

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISION DE AGRONOMIA**



**Biopolímero (Poliuretano biodegradable en base almidón) Usado como  
Sustrato en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.).**

**Por:**

**ALBERTO SAADI CEBALLOS**

***T E S I S***

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

**Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Febrero de 2000.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**  
**“ANTONIO NARRO”**  
**DIVISION DE AGRONOMIA**

**Biopolímero (Poliuretano biodegradable en base almidón) Usado como  
Sustrato en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.).**

**TESIS**

Presentada por:

**ALBERTO SAADI CEBALLOS**

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

---

**M.C. Alberto Sandoval Rangel**

Presidente del Jurado Calificador

---

**DR. Adalberto Benavides Mendoza**

Sinodal

---

**DR. Valentín Robledo Torres**

---

**L.C.Q. Gabriela Padrón Gamboa**

-----  
**M.C. Reynaldo Alonso Velasco**  
**COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA**  
**Buenvista, Saltillo, Coahuila., México.**

**Febrero de 2000.**  
**AGRADECIMIENTOS**

**A DIOS TODO PODEROSO: ser de inmensa bondad, que da vida a las plantas, movimiento a los ríos; a quien debo mi existencia. Por siempre... Gracias.**

**A MI ALMA MATER: Gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por cobijarme y protegerme durante todos estos años y por ello lograr concluir mi formación profesional.**

**Al M.C. Alberto Sandoval Rangel: Por la confianza depositada en mi y por compartir sus conocimientos para el buen fin del presente trabajo, gracias.**

**Al Dr. Adalberto Benavides Mendoza: Por su amistad y asesoramiento oportuno además del aporte de sus conocimientos para la realización de este trabajo, gracias.**

**Al Dr. Valentín Robledo Torres: Por su apoyo incondicional y por su amistad para llevar a cabo este trabajo, gracias.**

**A la L.C.Q. Gabriela Padrón Gamboa. Por su valioso tiempo que me brindo para la revisión de este trabajo, gracias.**

**Al padrino de generación M.C. Leobardo Bañuelos Herrera. Por su amistad y confianza depositada a la generación 88 de Ing. Agrónomos en horticultura. gracias.**

**A TODOS: y cada uno de mis maestros, ya que sin su enseñanza y consejos no habría llegado a culminar mis estudios.**

**Gracias a todos mis compañeros de la generación 88 de ingenieros agrónomos en horticultura, con los que conviví gratas experiencias en la mejor vida... la de estudiante.**

## **DEDICATORIAS**

**A la memoria de mi padre, Alberto Saadi Ghoson. Jurando una vez mas hacerle honor a su nombre.**

**A mi querida madre, Adela Ceballos Tun. Quien con sus sacrificios y consejos me ha encaminado siempre por el camino del bien.**

**A mis Hermanos:**

**Evelyn Guadalupe**

**María Jacqueline**

**Tahamara Jazmín**

**A mi Sobrina:**

**Samantha**

**A ella quien en su momento supo darme amor, apoyo y comprensión y me ayudo a superar momentos difíciles de mi carrera.**

**A mis amigos de siempre los cuales me abstuve de mencionar sus nombres para no cometer el error de omitir alguno.**

De todas las ocupaciones del hombre que derivan beneficio alguno, no hay ninguna tan amable, tan saludable y tan merecedora de la dignidad del hombre libre, como la agricultura.

**Cicerón**

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE GENERAL.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO.....	2
HIPOTESIS.....	2
REVISION DE LITERATURA.....	3
Generalidades de los Sustratos.....	3
Historia.....	4
Clasificación.....	4
Materiales Orgánicos.....	5
Materiales Inorgánicos.....	5
Materiales Mixtos.....	5
Características de los Sustratos.....	6
Características Físicas.....	6
Características Químicas.....	10
Características Biológicas.....	14
Características de los Materiales mas Utilizados Comercialmente.....	15
Turba.....	15
Turberas Bajas.....	16

Turberas Altas.....	16
Turberas de Transición.....	16
Pumita.....	16
Perlita.....	17
Vermiculita.....	17
Tierra Volcánica.....	17
Gravas.....	18
Arenas.....	18
Lana de Roca.....	18
Poliestireno.....	19
Poliuretano.....	19
MATERIALES Y METODOS.....	20
Ubicación del Area Experimental.....	20
Descripción del Area Experimental.....	20
Clima.....	20
Suelo.....	20
Material Utilizado.....	20
Establecimiento del Experimento.....	22
1. Etapa de Invernadero.....	22
Tratamientos Evaluados.....	22
Diseño Experimental.....	22
Preparación de Camas Flotantes.....	23
Siembra de Sustratos.....	23
Fertilización.....	23
Control Fitosanitario.....	24
Variables Evaluadas.....	24
Peso Fresco.....	24
Peso Seco.....	24
Numero de Plantas.....	25
2. Etapa de Campo.....	25
Tratamientos Evaluados.....	25
Diseño Experimental.....	25
Preparación del Terreno.....	26
Biopolímero más Agua.....	26
Biopolímero más Fertilizante.....	26
Suelo Regional.....	27
Siembra.....	27
Fertilización.....	27
Control Fitosanitario.....	27
Deshierbes.....	27
Variables Evaluadas.....	28
Altura.....	28
Numero de Hojas.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
1. Etapa de Invernadero.....	29
Peso Fresco.....	29
Peso Seco.....	30



Numero de Plantas.....	31
2. Etapa de Campo.....	33
Peso Fresco.....	33
Peso Seco.....	34
Altura.....	34
Numero de Hojas.....	35
CONCLUSIONES.....	37
LITERATURA CITADA.....	38

## INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 2.1 Porosidad total de distintos materiales utilizados como sustratos.....	9
Cuadro 2.2 Relación Carbono Nitrógeno (C/N) de algunos materiales orgánicos.....	14
Cuadro 3.1 Espumas de poliuretano sintetizadas con polioles-polieter de diferente peso molecular y almidón.....	21
Cuadro 3.2 Tratamientos evaluados en tomate en etapa de invernadero, 1999.....	22
Cuadro 3.3 Tratamientos evaluados en el cultivo de tomate en etapa de campo, 1999.....	25
Cuadro 4.1 Peso fresco y peso seco en el cultivo de tomate, con sustratos en invernadero, 1999.....	29
Cuadro 4.2 Numero de plantas en el cultivo de tomate, con diferentes sustratos en invernadero, 1999.....	31
Cuadro 4.3 Valores promedio de numero de plantas, 1999.....	32

Cuadro 4.4	Peso fresco y peso seco en el cultivo de tomate en campo, 1999.....	33
Cuadro 4.5	Altura y numero de hojas, en el cultivo de tomate con tres sustratos, 1999.....	35

### INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Curvas de distribución de tamaños de partículas de dos materiales con un mismo valor.....	7
Figura 3.1	Distribución de los tratamientos en etapa de invernadero, 1999...	23
Figura 3.2	Distribución de los tratamientos en etapa de campo, 1999.....	26
Figura 4.1	Promedio y error estándar de la media para el peso fresco total de plántulas de tomate en tres sustratos, 1999.....	30
Figura 4.2	Comportamiento del numero de plantas con respecto al tiempo, 1999.....	32
Figura 4.3	Pesos totales (frescos, secos) en el cultivo de tomate con tres sustratos a campo abierto, 1999.....	34
Figura 4.4	Altura de plantas por días después de la siembra en el cultivo de tomate, con tres sustratos, 1999.....	35
Figura 4.5	Numero de hojas promedio por planta en el cultivo de tomate con tres sustratos a campo abierto, 1999.....	36

## RESUMEN

El trabajo se efectuó en el departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila, México. Durante el ciclo primavera-verano de 1999. Con el objeto de evaluar un biopolímero (poliuretano biodegradable en base almidón) como sustrato en la producción de plantas y siembra directa de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.). El experimento se realizó en dos etapas en invernadero y a campo abierto; usando en la primera un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 6 repeticiones y en la segunda un diseño de bloques al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones. Se utilizó un biopolímero, turba canadiense, poliuretano comercial y suelo regional como sustratos en el cultivo de tomate. A los resultados se les realizó un análisis de varianza (ANVA) y se hizo la comparación de medias por Diferencia Mínima Significativa (DMS). En la etapa de invernadero los mejores resultados para las variables peso fresco y peso seco de raíz, aéreo y total, se obtuvieron con la turba canadiense, mientras que los menores valores se obtuvieron con el biopolímero, en la variable número de plantas se encontraron diferencias significativas para los tres tratamientos dando los mejores resultados el biopolímero, precedido del PUcomercial y la menor fue la turba canadiense. En la etapa de campo en las variables peso fresco, peso seco (raíz, aéreo y total), altura de plantas y número de hojas; los mejores resultados los obtuvo el biopolímero, seguido del suelo regional y resultando menor el biopolímero mas fertilizante.

**Nota:** Se hace mención que parte de este proyecto fue presentado en el XXXIV Congreso Mexicano de Química, Monterrey N.L. del 17-21 de octubre, 1999. y publicado en la Revista de la Sociedad Química de México. Vol. 43, Núm. Especial, (1999), p 80.

## 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. Por lo tanto el presente pretende generar información del polímero biodegradable que en lo subsiguiente llamaremos biopolímero, usado en la producción de planta y su posterior comportamiento después del trasplante utilizando el cultivo de tomate. Por lo cual se plantea el siguiente objetivo:

### **OBJETIVO**

Evaluar un poliuretano biodegradable en base almidón como sustrato en la producción de plantas y siembra directa de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.).

### **HIPOTESIS**

El biopolímero proporciona mejores condiciones para la germinación y desarrollo de semillas de tomate, que las proporcionadas por la turba canadiense.

En condiciones de campo el biopolímero aporta beneficios significativos mejorando la germinación y el crecimiento de la planta.

## REVISION DE LITERATURA

### **Generalidades de los Sustratos.**

Se define como sustrato a todo material sólido distinto al suelo, natural o de síntesis, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el complejo proceso de nutrición vegetal. (Abad 1993).

El sustrato hortícola, es un medio físico, natural o sintético de volumen limitado, en donde se desarrollan las raíces de las plantas que crecen en un recipiente, sea contenedor, saco, banqueta, etc. (Ballester, 1992).

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).

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 mas 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 numero 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 apartir 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. (Fernandez *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).

**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. Figura 2.1.

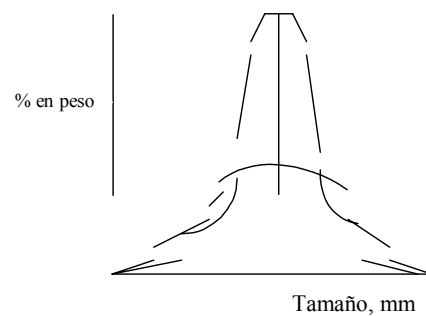


Figura 2.1. **Curvas de distribución de tamaños de partícula de dos materiales con un mismo valor medio.**

**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 existentes, 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 apartir 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/cm<sup>3</sup> y a la densidad real fluctuando entre 1.45 y 2.65g/cm<sup>3</sup>.

La porosidad puede ser interparticular , cuando se refiere a los poros situados en el interior de las partículas del sustrato, o intraparticular cuando los poros se presentan entre las diferentes partículas. Existen materiales que presentan poros interparticulares 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

- a) 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.
- b) 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).** 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 hidrógeno ( $H^+$ ) 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 pueden 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 tratara de neutralizar el exceso de iones de hidrogeno, 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 mas fuerza que los monovalentes y se intercambian con mas 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 recíproco de la resistencia eléctrica, que es la resistencia de una columna de líquido de sección  $1 \text{ cm}^2$  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.

c) 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  
nutrimentos 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 Nitrogeno (C/N) de algunos materiales orgánicos.

