, en escala logarítmica, del porcentaje en peso de muestra que atraviesa el tamiz de dicho tamaño o que queda retenido, en cuyo caso la curva se invierte. El empleo de la curva acumulada

presenta diversas ventajas:

- Pueden compararse directamente sustratos clasificados con diferentes series de tamices.
- La curva permite determinar la proporción de partículas de tamaños intermedios entre los tamices consecutivos. Con ello también la distribución de tamaños de partículas.
- Pueden conocerse si un determinado ingrediente cumple con los estándares establecidos (Ansorena, 1994).

-

Porosidad. Es la cuantificación del espacio ocupado por poros en un sustrato y también se denomina espacio poroso o espacio vacío. Generalmente los sustratos tienen dos tipos de porosidad: interna y externa. La porosidad externa es la que se genera por el propio empaquetamiento de las partículas y depende del modo de empaquetamiento, tamaño del contenedor, tamaño, forma y naturaleza de las partículas. La porosidad interna depende de la naturaleza de las partículas, estado e interconexión de los poros. la porosidad interna puede estar abierta o cerrada. En el cuadro 2.1 se observa la porosidad total determinadas a partir de la densidad real.

Cuadro 2.1 Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.

Material	Porosidad total (%+vol.)
Turba	94.44
Tierra de bosque	83.85
Corteza de pino	79.89
Orujo de uva	87.65
Grava volcánica	70.94
Perlita (expandida)	95.47
Vermiculita (exfoliada)	95.09
Arena	38.20

Ansorena (1994), define a la porosidad de un medio de cultivo, como el porcentaje de volumen que no se encuentra ocupado por la fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor. Dicha porosidad se obtiene a partir de la medida de la densidad aparente, con la cual se encuentra inversamente relacionada. La densidad aparente la define como la masa seca o materia seca contenida en un centímetro cubico de cultivo. La relación entre ambas es la siguiente:

$$Pt = 100 (1 - da/dr)$$

Donde:

Pt= Porosidad total

da= densidad aparente

dr= densidad real

La densidad real se define como el coeficiente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros ni los huecos. Su valor es propio del material y a diferencia de la densidad aparente no depende del grado de compactación ni del tamaño de partículas. En sustancias minerales, la densidad real suele aproximarse a la del cuarzo (2.65g/ml), mientras que para los compuestos orgánicos se toma el valor medio de 1.50g/ml. con esto el mismo autor ubica en los materiales orgánicos los niveles óptimos de la densidad aparente menor a 0.4g/cm³ y a la densidad real fluctuando entre 1.45 y 2.65g/cm³.

La porosidad puede ser intraparticular, cuando se refiere a los poros situados en el interior de las partículas del sustrato, o interparticular cuando los poros se presentan entre las diferentes partículas. Existen materiales que presentan poros intraparticulares cerrados, los cuales no serán efectivos, ya que las raíces no tendrán acceso a ellos y por lo tanto no podrán tomar el aire o agua que contengan.

Características Químicas.

Desde el punto de vista químico se pueden definir dos tipos extremos de sustratos

Sustratos químicamente inertes. Son aquellos que no se descomponen química o bioquímicamente, no liberan elementos solubles de forma notable ni tienen capacidad de absorber elementos añadidos a la solución del sustrato. En los sustratos inertes no existe transferencia de materias.

Sustratos activos químicamente o no inertes. Reaccionan liberando elementos debido a la degradación, disolución o reacción de los compuestos que forman el material sólido del sustrato o bien absorbiendo elementos en su superficie que pueden intercambiar con los elementos disueltos en la fase líquida.

Potencial de Hidrógeno (pH) Es una medida de concentración de iones de hidrogeno. Aunque no influye directamente en el crecimiento de las plantas, tiene varios efectos indirectos, como; la disponibilidad de varios nutrientes y la actividad de la flora microbiana benéfica. Una gama de pH de 5.5 a 7.0 es la mejor para el desarrollo de la mayoría de las plantas (pH 7.0 indica el punto neutral, debajo de ese nivel es ácido y arriba, es alcalino). Para reducir el pH de un suelo alcalino, use como fertilizante sulfato de amonio; para elevar el pH de suelos ácidos, use nitrato de calcio. (Harmann y Kester, 1998).

Dentro de las reacciones ácido-base existe una reacción de especial importancia en los sustratos: la de auto ionización del agua. Las moléculas del agua tienen tendencia a disociarse en iones hidrogeno (H^+) e hidroxilo (OH^-). Una disolución se le denomina ácida si la concentración de iones H^+ excede a la de OH^- y alcalina en caso contrario y cuando la concentración sea igual será neutro.

Bajo condiciones de cultivo intensivo es recomendable mantener un intervalo de pH reducido y un valor óptimo de 5.2 a 6.3 (extracto de saturación); ya que la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilación con pH de 5.0 a 6.0, en pH menores pueden presentarse deficiencias de N, K, Ca, Mg, B, etc., mientras que con pH mayores la disponibilidad afecta a elementos como Fe, P, Mn, B, Zn, y Cu. Los óxidos metálicos de (Fe, Mn, Cu, Zn, etc.) se hacen más solubles al disminuir el pH, por debajo de 5.0, pudiendo llegar a excesos que resulten tóxicos para las plantas.

Si el pH del sustrato está fuera del intervalo, se deben realizar enmiendas en materiales ácidos como la turba rubia. Se recomienda la adición de cal o dolomita para provocar un incremento en el pH, en cambio en materiales básicos como la corteza de pino puede utilizarse azufre para su ajuste. (Abad, 1993).

El objetivo del encalado será distinto según se trate de suelos minerales o sustratos orgánicos, mientras que en los primeros se intenta reducir la concentración de aluminio al sustituirlo por calcio, en los sustratos orgánicos se tratará de neutralizar el exceso de iones de hidrógeno, sin que haya necesidad de aportar calcio al medio de cultivo. Siendo entonces superior la cantidad de cal necesaria para producir un aumento de pH en un suelo mineral, que la necesaria para un sustrato orgánico. (Ansorena, 1994).

Capacidad de Intercambio Cationico (CIC). Es la capacidad de un sustrato de adsorber e intercambiar iones. Se expresa generalmente en miliequivalentes por 100 gramos de sustrato. La CIC es la suma de todos los cationes intercambiables o complejo de cambio. Los cationes divalentes generalmente están adsorbidos con más fuerza que los monovalentes y se intercambian con más dificultad, excepto el H⁺.

La capacidad de intercambio cationico depende del pH, los materiales muy ácidos, o que tienen el complejo de cambio saturado de H⁺, liberan iones H⁺ que se intercambian con los iones de la solución.

Los materiales orgánicos poseen una elevada capacidad de intercambio cationico, lo que representa un deposito de reserva para los nutrimentos, mientras que los materiales con baja capacidad de intercambio cationico, como la mayoría de los sustratos minerales, retienen cantidades reducidas de nutrimentos y requieren una aplicación frecuente de fertilizantes.

