



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

“ANALISIS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO
(E. P. S.) COMO MEJORADOR DE DRENAJE Y
AIREACION EN UN SUELO ARCILLOSO EN EL
CULTIVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.)”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A N :
ELIZALDE MARTINEZ MATEO
GONZALEZ MARTINEZ JAIME

ASESORES: M. en C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS
ING. MIGUEL ANGEL BAYARDO PARRA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

266387



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

" Análisis del Poliestireno Expandido (E.P.S.) como
Mejorador de Drenaje y Aireación en un Suelo Arcilloso,
en el Cultivo de Zanahoria (Daucus carota L.)"

que presenta el pasante: Maten Elizalde Martínez
con número de cuenta: 8631661-5 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

A T E N T A M E N T E.
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 17 de Septiembre de 199 3

PRESIDENTE M. en C. Edvino Josafat Vega Rojas
VOCAL Ing. Raúl Espinoza Sánchez
SECRETARIO Ing. Miguel Angel Bayardo Parra
PRIMER SUPLENTE Ing. Gustavo Ramírez Ballesteros
SEGUNDO SUPLENTE Ing. Salvador del Castillo Rabaján

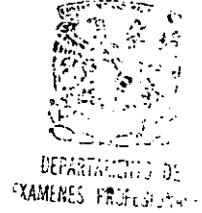


UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 26 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

" Análisis del Poliestireno Expandido (E.P.S.) como
Mejorador de Drenaje y Aireación en un Suelo Arcilloso,
en el Cultivo de Zanahoria (Daucus carota L.)".

que presenta el pasante: Jaime González Martínez
con número de cuenta: 8706394-1 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 17 de Septiembre de 1998

PRESIDENTE	<u>M. en C. Edvino Josafat Vega Rojas</u>	
VOCAL	<u>Ing. Raúl Espinoza Sánchez</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Miguel Angel Bayardo Parra</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Gustavo Ramirez Ballesteros</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Salvador del Castillo Rabadán</u>	

RECONOCIMIENTOS

A la UNAM por habernos permitido ser parte de la máxima casa de estudios.

A la FES-Cuautitlán por habernos permitido emprender el camino de esta profesión.

A los profesores:

Edvino Josafat Vega R.; por su apoyo, amistad y confianza durante este tiempo.

Miguel Angel Bayardo P.; por permitirnos compartir con él esta experiencia.

Guadalupe Barral Z.; por su amistad y coraje para seguir adelante.

Celia Valencia I.; y *Salvador Del Castillo R.*; por compartir sus conocimientos con nosotros.

Armando Aguilar y *Juan R. Garibay*; por brindarnos su ayuda en la realización de los análisis de este trabajo.

A la empresa *GAPEX*; por proporcionarnos el material necesario para el desarrollo de esta investigación y en particular al *Ing. Ciro Padrón*.

A los amigos y compañeros que encontramos en esta Facultad por habernos brindado su amistad, apoyo y confianza en todos los momentos de la carrera:

Alberto Fuentes, Amalia Martínez, Ana Luisa Rojano, Antonio Morán, Dagoberto Reaño, Francisco Gutiérrez, Génaro Sánchez, Graciela Rodríguez, Guillermo Mílo, Gustavo Herrera, Heriberto Martínez, José Antonio González, José Antonio Garduño, Julio Peña, Lorenzo Olvera, Maribel Reyes, Norma D. García, Reyna Rodríguez, Rosalba García y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron en la realización de este trabajo.

JAIME Y MATEO.

DEDICATORIAS

A MIS ABUELOS: Dolores †, Petra † y Nicanora † en donde quiera que esten.

A MIS PADRES: Mateo y Felisa, por creer en mí y dejarme ser yo mismo.

A MIS HERMANOS: Dolores, Magdalena, José, Eugenia y Rosalío por impulsarme a seguir adelante y apoyarme en todo.

A MIS SOBRINOS: Hugo, Maricela, Rodrigo, Brenda, Karina, Karla y Manuel por ser el motivo para seguir superándome.

A CRISTINA OROZCO por apoyarme y confiar en mí.