<b>Tipo de materia orgánica</b>	<b>C/N</b>
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 sinérgico 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.**

Los sustratos comerciales tienen mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos y aditivos como la piedra caliza, fertilizantes, nutrientes, , etc (Teran, 1990).

### **Turba.**

La turba se define como la forma disgregada de la vegetación de un pantano, descompuesta de modo incompleto a causa del exceso de agua y falta de oxígeno, que se va depositando con el transcurso del tiempo, lo que favorece la formación de estratos mas o menos densos de materia orgánica. En función al lugar de génesis de cada turba, se clasifican las turberas en bajas, transición y altas.

### **Turberas Bajas.**

También llamadas soligenas o eutroficas, 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 fitotoxicos 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, silíceo de origen volcánico, pudiendo utilizarse después de molido y tamizado sin necesidad de calentarse, esencialmente tiene las mismas propiedades de la perlita aunque es más 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).

### **Perlita.**

La perlita es un compuesto binario y está constituida por ferrita y cementita, que se obtiene por procesos metalúrgicos. Existen dos tipos de perlita en función de su estructura microscópica, que puede ser laminar o granular. Cuando la perlita granular se calienta a 1000°C, se expande obteniéndose unas formas esferoides muy ligeras, y cuya densidad aparente es del orden 130-180 kg/m<sup>3</sup>.

Este material expandido se utiliza en agricultura solo o mezclado con otros

substratos, para el cultivo fuera del suelo o en contenedor. Se trata de un sustrato inerte de color blanco, cuya morfología es ligeramente esférica y su diámetro oscila entre 2 y 6 mm. Químicamente es inerte a pH 7-7.5, pero a pH ácidos puede liberar aluminio, que es uno de sus componentes. A menudo se utiliza en mezclas con turba con la finalidad de aumentar el drenaje y la aireación de la turba.

### **Vermiculita.**

Se trata de un mineral silicatado, hidratado de magnesio del grupo de los filosilicatos. Al igual que la perlita, si elevamos rápidamente su temperatura a 300°C, se expande y alcanza volúmenes de hasta cuatro veces el original.

Desde el punto de vista agrícola la vermiculita es arcilla expandida y exfoliada; sus dimensiones se mueven alrededor de 5 a 10 mm. Se trata pues de un material de baja densidad, con buena capacidad de retención de agua, además por el hecho de ser arcillosa, conserva las propiedades de adsorción de iones de las arcillas. Una de sus desventajas es que con el tiempo se compacta y pierde sus propiedades hidrofílicas.

### **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 sustrato 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 sustrato 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**

### **Ubicación del Area Experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones 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.

El trabajo de investigación se llevo a cabo en dos etapas, la primera en invernadero y la segunda en campo abierto.

### **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.**

La textura de los suelos varia de migajon arenoso a migajon arcilloso, localizados sobre un sustrato calcáreo, duro y continuo denominado petrocálcico.

### **Material Utilizado.**

El material que se estudió fue un biopolimero (espuma de poliuretano biodegradable en base almidón), peat moss y espuma sintética que se utilizaron como sustratos para la producción de plantulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L. Mill.).

En la formulación de la espuma de poliuretano-almidón se utilizó poliol-poliéter (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 3.1. usando 50% de poliol 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 poliol, polisacárido y agua. Los materiales fueron mezclados en un agitador marca Caframo a una velocidad de 2000 rpm. El tiempo de agitación fue de 2 minutos antes de adicionar el isocianato 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-poliéter de diferente peso molecular y almidón.

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

## **Establecimiento del Experimento.**

El trabajo de investigación se llevo a cabo en dos etapas, el primero en invernadero y el segundo en campo abierto.

### **1. Etapa de Invernadero.**

Se estableció un lote experimental dentro del invernadero, con una superficie total de 9m<sup>2</sup> de cama flotante (3m x 3m), y posteriormente se realizo otro experimento a campo abierto con riego por goteo con una superficie de 45m<sup>2</sup> (3m x 15m). En la primera etapa el biopolímero se utilizo como sustrato de germinación y anclaje de las plántulas. Dichas plántulas fueron posteriormente transplantadas.

### **Tratamientos Evaluados.**

**Cuadro 3.2.** Tratamientos evaluados en tomate en etapa de invernadero, 1999.

Tratamiento	Descripción
1 BIOPOLIMERO	Espuma de poliuretano con base almidón.
2 TURBA	Charolas de poliestireno+turba canadiense.
3 PUcomercial	Espumas de poliuretano.

### **Diseño Experimental.**

El diseño experimental empleado fue completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones, con un total de 18 unidades experimentales. Figura 3.1.

**Diseño completamente al azar.**

2	1	1	2	3	1
2	1	3	2	1	3
2	3	3	2	3	1

**1= Biopolímero**

**2= Turba**

**3= PUcomercial**

**Figura 3.1.** Distribución de los tratamientos en etapa de invernadero.

**Preparación de Camas Flotantes.**

La preparación de las camas flotantes se realizó a principios del mes de abril de 1999, limpiándose la parte utilizada, procediéndose después a la formación de las camas flotantes las cuales se ubicaron en la parte este del invernadero, utilizándose madera y plástico negro de polietileno para construir un contenedor.

**Siembra de Sustratos.**

La siembra se realizó en seco el 19 de abril de 1999 procediéndose inmediatamente después a colocarlas en las camas flotantes las cuales contenían 4cm de agua. Las semillas de tomate fueron colocadas en los sustratos a 1cm. de profundidad para los tres tratamientos.

## **Fertilización.**

Para la fertilización de las plántulas se realizaron aplicaciones foliares de Foltron Plus, los días 4, 7, 11, y 14 de mayo. A dosis de 3.3ml/l. También se realizaron aplicaciones de solución nutritiva al agua de las camas flotantes.