Los responsables de que la materia orgánica presente una elevada capacidad para retener los cationes en forma no lixiviable, son las sustancias humicas, que contienen grupos funcionales cargados negativamente (carboxilo, fenolico, enolico) los cuales son capaces de absorber cationes (NH_4^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , etc.) en proporciones variables, en función de la afinidad del cation por los centros de absorción y de su concentración en la disolución. Tal testimonio lo describe cuando una turba rubia de capacidad de intercambio cationico de 50 meq/100g es incrementada hasta 100meq/100g al aumentar el pH de 3.5 a 5.5 como consecuencia del encalado de las turbas rubias, se incrementa la CIC y se aumenta la proporción de cationes que pueden ser absorbidos sobre los centros activos.

Conductividad Eléctrica. Es el valor reciproco de la resistencia eléctrica, que es la resistencia de una columna de liquido de seccion 1 cm^2 y longitud 1 cm. la conductividad eléctrica se expresa en mmho/cm y expresa de manera aproximada la concentración de sales ionizadas en la solución del sustrato. (Bures, 1997)

Abad (1993), define a la salinidad, como la concentración de sales solubles presentes en la solución del sustrato. Menciona también tres causas que prueban un incremento en la salinidad del sustrato, después de estar colocado este en el contenedor, son:

a) La presencia de fertilizantes insolubles, como los de liberación lenta, cuando se mineralizan, o bien, cuando liberan sales mediante difusión, en mayor grado a las cantidades absorbidas o lixiviadas.

b) Cuando la cantidad de sales aportadas por el agua de riego o solución nutritiva son mayores que las absorbidas por la planta o las pérdidas por lixiviación.

Cuando el sustrato presenta una elevada CIC y al mismo tiempo se descompone con el transcurso del cultivo, liberando demasiados nutrientes.

Relación Carbón Nitrógeno (C/N). La relación carbón /nitrógeno se usa como el índice de madurez y estabilidad de la materia orgánica. Cuando se utilizan como medio de cultivo materiales orgánicos inmaduros, existe una inmovilización del nitrógeno y baja disponibilidad de oxígeno, provocada por la actividad degradadora de los microorganismos del sustrato. Esto trae como consecuencia daños a las plantas cultivadas en este tipo de material. Considera la relación C/N menor de 20, como la óptima para el cultivo en sustratos, ya que es un material orgánico maduro y estable. (Abad, 1993).

Por otra parte Guerrero (1992) citado por Ansorena (1994), propone intervalos óptimos de la relación C/N, para turbas, como sigue:

< 20	Buena
20 – 25	Aceptable
25 – 30	Deficiente
> 30	Mala

Una disminución en la relación C/N de los materiales orgánicos, por la mineralización o acción degradadora de la intensa actividad biológicas de los microorganismos presentes en el medio de cultivo. Cuando la relación C/N de los materiales es alta, los microorganismos compiten con mayor agresividad por los nutrientes de los cultivos (principalmente nitrógeno) y además, por su efecto degradador, alteran las propiedades físicas del sustrato (compactación, falta de aire) convirtiendo esta actividad en una característica negativa de los materiales orgánicos. (Canovas, 1993).

Ansorena (1994), afirma, que cuando se preparen medios de cultivo orgánicos a partir de materiales naturales, es necesario tener en cuenta los valores de la relación C/N. En la tabla se muestran algunos valores de la relación C/N de algunos materiales orgánicos.

Cuadro 2.2 Relación Carbono Nitrógeno (C/N) de algunos materiales orgánicos.

Tipo de materia orgánica	C/N
Estiércol de vacuno	28
Estiércol de ovino	23
Estiércol de cultivos de cetas	19
Basuras frescas	30
Composta urbano	14
Lodos	11
Turba parda francesa	20-26
Turba rubia rusa	54
Turba rubia alemana	49
Corteza de pino marino no compostada	300
Corteza de pino compostada	92

Características Biológicas.

Las propiedades biológicas son parte fundamental en el estudio de las propiedades de sustratos hortícolas. Porque la población microbiana es la responsable de la degradación biológica de los sustratos orgánicos, lo que puede resultar desfavorable ya que los microorganismos consumen nutrientes (oxígeno y nitrógeno principalmente) en competencia con el cultivo, además de liberar sustancias fitotóxicas y alterar las propiedades físicas. La velocidad de descomposición está determinada por la disposición de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteína); disposición que puede reducirse mediante el compostaje y el mantenimiento de suficientes niveles de nitrógeno asimilable.

Por otro lado, a los ácidos húmicos y fúlvicos, productos finales de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa se les atribuyen muchos efectos sobre una gran variedad de funciones vegetales, tanto a nivel de célula como de órgano. Estos compuestos actúan como transportadores de micronutrientes para las plantas, y se les ha conferido un efecto sinergista con las auxinas producidas naturalmente por el cultivo o aplicadas exógenamente. En cultivos intensivos de ciclo largo, se recomienda usar materiales estables (turba negra o de tamaño grueso), mientras que si las plantas son de crecimiento rápido, los materiales pueden ser (turba rubia) menos resistentes a la degradación. (Abad, 1993).

Sin importar las características del medio de cultivo, este siempre contara con cierta actividad biológica, de naturaleza e intensidad variable. Cuando los sustratos son inertes, la actividad biológica se presenta en forma parásita o saprofita a expensas de los nutrimentos de las raíces. (Canovas, 1993).

Características de los Materiales mas Utilizados Comercialmente.

Turba.

La turba esta formada por restos de vegetación acuática, de pantanos o de marismas, que han sido conservadas debajo del agua en estado de descomposición parcial. La falta de oxígeno en el pantano hace más lenta la descomposición bacteriana y química del material vegetal. La descomposición de los diversos depósitos de turba varia mucho, dependiendo de la vegetación de que de originaron, su estado de descomposición, contenido de minerales y grado de descomposición.

La U.S. Bureau of mines reconoce tres tipos de turba: Turba de musgo, turba de junceas y turba humosa.

Turba de musgo.

Es el menos descompuesto de los tres tipos y se deriva de musgos Sphagnum, Hypnum y otros musgos varia en color, de color pardo o pardo oscuro. Tiene una alta capacidad para retener la humedad (15 veces su peso seco), una acidez elevada (pH de 3.2 a 4.5) y contiene una pequeña cantidad de nitrógeno (alrededor del 1 %) pero poco o nada de fósforo o potasio.

Turba de juncas.

Está formada por los restos de gramíneas, espadañas juncos y otras plantas de pantano. Este tipo de turba varia considerablemente en descomposición y color; desde el casi rojizo hasta casi negro. Su pH es de 4.5 a 7.5 y su capacidad de retención de agua es alrededor de 10 veces su peso seco.

Turba humosa.

Se encuentra en un estado de descomposición tan avanzado que no es posible identificar el material vegetal original. Se puede originar ya sea de musgo Hypnum o de turbas de juncas. Es de color pardo oscuro a negro, con baja retención de agua pero con 2.0 a 3.5 % de nitrógeno. (Hartmann y Kester, 1998).