A JAIME GONZALEZ MARTINEZ por su amistad y permitirme compartir con él este trabajo.

A ROSALINA GARCIA MARTINEZ por su confianza y amistad brindadas.

Al SER que me permite seguir adelante.

A todos ellos GRACIAS.

MATEO.

A mis padres el Sr. Pedro González Martínez y la Sra. Ma. Julia Martínez Hernández, primeramente por haberme dado la vida y por el apoyo y cariño que han tenido conmigo.

A Dios por haberme dado la oportunidad de culminar este trabajo.

A mis Hermanos: Andres, Pedro, Martha, Elvira, Olga y Eduardo por estar siempre conmigo.

A mi novia Rúth Arce M; por su apoyo en la elaboración de esta tesis y en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi amigo y compañero de tesis Mateo Elizalde M; por todo el camino que hemos recorrido juntos.

A mis amigos: Cristina O., Guillermo M; y Rosalba G; por su amistad y apoyo para la culminación de este trabajo.

A mis amigos: Gregorio V., Juan Carlos J., Lourdes P., Manuel M., Victor O; y a todos mis amigos y compañeros en general por su amistad.

A Sandra Luz G., Araceli Aguilar V; e Isaac E. Quesada R; por su apoyo y motivación incondicional para la culminación de esta tesis.

JAIME.

ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	4
HIPÓTESIS.....	5
I. REVISIÓN DE LITERATURA	
1.1 Definición de suelos.....	6
1.2 Componentes del suelo.....	7
1.2.1. Fase sólida.....	7
1.2.2. Fase líquida.....	7
1.2.3. Fase gaseosa.....	8
1.3 Propiedades Físicas del Suelo.....	8
1.3.1. Textura.....	8
1.3.2. Estructura.....	9
1.3.3. Porosidad.....	11
1.3.4. Densidad.....	12
1.3.5. Profundidad.....	12
1.3.6. Compactación.....	13
1.3.7. Humedad.....	15
1.3.8. Infiltración.....	17
1.3.9. Aireación.....	19
1.4 Generalidades de los Sustratos Utilizados en la Producción de Hortalizas.....	20
1.4.1. Perlita.....	20
1.4.2. Vermiculita.....	21
1.5 Poliestireno.....	23
1.5.1. Características Físicas del Poliestireno...	24
1.5.2. Características Químicas del Poliestireno..	25
1.5.3. Usos del Poliestireno.....	26
1.5.4. Uso Agrícola del Poliestireno.....	26
1.5.5. Características Generales del Poliestireno.	28

1.6 Generalidades del Cultivo.....	28
1.6.1. Origen.....	28
1.6.2. Clasificación Taxonómica.....	28
1.6.3. Descripción Botánica.....	29
1.6.3.1. Raíz.....	29
1.6.3.2. Tallo.....	29
1.6.3.3. Hojas.....	29
1.6.3.4. Flores.....	29
1.6.3.5. Semillas.....	30
1.6.4. Requerimientos Climáticos.....	30
1.6.5. Requerimientos Edáficos.....	30
1.6.6. Fertilización.....	31
1.6.7. Variedades.....	32
1.6.8. Época de Siembra.....	33
1.6.9. Manejo Agronómico.....	33
1.6.9.1. Barbecho.....	33
1.6.9.2. Rastra.....	33
1.6.9.3. Nivelación.....	34
1.6.9.4. Surcado.....	34
1.6.9.5. Densidad de Siembra.....	34
1.6.9.6. Aclareos.....	34
1.6.9.7. Escarda y Aporque.....	35
1.6.9.8. Riegos.....	35
1.6.9.9. Control de Malezas.....	35
1.6.9.10. Plagas.....	36
1.6.9.11. Enfermedades.....	36
1.6.9.12. Accidentes y Fisiopatías.....	37
1.6.9.13. Cosecha.....	37

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización.....	39
2.2 Condiciones Ambientales.....	39
2.3 Preparación del Terreno.....	40
2.4 Insumos Agrícolas.....	40
2.5 Desarrollo.....	41
2.6 Materiales Utilizados.....	42

