

71 16969

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



"EFECTO DE TRES DOSIS DE POLIMERO Y TRES
DOSIS DE FERTILIZANTE EN LA PRODUCCION
DE PLANTULA DE CHILE SERRANO (*Capsicum
annuum L.*) var. TAMPIQUEÑO 74"

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION
AGRICOLA

PRESENTA
ADRIANA GUTIERREZ DIEZ



TM
SB351
.C5
G81
c.1

MARIN, N. L.

JUNIO DE 1998



1080098275

71'

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA
SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



EFECTO DE TRES DOSIS DE POLIMERO Y TRES
DOSIS DE FERTILIZANTE EN LA PRODUCCION
DE PLANTULA DE CHILE SERRANO (*Capsicum
annuum L.*) var. TAMPIQUEÑO 74"

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION
AGRICOLA

PRESENTA
ADRIANA GUTIERREZ DIEZ

TM
SB351
.C5
G81
e.1

17

TM
SB351
CUS
187
-



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

SUBDIRECCION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

**"Efecto de tres dosis de polímero y tres dosis de fertilizante en la producción de
plántula de chile serrano (*Capsicum annum* L.) var. Tampliqueño 74"**

TESIS

ELABORADA POR:

ADRIANA GUTIERREZ DIEZ

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL TITULO DE:

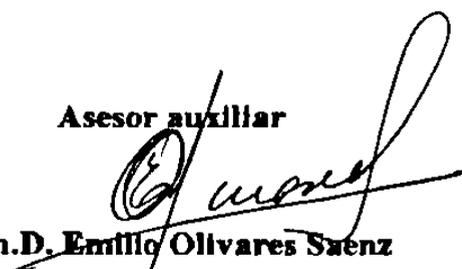
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGRICOLA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS

Asesor principal


M.Sc. Fermín Montes Cavazos

Asesor auxiliar


Ph.D. Emilio Olivares Saenz

Asesor auxiliar


Dr. Francisco Zavala García

**EN MEMORIA DEL MEJOR PADRE, AMIGO, MAESTRO Y
ABUELO:**

GRACIAS PAPA DONDEQUIERA QUE ESTES.

DEDICATORIA:

A Dios, aunque a veces no acepte sus designios.

A mis padres: Lic. Mario Gutiérrez Cázares (que siempre estarás conmigo) y Sra. María Soledad Díez de Gutiérrez. Gracias por ser los pilares de mi formación y el principio de la de mis hijos.

A esos tres pequeños seres: María Elena, Adalberto y Mario que me hicieron debutar en una nueva carrera: la de ser madre. Gracias por ser los tres principales motivos de mi superación.

A mi esposo: Ing. Adalberto Lael Santana Belmares por su apoyo, comprensión y ayuda. Gracias.

A mis hermanos: Rosaura, Marisol, Concha Teresa, Mario y Lucinda por su apoyo en todo momento. Gracias.

AGRADECIMIENTOS:

Al M.Sc. Fermín Montes Cavazos por su asesoría, ayuda y apoyo incondicional a lo largo de mi carrera y maestría.

Al Ph.D. Emilio Olivares Saenz y Dr. Francisco Zavala García por su ayuda en la revisión del escrito.

A todos los maestros de la maestría que ayudaron a mi formación de postgrado.

A todos mis amigos y compañeros de clase y,

A todas aquellas personas que de una u otra manera participaron en la realización de este trabajo.

INDICE

INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	3
1. Producción de plántulas	3
1.1 Cajas de poliestireno	3
1.2 Medios	4
1.2.1. Componentes	5
1.2.2 Mezclas	7
1.3 Fertilización	7
1.3.1 Nutrientes	8
1.4 Riegos	9
1.5 Enfermedades	10
2. Polímeros hidrofílicos	12
2.1 Definición	12
2.2 Absorción de agua	12
2.3 Propiedades	13
2.4 Usos en horticultura	14
2.5 Ventajas	15
2.6 Equipo de aplicación	16
3. Trabajos relacionados	18
MATERIALES Y METODOS	24
RESULTADOS Y DISCUSION	31
1. Interacción	32
1.1 Peso fresco de raíz	32
1.2 Potasio	35

2. Factor polímero	38
2.1 Peso fresco de raíz.....	38
2.2 Diámetro de tallo.....	40
2.3 Número de hojas.....	42
3. Factor fertilizante	45
3.1 Area foliar	45
3.2 Nitrógeno	47
4. Variables no significativas.....	49
4.1 Altura de planta.....	49
4.2 Peso fresco de brote.....	50
4.3 Peso seco de brote	51
4.4 Peso seco de raíz	52
4.5 Fósforo.....	53
5. Otras variables	54
5.1 Capacidad de retención de humedad de la mezcla polímero-medio	54
5.2 Costos	57
5.3 Enfermedades	58
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
RESUMEN	62
SUMMARY	64
BIBLIOGRAFIA.....	66
APENDICE	69

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancias de las variables	31
Cuadro 2. Medias de los tratamientos (interacción) de la variable peso fresco de raíz (g), la media del testigo es de 0.5212 g	33
Cuadro 3. Comparación de medias de las dosis de fertilizante dentro de las dosis de polímero en la variable peso fresco de raíz (g)	34
Cuadro 4. Comparación de medias de las dosis de polímero dentro de las dosis de fertilizante en la variable peso fresco de raíz (g)	35
Cuadro 5. Medias de los tratamientos (interacción) de la variable potasio (%), la media del testigo es de 7.43%	36
Cuadro 6. Comparación de medias de las dosis de fertilizante dentro de las dosis de polímero en la variable potasio (%)	37
Cuadro 7. Comparación de medias de las dosis de polímero dentro de las dosis de fertilizante en la variable potasio (%)	37
Cuadro 8. Comparación de medias de las dosis de polímero de la variable peso fresco de raíz (g), la media del testigo es de 0.5212 g	38
Cuadro 9. Tendencia del factor polímero sobre el peso fresco de raíz	39
Cuadro 10. Comparación de medias de las dosis de polímero para la variable diámetro de tallo (mm), la media del testigo es de 1.9 mm	41
Cuadro 11. Tendencia del factor polímero sobre el diámetro de tallo	41
Cuadro 12. Comparación de medias de las dosis de polímero para la variable número de hojas, la media del testigo es de 13.55 hojas	43
Cuadro 13. Tendencia del factor polímero sobre el número de hojas	43

Cuadro 14. Comparación de medias de las dosis de fertilizante en la variable área foliar (cm^2), la media del testigo es de 20.3815 cm^2	45
Cuadro 15. Tendencia del factor fertilizante sobre el área foliar.....	47
Cuadro 16. Comparación de medias de las dosis de fertilizante en la variable % de nitrógeno, la media del testigo es de 6%	48
Cuadro 17. Tendencia del factor fertilizante sobre el nitrógeno.....	49
Cuadro 18. Altura de planta de los tratamientos y del testigo (cm).....	49
Cuadro 19. Peso fresco de brote de los tratamientos y del testigo (g)	51
Cuadro 20. Peso seco del brote de los tratamientos y del testigo (g).....	52
Cuadro 21. Peso seco de raíz de los tratamientos y del testigo (g).....	53
Cuadro 22. Concentraciones de fósforo de los tratamientos y del testigo (%).....	54
Cuadro 23. Número de riegos, fertilizaciones y % del ahorro de agua en los diferentes tratamientos.....	55

FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de la interacción (tratamientos) en la variable peso fresco de raíz	34
Figura 2. Comportamiento de la interacción (tratamientos) en el potasio	38
Figura 3. Comportamiento de las dosis de polímero con respecto al testigo para la variable peso fresco de raíz.....	40
Figura 4. Comportamiento de las dosis de polímero con respecto al testigo para el diámetro de tallo	42
Figura 5. Comportamiento de las dosis de polímero con respecto al testigo para la variable número de hojas.....	44

Figura 6. Comportamiento de las dosis de fertilizante con respecto al testigo para la variable área foliar	46
Figura 7. Comportamiento de las dosis de fertilizante con respecto al testigo para la variable % de nitrógeno	48

INTRODUCCION

Las ventajas de la producción de plántulas en charolas en invernaderos, pueden resumirse en: superación de los promedios de rendimiento, obtención de plántulas sanas y vigorosas, mayor reutilización si se compara con el método tradicional de almácigos en campo, fertilización uniforme, programación sistemática de siembra, flexibilidad en el crecimiento de plántulas, ahorro importante en el combate de plagas y enfermedades y cuidado extremo del sistema radicular (Síntesis Hortícola, 1987 y 1989).

En la producción de plántulas, uno de los puntos claves es la elección del medio apropiado para su crecimiento, entre las características más importantes que deben poseer los medios están: la eliminación del exceso de agua, el suministro de oxígeno y la retención de humedad suficiente. Los polímeros hidrofílicos pueden absorber agua equivalente a cientos de veces su propio peso; consecuentemente, estos materiales han sido utilizados como mejoradores, dado que acondicionan y preservan las propiedades químicas y biológicas de los sustratos utilizados en la producción de plántulas..

A partir de la utilización de plásticos en la agricultura o plasticultura, los polímeros han sido incorporados a la producción; su uso inicial fue reportado a finales de los 70's para producción en invernaderos, pero ahora son utilizados para la producción de frutos, vegetales y pastos. Los beneficios derivados de la aplicación de los polímeros al suelo o al medio artificial incluyen: incremento en la capacidad de retención de humedad, incremento en el número y tamaño de poros,

incremento de las reservas de nutrientes y reducción en la compactación del suelo (Orzolek, 1993).

La incorporación al medio de polímeros hidratados puede ser de utilidad en la producción de plántulas dado que reduce el número de fertilizaciones, así como de riegos, significando un ahorro en los costos de producción; por tal motivo, el objetivo general del presente trabajo es la evaluación del polímero SuperSorb-C y el fertilizante Tricel 20 incorporados al medio de crecimiento en la producción de plántulas de chile serrano (*Capiscum annuum* L.) variedad Tampiqueño 74 en charolas en invernadero, los objetivos específicos son:

- 1) Determinar la técnica de incorporación de polímeros al medio así como la dosis óptima,
- 2) Determinar la capacidad de retención de agua de la mezcla polímero-medio mediante la frecuencia de riego,
- 3) Determinar la dosis óptima de fertilización así como la frecuencia de la misma,
- 4) Determinar el efecto del polímero en la nutrición de la planta,
- 5) Evaluar la incidencia de enfermedades y,
- 6) Evaluar los costos de producción.

REVISION DE LITERATURA

1. PRODUCCION DE PLANTULAS

El éxito de los sistemas de producción de plántulas requiere de disponibilidad de materiales (medio y cajas) y de un manejo cuidadoso (luz, agua, ventilación, nutrición y una adecuada coordinación) (Peirce, 1987).

1.1 Cajas de poliestireno

El uso de cajas de poliestireno de trasplante para la producción de vegetales se ha incrementado significativamente en los últimos años (Gutiérrez, 1993); sin embargo, la información sobre el tipo y tamaño de las cajas a utilizarse es escasa (Marsh y Paul, 1988). Se sabe que el tamaño de la cavidad de la caja y el ambiente de producción de la plántula afectan la calidad de esta y por lo tanto influyen en el crecimiento y productividad del cultivo en el campo (Weston y Zandstra, 1986).

En el mercado existen cajas de 124, 200, 338 y 390 cavidades; mientras mayor sea el número de cavidades por caja, el volumen de la cavidad es menor. Las cajas de 124 cavidades se utilizan en plántulas grandes como las de calabaza y sandía; las de 200 cavidades son las más usadas para producir plántulas de chile y tomate; las de 338 y 390 cavidades se utilizan principalmente en la producción de plántulas de brócoli y repollo (Gutiérrez, 1993).

1.2 Medios

Uno de los principales componentes para la producción de plántulas en cajas de poliestireno es el medio sólido ya que es aquí donde se lleva a cabo la germinación de la semilla, desarrollo radicular y crecimiento de la plántula hasta que este lista para ser llevada al campo.

El medio debe tener características que permita a las semillas germinar y desarrollarse; entre estas debe mantener su volumen constante tanto seco como húmedo; debe retener suficiente humedad para no regarse con demasiada frecuencia; debe ser lo suficientemente poroso de manera que escurra el exceso de agua, permitiendo una aireación adecuada; debe estar libre de semillas de malezas, nemátodos y diversos patógenos; debe tener un nivel bajo de salinidad y poder esterilizarse con vapor o sustancias químicas sin que sufra efectos nocivos (Bunt, 1976). Además, debe tener una baja concentración de sal, ya que muchos cultivos son sensibles a la salinidad durante su germinación y estado de plántula (Salinas y Namken, ()).

Un aspecto importante del medio de cultivo es el grado de compactación; el efecto principal de una alta compactación es una reducción en la porosidad total y por lo tanto una reducción en la cantidad de agua disponible, incrementando la cantidad de medio y de nutrientes solubles provocando un incremento en los solutos, y una baja en la porosidad y volumen del aire (Bunt, 1976).