Turberas bajas.

También llamadas soligenas o eutroficadas, son turbas fuertemente descompuestas que no son aptas para la agricultura, pues poseen una baja porosidad, deficiente retención de agua y aire pudiendo contener materiales fitotóxicos en su complejo de intercambio.

Turberas Altas.

Conocidas como ombrogenas u oligotroficas, son las turberas que se forman en las regiones frías con altas precipitaciones y humedad relativa elevada. Están constituidas principalmente por *Sphagnum spp.* que representa el 90% de su composición. Estas turbas retienen elevadas cantidades de agua. Su formación empezó hace unos 10 000 años. Según su grado de humificación distinguimos dos tipos: Turba ligeramente descompuesta o **Turba rubia**, es altamente utilizada en la agricultura puesto que posee excelentes propiedades físicas, como la estructura mullida y elevada capacidad de retención de agua y aire. Y turba fuertemente descompuestas o **Turba negra**, de color oscuro, no es tan apreciada puesto que, debido a su descomposición, ha perdido muchas de sus propiedades.

Turberas de Transición.

Presentan características intermedias entre las altas y las bajas.

Pumita.

La pumita al igual que la perlita es un material, siliceo de origen volcánico, pudiendo utilizarse después de molido y tamizado sin necesidad de calentarse, esencialmente tiene las mismas propiedades de la perlita aunque es mas pesado y no absorbe tanta agua, puesto que no ha sido deshidratado. Se utiliza en mezclas de turba y arena para el cultivo de plantas en maceta. (Resh, 1987).

Vermiculita.

Es un mineral micaceo que se expande mucho al calentarlo. Se han encontrado grandes depósitos del mismo en Montana y Carolina del Norte. Químicamente es un silicato hidrato de magnesio hierro – aluminio. Una vez expandida, la vermiculita es muy liviana, pesando de 90 a 150 kg por m³, de reacción neutral con buenas propiedades de amortiguamiento

químico e insoluble en agua. Puede absorber grandes cantidades de agua, de 400 a 500 cm³ por dm³. La vermiculita tiene una capacidad relativamente elevada de intercambio cationico y así puede mantener nutrientes en reserva y después liberarlos. Contiene suficiente magnesio y potasio para aprisionar a las plantas.

La vermiculita hortícola se clasifica en 4 tamaños:

1. - Partículas de 5 a 8 mm/día;
2. - El grado de hortícola común, de 2 a 3 mm;
3. - De 1 a 2 mm, y
4. - De 0.75 a 1 mm.

(Hartmann y Kester 1998).

Perlita.

La perlita (un mineral silíceo de color blanco grisáceo), es de origen volcánico y se extrae de escurrimientos de lava. El mineral crudo se tritura, criba y se calienta en hornos a 760 °C, a cuya temperatura la pequeña cantidad de humedad que existe en las partículas se convierte en vapor, expandiendo las partículas a formar pequeños granos esponjosos, que son muy livianos, pesando solo de 80 a 130 kg/m³.

La alta temperatura del procesamiento proporciona un producto estéril. Ordinariamente, para usos hortícolas se utilizan partículas de 1.6 a 3.0 mm/día. La perlita absorbe de 3 a 4 veces su peso en agua. Es en esencia neutra, con un pH de 6.0 a 8.0 pero sin capacidad de amortiguamiento químico. A diferencia con la vermiculita no tiene capacidad de intercambio cationico y no contiene nutrimento minerales.

Tierra Volcánica.

Es un sustrato natural de dimensiones entre unos milímetros y 1.5 cm., la tierra volcánica es de color rojizo, presenta una gran porosidad, lo que le confiere al sustrato una gran aireación, sin embargo, sus grandes poros lo convierten en un sustrato pobre en lo que se refiere a retención de agua. Se emplea a menudo como decoración superficial para las plantas ornamentales.

Gravas.

En el mercado existen tres tipos de gravas: las de cuarzo, las de piedra pómez y las de río. Las gravas de cuarzo deben de procurarse que sus gránulos no sean muy grandes y que sus aristas no sean muy agudas. Tienen mala retención de agua, tienen buen comportamiento químico, puesto que son muy inertes y ni aportan ni adsorben ningún elemento. Las gravas de piedra pómez, presentan muy buenas propiedades, para una granulometría de 2 a 15 mm. El volumen de poros es de 85% sobre el total. Las gravas de río también se pueden utilizar pero presentan el mismo problema de porosidad de las gravas de cuarzo.

Arenas.

Las arenas son sustratos naturales. Las arenas que suelen utilizarse para la agricultura suelen ser las de río (silíceas) y no las arenas de playas (calcáreas). El diámetro de las arenas se sitúa alrededor de 2 a 0.05 mm. Con el tiempo la arena se meteoriza y pierde su capacidad de aireación, su precio es alto por lo que suele usarse en cultivos de alta rentabilidad.

Lana de Roca.

Es un material inorgánico obtenido de la mezcla de dolerita (60%), roca calcárea (20%) y carbón (20%), todo disuelto a 1600°C. Se le considera un substrato artificial no del todo inerte químicamente, puesto que aporta pequeñas cantidades de hierro, magnesio, manganeso y sobre todo calcio. Su pH es ligeramente alcalino y oscila entre 7 y 9, aunque con el tiempo tiende a la neutralidad. Su presentación comercial es una forma granulada. Su densidad aparente es baja, lo que le confiere gran capacidad de retención de agua. Tiene un gran poder de retención de agua a potenciales hídricos bajos y además el agua retenida aumenta poco a poco desde la parte superior del contenedor hasta la parte del fondo. Suele mezclarse con otros sustratos para asociar distintas propiedades. (Bures, 1997).

Poliestireno.

Es un termoplástico obtenido por la polimerización del estireno. Se obtiene al calentarse un substrato artificial formado por partículas redondas blancas cuyo diámetro oscila entre 4 y 12 mm. Presenta poco peso y poca capacidad de retención de agua y una gran aireación. Su pH es de 6 a 6.5.

Poliuretano.

Denominación genérica de diversos polímeros sintéticos que contienen grupos uretanos. Al sintetizarse se expande y toma la forma de espuma. Es totalmente inerte, ligero, de estructura estable y gran porosidad (98%), por lo que su capacidad de retención de aire es muy elevada. Su desventaja es que su capacidad de retención de agua es muy baja; suele utilizarse como lecho de siembra para la germinación de semillas.

MATERIALES Y METODOS

El uso potencial de las espumas hidrofílicas como mejorador de suelo tiene dos vertientes: la primera es aplicarlo en condiciones de escaso manejo, incluso estrés, aprovechando sus propiedades hidrofílicas; la segunda se refiere a utilizar las espumas en condiciones de manejo adecuado de agua y fertilización en suelos que por su naturaleza presentan problemas de fertilidad, como es el caso de los suelos calcáreos. El estudio aquí reportado se refiere a esta última opción. Se buscó entonces verificar si la presencia del biopolímero modificaba de alguna forma la respuesta de la planta bajo condiciones de agua y fertilización suficiente.