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Diseño Experimental.....	43
3.2 Definición de Variables.....	44
3.2.1. Altura de Planta.....	44
3.2.2. Longitud de Raíz.....	44
3.2.3. Peso de Raíz.....	44

3.2.4. Diámetro de Raíz.....	44
3.2.5. Peso de Tallo.....	44
3.2.6. Altura de Tallo.....	44
3.3 Toma de Datos.....	44
3.4 Resultados.....	45
3.5 Discusión.....	70
IV. CONCLUSIONES.....	71
V. BIBLIOGRAFIA.....	72

ANEXOS

INTRODUCCIÓN

Los polímeros son macromoléculas orgánicas formadas por la unión repetida de unidades llamadas monómeros. Dentro del grupo de los polímeros se encuentran los plásticos, las fibras y los elastómeros. Los plásticos no se encuentran en la naturaleza como tales, por lo cual son producidos total o parcialmente por el hombre.

Los polímeros en función de su origen se clasifican en :

1. **NATURALES.** Que son compuestos orgánicos que pertenecen o pertenecieron a organismos vivos y que forman parte de su estructura, como la celulosa y el látex, entre otros.
2. **ARTIFICIALES.** Los cuales se encuentran en la naturaleza como tales, pero su composición es a partir de polímeros naturales y en los que se modificó su estructura artificialmente, como son el papel y la seda artificial.
3. **SINTÉTICOS.** Que se fabrican a partir de compuestos orgánicos derivados del petróleo y del gas natural. A esta clasificación pertenece el poliestireno, PVC, etc.

El poliestireno es una resina termoplástica el cual tiene múltiples usos. Se utiliza en la construcción, empaques industriales y envases térmicos básicamente. Es un material ligero, y esponjoso compuesto principalmente de átomos de Carbono e Hidrógeno.

En la agricultura el poliestireno se ha utilizado principalmente como contenedor para frutas, vegetales y semilleros. Sin embargo en los últimos años se ha empezado a utilizar en cultivos hidropónicos, en invernaderos y en plantas para maceta. No siendo aún experimentado en el campo.

No obstante este polímero puede presentar una buena alternativa, para aquellos suelos cuya textura es pesada o arcillosa y en aquellos que tengan problemas de compactación, drenaje y aireación.

Desde el punto de vista agrícola, el suelo debe reunir ciertas características:

1.- Poros grandes para permitir el movimiento rápido del agua en exceso y la difusión rápida del anhídrido carbónico desde el subsuelo a la atmósfera.

2.- Existencia de espacios entre los poros (microporos y mesoporos) para que retengan la mayor cantidad posible de agua y que permitan la penetración de las raíces de la planta.

3.- Que la superficie tenga grumos, y que estos sean lo bastante grandes para no ser arrastrados por el viento, pero que permitan la germinación de la semilla, y a su vez que mantengan su individualidad cuando tractores u otros vehículos se muevan sobre ellos.

Estas características se ven afectadas sobre todo en los suelos de textura arcillosa, en donde el uso de maquinaria pesada, ocasiona que estos se vayan compactando, provocando un mal drenaje y una mala aireación, lo que repercute en el rendimiento de los cultivos.

El poliestireno es una resina termoplástica que se fabrica desde 1937, es diáfano, transparente, fácilmente coloreable y fácil de fabricar, uno de los inconvenientes es que es ligeramente frágil.

El poliestireno presenta una buena alternativa para mejorar las características físicas del suelo como son la aireación y el drenaje sobre todo en suelos arcillosos, este tipo de suelos que no son utilizados para aquellos cultivos cuya parte redituable o de valor es la raíz, el tubérculo o el bulbo. Al regarlos en exceso tienen problemas de encharcamiento y al secarse presentan problemas sobre todo a la hora de la labranza.

Este material es químicamente inerte, lo cual permite su utilización en la agricultura, por lo que las reacciones llevadas a cabo en la solución del suelo no lo afectarían y por lo tanto no se producirían sustancias tóxicas para la planta.