La capacidad de intercambio catiónico es uno de los mecanismos importantes que ayudan a regular el abastecimiento de ciertos nutrientes, los

cationes comúnmente asociados con la nutrición de las plantas son: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), amonio (NH_4^+) y sodio (Na^+); en adición a los cationes las plantas requieren también de aniones tales como nitrato (NO_3^-), cloro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}) y fosfato (H_2PO_4^-) (Bunt, 1976).

El pH o acidez del medio tiene gran efecto en las formas y disponibilidad del fósforo para la planta; en la mayoría de los suelos, el aprovechamiento de los fosfatos baja rápidamente con valores de pH menores de 6.5; en valores altos de pH los elementos que se encuentran en forma de iones tales como el cobre, manganeso, zinc y hierro, se hacen menos aprovechables mientras que con el molibdeno sucede lo contrario. Tomando en consideración todos los elementos nutritivos, probablemente el pH óptimo para el aprovechamiento de los mismos sea de 6.5 (National Plant Food Institute, 1990).

1.2.1. Componentes

La turba es el material más utilizado como sustrato, se usa sólo o en combinación con otros materiales (Bunt, 1976); está formada por restos de vegetación acuática de pantanos o de marismas que han sido conservados bajo el agua en estado de descomposición parcial (Hartmann y Kester, 1989).

El musgo esfagnífero comercial es deshidratado de residuos jóvenes o porciones vivientes de plantas de pantano ácidos del género *Sphagnum* (*S. papillostum*, *S. capillaceum* y *S. palustre*), tienen gran capacidad de retención del

agua absorbiendo de 10 a 20 veces su propio peso en agua (Hartmann y Kester, 1989).

La corteza desmenuzada, el aserrín y virutas de maderas de diversas especies de maderas duras, pueden usarse como componentes en las mezclas, sirviendo en gran parte igual que el musgo turboso (Hartmann y Kester, 1989).

La arena y grava son usadas como base del medio, usualmente se usan en mezclas de turba con el propósito de cambiar las propiedades físicas; la arcilla es utilizada algunas veces con el propósito de incrementar la capacidad buffer o resistencia a cambios violentos en los niveles de nutrientes (Bunt, 1976).

La vermiculita es un silicato de aluminio-ferro-magnesio que tiene una alta porosidad y buena relación aire-agua (Bunt, 1976). La perlita es un silicato de aluminio de origen volcánico que absorbe de 3 a 4 veces su peso en agua (Hartmann y Kester, 1989). Un medio con una alta proporción de perlita, tiene un buen drenaje y no retiene mucha agua (Bunt, 1976), es útil para aumentar la aereación de las mezclas (Hartmann y Kester, 1989).

Los agregados de plásticos sintéticos se usan esencialmente en Europa como sustitutos de la arena o de la perlita (Hartmann y Kester, 1989).

Otros materiales se han utilizado como medios, proporcionando el soporte a las plántulas hasta que alcanzan el vigor y la resistencia necesaria para soportar el trasplante, entre estos materiales están el bagazo de caña, cascarilla o paja de arroz, bagazo de coco y cascarilla de cacahuete (Síntesis Horticola, 1989).

1.2.2. Mezclas

A causa de las diferentes cantidades de los materiales que forman las mezclas, no hay un procedimiento común en cuanto a su preparación y proporción de los materiales, existiendo una amplia variedad de estas, por lo general en cada país, existe una formulación diferente (Gutiérrez, 1993). Actualmente existen en el mercado una amplia variedad de mezclas ya preparadas a disposición de los productores.

1.3 Fertilización

Durante el estado de plántula es necesario abastecer las cantidades adecuadas de N, P y K, aunque dichas cantidades difieren en cada cultivo (Melton y Dufault, 1991). La formulación de la solución de nutrientes debe contribuir al desarrollo de plántulas vigorosas para el transplante, el cual es un pre-requisito para un exitoso transplante y una óptima producción vegetal (Tremblay *et al.* 1987). Plántulas fertilizadas adecuadamente con N, P y K producen más tempranamente que aquellas fertilizadas con cantidades mínimas de estos nutrientes (Weston y Zandstra, 1986).

La sobrefertilización produce síntomas de salinidad con rapidez, empezando con el marchitamiento del follaje y de las puntas, así como quemaduras de los márgenes de las hojas (Hartmann y Kester, 1989).

1.3.1 Nutrientes

La mayor parte de los nutrientes son utilizados por las plantas durante la maduración del cultivo, por lo que las anomalías nutricionales se desarrollan durante los últimos estados de crecimiento; el análisis de tejido vegetal puede ser de gran valor en la determinación de las prácticas de fertilización (Geraldson *et al.*, 1973).

Los valores del % de N en las plantas, de acuerdo a la especie y a su edad, están comúnmente entre el 0.2 a 4 %; los valores de P de 0.3 a 3% y los de K de 0.20 a 3.5% (Chapman y Pratt, 1981). Sin embargo, para casos concretos, los valores pueden ser diferentes, en hojas jóvenes bien desarrolladas de pimiento morrón. Geraldson *et al.* (1973) reportaron valores de 3 a 4.5% en N, de 0.30 a 0.70% en P y de 4 a 5.4% de K.

La condición nutricional de la planta de chile puede definirse de la siguiente manera: para $\text{NO}_3^- \text{-N}$ la condición deficiente es de 8,000 ppm, la intermedia de 10,000 y la suficiente de 12,000; para $\text{PO}_4^- \text{-P}$ la condición deficiente es de 2,000 ppm, la intermedia de 3,000 y la suficiente de 4,000 mientras que para K la condición deficiente es del 4%, la intermedia es del 5% y la suficiente es del 6% (Geraldson *et al.*, 1973).

1.4 Riegos

La mayoría de los tejidos vegetales contienen de 70 a 90% de agua (Peirce, 1987). El agua es la parte esencial del protoplasma vegetal, constituye un elemento importante de la fotosíntesis y un medio indispensable de suministro de elementos nutritivos (Aguilera y Martínez, 1990). Bajo estrés hídrico, los nutrientes son tomados lentamente, las células se plasmolizan y pierden turgor afectando el intercambio gaseoso y fotosíntesis. La disponibilidad y movimiento del agua son condiciones esenciales para la supervivencia, crecimiento y desarrollo de las plantas (Peirce, 1987).

La cantidad y frecuencia de los riegos depende del medio, temperatura y de la especie. Generalmente el riego se hace dos veces al día (Síntesis Hortícola, 1989; Weston y Zandstra, 1986 y Widders, 1989) y se puede aprovechar para la aplicación de pesticidas y nutrientes (Síntesis Hortícola, 1989). En tomate por ejemplo, después del primer riego se trata de mantener a las cajas standard en un rango de 1 a 2 kg con los riegos subsecuentes dependiendo de cuanto se quiera acelerar o retardar el crecimiento de las plántulas (Síntesis Hortícola, 1987).

La aplicación del agua de riego es mediante regaderas manuales, mochilas aspersoras o bien mediante la aplicación de una niebla uniforme a través de boquillas no obturables (Bigurra, 1992).

La relación entre cantidad de agua y solutos es muy importante, las sales disueltas en la solución del suelo disminuyen la disponibilidad de agua a las plantas; la salinidad de una solución no depende sólo de la cantidad de sales

presentes, está relacionada directamente con la cantidad de agua. Una reducción en el 50% de la cantidad de agua duplica la concentración de sales; sin embargo, sólo algunos iones como el potasio y nitrato responden de esta manera (Bunt, 1976). Para obtener buenos resultados, el contenido total de sales solubles en el agua no debe exceder de 1400 ppm; aproximadamente 2 mmhos por cm (Hartmann y Kester, 1989).

1.5 Enfermedades

El principal problema que se presenta en la producción de plántulas es el damping-off o ahogamiento. El complejo de hongos *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Fusarium* forman esta enfermedad pero al parecer *Pythium* es la causa más importante de las fases de pre-emergencia y de post-emergencia del ahogamiento (Agrios, 1989).

En almácigos ocasiona daños de hasta el 100%; al utilizar plántula infectada se incrementa la infestación de los terrenos y pérdida de plantas con la consecuente reducción de los rendimientos y calidad de la producción (Anónimo, 1979). El bajo índice de germinación de semilla o pobre emergencia de plántulas se debe a infecciones que produce el ahogamiento durante la etapa de pre-emergencia (Agrios, 1989).

Las semillas atacadas por la enfermedad se ablandan, empardecen, contraen y finalmente se desintegran; los síntomas de la enfermedad es sólo una baja en la población de plántulas. Los tejidos de las plántulas son atacados en cualquier

punto, la infección inicial toma la apariencia de una mancha aguanosa y ligeramente ennegrecida, la zona infectada se extiende con rapidez y las células invadidas se colapsan, la plántula muere antes de que emerja, esta fase se denomina ahogamiento de pre-emergencia (Agrios, 1989).

Las plántulas emergidas son atacadas casi siempre a nivel de las raíces y en ocasiones a nivel del suelo, el hongo penetra los tejidos suculentos invadiendo y matando a las células con gran rapidez, las zonas invadidas se vuelven aguanosas y decoloradas colapsándose las células en poco tiempo; la porción basal de la plántula es mucho más delgada y blanda que las porciones superiores aún invadidas, lo que hace que pierda firmeza y soporte no pudiendo sostener a la parte localizada por arriba de ella; como resultado, la plántula cae al suelo; esta fase se denomina ahogamiento de post-emergencia (Agrios, 1989).

La enfermedad puede controlarse en invernadero mediante la esterilización del medio ya sea con calor o con compuestos químicos y mediante el tratamiento a la semilla con compuestos químicos seguido por la aspersión de las plántulas con químicos (Agrios, 1989).

En algunos casos, la aplicación de fungicidas e insecticidas se hace con equipo independiente del sistema de riego y fertilización para evitar problemas de contaminación del agua e incompatibilidad de productos químicos (Síntesis Hortícola, 1987).

2. POLIMEROS HIDROFILICOS

2.1 Definición

Los polimeros hidrofílicos son monómeros sintéticos de alto peso molecular que absorben agua (Orzolek, 1993). De acuerdo a Gehring y Lewis (1980) y a Lamont y O'Connell (1987) citados por Blodgett *et al.*, (1993) son largas cadenas de moléculas orgánicas enlazadas.

La composición química de los polimeros incluyen: acrilamidas enlazadas (poliacrilamidas de sodio, poliacrilamidas de potasio), almidones hinchables, almidones (copolimeros acrilados y acrilonitritos) (Orzolek, 1993).

2.2 Absorción de agua

Los polimeros pueden absorber altos rangos de agua destilada tanto como 1000 veces su peso seco, pero en aplicaciones al campo la hidratación raramente excede de 400 a 500 veces su peso (g/g) debido al nivel de salinidad del agua (Orzolek, 1993). Velasco (1993) reportó que pueden absorber 300 veces su peso en agua ordinaria. Bowman y Evans (1991) reportaron que los polimeros comerciales disponibles para la horticultura son capaces de absorber más de 400 ml de agua por gramo de peso. De acuerdo a James y Richards (1986) y Wang (1987) citados por Wang (1989) y Orzolek (1993), la capacidad de retención de agua por los polimeros se reduce por los cationes del agua de irrigación. El grado o reducción en la capacidad de retención del agua depende de la estructura y composición química

del producto y de la concentración y variedad de iones en el agua a la cual el polímero ha estado expuesto (Wang, 1989). No ha sido documentado si el efecto adverso de los iones en la hidratación del polímero es reversible (Wang y Gregg, 1990).

El tiempo de hidratación de los polímeros varía grandemente, los polímeros de almidón presentan el periodo más rápido de hidratación con menos de 2 horas seguido por el copolímero de propenoato-propenamida. Los materiales de poliacrilamida requieren de cuatro a ocho horas para estar realmente hidratados (Wang y Gregg, 1990).

2.3 Propiedades

El tamaño de las partículas varía de 5 μm a 2mm en un polímero (Orzolek, 1993). Los polímeros no afectan las características físicas del agua (Powell, 1987 citado por Blodgett *et al.*, 1993). Wang (1989) reportó en su estudio que el pH del medio no fue afectado por el polímero.

De acuerdo a Velasco (1993), la duración media del producto es entre 3 y 5 años. Varios fabricantes sugieren que los polímeros producirán un beneficio significativo (retención de agua) por 5 años. Estudios de degradación controlada en polímeros llevados a cabo por Orzolek (1993) indicaron que estos pierden del 10 al 15% de su actividad cada año. La degradación de los polímeros parece ser debida a los microorganismos, modificación de la estructura física con el tiempo y a la descomposición química (Johnson, 1985 citado por Orzolek, 1993).

2.4 Usos en horticultura

Velasco (1993) estableció que los polímeros fueron creados en los años 60's. El uso inicial de los polímeros fue reportado en la producción en invernaderos con la finalidad de incrementar la capacidad de retención de agua del suelo y de las mezclas utilizadas a finales de los 70's, pero actualmente son utilizados en la producción de frutos, vegetales y pastos (Orzolek, 1993).