Ubicación del Area Experimental

La presente investigación se realizó en el invernadero 3 del departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), que se localiza al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila, México a 25° 22' Latitud Norte y 101° 00' Longitud Oeste, a 1742 msnm.

Descripción del Area Experimental.

Clima.

El tipo de clima es BsoKW (e), que significa seco, con verano cálido y lluvias en verano, con temperaturas extremosas.

Suelo.

En el departamento de riego y drenaje de esta Universidad se han hecho estudios en los cuales se encontró que la textura del suelo utilizado es migajon, con un pH de 7.8 medianamente alcalino, conductividad eléctrica de 4.89 ds/m medianamente salino, el contenido de materia orgánica es de 2.60 % clasificándose como medianamente rico, el nitrógeno total es de 0.13 % siendo medianamente pobre, el contenido de fósforo es + DE 112.5 Kg./Ha siendo extremadamente rico, para potasio es + DE 900 Kg./Ha resultando ser extremadamente rico, en cuanto a carbonatos totales el % es de 55.39 porcentaje muy alto, el porcentaje de arcilla es de 23.2, el porcentaje de limo es de 34 % y el de arena es de 42.85.

Material Utilizado.

El material que se estudió fue un biopolímero hidrofílico sin fertilizante (espuma de poliuretano biodegradable en base almidón).

En la formulación de la espuma de poliuretano-almidón se utilizó poli-ol-poli-eter (propoxilato de glicerol PG) (ALDRICH) con pesos moleculares 1000, 3000 y 6000. Los polisacáridos utilizados fueron amilosa y amilopectina de maíz con pesos moleculares de 150,000 y 500,000 respectivamente de la marca SIGMA. Como catalizador de gelación se utiliza dibutil-dilaurato de estaño y como catalizador de espumado trietilamina, ambos de ALDRICH. La dimetilsilicona fue utilizada como surfactante (ALDRICH); el agua destilada fue utilizada como agente de espumado y el 2,4 toluen-diisocianato 80/20 (TDI) de ALDRICH, fue usado como agente de acoplamiento.

Las espumas de poliuretano se prepararon adicionando isocianato a cada uno de los polioles premezclados con el almidón, catalizadores, agente surfactante y agua, los ingredientes fueron adicionados como se enlistan en el Cuadro 1 usando 50% de poli-ol y 50% de polisacárido en cada formulación, la cantidad de isocianato adicionado fue basada en la

estequiometría de la reacción dependiendo del contenido de OH - totales de polioli, polisacárido y agua. Los materiales fueron mezclados en un agitador marca Caframo a una velocidad de 2000 r.p.m. El tiempo de agitación fue de 2 minutos antes de adicionar el isocionato y 10 segundos después de la adición de este. Lo anterior fue descrito por Alba y Romero en 1999.

Cuadro 3.1 Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-polieter de diferente peso molecular y almidón.

Ingredientes	Partes en peso
Poliol-Polieter	50
Almidón	50
Surfactante	0.72
Agua	3.20
Dibutildilaureato de estaño	0.56
Trietilamina	0.16

Cuadro 3.2 Datos de densidad del biopolímero sin fertilizante promedio de 20 bloques de $2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ cm}^3$ se indica también la retención de agua en distintos tiempos.

DENSIDAD	GRS/CM ³	TIEMPO
seco	0.0806 ± 0.0035	
Con agua	0.6357 ± 0.0290	Tiempo cero
Con agua	0.4674 ± 0.0295	3 horas después
Con agua	0.3033 ± 0.0264	8 horas después
Con agua	0.1191 ± 0.0139	20 horas después
Con agua	0.0959 ± 0.0087	24 horas después.

Establecimiento del Experimento.

En el trabajo de investigación se realizó en Invernadero primavera-verano del 2000. Se incorporó la espuma hidrofílica poliuretano/almidón sin fertilizante en dos formas: como bloques en forma de cubo y como polvo en tres dosis que fueron 0, 35 y 70 ml respectivamente en macetas con un volumen de 13.5 litros (13500 ml) de suelo cribado. En términos de porcentaje los tratamientos fueron 0, 0.26 y 0.52% V/V.

Preparación del Terreno.

En una superficie de 8.4 m^2 (2.80 m x 3 m) se formaron 4 filas con una distancia entre filas de 70 cm, cada fila estaba formada por 9 macetas. La distancia entre macetas fue de 33.33 cm.

Los diferentes tratamientos fueron instalados el 24 de mayo de 2000 de la siguiente manera:

Biopolímero en bloque.

Se cortaron bloques del biopolímero PU-almidón con medidas de 35 y 70 cm^3 . Posteriormente se colocaron a una profundidad de 10 cm en la maceta correspondiente, luego se pusieron en el terreno del invernadero distribuyéndolos completamente al azar en el lugar que les correspondía y después se procedió a dar un riego pesado de la maceta y después la realización del trasplante. Como testigo se utilizó el suelo sin aplicación de biopolímero.

Biopolímero en polvo.

Se realizaron los mismos pasos que el tratamiento 1, solo que esta vez los bloques se molieron hasta formar una mezcla homogénea del biopolímero con la tierra que le correspondía a cada maceta. Para esto se utilizó un bote de plástico de 20 litros, una vez realizado esto se procedió a colocarlo en la maceta correspondiente. Como testigo se utilizó el suelo sin aplicación de biopolímero.

Trasplante.

El trasplante se realizó el día 24 de mayo del 2000, utilizando tomate (*Lycopersicon esculentum* L. (Mill.)) Cultivar Winner.

Fertilización.

Se aplicó solución “Douglas” como agua de riego, según lo requirió el cultivo.

Control Fitosanitario.

En el control de enfermedades no hubo muchos problemas, pero se realizaron aplicaciones de Captan, cada quince días. En el caso del control de plagas se realizaron aplicaciones de thiodan cada diez días, ya que se presentó mosquita blanca.

Tratamientos Evaluados.

Los tratamientos evaluados se describen en el cuadro 3.3

Cuadro 3.3 Tratamientos evaluados en maceta para el cultivo de tomate invernadero, 2000

Tratamiento	Descripción
1 BIOPOLIMERO SIN FERTILIZANTE BLOQUE	Biopolímero sin fertilizante con dosis de 35 y 70 cm ³ de bloque
2 BIOPOLIMERO SIN FERTILIZANTE POLVO	Biopolímero sin fertilizante con dosis de 35 y 70 cm ³ de bloque en polvo
3 MACETAS CON SUELO DEL LUGAR	Testigo (macetas con suelo regional con dosis de biopolímero 0)

Diseño Experimental.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con dos formas de aplicar (bloque y polvo) por tres tratamientos (0, 35 y 70 cm³) y seis repeticiones, obteniendo un total de 36 unidades experimentales.

Figura 3.1 Diseño completamente al azar de los tratamientos y repeticiones.