JUSTIFICACIÓN

La compactación de los suelos arcillosos representa un problema para el desarrollo de las raíces, y es una limitante para los cultivos de bulbo, tubérculo y raíz. El experimento se enfoca a proporcionar un suelo con aireación y drenaje, promoviendo con esto un suelo menos pesado. La espuma de poliestireno, permitirá que este tipo de suelo sea utilizado para la producción de plantas en donde se aprovechen las partes ya mencionadas, y en aquellas que tengan un sistema radicular muy desarrollado.

OBJETIVOS

- Evaluar el poliestireno (perla virgen y material reciclado) como mejorador de drenaje y aireación de un suelo arcilloso (vertisol) en el cultivo de zanahoria (Daucus carota L.)
- Determinar cual de las dos presentaciones de poliestireno es la más conveniente para utilizarla en este tipo de terreno en el mejoramiento del drenaje y aireación de un suelo arcilloso.
- Evaluar en que presentación de poliestireno hay un mejor desarrollo y crecimiento de la zanahoria (perla virgen o material reciclado).

HIPÓTESIS

El empleo de la espuma de poliestireno mejora algunas características como drenaje y aireación del suelo (arcilloso), que se refleja en la producción del cultivo de zanahoria. (Daucus carota L.) en su presentación, peso y longitud.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. DEFINICIÓN DE SUELO

Dentro del estudio de los suelos pueden seguirse dos caminos: el del pedólogo y el del edafólogo. En donde cada uno estudia de diferente forma el suelo. La Pedología considera el suelo como un cuerpo natural y profundiza menos en su utilización práctica inmediata. El pedólogo estudia, examina y clasifica los suelos en sus modificaciones dentro de su situación natural. Sus hallazgos pueden ser útiles a los ingenieros de caminos y arquitectos, tanto como al agricultor. (Buckman y Brady. 1977)

La Edafología es el estudio del suelo desde el punto de vista de las plantas superiores. Considera las diversas propiedades de los suelos con referencia a la producción de plantas. (Buckman y Brady. 1977)

Definir lo que es suelo, es muy difícil, ya que cada investigador da su propia definición.

Se puede definir como un material de origen natural tridimensional no consolidado, ubicado en la corteza terrestre, en el que se llevan a cabo procesos Físicos, Biológicos y Químicos; cuyo límite inferior es la roca y como límite superior la atmósfera o la cubierta vegetal, esta limitado lateralmente por otro tipo de suelo o por barreras naturales (barrancas, océanos, etc.). Sirve de sostén para plantas y animales, y de él se extraen los nutrimentos para el desarrollo de los vegetales. (Apuntes de la cátedra de suelos. 1995)

El suelo es un sistema altamente complejo y dinámico, constituido por una capa superficial, relativamente delgada de material más o menos disperso que se encuentra sobre la litosfera. De este material depende en buena parte el crecimiento de las plantas y la alimentación de los seres vivos.

Numerosos procesos físicos, químicos y biológicos actúan simultáneamente para mejorar o empobrecer un suelo y las funciones que éste desempeña en beneficio de las plantas que crecen en él. (Narro. 1994)

1.2. COMPONENTES DEL SUELO

En general un suelo normal tiene tres fases: Sólida, Líquida y Gaseosa. (Ortíz y Ortíz. 1984)

En donde el suelo está compuesto en un 50% de sólidos, un 20% de la fase líquida y otro 30% de la fase gaseosa. (León. 1991)

1.2.1. FASE SÓLIDA

La fase sólida se compone de material orgánico e inorgánico. Los componentes inorgánicos comprenden desde coloides diminutos ($<2 \mu\text{m}$) hasta partículas grandes de grava ($>2 \text{mm}$) y rocas, incluyendo muchos minerales primarios y secundarios. Son principalmente los componentes inorgánicos los que determinan las propiedades de la mayoría de los suelos y su total adaptabilidad como medio de crecimiento para las plantas. Dentro de los componentes orgánicos, se incluyen los residuos de plantas y animales en varias etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por sus pobladores.