Gehring y Lewis (1980), Hemyan y Nofziger (1981) y Weaver *et al.*, (1977) citados por Taylor y Halfacre (1986) reportaron el uso de polímeros en el mejoramiento del medio de crecimiento, esto coincide con Greenwood, Coorts y Maleike (1978), Rodgers y Anderson (1981) citados por Henderson y Hensley (1986) quienes además citan que Whitmore (1982) los recomendó como ayuda al trasplante.

Los polímeros o geles pueden ser utilizados como vehículo protector de semillas germinadas en la técnica de siembra líquida (Gray, 1981 citado por Pill y Watts, 1983). Pill y Watts (1983) utilizaron gel fortificado con nutrientes como medio de crecimiento para plántulas de tomate.

El desarrollo de los polímeros pueden mejorar el balance de agua, sobrevivencia y crecimiento de plantas en regiones áridas y semiáridas (Callagan *et al.*, 1989 citados por Sáve *et al.*, 1995).

2.5 Ventajas

Las ventajas en el uso de los polímeros de acuerdo a varios autores pueden resumirse en las siguientes:

- a) Gran disponibilidad de nutrientes al eficientizar la absorción y asimilación de fertilizantes por las plantas (Anon, 1973 citado por Gehring y Lewis, 1980 y Velasco, 1993).
- b) Mejora la aereación y drenaje de los sustratos (Anon, 1973 y Bearce y Mc Collum, 1977 citados por Gehring y Lewis, 1980; Lamont y O'Connell, 1987 y Tu *et al.*, 1985 citados por Sáve *et al.*, 1995; Orzolek, 1993 y Velasco, 1993).
- c) Incrementa la vida de mercado de plantas en recipientes o macetas (Anon, 1973; Bearce y Mc Collum, 1977; Eikhof, King y Moline, 1974; _ , _ y Koven, 1974; Ferrazza, 1974 y Still, 1976 citados por Gehring y Lewis, 1980).
- d) Reduce la frecuencia o requerimiento de riego (Eikhof, King y Moline, 1974; _ , _ y Koven, 1974 y Still, 1976 citados por Gehring y Lewis, 1980; Lamont y O'Connell, 1987; Tu *et al.*, 1985 citados por Sáve *et al.*, 1995; Orzolek, 1993; Taylor y Halfacre, 1986 y Velasco, 1993).
- e) Mejora el crecimiento y floración (Anon, 1973; Bearce y Mc Collum, 1977 y Ferrazza, 1974 citados por Gehring y Lewis, 1980; Cook y Nelson, 1986 y Wallace y Wallace, 1986 citados por Bres y Weston, 1993 y Orzolek, 1993).
- f) Incrementa la germinación (Cook y Nelson, 1986 y Wallace y Wallace, 1986 citados por Bres y Weston, 1993).
- g) Favorece el crecimiento radicular (Anon, 1973 y Bearce y Mc Collum, 1977 citados por Gehring y Lewis, 1980 y Velasco, 1993).
- h) Incrementa la producción (King, Eikhof y Jenson, 1973 citados por Gehring y Lewis, 1980 y Pryor, 1988 citado por Orzolek, 1993).

- i) Mejora la capacidad de retención de agua (Lamont y O'Connell, 1987 y Tu, *et al.*, 1985 citados por Savé *et al.*, 1995; Orzolek, 1993; Johnson, 1984 citado por Wang, 1989; Quim, 1990 citado por Bres y Weston, 1993).
- j) Mejora la textura del suelo (Wallace y Wallace, 1986 citados por Bres y Weston, 1993).
- k) Incrementa la filtración de agua (Mitchell, 1986 y Wallace y Wallace, 1986 citados por Bres y Weston, 1993).
- l) Reduce la erosión y escorrentía (Wallace y Wallace, 1986 citados por Bres y Weston, 1993).
- m) Reduce el estrés hídrico en las plantas (Velasco, 1993).
- n) Mejora la tolerancia de los cultivos que se desarrollan en suelos salinos (Velasco, 1993).
- o) Es seguro y fácil de usar en todos los tipos de vegetación y suelos (Velasco, 1993).
- p) Adicionado con el compost se elimina la necesidad de agregar agentes humectantes (Velasco, 1993).
- q) Los polímeros sólidos son más fáciles para transportar y requieren de menos espacio para almacenar que un volumen de medio equivalente al del polímero hidratado (Pill, 1988 y Orzolek, 1993).

2.6 Equipo de aplicación

Existen varias compañías que han comenzado a hacer equipo de inyección de polímeros. Gene Seifert desarrolló un equipo inyector de polímero seco o hidratado, el equipo opera a través de un compresor de aire que fragmenta el suelo

cercano al tallo del árbol antes de inyectar el polímero. Injection Aeration Systems Inc. ha fabricado equipos para inyectar polímero seco a través de inyecciones de alta presión de agua (3000 psi) y de una cámara Venturi, ésta crea un vacío que succiona el polímero seco del depósito dentro de un chorro o flujo de agua, los inyectores colocan el polímero 10 a 15 cm de profundidad dependiendo del cultivo (Orzolek, 1993).

3. TRABAJOS RELACIONADOS

A raíz de la utilización de los plásticos en la agricultura o plasticultura, la aplicación de polímeros ha sido más frecuente en los últimos años, sobre todo en lo que se refiere a la horticultura.

Wang y Gregg (1990) reportaron el incremento del volumen de las mezclas de medios con el incremento de los niveles de polímeros, así como el incremento de la densidad aparente, del agua total retenida y de la retención de la misma por unidad de volumen.

En varios estudios, los cambios del volumen del medio en presencia de polímeros no han sido reportados, dificultando determinar que factores contribuyen a alterar la capacidad de retención del agua del medio (Ingram y Yeager, 1987; James y Richards, 1986 y Johnson, 1984 citados por Wang y Gregg, 1990). Según Orzolek (1993), el incremento en la capacidad de retención del agua de los suelos con la adición de polímeros depende del tipo de suelo y nivel de la materia orgánica encontrados en el suelo.

Bres y Weston (1993) reportaron incrementos en la retención de agua del medio con la aplicación de polímeros arriba del 25% basados en la comparación con el peso seco del medio de crecimiento. Gehring y Lewis (1980) reportaron que altos rangos de polímero incorporados al medio incrementaron las horas para el marchitamiento en *Tagetes erecta* L. y *Zinnia elegans* Jacq. coincidiendo con lo reportado por Wang (1989) para *Codiaeum variegatum*.

Savé *et al.*, (1995) reportaron resultados similares a los anteriores en plántulas de pino, donde la sobrevivencia fue de 1.4 a 2 veces más en plántulas con polímero que en aquellas que no lo tenían; asimismo, los valores del potencial hídrico de las hojas fueron mayores en las plántulas tratadas que en las no tratadas, esto concuerda además con lo reportado por Henderson y Hensley (1986) en plántulas de tomate.

De acuerdo a Taylor y Halfacre (1986) las plantas que crecen en medios mejorados con polímeros requieren riegos menos frecuentes que las plantas en medios no mejorados. Gehring y Lewis (1980) reportaron reducción de la frecuencia de riego del 20-30% en plantas de ornato mientras que, en un trabajo llevado a cabo en California en 1991-1992, el objetivo de la aplicación fue reducir la aplicación de agua a un 30 ó 50% y reducir la aplicación de fertilizante.

Savé *et al.*, (1995) concluyeron que el uso de polímeros puede ser un método importante para incrementar la reforestación en regiones semiáridas. Blodgett *et al.*, (1993) reportaron que la pérdida por evaporación no fue afectada por los polímeros.

El incremento en el crecimiento de *Ligustrum indicum* utilizando polímeros y rangos bajos de fertilización fue reportado por Taylor y Halfacre (1986). Wang y Boogher (1987) citados por Wang (1989) reportaron un incremento del 50% en el crecimiento de *Chlorophytum comosum*.

Pill y Watts (1983) y Pill (1988) reportaron que el peso seco de la relación brote:raíz en plántulas de tomate, fue mayor en aquellas que tuvieron gel fortificado

como medio de crecimiento que en las que crecieron en peat-lite; sin embargo, el peso seco disminuyó al aumentar la concentración de nutrientes, esto concuerda con lo reportado por Taylor y Halfacre (1986).

Conover y Pode (1976) e Ingram y Yeager (1987) citados por Wang (1989) reportaron que los polímeros no presentan beneficios en el crecimiento de las plantas, concordando con lo reportado por Pill y Watts (1983) en donde el crecimiento de plántulas de tomate fue mayor en las que tuvieron como medio peat-lite que las que tuvieron polímero, resultados similares reportaron Bres y Weston (1993).

Wang y Boogher (1987) citados por Bres y Weston (1993), reportaron que los polímeros fortificados no afectan el peso fresco de *Nephrolepis sativa* L. pero incrementaron el tamaño de *Chlorophytum comosum* (Thunb.); Wallace y Wallace (1986) citados por estos mismos autores encontraron que el uso de polímeros fortificados incrementaron los pesos secos de tomate, algodón y plántulas de lechuga.

Orzolek (1993) reportó que los polímeros aumentaron el desarrollo radicular resultando por lo tanto un mejoramiento en el crecimiento de la planta.

American Greenhouse Vegetable Grower News (1989), citado por Orzolek (1993) utilizaron el polímero como sustrato para la producción de tomate de invernadero; sin embargo, no existió diferencia con el tomate producido en la forma convencional. Pryor (1988) citado por Orzolek (1993) reportó una reducción en el tiempo a madurez, un incremento del 30% en producción y un aumento potencial de

los sólidos solubles del fruto, mediante la aplicación de 15 lb de polímero de poliacrilamida.

Recientemente los fertilizantes han sido mezclados con los polímeros para incrementar la disponibilidad de agua y fertilizante (Bres y Weston, 1993). La adición de fertilizantes puede reducir la hidratación del polímero significativamente (Bowman *et al.*, 1990 y Foster y Keever, 1990 citados por Bres y Weston, 1993).

Cuando los polímeros son hidratados inicialmente con los nutrientes esenciales pueden ser un medio de crecimiento efectivo para las plántulas ya que proporciona una fuente inmediata para su crecimiento (Pill y Watts, 1983). La incorporación de fertilizante encapsulado (Osmocote) en los polímeros, decrementa el crecimiento de la planta mientras que la aplicación de solución de fertilizante diaria al polímero no tiene efecto sobre el mismo (Pill, 1988).

En pruebas de absorción de polímeros, Blodgett *et al.*, (1993) reportaron que el polímero SuperSorb-C (Aquatrols Cor of America, Pennsauken, N.Y.) absorbió más agua destilada que la solución de Aqua Gro-G (solución de nutrientes). A medida que se incrementa la concentración de sales se redujo la hidratación del polímero (Pill y Watts, 1983).

Bowman y Evans (1991) reportaron la reducción de menos del 10% de la hidratación máxima en agua destilada de un polímero comercial con la adición de 20 meq $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2/\text{l}$ y el incremento del 50% de la hidratación potencial del polímero con 40 meq K^+/l .

Los polímeros retienen menos agua en presencia de iones metálicos o fertilizantes en la solución de hidratación, con sustancias que liberan Fe^{2+} se vuelve aún menor la cantidad de agua retenida (Wang y Gregg, 1990).

Wang (1989) reportó que el pH del medio no fue afectado por la aplicación de polímeros. Pill y Watts (1983) reportaron una disminución lineal en el pH del polímero, resultado del incremento de la concentración de nutrientes y de la duración del crecimiento de las plántulas. Taylor y Halfacre (1986) reportaron que no existió cambio en el pH del medio mejorado con polímero al adicionar fertilizante.

Bres y Weston (1993) reportaron que la concentración de N en las hojas de tomate fue influenciada por la adición del polímero al medio; Taylor y Halfacre (1986) reportaron un incremento en la concentración total de N en hojas de *Ligustrum lucidum* Art por el uso del polímero. En este mismo trabajo reportaron que los niveles de los cationes divalentes decrecieron en los tejidos vegetales excepto el Ca, Mn y Cu en la raíz; los niveles de K fueron más altos en plantas con polímero.

Flannery y Busscher (1982) citados por Wang (1989) y Still (1976) y Wallace *et al.*, (1986) citados por Bres y Weston (1993) reportan que el uso de polímeros causan fitotoxicidad. Taylor y Halfacre (1986) dicen que los polímeros pueden ser utilizados para reducir los requerimientos de humedad y de algunos nutrientes.

En resumen puede decirse que las ventajas de la incorporación de polímero al medio de acuerdo a los trabajos revisados son:

- * incremento en la retención de agua por el medio
- * mayor disponibilidad de agua para la planta
- * disminución en el número de riegos
- * incremento en el desarrollo radicular y,
- * reducción en el número de fertilizaciones si el polímero es hidratado con solución nutritiva.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se llevó a cabo en un invernadero de polietileno en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. Se sembraron semillas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) var. Tampiqueño 74 en medio de crecimiento donde se probaron tres dosis de polímero de acrilamida acrilado SuperSorb-C (Aquatrols Corp of America, Pennsauken, N.J.) de 1, 2 y 3 gramos de polímero seco por cada 1000 cm³ de peat moss Sunshine 3 seco y tres dosis de fertilizante foliar Tricel-20 (Cosmocel, S.A. de C.V., San Nicolás de los Garza, N.L.) aplicados en el agua de riego.