B70-3	P35-5	P35-2	P35-1
P70-5	P35-4	B35-5	B70-1
B0-2	B35-6	P0-4	B0-5
P70-1	B35-3	P35-3	P0-1
B70-5	P0-6	B70-4	B70-2
P0-5	P0-3	P70-2	P70-4
P70-6	P35-6	P0-2	B0-1
B35-1	B0-6	B0-4	B35-4
P70-3	B70-6	B0-3	B35-2

B= Biopolímero en bloque con dosis de 0, 35 y 70 cm³

P= Biopolímero en polvo con dosis de 0, 35 y 70 cm³

Deshierbes.

Se realizaron dos los días 21 de junio y el 1 de julio, manualmente

Variables Evaluadas.

Se tomaron lecturas de biomasa fresca y seca tanto de la parte aérea como de la radicular. Se midió también la altura, diámetro de tallo, el número de folíolos por planta, número de racimos florales, número de racimos de fruto, peso de fruto por cada tratamiento y producción total de fruto.

Peso Fresco.

Para la determinación de los pesos frescos se eligieron dos plantas por tratamiento y repetición. Las plantas fueron marcadas y se procedió a separar la parte aérea de la raíz. La raíz fue lavada para eliminar partículas adheridas del sustrato. Las muestras fueron pesadas en una balanza analítica OHAUSO modelo TS120. Esta labor fue realizada 2 veces, una antes del trasplante y otra a los 60 días después del trasplante.

Peso Seco.

Para la determinación del peso seco las muestras utilizadas para el peso fresco fueron secadas a 60°C. hasta alcanzar peso constante en una estufa MAPSA modelo HDP334. Esta labor se realizó en las mismas fechas cuando se hizo la toma de datos de peso fresco.

Altura de plantas.

Para determinar esta variable se procedió a medir con una regla desde la base del tallo hasta el ápice, esto en las primeras etapas de la planta, para etapas más avanzadas se midió con una cinta métrica flexible. Estos datos fueron tomados 6 veces durante el ciclo del cultivo, cada 10 días a partir del trasplante del cultivo.

Diámetro de tallo.

Para la obtención de los datos de esta variable se procedió a medir el diámetro de tallo con un vernier. Estos datos fueron tomados 6 veces durante el ciclo del cultivo, cada 10 días a partir del trasplante del cultivo

Foliolos por Planta.

En lo que respecta a esta variable se realizaron los mismos días que la variable altura de planta, pero en este caso se hacía contando el número de foliolos por planta.

Número de racimos florales.

A partir de los 20 días, después del trasplante, empezaron a aparecer los primeros racimos florales en algunas plantas, por lo cual, se empezó a tomar la lectura de esta variable, posteriormente cada 10 días se continuó con la evaluación, hasta finalizar los 2 meses del periodo de evaluación.

Número de racimos de fruto.

A partir del tercer conteo es decir a los 30 días después del trasplante empezaron a aparecer los primeros racimos de fruto en solamente dos tratamientos y a partir de ahí se empezaron a tomar los datos de esta variable.

Peso de fruto

Para determinar esta variable se procedió a cortar los frutos según se fueran madurando se hicieron 3 cortes en total el primer corte fue hecho el 15 de octubre el segundo, el día 30 del mismo mes y el tercero el día 6 de noviembre estos frutos fueron

pesados en una balanza la cual fue proporcionada por el laboratorio de postcosecha del departamento de horticultura.

Producción total de fruta.

Para la obtención de datos de esta variable se procedió a hacer los cortes respectivos el total de cortes durante los dos meses del estudio fueron 3, se fijaba una fecha determinada y se hacía un corte general de todos los frutos maduros, en el último corte se procedió a cortar todos los frutos tanto verdes como maduros.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se estudio el efecto del biopolimero hidrofílico en base a almidón, para verificar la modificación que tiene en la fertilidad del suelo a corto plazo y ver el efecto que este presenta en las plantas en las variables que fueron altura de planta, diámetro de tallo, número de foliolos, número de racimos de fruto, numero de racimos florales, peso fresco y seco tanto de raíz como de follaje así como la cantidad de fruto por planta y peso de la fruta por cada tratamiento. Los resultados obtenidos en el trabajo experimental son anotados en los Cuadros siguientes.

Altura de Planta

Cuadro 4.1 Resultados de la variable altura de planta de acuerdo al análisis de varianza

Tratamiento	VARIABLE					
	Altura de planta					
	Día 10 ^z DDT	Día 20 ^z DDT	Día 30 ^z DDT	Día 40 ^z DDT	Día 50 ^z DDT	Día 60 ^z DDT
B ₀	20.2500 ^b	33.2500 ^a	48.5833 ^a	56.6706 ^a	63.8774 ^a	65.3944 ^a
B ₃₅	17.2500 ^{ab}	28.2500 ^a	48.4167 ^a	57.8697 ^a	70.3914 ^a	69.3407 ^{ab}
B ⁷⁰	17.7500 ^{ab}	32.1667 ^a	48.0833 ^a	53.6818 ^a	62.3552 ^a	69.3712 ^{ab}
P ₀	17.8333 ^{ab}	30.3333 ^a	48.1667 ^a	58.9530 ^a	71.3497 ^a	76.5907 ^b
P ₃₅	16.1667 ^{ab}	28.7500 ^a	40.8333 ^a	56.0818 ^a	69.3552 ^a	76.0127 ^{ab}
P ₇₀	15.0000 ^a	26.5833 ^a	45.3333 ^a	56.8707 ^a	69.2774 ^a	70.3966 ^{ab}

^z Los promedios seguidos por la misma letra no son diferentes entre si según Duncan (p=0.05).

Diámetro de Tallo

Cuadro 4.2 Variable diámetro de tallo resultados de acuerdo al análisis de varianza

Tratamiento	VARIABLE					
	Diámetro de tallo					
	Día 10 ^z DDT	Día 20 ^z DDT	Día 30 ^z DDT	Día 40 ^z DDT	Día 50 ^z DDT	Día 60 ^z DDT
B ₀	0.4083 ^a	0.5833 ^{ab}	0.6833 ^a	0.7046 ^a	0.9808 ^a	1.0002 ^a
B ₃₅	0.4083 ^a	0.6167 ^b	0.7333 ^a	0.7755 ^a	1.0073 ^a	1.0504 ^a
B ₇₀	0.4167 ^a	0.5833 ^{ab}	0.7167 ^a	0.8529 ^a	1.0036 ^a	1.0860 ^{ab}
P ₀	0.4000 ^a	0.5667 ^{ab}	0.7000 ^a	0.7859 ^a	0.9781 ^a	1.0129 ^a
P ₃₅	0.3667 ^a	0.5500 ^{ab}	0.6833 ^a	0.7929 ^a	0.9936 ^a	1.0269 ^a
P ₇₀	0.3667 ^a	0.4667 ^a	0.6333 ^a	0.7746 ^a	0.9609 ^a	1.1702 ^b

^z Los promedios seguidos por la misma letra no son diferentes entre si según Duncan (p=0.05).