## **Control Fitosanitario.**

Para el control de enfermedades se realizaron aplicaciones de Tiabendazol MSD, Clorotalonil, a dosis de 2g/l. según lo requería el experimento, los días 20, 23, 26 y 29 de abril, siguiendo, los días 3, 5, 11 y 14 de Mayo, dando un total de 8 aplicaciones. Cabe mencionar que se llevaron dos lavados de las camas flotantes, el 28 y 11 de mayo.

## **Variables Evaluadas.**

Las variables evaluadas fueron: peso fresco de la raíz, peso fresco aéreo, peso fresco total, peso seco de la raíz, peso seco aéreo y peso seco total. Asimismo se realizaron conteos del número de plantas emergidas y se tomaron muestras de tallo y de raíz para su fijación en alcohol-formaldehído-ácido acético (AFA) y posterior preparación y montaje para análisis microscópico.

### **Peso Fresco.**

Para la determinación de los pesos frescos se eligieron tres plántulas con competencia completa por tratamiento y repetición. Las plántulas 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 se realizó a los 30 días después de la siembra.

## **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.

## **Numero de Plantas.**

Para poder determinar esta variable, se hace mención que la siembra se realizó el día 19 de abril de 1999, y los sustratos se mantuvieron con agua apartir de ese día (camas flotantes). Las plántulas se empezaron a contar apartir del día 29 de abril, siguiendo el 30, 2 de mayo, 3, 4, 5, 7 y 12 de mayo realizándose un total de 8 evaluaciones.

## **2. Etapa de Campo.**

En la segunda etapa biopolímero fue utilizado como sustrato de germinación aplicado directamente al suelo. Para ello se ubico un cubo de 2x2x4cm. a una profundidad de 5cm. y sobre ellos fueron colocadas las semillas utilizando el sistema de siembra directa.

## **Tratamientos Evaluados.**

En este Experimento los tratamientos evaluados se describen en el cuadro 3.3 y la distribución de los tratamientos se muestra en la figura 3.2.



**Cuadro 3.3.** Tratamientos evaluados en el cultivo de tomate en etapa de campo, 1999.

Tratamiento	Descripción
1 BIOPOLIMERO	Biopolimero + agua
2 BIOPOLIMERO + FERTILIZANTE	Biopolimero + Fertilizante
3 SUELO	Testigo (suelo regional)

### **Diseño Experimental.**

Se utilizo un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, con un total de 9 unidades experimentales.

### **Diseño de Bloques completamente al azar**

2	3	2
1	2	1
3	1	3

**1= Biopolímero**

**2= Biopolímero más fertilizante**

### **3= Suelo**

**Figura 3.2.** Distribución de los tratamientos en etapa de campo.

#### **Preparación del Terreno.**

La preparación del terreno se llevo a cabo a principios del mes de mayo de 1999, formándose 3 surcos de 15m. de largo a una distancia entre surcos de 1m. Posteriormente se instalo un sistema de riego por goteo. Una vez realizado lo anterior se procedió a la instalación de los diferentes tratamientos, el día 25 de mayo de la siguiente manera:

#### **Biopolímero más Agua.**

En este tratamiento se cortaron bloques del biopolímero PU-almidón con medidas de 2x2x4 cm. y se procedió a sumergirlas en agua destilada. Posteriormente se distribuyeron en el terreno en el lugar que les correspondía, haciendo una perforación en la base del surco, de las mismas dimensiones para posteriormente enterrar los bloques de biopolímero a una profundidad de 5cm.

#### **Biopolímero más Fertilizante.**

Se realizaron los mismos pasos que el tratamiento 1, solo que esta vez al agua se le agrego fertilizante 20-20-20 para que los bloques de biopolímero absorbieran este fertilizante y posteriormente se enterraran en el lugar definitivo.

## **Suelo Regional.**

En el caso del testigo se uso suelo del lugar para poder comparar el comportamiento de las plantas.

## **Siembra.**

En este experimento se realizo siembra directa el día 26 de mayo de 1999 colocando de dos a tres semillas de tomate por golpe. En el caso de los tratamientos 1 y 2 las semillas se colocaron en la parte superior de los bloques de biopolímero, para el testigo la siembra se realizo de la forma tradicional. En los tres tratamientos se cubrieron las semillas con tierra de la región, aproximadamente 1 cm. de capa de suelo.

## **Fertilización.**

Se aplico fertilizante orgánico natural Organodel para mejorar el suelo, esto se hizo el día que se preparo el terreno, Posteriormente el día 8, 22 y 28 de Junio se fertilizo con 20-20-20 a dosis de 25kg./ha. (150g) y conjuntamente se aplicaron Acidos Húmicos, a dosis de 3l./ha. (45ml.).

## **Control Fitosanitario.**

Para el control de enfermedades no se tuvieron muchos problemas, pero se realizo aplicaciones de Captan, los días 10 y 26 de junio. En el caso del control de plagas se realizaron aplicaciones de Metamidophos, Malathion y Permetrina, los días 7, 16 y 26 de Junio y 7 de Julio, ya que se presentó Pulga Saltona entre otras.

## **Deshierbes.**

Esta actividad se llevo a cabo los días 21 de junio y el 1 de julio, realizándola manualmente.

### **Variables Evaluadas.**

Se llevaron a cabo determinaciones del peso fresco de la raíz, peso fresco aéreo y peso fresco total así como los respectivos pesos secos. Se midió también la altura y el numero de hojas por planta.

Para la determinación del peso fresco y peso seco se utilizaron 2 plántulas por tratamiento en cada una de las tres repeticiones. Se realizo el día 2 y 3 de julio respectivamente.

### **Altura.**

Se obtuvo con una regla , midiendo desde la base del tallo, hasta el ápice de la planta. El dato obtenido fue en cm. las evaluaciones se realizaron 15 días después de la siembra, apartir del 10 de junio, siguiendo el 12, 14, 16, 18, 22, 25, 28, 1 de julio, 5, 7, 10, 13, y finalizando el 17 de julio, resultando un total de 14 evaluaciones.