Los tratamientos probados fueron 9; el testigo que consistió solamente de peat moss como medio de crecimiento fertilizado cada tercer día con 1.1 g/l de Tricel-20 aplicado en el agua de riego (Gutiérrez, 1993) fue utilizado solo de manera comparativa. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera:

T₁₁ = 1 g polímero/1000 cm³ ; 1.1 g/l Tricel-20

T₁₂ = 1 g polímero/1000 cm³ ; 1.5 g/l Tricel-20

T₁₃ = 1 g polímero/1000 cm³ ; 1.9 g/l Tricel-20

T₂₁ = 2 g polímero/1000 cm³ ; 1.1 g/l Tricel-20

T₂₂ = 2 g polímero/1000cm³ ; 1.5 g/l Tricel-20

T₂₃ = 2 g polímero/1000cm³ ; 1.9 g/l Tricel-20

T₃₁ = 3 g polímero/1000 cm³ ; 1.1 g/l Tricel-20

T₃₂ = 3 g polímero/1000 cm³ ; 1.5 g/l Tricel-20

T₃₃ = 3 g polímero/1000 cm³ ; 1.9 g/l Tricel-20

Test = sin polímero ; 1.1 g/l Tricel-20

El diseño experimental utilizado fue un factorial 3^2 en un arreglo completamente al azar con 4 repeticiones cuyo modelo es:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

μ = media general

A_i = efecto del nivel i del factor A (dosis de polímero)

B_j = efecto del nivel j del factor B (dosis de fertilizante)

AB_{ij} = efecto de la interacción entre los niveles i y j de los factores A y B

E_{ijk} = error experimental

La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey utilizando un nivel de significancia del 0.05 para proporcionar un rango más amplio de interpretación. En aquellas variables que resultaron significativas se llevó a cabo el análisis de polinomios ortogonales para determinar la tendencia de los factores.

Los análisis de varianza, comparaciones de medias y análisis de polinomios ortogonales se hicieron por medio del Paquete de Diseños Experimentales FAUANL versión 2.5.

Para determinar la forma de incorporación del polímero al peat moss se realizaron pruebas preliminares. Con el fin de uniformizar el tamaño de las partículas del polímero, se probó molerlo para mezclarlo con el peat moss; ante la imposibilidad de fragmentarlo debido a la dureza del mismo, se idearon otras formas de incorporarlo; así, se hidrató el polímero y se dosificó la cantidad exacta por medio de una jeringa, se probaron cuatro combinaciones: peat moss seco y

polímero seco, peat moss húmedo y polímero seco, peat moss seco y polímero hidratado y peat moss húmedo y polímero hidratado. Se eligió la combinación de peat moss húmedo con polímero hidratado y distribuido por medio de una jeringa, ya que fue la que presentó pesos más constantes a capacidad de campo y después de drenar por 24 y 48 horas.

Se utilizaron cajas de poliestireno de 200 cavidades con un volumen de 20 cm³ cada cavidad. Para determinar la cantidad exacta de polímero para cada cavidad de acuerdo a cada uno de los tratamientos, se llevaron a cabo las siguientes determinaciones:

peso de 1000 cm³ de peat moss seco = 200 g

cantidad de peat moss seco utilizado por caja = 1 kg (1000 g)

volumen de 1 g de polímero hidratado = 60 cm³

por lo que, de acuerdo a lo anterior, los tratamientos con 1 g de polímero seco/1000 cm³ de peat moss seco (T₁₁, T₁₂ y T₁₃) se utilizaron 5 g de polímero seco por caja. Para los tratamientos con 2 g de polímero seco/1000 cm³ de peat moss seco (T₂₁, T₂₂ y T₂₃) se utilizaron 10 g de polímero seco por caja y para los tratamientos con 3 g de polímero seco/1000 cm³ de peat moss seco (T₃₁, T₃₂ y T₃₃) se utilizaron 15 g de polímero seco por caja; tomando en cuenta el volumen del polímero hidratado, las cantidades inyectadas a cada una de las cavidades en cada tratamiento quedaron de la siguiente manera:

T₁₁, T₁₂ y T₁₃ = 1.5 cm³ de polímero hidratado

T₂₁, T₂₂ y T₂₃ = 3.0 cm³ de polímero hidratado

T₃₁, T₃₂ y T₃₃ = 4.5 cm³ de polímero hidratado

La hidratación del polímero se llevó a cabo con agua potable. Para llevar a cabo la siembra de las cajas, se llenaron con peat moss ligeramente húmedo aproximadamente a la mitad de las cavidades, inyectando después el polímero hidratado de acuerdo a cada uno de los tratamientos. Posteriormente se rellenaron las cavidades con peat moss antes de proceder a la siembra. Se sembraron dos semillas de chile serrano (*Capiscum annuum* L.) var. Tampiqueño 74 por cavidad para hacer un aclareo posterior y dejar una plántula por cavidad.

Para determinar la frecuencia de riego de cada uno de los tratamientos, se determinó su peso a capacidad de campo una vez que las plántulas emergieron para obtener posteriormente el peso correspondiente al 75% de dicha capacidad, así cada uno de los tratamientos se regó cuando al menos dos de las repeticiones alcanzaban los siguientes pesos correspondientes al 75% de la capacidad de campo:

$$T_{12} = 2.7 \text{ kg}$$

$$T_{12} = 2.7 \text{ kg}$$

$$T_{13} = 2.5 \text{ kg}$$

$$T_{21} = 2.6 \text{ kg}$$

$$T_{22} = 2.8 \text{ kg}$$

$$T_{23} = 2.9 \text{ kg}$$

$$T_{31} = 2.7 \text{ kg}$$

$$T_{32} = 2.8 \text{ kg}$$

$$T_{33} = 2.5 \text{ kg}$$

Cuando las plántulas presentaron un promedio de 6 hojas verdaderas, se pesaron nuevamente las cajas para obtener una nueva relación de pesos al 75% de la capacidad de campo. Sin embargo, los pesos a capacidad de campo se

conservaron iguales debido tal vez a la pérdida del peat moss superficial por el riego sobre todo en los primeros días en que no existía cobertura vegetal.

La aplicación de las dosis de fertilizante en el agua de riego se inició cuando el 50% de las plantas presentaron la primera hoja verdadera cuatro semanas después de la siembra y su frecuencia se determinó de acuerdo a los pesos anteriores. En las dos primeras aplicaciones del fertilizante se utilizó la dosis de 1.5 g/l de Tricel-20 para todos los tratamientos.

Los riegos se llevaron a cabo con agua potable y se hicieron aplicaciones preventivas de fungicidas durante la primera semana para evitar la aparición de enfermedades. Debido a la presencia de clorosis en las hojas jóvenes durante la última semana del experimento se llevó a cabo una aplicación de quelato de Hierro al 9% 2 g/l en aspersión foliar a todos los tratamientos por igual.

El experimento finalizó cuando las plántulas alcanzaron una altura promedio de 13 cm a las 10 semanas de la siembra. Este periodo tan largo de crecimiento se debió a las bajas temperaturas presentes durante el mes de diciembre y principios de enero.

Las variables a medir fueron: altura de planta en cm, diámetro de tallo en mm, número de hojas verdaderas, área foliar en cm², peso fresco de brote y raíz en g, y peso seco de brote y raíz en g, se llevaron a cabo análisis vegetales de toda la plántula para determinar N, P y K.

La altura de planta se consideró a partir de la base del cuello del tallo, para determinar el diámetro del mismo se consideró 3 cm arriba de la base del cuello. Para determinar el número de hojas verdaderas se consideraron aquellas que estaban totalmente desarrolladas independientemente de su tamaño y para la obtención del área foliar se utilizaron todas las hojas de la plántula.

La determinación del peso fresco tanto del brote como de la raíz se hizo en una balanza digital. Para hacer esta determinación se les eliminó el cepellón a las plántulas pesando los brotes, posteriormente se lavaron las raíces y se dejaron escurrir para pesarlas. Para la determinación de los pesos secos tanto de brote como de raíz se procedió a secarlos en una estufa a 65 °C por 48 horas y se pesaron en una balanza analítica digital.

Para la determinación del área foliar se utilizó el integrador de área foliar Li-Cor 3000.

Las plántulas para los análisis vegetales se secaron de igual forma que los brotes y raíces para determinar pesos secos. La determinación de N se llevó a cabo mediante el método Kjeldahl, mientras que las determinaciones de P y K se llevaron a cabo mediante ascenzación seca, método de azul de molibdeno y método de absorción atómica, respectivamente. Los análisis se hicieron en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

Para considerar a la parcela útil, se eliminaron 2 hileras de cavidades de cada uno de los lados de las cajas, quedando una población de 96 plántulas. Los muestreos para cada una de las variables fue al azar, el tamaño de muestra para

determinar tanto los pesos frescos como los secos de brote y raíz fue de 20 plántulas, para la determinación de la altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas verdaderas fue de 10 plántulas, mientras que para los análisis vegetales fue de 25 plántulas.

Para determinar la capacidad de retención de humedad de la mezcla polímero-medio, se contabilizó el número de riegos dados a los tratamientos y al testigo desde la siembra de las cajas y en base a éstos se hicieron los cálculos.

La determinación del costo de producción por plántula se hizo de acuerdo a los precios proporcionados por los proveedores en agosto de 1995.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza de las variables analizadas estadísticamente así como la significancia de cada factor y de la interacción.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancias de las variables

Variables	A	B	AB	Error
AP	0.6075 NS	2.2192 NS	1.5679 NS	1.299515
AF	27.9307 NS	67.4443 *	13.6165 NS	17.286097
DT	0.0766 **	0.0419 NS	0.0061 NS	0.013041
NH	40.7012 **	0.1904 NS	1.8630 NS	0.962692
PFB	0.0410 NS	0.0323 NS	0.0067 NS	0.014996
PFR	0.2116 **	0.0209 NS	0.0751 *	0.023573
PSB	0.0000 NS	0.0004 NS	0.0001 NS	0.000285
PSR	0.0002 NS	0.0002 NS	0.0000 NS	0.000163
N	0.3010 NS	4.4553 **	0.3760 NS	0.174348
P	16.2139 NS	9.6406 NS	14.0771 NS	12.261936
K	16.5765 NS	17.4009 NS	68.0970 **	13.2414

donde:

A = dosis del polímero

B = dosis de fertilizante

AB = interacción polímero-fertilizante

AP = altura de planta

AF = área foliar

DT = diámetro de tallo

NH = número de hojas

PFB = peso fresco de brote

PFR = peso fresco de raíz

PSB = peso seco de brote

PSR = peso seco de raíz

N = nitrógeno

P = fósforo

K = potasio

Al buscar la interacción polímero-fertilizante tal como lo reportan Bres y Weston (1993), Pill (1988), Pill y Watts (1983) y Taylor y Halfacre (1986), sólo se encontró en el peso fresco de la raíz y potasio por lo que se analizaron los factores

polímero y fertilizante en forma conjunta. Para el factor dosis del polímero, las variables significativas fueron diámetro de tallo, número de hojas y peso fresco de raíz mientras que en el factor dosis de fertilizante fueron área foliar y nitrógeno. Otro aspecto importante que se analizó fue el referente con el uso del agua y su consecuente ahorro así como el costo de producción por plántula.

La presentación de los resultados se hace de acuerdo a su significancia por lo que se presentan primero las variables con significancia en la interacción, posteriormente los de las variables con el efecto de los factores por separado y por último los de aquellas variables que no presentaron significancia con la finalidad de tenerlos como referencia para trabajos posteriores.

1. INTERACCION

1.1 Peso fresco de raíz

Como se observa en el Cuadro 1, esta variable fue la única que presentó significancia en la interacción entre los factores estudiados. En el Cuadro 2 se observan las medias de los tratamientos donde es clara la superioridad de las dosis mayores de polímero con las dosis de fertilizante; los pesos más bajos correspondieron a los tratamientos formados por la dosis baja de polímero.

Cuadro 2. Medias de los tratamientos (interacción) de la variable peso fresco de raíz (g), la media del testigo es de 0.5212 g.

Tratamiento	Peso fresco
T 3 2	1.0512
T 3 3	0.8150
T 2 3	0.7688
T 3 1	0.7163
T 2 1	0.6975
T 1 3	0.6813
T 2 2	0.6313
T 1 1	0.6075
T 1 2	0.5012

En la Figura 1 se analizan los tratamientos en forma comparativa con el testigo y se observa la clara superioridad de los tratamientos con dosis altas de polímero con respecto a la dosis baja y al testigo, a pesar de que este tuvo mayor número de riegos. Estos resultados no concuerdan con lo reportado por Pill (1988) donde la aplicación de solución de fertilizante diaria en plantas creciendo en un medio con polímero, no tiene efecto en el crecimiento de las mismas.

En el Cuadro 3 se analizan las dosis de fertilizante dentro de las dosis de polímero en donde solamente el tratamiento T 3 1 fue estadísticamente menor a los demás tratamientos. En el Cuadro 4 se observa: que no hay diferencias de polímeros en los niveles 1.1 y 1.9 g de fertilizante, sin embargo en la dosis de 1.5 g, el mayor peso fresco se observa en la mayor dosis de polímero.