Número de Foliolos

Cuadro 4.3 Resultados de la variable número de foliolos por tratamiento de acuerdo al análisis de varianza (ANVA).

Tratamiento	VARIABLE					
	Numero de foliolos					
	Día 10 ^z DDT	Día 20 ^z DDT	Día 30 ^z DDT	Día 40 ^z DDT	Día 50 ^z DDT	Día 60 ^z DDT
B ₀	7.3333 ^a	25.50 ^{ab}	42.5000 ^a	41.0039 ^a	61.9522 ^{ab}	62.5369 ^a
B ₃₅	7.3333 ^a	22.50 ^{ab}	38.5000 ^a	46.4029 ^a	67.0975 ^{ab}	80.5905 ^a
B ⁷⁰	7.6667 ^a	27.50 ^b	43.8330 ^a	47.0706 ^a	68.2634 ^{ab}	76.7752 ^a
P ₀	6.1667 ^a	20.33 ^{ab}	37.5000 ^a	37.7780 ^a	67.9309 ^{ab}	74.8406 ^a
P ₃₅	6.8333 ^a	18.00 ^{ab}	35.8333 ^a	47.6706 ^a	79.6634 ^b	81.6233 ^a
P ₇₀	6.5000 ^a	16.50 ^a	34.1667 ^a	38.4039 ^a	59.7522 ^a	69.0362 ^a

^z Los promedios seguidos por la misma letra no son diferentes entre si según Duncan (p=0.05).

Número de Racimos Florales

Cuadro 4.4 Variable número de racimos florales por tratamiento resultados de acuerdo al análisis de varianza (ANVA).

Tratamiento	VARIABLE					
	Numero de racimos florales					
	Día 10 DDT	Día 20 ^z DDT	Día 30 ^z DDT	Día 40 ^z DDT	Día 50 ^z DDT	Día 60 ^z DDT
B ₀		1.6670 ^a	8.1670 ^{ab}	8.2831 ^a	13.9384 ^a	13.8642 ^a
B ₃₅		1.6670 ^a	7.0000 ^{ab}	7.7539 ^a	14.1954 ^a	14.6671 ^a
B ⁷⁰		1.6670 ^a	8.8330 ^b	8.2942 ^a	12.9495 ^a	14.0794 ^a
P ₀		1.1670 ^a	6.0000 ^{ab}	6.7957 ^a	13.7371 ^a	14.9171 ^a
P ₃₅		1.3333 ^a	5.3333 ^a	6.4942 ^a	13.3495 ^a	14.9599 ^a
P ₇₀		1.6670 ^a	5.5000 ^{ab}	6.2831 ^a	12.1384 ^a	13.8730 ^a

^z Los promedios seguidos por la misma letra no son diferentes entre si según Duncan (p=0.05).

Número de Racimos de Fruto

Cuadro 4.5 Resultados de la variable Número de Racimos de fruto por tratamiento según el análisis de varianza realizado.

Tratamiento	VARIABLE					
	Numero de racimos de fruto					
	Día 10 DDT	Día 20 DDT	Día 30 ^z DDT	Día 40 ^z DDT	Día 50 ^z DDT	Día 60 ^z DDT
B ₀			0.167 ^a	0.9817 ^a	2.1466 ^{ab}	6.8522 ^a
B ₃₅			0 ^a	0.6529 ^a	1.4517 ^{ab}	6.9693 ^a
B ⁷⁰			0.167 ^a	0.7928 ^a	1.9022 ^{ab}	7.2429 ^a
P ₀			0 ^a	0.5279 ^a	2.4100 ^{ab}	7.2193 ^a
P ₃₅			0 ^a	0.3927 ^a	1.3022 ^a	8.5688 ^a
P ₇₀			0 ^a	0.9817 ^a	2.9467 ^b	6.4619 ^a

^z Los promedios seguidos por la misma letra no son diferentes entre si según Duncan (p=0.05).

Como podemos ver de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) los tratamientos Altura de Planta, Diámetro de Tallo, Número de Folíolos, Número de Racimos Florales y Número de Racimos de Fruto estos presentan diferencia no significativa. Por lo que podemos concluir que el biopolímero hidrofílico en base a almidón aplicado al suelo, ya sea en forma de bloque o en polvo, no modifica la respuesta de las plantas bajo condiciones de agua y fertilización adecuadas.

Altura de Planta

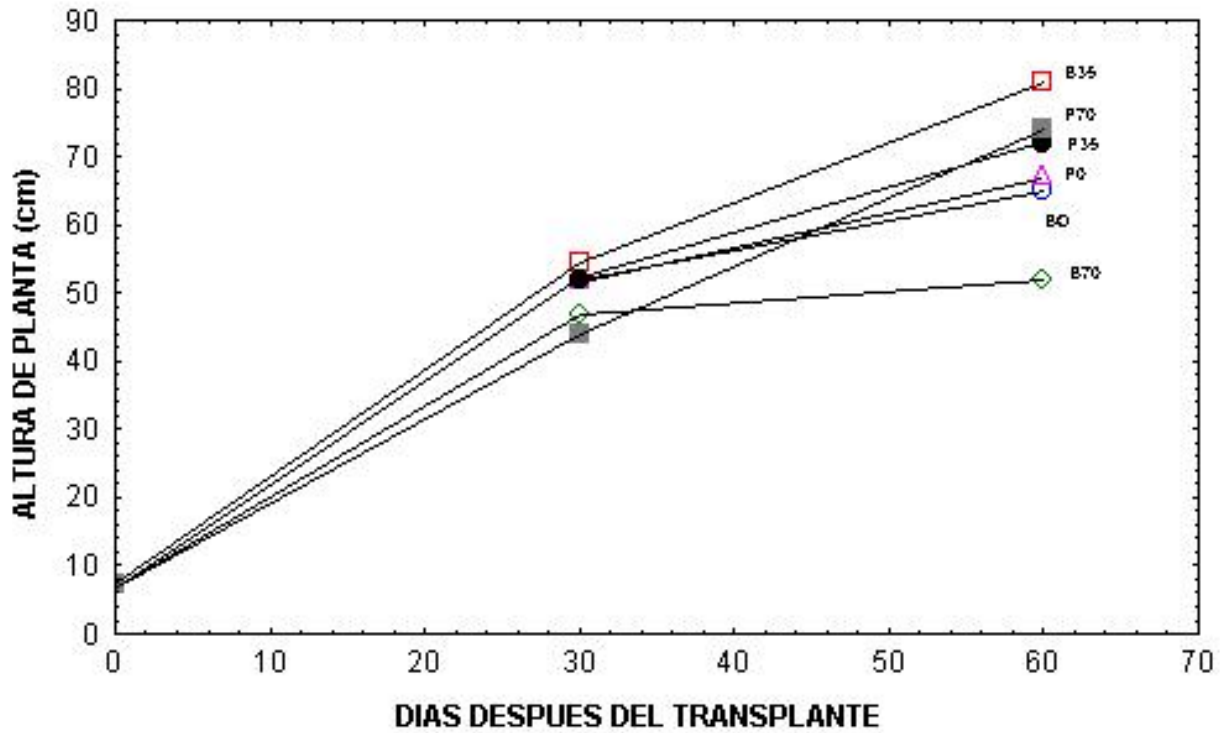


Figura 4.1 Altura de las plantas en las lecturas realizadas en los días 30 y 60 después del trasplante.