### **Numero de Hojas.**

En lo que respecta a esta variable se realizaron los mismos días que la variable altura de planta, pero en este caso se hacia contando el numero de hojas planta/planta. Llevándose un registro cuidadoso para evitar errores.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Etapa de Invernadero.

## Peso Fresco.

De acuerdo al análisis de varianza (ANVA) el peso fresco de la raíz presentó diferencias altamente significativas ( $\alpha < 0.01$ ) entre tratamientos. El mejor tratamiento

fue el de turba,  
mientras que el  
biopolímero y el  
PUcomercial no  
fueron diferentes  
entre si ( $\alpha > 0.05$ )  
de acuerdo a una  
prueba de Fisher.  
Los promedios para  
cada tratamiento se  
anotan en el cuadro  
4.1.

**Cuadro 4.1.** Peso  
Fresco y Peso Seco

en el cultivo de  
tomate, con  
sustratos en  
invernadero, 1999.

<b>TRAT</b>	<b>PESO FRESCO (g.)</b>			<b>PESO SECO (g.)</b>		
	<b>PF R</b>	<b>PF A</b>	<b>PF T</b>	<b>PS R</b>	<b>PS A</b>	<b>PS T</b>
<b>BIOPOLIMERO</b>	0. 02	0. 07	0. 09	0. 00	0. 00	0. 01
	20	07	27	22	86	53
	a	a	a	a	a	a
<b>TURBA</b>	0. 19	0. 30	0. 49	0. 01	0. 03	0. 04



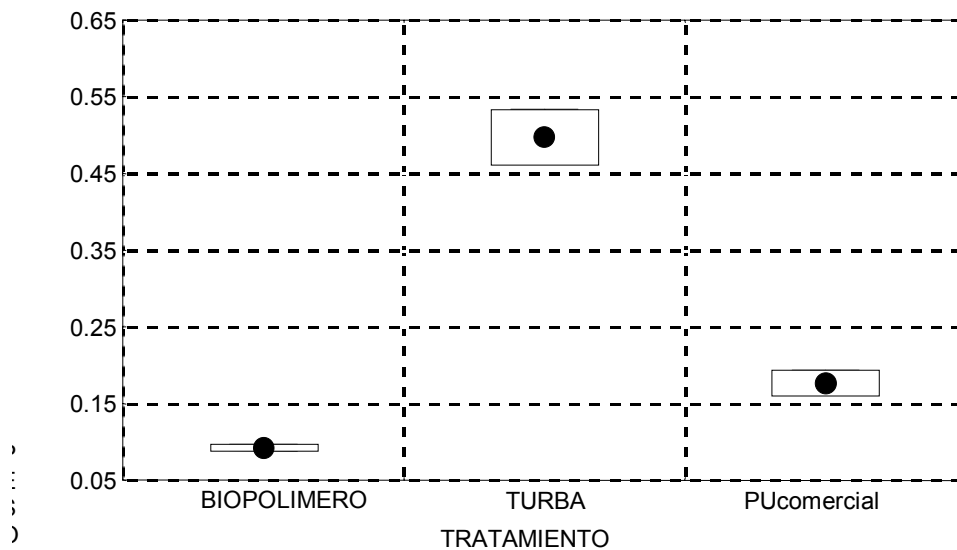
	60	12	57	19	27	60
	b	c	c	b	b	b
<b>PUcomercial</b>	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	02	15	17	00	01	01
	41	31	73	15	53	68
	a	b	b	a	a	a
<b>Significancia</b>	**	**	**	**	**	**

Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según una prueba de Fisher con nivel  $\alpha = 0.05$

Para el peso fresco aéreo se encontró diferencia altamente significativa entre Tratamientos. De nuevo el mejor

tratamiento fue la turba, aunque a diferencia del peso de la raíz en el peso fresco aéreo la prueba de Fisher si marco diferencia significativa entre PUcomercial y biopoímero, mostrando este ultimo el promedio mas bajo (cuadro 4.1.).

El peso fresco total fue estadísticamente diferente entre tratamientos. La tendencia encontrada fue la misma que para el peso fresco aéreo. Los promedios se anotan en el cuadro 4.1 y se ilustra en la figura 4.1.



**Biopolímero**  $0.09 \pm 0.01^*$

**Turba**  $0.50 \pm 0.03$

**PUcomercial**  $0.18 \pm 0.01$

\* Valores promedio mas error estándar.

## Figura 4.1.

Promedio y error estándar de la media para el peso fresco total de plántulas de tomate en tres sustratos, 1999.

## Peso Seco.

Los promedios para el peso seco de las plantas se anotan en el cuadro 4.1. Lo mencionado para el peso fresco es aplicable para el peso seco a excepción de que la prueba de Fisher no marcó diferencias significativas ( $\alpha > 0.05$ ) entre los

tratamientos  
biopolímeros y  
PUcomercial.

En todas las  
variables de  
biomasa el sustrato  
de turba dio los  
mejores resultados.  
A partir de la  
germinación las  
plantas en turba  
mostraron  
sistemáticamente  
mayor tamaño, las

plantas ubicadas en los sustratos poliuretano y biopolímero mantuvieron su crecimiento, siempre en desventaja con la turba, hasta el día 16 después de la siembra. A partir de esa fecha se presentó un amarillento progresivo

acompañado de  
necrosis. Es  
posible que dicho  
problema se haya  
derivado de un  
problema de  
salinidad ya que  
Estrada (1995) en  
un trabajo sobre el  
efecto de la  
salinidad reporto  
síntomas similares,  
sin embargo con la  
información  
disponible no es



posible explicar el porque dicho problema fue especialmente fuerte en el biopolímero, se presentó en menor cuantía en el PUcomercial y no se manifestó en la turba. Lo anterior a reserva de que no podemos probarlo.

**Numero de Plantas.**

De acuerdo al ANVA se encontró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $\alpha < 0.01$ ). El número de plantas, obtenido en la primera etapa, marca el éxito de la germinación de la semilla. Se encontró que en el biopolímero se

presentó mayor número de plantas seguido del PUcomercial. Por otro lado la que presentó el menor número de plantas fue la turba, esto fue por problemas que se tuvieron con roedores en el invernadero los cuales extrajeron la semilla del sustrato.