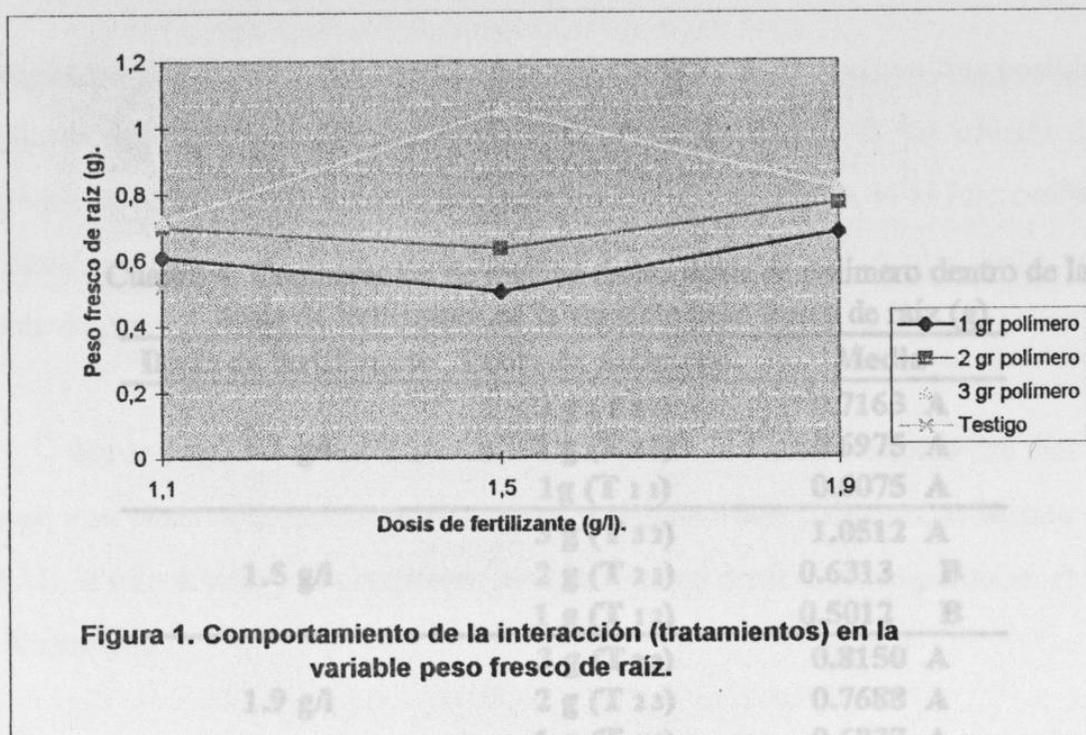


Figura 1. Comportamiento de la interacción (tratamientos) en la variable peso fresco de raíz.

Cuadro 3. Comparación de medias de las dosis de fertilizante dentro de las dosis de polímero en la variable peso fresco de raíz (g).

Dosis de polímero	Dosis de fertilizante	Media
1 g	1.9 g/l (T 13)	0.6837 A
	1.1 g/l (T 11)	0.6075 A
	1.5 g/l (T 12)	0.5012 A
2 g	1.9 g/l (T 23)	0.7688 A
	1.1 g/l (T 21)	0.6975 A
	1.5 g/l (T 22)	0.6313 A
3 g	1.5 g/l (T 32)	1.0512 A
	1.9 g/l (T 33)	0.8150 AB
	1.1 g/l (T 31)	0.7163 B

Tukey = 0.2695
C.V. = 21.35%

Cuadro 4. Comparación de medias de las dosis de polímero dentro de las dosis de fertilizante en la variable peso fresco de raíz (g).

Dosis de fertilizante	Dosis de polímero	Media
1.1 g/l	3 g (T 3 1)	0.7163 A
	2 g (T 2 1)	0.6975 A
	1g (T 1 1)	0.6075 A
1.5 g/l	3 g (T 3 2)	1.0512 A
	2 g (T 2 2)	0.6313 B
	1 g (T 1 2)	0.5012 B
1.9 g/l	3 g (T 3 3)	0.8150 A
	2 g (T 2 3)	0.7688 A
	1 g (T 1 3)	0.6837 A

Tukey = 0.2695
C.V. = 21.35%

Taylor y Halfacre (1986) y Wang y Boogher (1987) citados por Wang (1989) reportaron un incremento en el crecimiento de las plantas en general utilizando polímero y rangos bajos de fertilización.

1.2 Potasio

Esta variable también presentó significancia (Cuadro 1). En el Cuadro 5 puede observarse que los tratamientos presentan valores superiores al del testigo. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Taylor y Halfacre (1986) donde los niveles de potasio fueron más altos en los tratamientos con polímero que en los

testigos sin el polímero. De acuerdo a estos mismos autores existen tres posibles explicaciones para un incremento del potasio en los tejidos: a) los niveles del nutriente se mantienen por más tiempo en la solución del suelo, b) el intercambio catiónico en la estructura del polímero y c) el polímero puede actuar como una fuente de potasio.

En la Figura 2 se analizan los tratamientos en forma comparativa con el testigo y se observa la superioridad de los tratamientos con polímero, asimismo es notable la interacción y el comportamiento de que en dosis altas de polímero el % de K aumenta.

Cuadro 5. Medias de los tratamientos (interacción) de la variable potasio (%), la media del testigo es de 7.34%.

Tratamiento	Potasio
T 11	12.96
T 12	13.20
T 13	8.28
T 21	8.39
T 22	14.29
T 23	5.89
T 31	10.07
T 32	9.21
T 33	15.62
Test	7.34

En los Cuadros 6 y 7 se muestra la comparación de medias del fertilizante dentro del polímero y del polímero dentro del fertilizante, respectivamente. Tanto los valores del testigo como los de los tratamientos fueron muy superiores (de 8.281% a 15.625%) a los reportados por Geraldson, Klacan y Lorenz (1973) de 4%-5.4%.

Cuadro 6. Comparación de medias de las dosis de fertilizante dentro de las dosis de polímero en la variable potasio (%).

Dosis de polímero	Dosis de fertilizante	Media
1 g	1.5 g/l (T 12)	13.2027 A
	1.1 g/l (T 11)	12.9682 A
	1.9 g/l (T 13)	8.2810 A
2 g	1.5 g/l (T 22)	14.296 A
	1.1 g/l (T 21)	8.3900 AB
	1.9 g/l (T 23)	5.898 B
3 g	1.9 g/l (T 33)	15.625 A
	1.1 g/l (T 31)	10.077 A
	1.5 g/l (T 32)	9.2182 A

Tukey = 6.3861

C.V. = 33.43%

Cuadro 7. Comparación de medias de las dosis de polímero dentro de las dosis de fertilizante en la variable potasio (%).

Dosis de fertilizante	Dosis de polímero	Media
1.1 g/l	1 g (T 11)	12.968 A
	3 g (T 31)	10.077 A
	2g (T 21)	8.398 A
1.5 g/l	2 g (T 22)	14.296 A
	1 g (T 12)	13.202 A
	3 g (T 32)	9.2180 A
1.9 g/l	3 g (T 33)	15.625 A
	1 g (T 13)	8.2810 B
	2 g (T 23)	5.8980 B

Tukey = 6.3861

C.V. = 33.43%

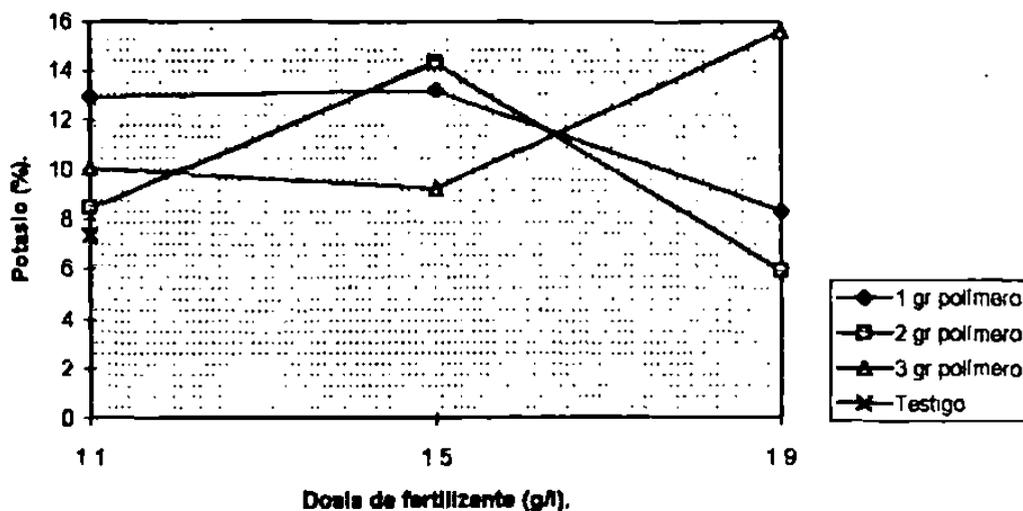


Figura 2. Comportamiento de la interacción (tratamientos) en la variable potasio.

2. FACTOR POLIMERO

2.1 Peso fresco de raíz.

Al igual que en la interacción, este factor fue también significativo para esta variable (Tabla 1).

Cuadro 8. Comparación de medias de las dosis de polímero de la variable peso fresco de raíz (g), la media del testigo es de 0.5212 gr.

Tratamiento	Media
T ₃ . (3 g)	0.8608 A
T ₂ . (2 g)	0.6992 B
T ₁ . (1 g)	0.5975 B
Tukey = 0.1556	
C.V = 21.35%	

Cuadro 9. Tendencia del factor polímero sobre el peso fresco de la raíz.

Efecto	CM	P
Lineal	0.138654	0.021
Cuadrático	0.002392	0.75

En el Cuadro 8 se observa la comparación de medias donde la dosis de 3 g de polímero es superior a las de 2 y 1 g, y en el Cuadro 9 se muestra el análisis de polinomios ortogonales del factor polímero donde es clara una tendencia lineal del mismo sobre el peso fresco de la raíz; la representación gráfica se encuentra en la Figura 3 en donde puede observarse el comportamiento de las dosis del polímero y del testigo; es clara la superioridad de la dosis mayor sobre las demás dosis y sobre el testigo a pesar de que este tuvo mayor número de riegos. Estos resultados concuerdan con Orzolek (1993) y Anon (1973), Bearce y Mc Collum (1977) citados por Gehring y Lewis (1980) quienes reportan el aumento del desarrollo radicular por el efecto del polímero; sin embargo en esta variable en particular es más probable que el aumento en el peso fresco radicular sea debido a la mayor cantidad de agua presente en la raíz por la alta hidratación de sus células, que a un aumento del desarrollo radicular, lo cual puede ser corroborado al no presentar significancia el peso seco de raíz.

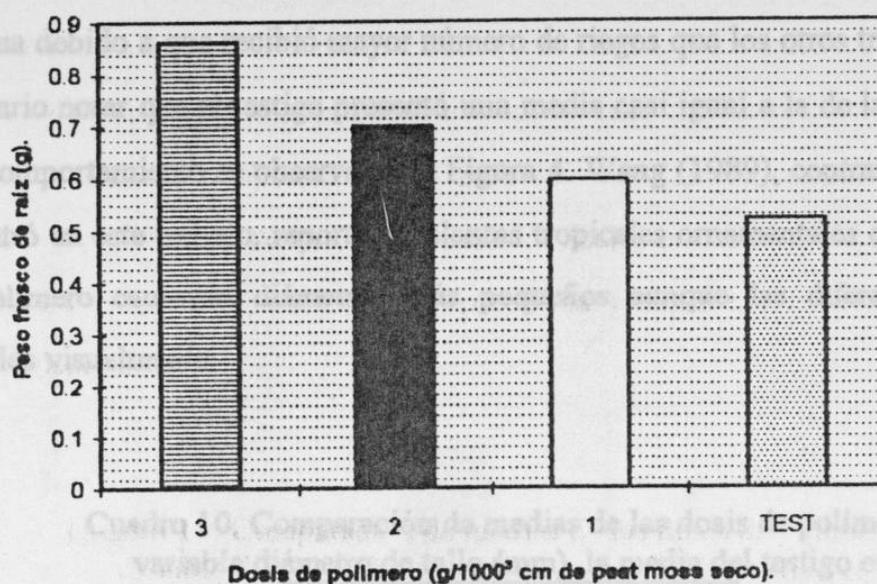


Figura 3. Comportamiento de las dosis de polímero con respecto al testigo para la variable peso fresco de raíz.

2.2 Diámetro de tallo.

Esta variable presentó diferencias altamente significativas en el factor dosis de polímero (Tabla 1).

En la comparación de medias del Cuadro 10 la mejor dosis correspondió a la dosis de 3 g/1000 cm² de peat moss seco, estas diferencias pueden estar relacionadas a la mayor disponibilidad de agua a nivel radicular de la dosis mayor sobre las otras. Un comportamiento similar tuvo el testigo al tener mayor cantidad

de agua debido a que recibió mayor número de riegos que los otros tratamientos; es necesario notar que el testigo presentó una media casi igual a la de la dosis de 3 g, este comportamiento se observa en la Figura 4. Wang (1989), contrario a lo que se encontró en este trabajo, reportó en plantas tropicales ornamentales que altas dosis de polímero causaron diámetros más pequeños aunque las diferencias no son notables visualmente.