Como podemos observar en la fig. 4.1 según el análisis de varianza, las lecturas realizadas en los días 30 y 60 después del trasplante existen diferencias entre los tratamientos sin embargo según el ANVA estas diferencias son no significativas por lo que podemos concluir que el biopolimero hidrofílico en base a almidón no funciona para altura de planta bajo condiciones de riego y fertilización adecuada.

Peso Fresco Total

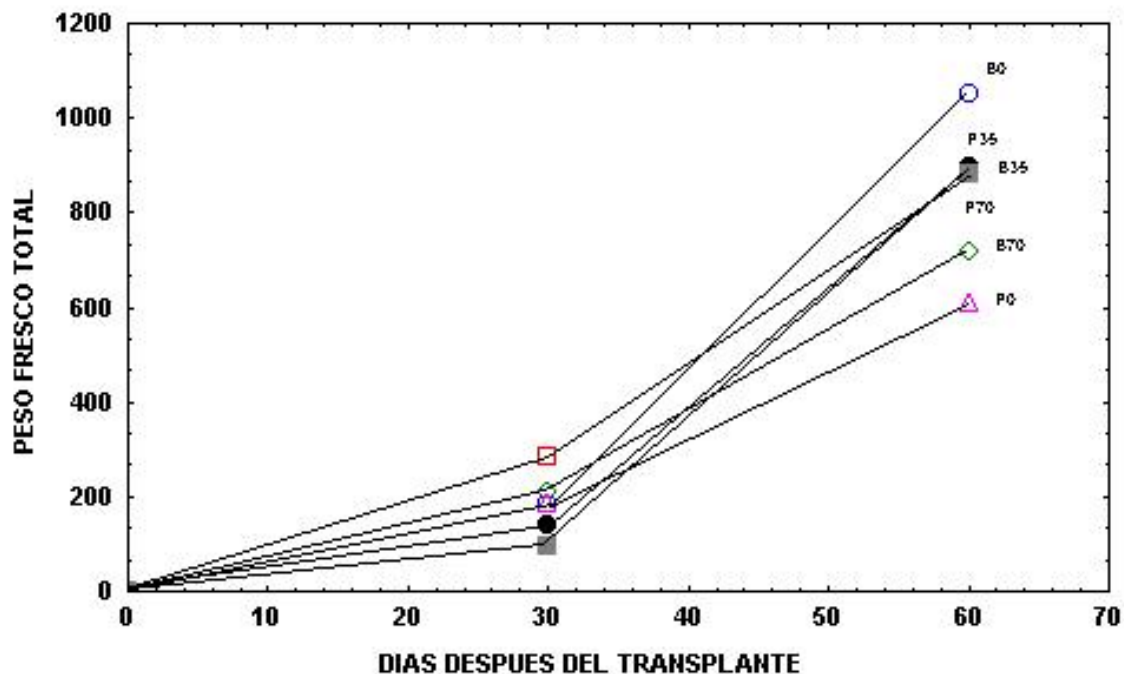


Figura 4.2 Peso fresco total de los tratamientos en las lecturas realizadas en los días 30 y 60 después del trasplante.

Como podemos observar en la fig. 4.2 según el análisis de varianza las lecturas de peso fresco total realizadas en los días 30 y 60 después del trasplante se observan diferencias pero estas son no significativas por lo que se concluye que el biopolimero hidrofílico en base a almidón no tiene ningún efecto sobre el peso fresco total de las plantas bajo condiciones de riego y fertilización adecuadas.

Peso Seco Total

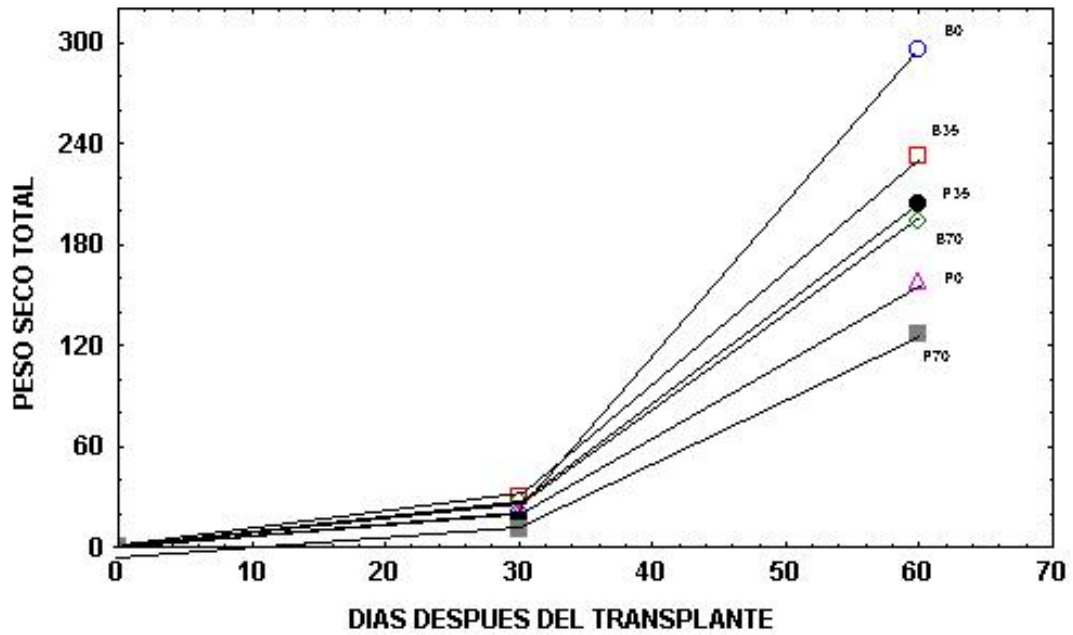


Figura 4.3 Peso seco total de los tratamientos en las lecturas realizadas en los días 30 y 60 después del trasplante.

Según el análisis de varianza (ANVA) en la fig. 4.3 las diferencias que se muestran entre los tratamientos son no significativas por lo que podemos concluir que el biopolimero hidrofílico en base almidón no presenta ningún efecto sobre el peso seco de las plantas bajo condiciones de riego y fertilización adecuadas.