Comparando las alturas con los días después de la siembra se observó que en el decimosexto día después de la siembra se presentó el máximo número de plantas, a partir de ahí empezó a decrecer coincidiendo con el problema de amarillamiento ya

mencionado. Los promedios de numero de plantas se anota en el cuadro 4.2 y se ilustra en la Figura 4.2.

**Cuadro 4.2.** Numero de Plantas en el cultivo del tomate, con diferentes sustratos en invernadero, 1999.

<b>TRATA</b>	<b>NUMERO</b>
<b>MIENT</b>	<b>DE</b>

<b>O</b>	<b>PLANTAS</b>
<b>1</b> <b>BIOPOLIMERO</b>	64.104 1 c*
<b>2</b> <b>TURBA</b>	14.979 1 a
<b>3</b> <b>PUcomercial</b>	46.687 5 b

\* Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según una prueba de Fisher con nivel  $\alpha = 0.05$

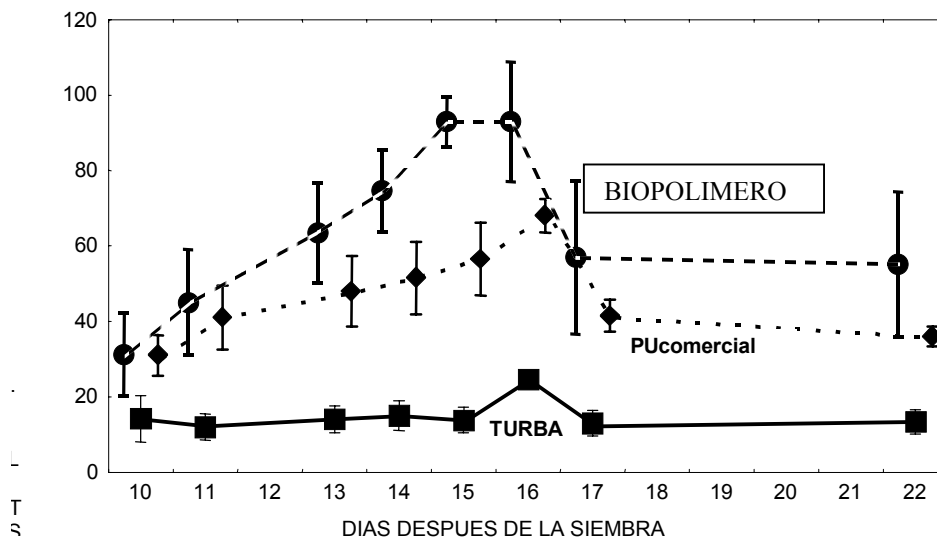


Figura 4.2. Comportamiento del Numero de Plantas con respecto al tiempo, 1999.

Cuadro 4.3. Valores promedios de Numero de Plantas. 1999.

DDS	TRATAMIENTO		
	BIOPOLÍMERO*	TURBA*	PUcomercial*
10	31.33 ± 11.02	14.17 ± 6.18	31.00 ± 5.37
11	45.17 ± 13.95	12.00 ± 3.46	41.00 ± 8.5
13	63.50 ± 13.19	14.00 ± 3.61	48.00 ± 9.39
14	74.67 ± 10.85	15.00 ± 3.92	51.50 ± 9.62
15	93.00 ± 6.63	13.83 ± 3.42	56.50 ± 9.62
16	93.00 ± 15.88	24.50 ± 0.72	68.00 ± 4.47
17	57.00 ± 20.33	13.00 ± 3.42	41.50 ± 4.25
22	55.17 ± 19.21	13.33 ± 3.22	36.00 ± 2.68

\* Valores promedio mas error estándar.

Con los resultados que se ilustran en la figura 4.2, se aprecia que el biopolímero es un buen medio para la germinación sin embargo tiene características físicas y químicas que posteriormente afectaron a las plantas esto se corrobora con lo mencionado por Hartmann *et al* (1995) el volumen del medio de germinación no debe de variar mucho, ya sea seco o mojado, debe de retener suficiente humedad así mismo ser

suficiente mente poroso para que escurra el excesos de agua, debe de estar libre de patógenos y no debe de tener un nivel excesivo de salinidad.

Por su parte Mobayen (1980), menciona que la temperatura optima de germinación se encuentra entre los 20 y 25°C. pudiendo ser esto una explicación del comportamiento de la germinación.

## **2. Etapa de Campo.**

### **Peso Fresco.**

El peso fresco de la raíz presentó diferencias significativas ( $\alpha < 0.15$ ) entre tratamientos, El peso mas alto se observo en el tratamiento de



biopolímero mas  
agua precediéndole  
el de suelo y por  
ultimo biopolímero  
más fertilizante  
(cuadro 4.4). El  
resultado obtenido  
en el suelo no fue  
estadísticamente  
diferentes a los  
obtenidos en los  
demas, sin embargo  
entre el  
tratamiento 1 y 2

si son diferentes estadísticamente.