Cuadro 10. Comparación de medias de las dosis de polímero para la variable diámetro de tallo (mm), la media del testigo es de 1.9 mm.

Tratamiento	Media
T 3. (3 g)	1.8683 A
T 1. (1 g)	1.7442 B
T 2. (2 g)	1.7192 B
Tukey = 0.1157	
C.V. = 6.43%	

En el Cuadro 11 se muestra la tendencia del polímero sobre el diámetro de tallo, al igual que en el peso fresco de raíz, esta tendencia es lineal.

Cuadro 11. Tendencia del factor polímero sobre el diámetro de tallo.

Efecto	C M	P
Lineal	0.044462	0.073
Cuadrático	0.006547	0.509

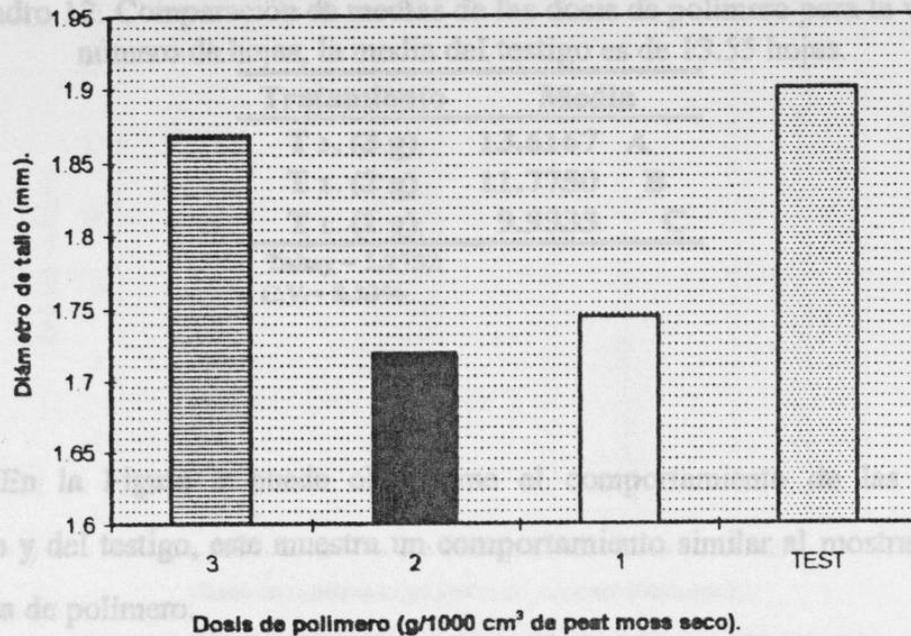


Figura 4. Comportamiento de las dosis de polímero con respecto al testigo para la diámetro de tallo.

(Cuadro 13);

Cuadro 13. Variación del efecto polímero sobre el número de hojas.

2.3 Número de hojas

Efecto	C.M	F
Libres	27.134874	0.068
Cuadrático	0.362692	0.996

Igual que en el diámetro de tallo, las dosis de polímero presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro1).

Las medias de las dosis de polímero fueron estadísticamente diferentes (Cuadro 12), la mejor dosis correspondió a la de 3g/1000 cm³ de peat moss seco con un valor similar al del testigo, por lo que el comportamiento de este y de cada dosis puede deberse a las causas explicadas en la variable anterior.

Cuadro 12. Comparación de medias de las dosis de polímero para la variable número de hojas, la media del testigo es de 13.55 hojas.

Tratamiento	Media	
T 3. (3 g)	13.6167	A
T 2. (2 g)	11.7750	B
T 1. (1 g)	9.9333	C
Tukey = 1.2732		
C.V. = 8.33%		

En la Figura 5 puede observarse el comportamiento de las dosis de polímero y del testigo, este muestra un comportamiento similar al mostrado por la dosis alta de polímero.

La tendencia del polímero sobre el número de hojas es marcadamente lineal (Cuadro 13).

Cuadro 13. Tendencia del factor polímero sobre el número de hojas.

Efecto	CM	P
Lineal	27.134874	0.000
Cuadrático	0.962692	0.996

3. FACTOR FERTILIZANTE

3.1 Área foliar

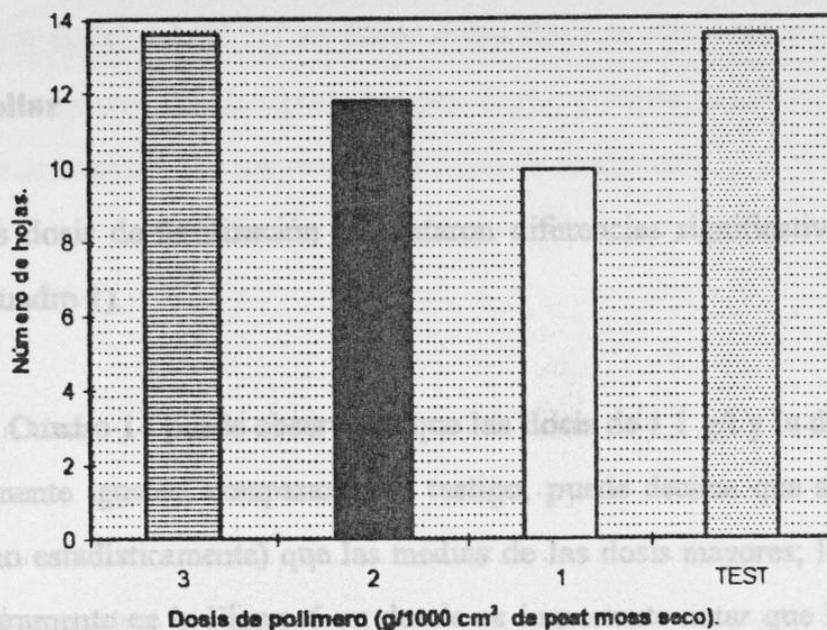


Figura 5. Comportamiento de las dosis de polímero con respecto al testigo para la variable número de hojas.

Las dosis altas de polímero presentaron un mejor comportamiento en la variable peso fresco de raíz, diámetro de tallo y número de hojas, estos resultados no concuerdan con Conover y Pode (1976) e Ingram y Yeager (1987) citados por Wang (1989), por Pill y Watts (1983) y por Bres y Weston (1993) que reportaron que los polímeros no presentan beneficios en el crecimiento de las plantas.

T ₁ (1.1 g/l)	21.6288 A
T ₂ (1.5 g/l)	18.3873 AB
T ₃ (2.5 g/l)	17.0113 B
T _{test} = 4.2127	
C.V. = 21.97%	

3. FACTOR FERTILIZANTE

3.1 Area foliar

Las dosis de fertilización presentaron diferencias significativas para esta variable (Cuadro 1).

En Cuadro 14 puede observarse que las dosis de 1.1 g/l y la de 1.9 g/l son estadísticamente iguales; comparando al testigo, puede decirse que su media fue más alta (no estadísticamente) que las medias de las dosis mayores; lo anterior se observa claramente en la Figura 6 en donde es importante notar que las dosis del mejor tratamiento y la del testigo son muy similares a pesar de que la media de aplicaciones de fertilizante de los tratamientos con dosis de 1.1 g/l fue de 14.3 veces contra 21 del testigo (15.73 g en total contra 23 g en total aplicados durante el experimento), esto puede explicarse por lo reportado por Taylor y Halfacre (1986) quienes afirman que la prevención de la lixiviación por parte del polímero mantiene los nutrientes de la solución por lo que se reduce el número de fertilizaciones.

Cuadro 14. Comparación de medias de las dosis de fertilizante en la variable área foliar (cm²), la media del testigo es de 20.3815 cm².

Tratamiento	Media
T . 1 (1.1 g/l)	21.6288 A
T . 3 (1.9 g/l)	18.3872 AB
T . 2 (1.5 g/l)	17.0113 B
Tukey = 4.2127	
C.V. = 21.87%	

El resultado de que la dosis de 1.1 g/l es la mejor, concuerda con lo reportado por Gutiérrez (1993) en donde dicha dosis es reportada como la mejor, resultados semejantes fueron reportados por Taylor y Halfacre (1986) en donde el crecimiento de la planta fue mayor a dosis bajas de fertilizante.

Cuadro 13. Tendencias del factor fertilizante sobre el área foliar.

Efecto	CM	F
Lineal	41.942616	0.124
Cuadrático	2.320557	0.717

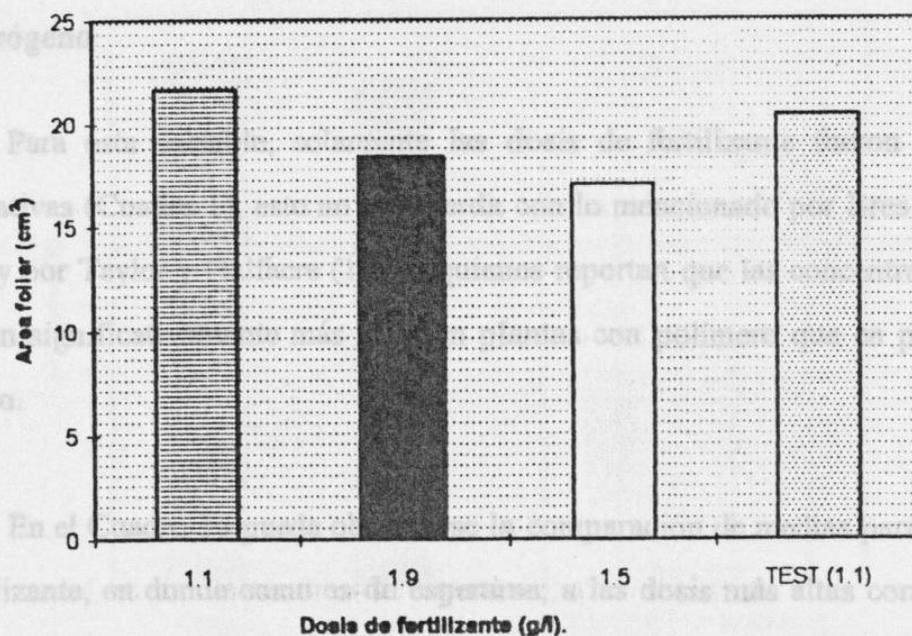


Figura 5. Comportamiento de las dosis de fertilizante con respecto al testigo para la variable área foliar.

El comportamiento de las dosis del fertilizante mostrada por los resultados se reafirma en el Cuadro 15 en donde es claro que la tendencia del fertilizante no es lineal.

Cuadro 15. Tendencia del factor fertilizante sobre el área foliar.

Efecto	C M	P
Lineal	42.642616	0.124
Cuadrático	2.320557	0.717

3.2 Nitrógeno

Para esta variable, solamente las dosis de fertilizante fueron altamente significativas (Cuadro 1), esto no concuerda con lo mencionado por Bres y Weston (1993) y por Taylor y Halfacre (1986) quienes reportan que las concentraciones de N fueron significativamente más altas en plantas con polímero que en plantas sin polímero.

En el Cuadro 16 puede observarse la comparación de medias para las dosis de fertilizante, en donde como es de esperarse, a las dosis más altas corresponden los valores más altos de N. Esto se ve en forma clara en la Figura 7 donde puede observarse el comportamiento de las dosis alta y media del fertilizante y el comportamiento prácticamente igual de las dosis baja y del testigo, ambos con 1.1 g/l, este comportamiento significa entonces que el polímero no tiene efecto sobre el N en las plantas; esto sin embargo no concuerda con lo reportado por Taylor y

En el Cuadro 17 se muestra una tendencia lineal marcada del fertilizante sobre el nitrógeno.

Halfacre (1986) en donde debido a los polímeros, los nutrientes se mantienen por más tiempo en la solución del medio.

Cuadro 16. Comparación de medias de las dosis de fertilizante en la variable % de nitrógeno, la media del testigo es de 6%.