Producción Total de Fruto

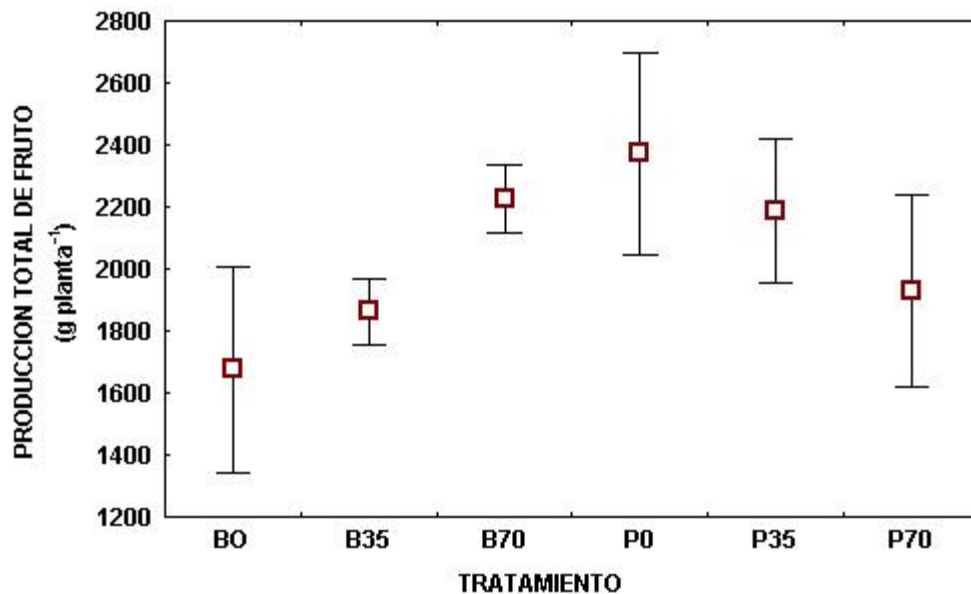


Figura 4.4 producción total de fruto por cada tratamiento

Según el análisis de varianza realizado en la fig. 4.4 la producción total de fruto por tratamiento presenta diferencias numéricas pero estas no son estadísticamente diferentes por lo que se concluye que el biopolímero hidrofílico en base a almidón no presenta ningún efecto sobre la producción total de fruto.

Peso de la fruta

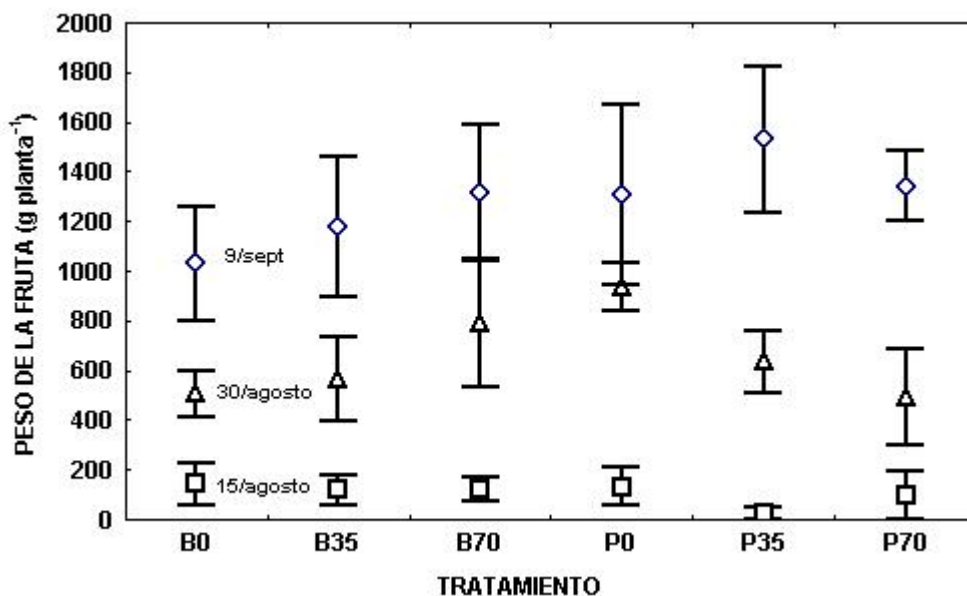


Figura 4.5 Peso de la fruta por tratamiento.

Como se puede ver en la fig. 4.5 según el análisis de varianza realizado las diferencias que se presentan en el peso de la fruta por tratamiento estas son no significativas por lo que se concluye que biopolímero en base a almidón no presenta ningún efecto sobre lo que es peso de fruto bajo condiciones de riego y fertilización adecuadas.

Los anteriores resultados confirman lo observado por Saadi Ceballos (2000) quien no observó ninguna ventaja del biopolímero en invernadero con riego suficiente. Sin embargo, el mismo autor si observó una ventaja al utilizar el biopolímero en forma de bloque en campo abierto. Falta entonces revisar más a fondo las condiciones bajo las cuales el polímero sea aplicable.

CONCLUSION

Bajo las condiciones de suelo calcáreo con aplicación de suficiente agua el biopolímero hidrofílico en base a almidón no mejoro las respuestas al riego y fertilización.

Se requiere mejorar las propiedades del biopolímero incorporando materiales con mayor poder hidrofílico, como la poliacrilamida, y revisar su biodegradabilidad.

LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993a. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp. 47-61.
- Abad, B. M. 1993b. Sustratos. Inventario y Características. Curso Superior de Especialización sobre cultivos sin suelo. FIAPA. Almería, España. pp 65-79.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1991. Cultivo en Invernadero. Tercera edición; Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 347 p.
- Ansorena, M.J. 1994. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-prensa, España.
- Aviles, H.P. 1997. INEGI. E-mail: paviles@cis.inegi.gob.mx
- Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotecnicas S.L., Madrid, España.
- Cánovas, M. F. 1993. Principios Básicos de la Hidroponia. Aspectos comunes y diferenciales de los cultivos con y sin suelo. Curso Superior sobre Especialización Sobre: Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp 29-42.
- Carpenter, T. 1995. Obtenga la Mejor Mezcla de Medios de Cultivo. Productores de Hortalizas, Año 4, No. 5, pp 10-12.
- Fernández B., J.M. y Ma. R. Quezada M. 1992. Producción de planta con uso de Materiales Plásticos. 3er. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura, CIQA. (Apuntes), Saltillo, Coah, 67p.

Gordilo J. Treviño V. J. Substratos vegetales a partir de residuos industriales del corcho

URL: http://www.ediho.es/horticom/tem_aut/sustr/corcho.html

Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1998. Propagación de Plantas: Principios y practicas.

Sexta reimpresión; CECSA. México. 760 p.

Hassell, R. 1994. El Camino de la Prosperidad Comienza con Trasplantes Sanos.

Productores de Hortalizas. Año 3, No. 5 pp 11-13.

Miller II, W. J. 1994. Gana Popularidad el Mercado de Productos de Invernadero.

Productores de Hortalizas (pagina del Publisher) Año 3, No. 5, p 6.

Minero, A. A. 1998. Producción de Trasplantes. Productores de Hortalizas, Año 7,

No. 8, pp 18-22.

Resh, H. M. 1987. Cultivos Hidropónicos. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa,

España.