**Cuadro 4.4. Peso Fresco y Peso Seco en el cultivo de tomate en campo, 1999.**

TRAT.	PESO FRESCO (g.)			PESO SECO (g.)		
	PFR	PFA	PFT	PSR	PSA	PST
<b>BIOPOLI MERO</b>	0.9380 b	4.6695 c	5.6075 c	0.3245 b	0.4820 b	0.9731 b
BIOPOLIMERO+ FERTILIZANTE	0.1641 a	1.0111 a	1.1753 a	0.0825 a	0.1246 a	0.2071 a
SUELO	0.3855 ab	2.5261 b	2.9116 b	0.1223 ab	0.3740 ab	0.4963 a
Significancia	**	**	**	n.s	n.s	**

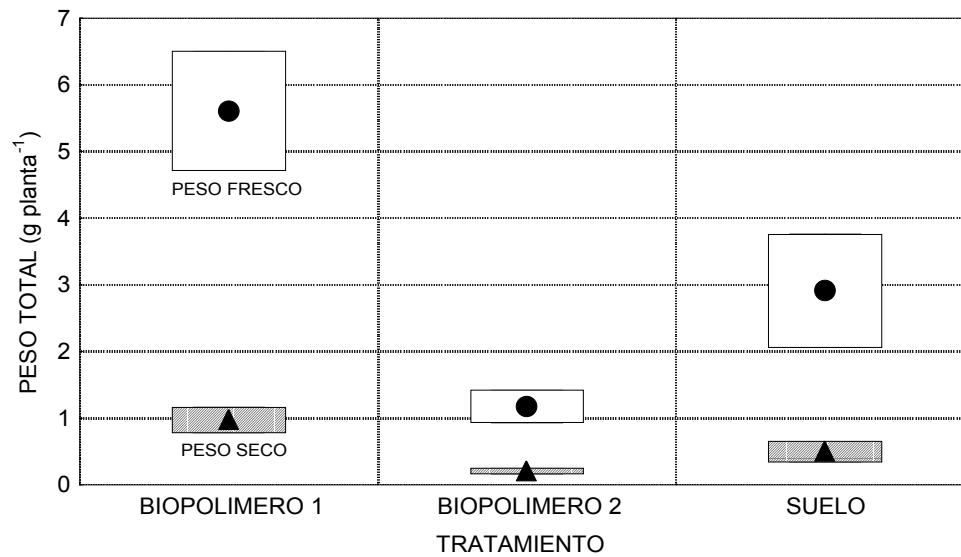
Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según una prueba de Fisher con nivel  $\alpha = 0.05$

Para el peso fresco aéreo el ANVA indica que se presentaron diferencias altamente

significativas ( $\alpha < 0.01$ ) entre tratamientos. El peso mas alto lo presentó de nuevo el de biopolímero seguido suelo mientras que el peso mas bajo lo dio el tratamiento biopolímero mas fertilizante, estos datos se aprecian en el cuadro 4.4.

Por otro lado el peso fresco total marcó diferencias altamente significativas entre tratamientos nuevamente el tratamiento biopolímero mas agua presentó los valores mas altos seguido del suelo y al ultimo biopolímero mas fertilizante

(cuadro 4.4) . La comparación entre tratamientos para el peso fresco y peso seco se ilustra en la figura 4.3.



**Figura 4.3.** Pesos totales (secos y frescos) en el cultivo de tomate con tres sustratos a campo abierto, 1999.

**Peso Seco.**

Los promedios para el peso seco de la planta se anotan en el cuadro 4.4. Lo mencionado para el peso fresco es aplicable totalmente para el peso seco.

Altura.

Según el ANVA se encontraron diferencias altamente significativas

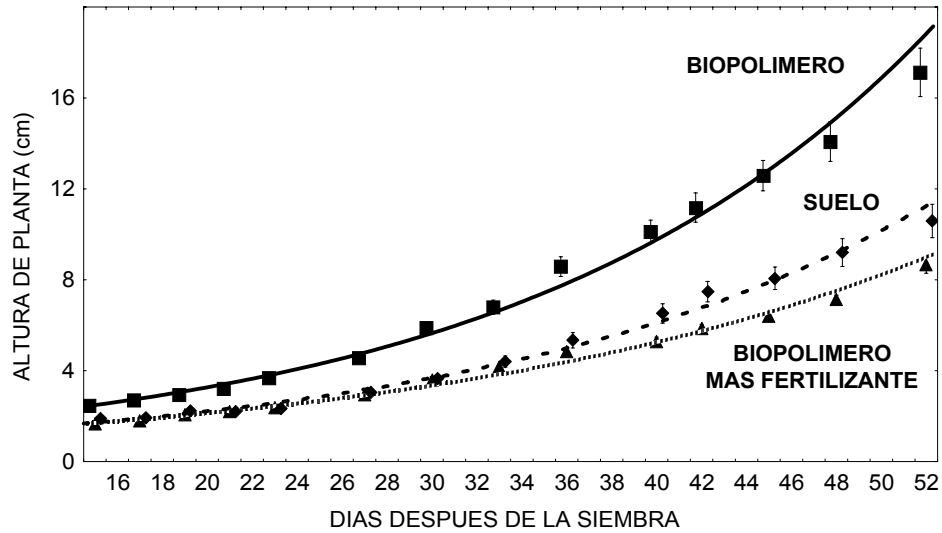
entre tratamientos y entre días después de la siembra. El tratamiento biopolímero más agua presentó la alturas mayor siguiendole el suelo y las alturas menores biopolímero más fertilizante (Cuadro 4.5. y figura 4.4)

**Cuadro 4.5. Alturas y Numero de Hojas, en el cultivo de tomate con tres sustratos, 1999.**

TRATAMIENTO	ALTURA	NUMERO DE HOJAS
1 BIOPOLIMERO	7.5730 c	5.8974 c

2 BIOPOLIMERO+ FERT.	4.2161 a	4.2667 a
3 SUELO	4.9227 b	4.4786 b
Significancia	**	**

Los promedios seguidos de la misma letra no son diferentes según una prueba de Fisher con nivel  $\alpha = 0.05$