Tratamiento	Media
T . 3 (1.9 g/l)	7.4417 A
T . 2 (1.5 g/l)	7.0667 A
T . 1 (1.1 g/l)	6.2500 B

Tukey = 0.4231
C.V. = 6.03%

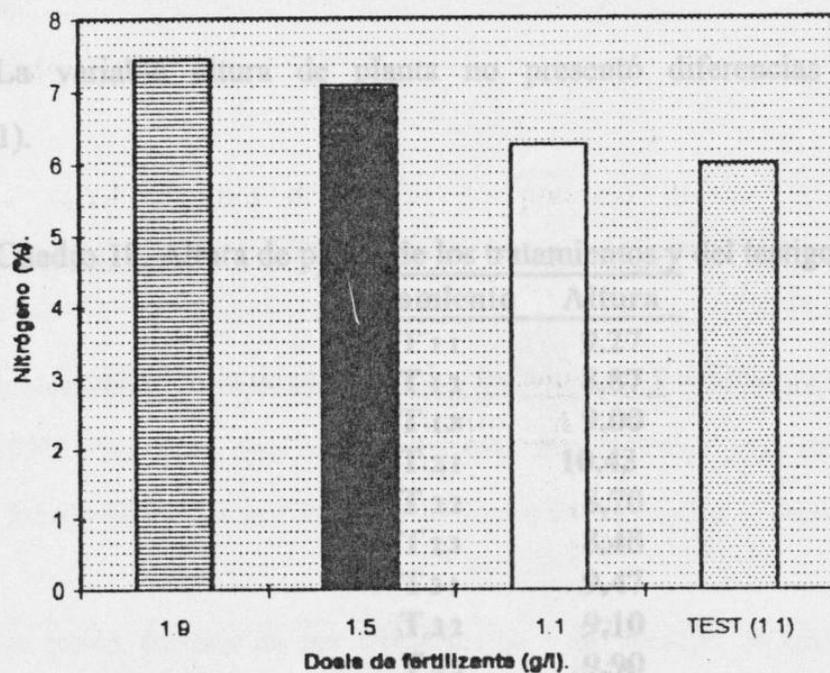


Figura 7. Comportamiento de las dosis de fertilizante con respecto al testigo para la variable % de nitrógeno.

En el Cuadro 17 se muestra una tendencia lineal marcada del fertilizante sobre el nitrógeno.

Cuadro 17. Tendencia del factor fertilizante sobre el nitrógeno.

Efecto	C M	P
Lineal	2.840298	0.001
Cuadrático	0.130066	0.600

4. VARIABLES NO SIGNIFICATIVAS

4.1 Altura de planta

La variable altura de planta no presentó diferencias significativas (Cuadro1).

Cuadro 18. Altura de planta de los tratamientos y del testigo (cm).

Tratamiento	Altura
T 1 1	9.27
T 1 2	8.87
T 1 3	9.00
T 2 1	10.43
T 2 2	8.70
T 2 3	8.48
T 3 1	9.47
T 3 2	9.10
T 3 3	9.90
Test	10.20

En el Cuadro 18 se muestran las alturas de los tratamientos y del testigo, a pesar de que no hubo diferencias significativas el testigo tuvo una altura superior a los tratamientos, solamente T₂₁ fue superior que este, la altura menor fue la de T₂₃. Taylor y Halfacre (1986) reportan que dosis altas de polímeros reducen el crecimiento vegetativo. Wang (1989), Keever, *et al.* () citado por Velasco (1993) y Conover y Poole (1976) e Ingram y Yeager (1987) citados por el mismo Wang (1989) reportan resultados semejantes para plantas ornamentales, sin embargo Wang y Boogher citados por Wang (1989) reportan que los polímeros incrementan el crecimiento de plantas de *Chlorophytum comosum*, asimismo Taylor y Halfacre (1986) reportan lo mismo para plantas de *Ligustrum indicum* a rangos bajos de fertilización.

4.2 Peso fresco de brote

Esta variable no presentó diferencias significativas (Cuadro 1). Bres y Weston, (1993) reportan que tanto los pesos fresco como seco de plántulas de tomate no fueron afectados por dosis de polímero incorporados al medio.

Los pesos frescos de los tratamientos y del testigo se encuentran en el Cuadro 19, el peso más bajo lo presentó T₁₂ mientras que el más alto correspondió a T₂₃, el testigo tuvo un peso intermedio entre los tratamientos.

Cuadro 19. Peso fresco de brote de los tratamientos y del testigo (g).

Tratamiento	Peso fresco
T 11	0.8250
T 12	0.7656
T 13	0.8675
T 21	0.9025
T 22	0.7800
T 23	0.9625
T 31	0.9350
T 32	0.9250
T 33	0.9488
Test	0.8850

4.3 Peso seco de brote

Para esta variables no se presentaron diferencias significativas (Cuadro 1). lo cual podia ya esperarse al no haberse presentado diferencias en el peso fresco, resultados semejantes son reportados por Taylor y Halfacre (1993) y por Pills y Watts (1983), estos últimos tanto para el incremento en las dosis de polímero como de los fertilizantes.

En el Cuadro 20 se muestran las medias de los tratamientos y del testigo donde se observa que el peso mayor correspondió a T 3 1 y que el testigo tuvo un comportamiento intermedio. Taylor y Halfacre (1993) reportan que mientras el peso seco disminuye con los polímeros, el peso de los tratamientos de control (sin polímero) aumentan al incrementar la fertilización.

Cuadro 20. Peso seco de brote de los tratamientos y del testigo (g).

Tratamiento	Peso seco
T 11	0.0790
T 12	0.0789
T 13	0.0699
T 21	0.0812
T 22	0.0641
T 23	0.0770
T 31	0.0874
T 32	0.0716
T 33	0.0698
Test	0.0792

4.4 Peso seco de raíz

Dado que no se presentaron diferencias significativas en esta variable (Cuadro 1) puede entonces asegurarse que las diferencias encontradas en el peso fresco radicular se debió o bien al agua presente en las mismas o a las partículas de polímero adheridas.

En el Cuadro 21 se observa que el testigo tuvo un comportamiento intermedio con respecto a los tratamientos.

Cuadro 21. Peso seco de raíz de los tratamientos y del testigo (g).

<u>Tratamiento</u>	<u>Peso seco</u>
T 1 1	0.0570
T 1 2	0.0377
T 1 3	0.0443
T 2 1	0.0460
T 2 2	0.0408
T 2 3	0.0433
T 3 1	0.0528
T 3 2	0.0512
T 3 3	0.0512
<u>Test</u>	<u>0.0478</u>

4.5 Fósforo

En la variable fósforo no hubo significancia en ninguno de los factores (Cuadro 1) esto concuerda con lo reportado por Taylor y Halfacre (1986) en donde las concentraciones de P fueron iguales tanto en los tratamientos con polímero como en los testigos.

En el Cuadro 22 puede verse en forma comparativa que los valores de P del testigo fueron similares a los de los tratamientos y en algunos casos iguales o superiores lo que significa que la dosis mínima fue suficiente para el desarrollo de la plántula cuando menos en lo que se refiere a este elemento.

Cuadro 22. Concentraciones de fósforo de los tratamientos y del testigo (%).

Tratamiento	Fósforo
T 11	12.52
T 12	13.56
T 13	12.80
T 21	12.67
T 22	12.38
T 23	9.720
T 31	13.46
T 32	11.74
T 33	12.86
Test	12.50

El rango de valores de P presentado por los tratamientos y el testigo varia de 9.72 a 13.56% siendo muy superiores a los reportados por Geraldson, Klacan y Lorenz (1973) para pimiento morrón a mitad del ciclo cuyos valores fueron de 0.25 a 0.35%.

5. OTRAS VARIABLES

5.1 Capacidad de retención de humedad de la mezcla polímero-medio

En el Cuadro 23 puede observarse el total de riegos dados a cada uno de los tratamientos, incluyendo los riegos antes de iniciar las aplicaciones de fertilizante; el total de fertilizaciones en el agua de riego así como el % de retención de humedad en base a la del testigo.

Cuadro 23. Número de riegos, fertilizaciones y % del ahorro de agua en los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Total de riegos	Fertilizaciones	Ahorro de agua
T 11	23	14	23.34 %
T 12	26	14	13.34 %
T 13	22	12	26.67 %
T 21	24	14	20.00 %
T 22	26	14	13.34 %
T 23	26	15	13.34 %
T 31	25	15	16.67 %
T 32	26	15	13.34 %
T 33	25	15	16.67 %
Test	30	21	

Es importante notar que los tratamientos independientemente de la cantidad de polímero aplicado, presentaron un ahorro de agua con respecto al testigo, independientemente de las dosis de polímero aplicado. Lo anterior concuerda con lo reportado por Wang y Gregg (1990) y Bres y Weston (1980), en donde el medio mejorado con polímero incrementó la capacidad de retención de agua.

La cantidad de riegos de los tratamientos fue menor que la del testigo por lo que el polímero disminuye la frecuencia de riegos, esto concuerda con Gehring y Lewis (1990) citados por Taylor y Halfacre (1986) que reportan una reducción en los requerimientos hídricos en plantas con polímero; pero sin embargo, no se logró una reducción a la mitad en el número de riegos como lo reportó Taylor y Halfacre (1986).

Contrario a lo esperado, el menor número de riegos y por lo tanto mayor ahorro de agua correspondieron básicamente a los tratamientos cuya dosis de

polímero fue menor (T₁₁ y T₁₃), mientras que en aquellos tratamientos con mayor dosis de polímero el número de riegos fue mayor y el ahorro de agua menor.

Tomando en cuenta las dosis de fertilizante y el ahorro de agua, se observa que aquellos tratamientos con 1.1 g/l tuvieron una media de 15.73 g de fertilizante aplicado en todo el experimento con un ahorro de agua promedio de 20% con respecto al testigo; los tratamientos con 1.5 g/l presentaron una media de 21.45 g y promedio en el ahorro del agua de 13.34% y los tratamientos con 1.9 g/l tuvieron una media de 26.6 g con un ahorro de 18.89%. De acuerdo a estos datos se ve la tendencia de que a dosis altas de fertilizante la capacidad de retención tiende a disminuir.

Lo anterior concuerda de alguna manera con Taylor y Halfacre (1986) que reportan la disminución de los pesos de los tratamientos (medios) con polímero después de ser regados con agua conteniendo fertilizante no presentándose esta reducción en el testigo (sin polímero) y disminuyendo este efecto después del séptimo riego, por lo que la retención se disminuyó, sin embargo esta situación no se presentó en forma clara en ninguna etapa de este experimento o no fue claro debido a la influencia del peso de las plántulas.

5.2 Costos

Para la obtención del costo por plántula con y sin polímero, se utilizaron los precios reportados en el anteproyecto por lo que desglosando los costos para las 36 charolas en el caso del polímero se tuvo:

36 charolas (\$ 11.00 c/u)	396.00
2 bultos peat moss	240.00
fertilizante, fungicida e insec.	200.00
1 kg de polímero	140.00
15 días de mano de obra	375.00
Total	\$ 1351.00

dividiendo entre las 7200 plántulas que se obtuvieron (36 X 200) da un total de 18 centavos por plántula.

Para el cálculo de los costos sin el polímero, solamente se le resto el precio del polímero y se le sumaron 7 días más de mano de obra (\$ 25.00 por día) dando un total de \$ 1386.00 y un costo de 19 centavos por plántula.

De acuerdo a estos resultados puede decirse entonces que el costo de la producción de plántulas con o sin polímero es prácticamente el mismo cuando menos en producciones pequeñas o experimentales, tal vez en producciones comerciales el ahorro en mano de obra debido a la reducción en el número de riegos y fertilizaciones represente un ahorro considerable y significativo más aún en aquellos casos en que se desean abatir las enfermedades producidas por un exceso de humedad en la superficie del medio.

5.3 Enfermedades

En lo que se refiere a las enfermedades, básicamente damping-off no se presentó durante el desarrollo del experimento gracias a las aplicaciones preventivas de fungicida durante la primera semana, además, el uso del polímero disminuyó el número de riegos conservando la humedad en el interior del medio y no en la superficie eliminando el sustrato ideal para el complejo de hongos; otro aspecto de importancia que ayudó en la no incidencia de enfermedades fue la utilización de agua potable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La técnica más adecuada de incorporación del polímero al medio sólido es la inyección del mismo en forma hidratada en cada una de las cavidades de las charolas.

La significancia de la interacción en el peso fresco de raíz se debió principalmente a la alta hidratación de las células radiculares más que a un alto desarrollo radicular lo cual queda claro al no presentar significancia el peso seco de raíz. La significancia de la interacción en el potasio fue más clara en las dosis media y alta de polímero. En la interacción de los tratamientos en la variable potasio es clara la respuesta de la dosis mayor de polímero en cuanto que a mayor dosis de fertilizante mayor porcentaje de potasio.

Aunque el polímero no afecta de manera significativa el crecimiento vegetativo, puede utilizarse a como mejorador del medio para aumentar la capacidad de retención del agua y por lo tanto disminuir la frecuencia de riego así como de fertilizaciones, al prevenir la lixiviación los nutrientes se mantienen por más tiempo aunque no tuvo influencia en la nutrición de las plántulas.

La mejor dosis de polímero en general fue de 3g/1000 cm³ de peat moss. La respuesta de las dosis de fertilizante no fue clara sin embargo altas dosis de fertilizante causan una disminución en la retención de humedad del polímero.

Debido a la aplicación preventiva de fungicida la incidencia de enfermedades fue nula.

El costo por plántula con y sin polímero fue el mismo dado que se compensa el costo del polímero con la mano de obra para los riegos.

La frecuencia de riegos en los medios con polímero se disminuye, alargando el intervalo entre los mismos hasta 7 días, dependiendo de las temperaturas que se presenten. La disminución de la frecuencia de riegos origina la disminución de las fertilizaciones y de incidencia de enfermedades por la reducción de la humedad en la superficie del medio, lo que puede significar un ahorro en producciones comerciales.