**Figura 4.4.** Altura de plantas por días después de la siembra en el cultivo de tomate, con tres sustratos, 1999.

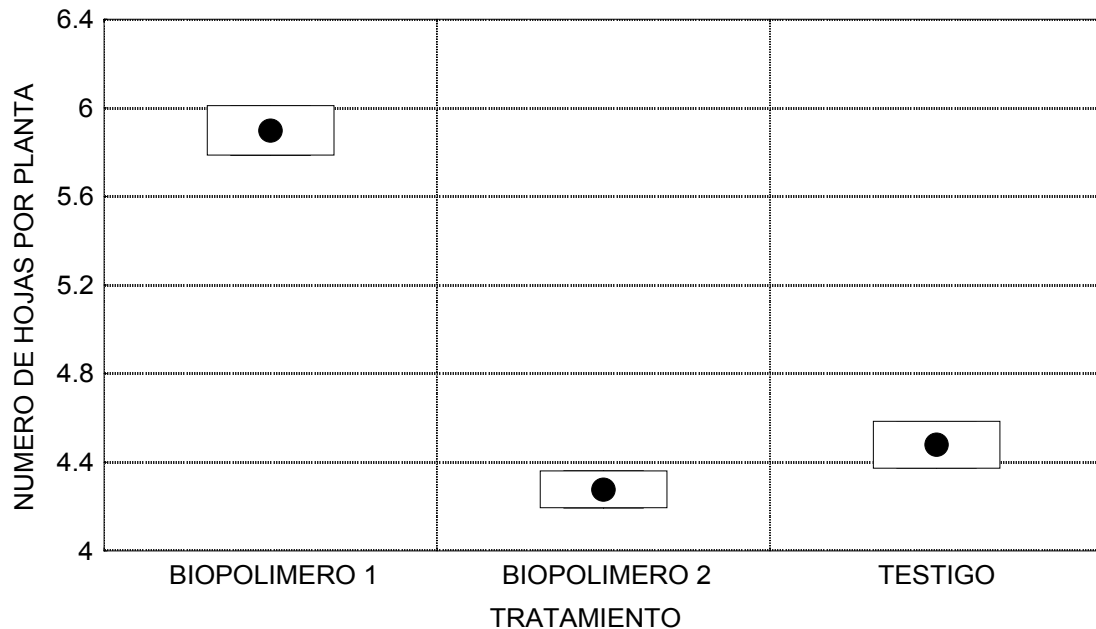


### **Numero de Hojas.**

El ANVA nos muestra que existe diferencia altamente significativa para los tratamientos, repeticiones y días después de la siembra. Nuevamente el biopolímero tuvo el mayor número de hojas, seguido del suelo y al ultimo de nuevo el biopolímero más fertilizantes. Lo anterior se aprecia en el cuadro 4.5 y se ilustra en la figura 4.5.

Como se observa en el experimento de campo los mejores resultados los presentó el tratamiento biopolímero, para todas las variables, sin embargo el tratamiento biopolímero más fertilizante, dio los menores resultados esto nos lleva a suponer que los fertilizantes tienen un efecto negativo sobre el biopolímero. A reserva de comprobarlo, lo anterior se puede explicar con un trabajo realizado por Ghio *et al*, (1994), que nos dice que las sustancias húmicas y sus derivados tienen la capacidad para quelatar el Hierro y otros cationes metálicos y pueden de esa manera catalizar daño oxidativo en los tejidos.

Por otro lado una de las causas que prueban un incremento en la salinidad del sustrato es cuando el sustrato presenta una elevada Capacidad de Intercambio Cationico (CIC) y al mismo tiempo se descompone con el transcurso del cultivo, liberando demasiados nutrientes (Abad, 1993). Lo anterior puede ser una explicación al comportamiento de los fertilizantes en el biopolimero ya que como se sabe los materiales orgánicos tiene una elevada CIC.



**Figura 4.5.** Numero de hojas promedio por planta en el cultivo de tomate con tres sustratos a campo abierto, 1999.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el

# presente estudio, se concluye:

En la producción de plántulas en invernadero en un sistema de camas flotantes, la turba canadiense supera al biopolímero, en cuanto al crecimiento de las plantas.

En condiciones de campo abierto el biopolímero afecto positivamente la germinación y el desarrollo de plantas superando al suelo regional.

En los sistemas de producción estudiados, (invernadero y campo abierto) el biopolímero se ve afectado negativamente con la aplicación de fertilizantes. Por lo que se recomienda continuar con el estudio de este material en interacción con los fertilizantes.

El biopolímero presentó más problemas fitosanitarios que la turba o el suelo regional. Se recomienda la adición de un producto fungicida en su composición química, para obtener un sistema de biodegradación controlada.

El color del biopolímero afectó la germinación ya que no conserva el calor. Igualmente la capacidad de retención de agua debe mejorarse si se busca utilizarlo en un sistema diferente al de cama flotante.

## LITERATURA CITADA

- Abad, B. M. 1993. Sustratos. Características y Propiedades. Curso Superior de Especialización sobre Cultivos sin Suelo. FIAPA. Almería, España. pp 47-61.
- Abad, B. M. 1993. 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](mailto:paviles@cis.inegi.gob.mx)
- Ballester, O., J. F. 1992. Substratos para el Cultivo de Plantas Ornamentales. Hojas Divulgadoras, Num. 11/92.
- Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotecnicas S.L., Madrid, España.
- Cánovas, M. F. 1993. Principios Basicos de la Hidroponia. Aspectos comunes y Diferenciales de los Cultivos con y sin Suelo. Curso Superior sobre Especializacion 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.

- Estrada L. F. 1995. Tesis. Evaluación del Efecto de la Salinidad en Cinco Especies del Genero *Lycopersicon* en la Etapa de Desarrollo y tres Especies en la Etapa de Germinación. UAAAN. Saltillo, Coahuila. México.
- Fernandez 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.
- Ghio, A. J. and D. R. Quigley. 1994. Complexation of iron by Humic-like substances in lung tissue: role in coal workers' pneumoconiosis. *A.J. Physiol.* 267:L173-L179.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1995. Propagación de Plantas: Principios y Practicas. Cuarta 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.
- Mobayen, R. G. 1980. Germination of Citrus and Tomato Seeds in Relation to Temperature. *J. Hort. Sci;* 55: 291-297.
- Resh, H. M. 1987. *Cultivos Hidroponicos.* Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Teran, S., G. E. 1990. Propagación de Plántulas. 2º. Curso Nacional de Plasticos en la Agricultura, CIQA. (apuntes). Saltillo, Coah.