A pesar de que solamente tiene influencia en el peso fresco de raíz, diámetro de tallo y número de hojas, se recomienda utilizar al polímero como mejorador de la retención de humedad del medio, a una dosis de 3 g de polímero seco/1000 cm³ de peat moss seco y con una dosis de fertilización de 1.5 ó 1.9 g/l de Tricel 20, aplicados en el agua de riego cada vez que sea requerido, para lo cual es necesario revisar la humedad de las charolas, que es afectada grandemente por las temperaturas. Debido a que con dosis de 3 g se dificulta un poco la extracción del cepellón, se presume que dosis mayores provocan que la mayor parte del cepellón quede en la cavidad de la charola al momento de la extracción de la plántula.

Se recomienda en trabajos posteriores probar testigos sin polímero con dosis de 1.5 y 1.9 g/l de Tricel 20 para obtener una respuesta más clara del mismo.

Es necesario, llevar a cabo la evaluación de las plántulas en campo, sobretodo de aquellas que presentan el mayor porcentaje de N y mayor área foliar.

Sería recomendable llevar a cabo trabajos posteriores, en los que el polímero se hidrate con solución nutritiva y no con agua, ya que de acuerdo a reportes revisados, se reduce la frecuencia de fertilización hasta en un 50%; asimismo, utilizarlo como medio unicamente para el crecimiento de las plántulas y no como mejorador.

RESUMEN

Los polímeros son sustancias que absorben grandes cantidades de agua con respecto a su peso, por lo tanto incrementan la capacidad de retención de humedad, el tamaño y número de poros, la disponibilidad de nutrientes y, reducen la compactación. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron: evaluar diferentes dosis de polímeros y de fertilizantes en la producción de plántulas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) var. Tampiqueño 74 en cajas de poliestireno.

Se sembraron semillas de chile serrano en cajas de poliestireno utilizando como medio peat moss con tres diferentes dosis de polímero (1, 2 y 3 g/1000 cm³ de peat moss seco) y tres dosis de fertilizante (1.1, 1.5 y 1.9 g/L de Tricel 20). El polímero se aplicó mezclándolo con el peat moss y los fertilizantes fueron aplicados en el agua de riego. Se utilizó un testigo que consistió solamente de peat moss como medio y una dosis de fertilización de 1.1 g/L de Tricel 20 aplicada en el agua de riego cada tercer día. Se utilizó un diseño factorial 3² en un arreglo completamente al azar con cuatro repeticiones. La aplicación del fertilizante comenzó a las cuatro semanas de la siembra cuando el 50% de las plántulas presentaban la primera hoja verdadera. Las variables medidas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, peso fresco de brote, peso fresco de raíz, peso seco de brote y peso seco de raíz. Se llevaron a cabo análisis de tejidos para determinar la concentración de N, P y K. La retención de humedad se midió en base a el número de riegos.

El análisis estadístico mostró que el peso fresco de raíz, diámetro de tallo y número de hojas, se incrementan conforme se incrementa la dosis de polímero. La

aplicación de fertilizante solamente tuvo efecto en la concentración de N. La retención de humedad de la mezcla polímero-medio se incremento conforme aumentó la dosis de polímero.

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que para obtener plántulas de chile de buena calidad para transplante el mejor tratamiento consistió de la dosis de polímero de 3 g/1000 cm³ de peat moss seco con 1.5 ó 1.9 g/L de Tricel 20.

SUMMARY

Polymers are chemical substances with high water retention/dry weight ratio, they increase water retention, pore number and size, nutrient availability, and reduce compactness in the soil. The objectives of this research was to evaluate different polymer rates in the production of serrano pepper seedlings (*Capsicum annuum* L.) cv. Tampiqueño 74 in polystyrene boxes.

Serrano pepper seeds were sow in polystyrene boxes using peat moss media. Three different polymers rates (1, 2 and 3 g/1000 cm³ of dry peat moss) and three fertilizer rates (1.1, 1.5 and 1.9 g/L of Tricel 20) were tested. The polymers were applied mixed with peat moss and the fertilizer was applied in the irrigation water. A control treatment was used without polymer and irrigated every three days with 1.1 g/L of Tricel 20. The treatment design was a factorial 3² plus the control treatment; they were distributed according with a completely random design with four replications. The fertilizer application started at the fourth week, when 50% of the seedlings had the first true leaf. The variables measured were: plant height, stem diameter, leaf number, leaf area, fresh root weight, fresh shoot weight, dry root weight, and dry shoot weight. Plant tissue analysis were carried out to determine N, P and K concentration. Irrigation number was used as a measure of water retention.

Statistical analysis showed that fresh root weight, steam diameter, and leaf number increased as the rate of polymer increased. Fertilizer applications had only effect on the N concentration of the leaf tissue. Water retention capacity was increased with polymer application.

From the results of this research we concluded that to get good quality of pepper seedlings, the best treatment was using a polymer rate of 3 g/1000 cm³ of peat moss and 1.5 or 1.9 g/L of Tricel 20.

BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G.N. 1989. Fitopatología. Editorial LIMUSA. México.
- Aguilera C., M. y R. Martínez. 1990. Relaciones agua suelo planta atmósfera. 4ª edición. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Anónimo. 1979. Problemática y alternativas de solución del cultivo del chile en CIANOC. Programa Nacional de Chile. Centro de Investigaciones Agrícolas del Golfo Norte. SARH.
- Bigurra G., D.G. 1992. Efecto de dosis y frecuencia de fertilización completa sobre plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), cv. Floradade cultivadas en almácigo de cajas de poliestireno. Tesis. Fac. de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L.
- Blodgett, A.M., D.J. Beattie y J.W. While. 1993. Hydrophylic polymers and wetting agents affect absorption and evaporative water loss. HortScience. 28(6):633-635.
- Bowman, D.C. y R.Y. Evans. 1991. Calcium inhibition of polyacrilamide gel hydration is partially reversible by potassium. HortScience. 26(8):1063-1065.
- Bres, W. y L.A. Weston. 1993. Influence of gel additives on nitrate, ammonium and water retention and tomato growth in a soilless medium. HortScience. 28(10):1005-1007.
- Bunt, A.C. 1976. Modern potting composts a manual on the preparation and use of growing medio for pot plants. The Pennsylvania State University Press. Great Britain.
- Chapman, H.D. y P.F. Pratt. 1981. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Editorial Trillas. México.
- Geraldson, C.M., G.R. Klacan y O.A. Lorenz. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA.

- Gehring, J.M. y A.J. Lewis, III. 1980. Effect of hydrogel on wilting and moisture stress of breeding plants. *J.Amer.Soc.Hort.Sci.* 105(4):511-513.
- Gutiérrez D., A. 1993. Producción de plántulas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) variedad Tampiqueño 74 con 4 fertilizantes foliares bajo 3 niveles en cajas de poliestireno y condiciones de invernadero. Tesis. Fac. de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester. 1989. Propagación de plantas, principios y prácticas. Editorial CECSA. México.
- Henderson, J.C. y D.L. Hensley. 1986. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. *HortScience.* 21(4):991-992.
- Marsh, D.B. y K.B. Paul. 1988. Influence of containers type and cell size on cabbage transplant development and field performance. *HortScience.* 23(2):310-311.
- Melton, R.R. y R.J. Dufault. 1991. Nitrogen, phosphorus and potassium fertility regimes affect tomato transplant growth. *HortScience* 26(2):141-142.
- Orzolek, M.D. 1993. Use of hydrophilic polymers in horticulture. *HortTechnology.* Jan/Mar 3(1):41-44.
- Peirce, L.C. 1987. Vegetables. characteristics, production and marketing. John Wiley and Sons. USA.
- Pill, W.G. y D.M. Watts. 1983. Nutrient-fortified gel as growth medium for tomato seedlings. *HortScience.* 18(6):909-911.
- Pill, W.G. 1988. Granular gels as growth media for tomato seedlings. *HortScience.* 23(6):998-1000.
- Salinas, F.L. y L.N. Namken. Seedbed soil salinity and emergence of peppers and carrots under sprinkler and furrow irrigation. p 74-79.
- Savé, R., M. Pery., O. Marfa and L. Serrano. 1995. The effect of a hydrophilic polymer on plant water status and survival of transplanted pine seedlings. *HortTechnology.* Apr/Jun 5(2):141-143.
- Síntesis Hortícola. 1989. Almacigos: fitosanidad y vigor. Abril. p. 8-9.

- Síntesis Hortícola. 1987. Ventajas de almácigos bajo invernaderos. Enero. p. 28-30.
- Taylor, R.C. y R.G. Halfacre. 1986. The effect of hydrophilic polymer on media water retention and nutrient availability to *Ligustrum lucidum*. HortScience 21(5):1159-1161.
- Tremblay, N., S. Yelle y A. Gosselin. 1987. Effects of CO₂ enrichment, nitrogen and phosphorus fertilization on growth and yield of celery transplants. HortScience. 22(5):498-501.
- Velasco, P, N.A. 1993. Evaluación de polímeros agrícolas en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) cultivar Hidalgo. Tesis. Fac. de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N.L.
- Wang, Y-T. 1989. Medium and hydrogel affect production and wilting of tropical ornamental plants. HortScience. 24(6):941-944.
- Wang, Y-T y L.L. Gregg. 1990. Hydrophilic polymers-their responses to soil amendments and effects on properties of a soilless potting mix. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 115(6):943-948.
- Weston, L.A. y B.H. Zandstra. 1986. Effect of root container size and location of production on growth and yield of tomato transplants. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 111(4):498-501.
- Widders, I.E. 1989. Pretransplant treatments of N and P influence growth and elemental accumulation in tomato seedlings. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 114(3):416-420.

APENDICE

Análisis de varianza de la variable altura de planta.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	1.215088	0.607544	0.4675	0.637
Fertilizante	2	4.438477	2.219238	1.7077	0.199
Interacción	4	6.271484	1.567871	1.2065	0.331
Error	27	35.086914	1.299515		
Total	35	47.011963			

C.V. = 12.33%

Análisis de varianza de la variable área foliar.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	55.861328	27.930664	1.6158	0.216
Fertilizante	2	134.888672	67.444336	3.9017	0.032
Interacción	4	54.465820	13.616455	0.7877	0.545
Error	27	466.724609	17.286097		
Total	35	711.940430			

C.V. = 21.87%

Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	0.153183	0.076591	5.8733	0.008
Fertilizante	2	0.083885	0.041943	3.2163	0.055
Interacción	4	0.024559	0.006140	0.4708	0.759
Error	27	0.352097	0.013041		
Total	35	0.6137240			

C.V. = 6.43%

Análisis de varianza de la variable número de hojas.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	81.402344	40.701172	42.2785	0.000
Fertilizante	2	0.380859	0.190430	0.1978	0.823
Interacción	4	7.452148	1.863037	1.9352	0.133
Error	27	25.992676	0.962692		
Total	35	115.228027			

C.V. = 8.33%

Análisis de varianza de la variable peso fresco de brote.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	0.082073	0.041037	2.7365	0.081
Fertilizante	2	0.064566	0.032283	2.1577	0.134
Interacción	4	0.026739	0.006685	0.4458	0.777
Error	27	0.404898	0.014996		
Total	35	0.578276			

C.V. = 13.93%

Análisis de varianza de la variable peso fresco de raíz.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	0.423260	0.211630	8.9777	0.001
Fertilizante	2	0.041796	0.020898	0.8865	0.573
Interacción	4	0.30031	0.075075	3.1848	0.028
Error	27	0.636463	0.023573		
Total	35	1.401819			

C.V. = 21.35%

Análisis de varianza de la variable peso seco de brote.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	0.000033	0.000016	0.0571	0.944
Fertilizante	2	0.000903	0.000451	1.5848	0.222
Interacción	4	0.000696	0.000174	0.6113	0.661
Error	27	0.007690	0.000285		
Total	35	0.009322			

C.V. = 22.37%

Análisis de varianza de la variable peso seco de raíz.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	0.000430	0.000215	1.3167	0.284
Fertilizante	2	0.000468	0.000234	1.4336	0.255
Interacción	4	0.000364	0.000091	0.5577	0.698
Error	27	0.004410	0.000163		
Total	35	0.005673			

C.V. = 27.13%

Análisis de varianza de la variable nitrógeno.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	0.602051	0.301025	1.7266	0.196
Fertilizante	2	8.910645	4.455322	25.5542	0.000
Interacción	4	1.516113	0.379028	2.1740	0.098
Error	27	4.707397	0.174348		
Total	35	15.736206			

C.V. = 6.03%

Análisis de varianza de la variable fósforo.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	12.645996	6.322998	1.3223	0.283
Fertilizante	2	7.516113	3.758057	0.7847	0.530
Interacción	4	22.037109	5.509277	1.1503	0.355
Error	27	129.314941	4.789442		
Total	35	171.514160			

C.V. = 17.62%

Análisis de varianza de la variable potasio.

FV	GL	SC	CM	F	P > F
Polímero	2	33.15312	16.57652	1.2519	0.302
Fertilizante	2	34.80187	17.40093	1.3141	0.285
Interacción	4	272.38812	68.09703	5.1427	0.004
Error	27	357.51900	13.24146		
Total	35	697.86218			

C.V. = 33.43%