Aunque los componentes orgánicos se encuentran presentes normalmente en cantidades más reducidas que los inorgánicos, pueden modificar significativamente las propiedades del suelo. (Bohn, McNeal, O'Connor. 1993)

1.2.2. FASE LÍQUIDA

La cantidad variable de agua contenida en unidad de masa por volumen de suelo, y el estado energético del agua en el suelo son factores importantes que afectan el desarrollo de las plantas. Otras propiedades del suelo dependen mucho del contenido de agua. entre estas las propiedades mecánicas, como la consistencia, plasticidad, compactación, penetración y viscosidad.

En suelos arcillosos, la expansión y contracción está asociada con la dilatación o extracción de agua de un volumen específico del suelo así como la distribución de los poros. El contenido de agua en el suelo también determina la cantidad de aire y el intercambio gaseoso del suelo, lo que en consecuencia

afecta la respiración de las raíces, la actividad de microorganismos, y el estado químico del suelo (reacciones de óxido-reducción). (Hillel. 1994)

1.2.3. FASE GASEOSA

El proceso de aireación del suelo es uno de los más importantes que determinan la productividad del suelo. Las raíces de las plantas absorben oxígeno y liberan bióxido de carbono durante la respiración.

En la mayoría de las plantas terrestres (a excepción de plantas especializadas como el arroz) la transferencia interna de oxígeno para las partes superiores del crecimiento (hojas y tallos) y para las partes que crecen por debajo de la superficie (raíces) no pueden proporcionar la suficiente cantidad de oxígeno requerido para las raíces. (Hillel. 1994)

La fase gaseosa del suelo es importante para el crecimiento de las plantas. En suelos mal drenados, pantanosos, el agua reemplaza al aire, privando tanto a las raíces como a ciertos microorganismos aeróbicos convenientes, del oxígeno necesario para la existencia. (Hartman y Kester. 1984)

1.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas del suelo se refieren a como se ve, se siente o se comporta un suelo en procesos que no implican modificaciones químicas. Entre las propiedades físicas del suelo para la agricultura están la textura, la estructura, la porosidad y el color. Los procesos de transporte que se verifican en el suelo son de gran interés para la agricultura, el movimiento del agua, la renovación constante del aire, el movimiento de solutos y la transmisión de calor. (Narro.1994)

1.3.1. TEXTURA

La textura del suelo es un indicador de la proporción relativa de arena, limo y arcilla que constituyen la fracción mineral, y su nombre indica la clase textural a la que pertenece. (Navarro. 1994)

Una de las principales propiedades físicas del suelo desde el punto de vista de la producción es la textura de éste. (Gordon. 1992)

La textura constituye una guía muy útil para el conocimiento de la potencialidad de los suelos. Los de textura fina (arcillosos, franco-arcillosos, limosos y de arenas finas) tienen unas buenas propiedades para la retención de agua, mientras que los suelos de textura gruesa tienen una baja capacidad de retención, pero ofrecen unas buenas condiciones de drenaje. La textura repercute también en la estructura y el laboreo del suelo. En general, la textura puede ser considerada como un carácter fijo de cada suelo. (Adams. 1989)

Una clasificación de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño, es la siguiente:

PARTÍCULA	DESDE	HASTA
Arcilla		2 micrón
Limo	2 micrón	50 micrón
Arena	50 micrón	2 mm
Grava	2 mm	más de 2 mm

* MICRÓN.- milésima parte de un milímetro. (Martínez. 1994)

1.3.2. ESTRUCTURA

La estructura del suelo es la manera en que sus partículas primarias (arenas, limos y arcillas) están ensambladas formando agregados (peds), es decir, unidades mayores con planos débiles entre sí. (Narro. 1994)

También puede definirse la estructura como la disposición de las partículas en la masa del suelo. Con objeto de proporcionar un medio adecuado para el crecimiento y desarrollo de las raíces de las plantas cultivadas, el suelo debe de estar constituido de tal manera que, al mismo tiempo que permite el intercambio gaseoso, mantenga las adecuadas reservas de agua disponible. (Adams. 1989)

No existe una clasificación universal de la estructura; sin embargo, ésta se describe con base en tres criterios:

- a) Tipo: Aspecto o forma de los agregados.
- b) Clase: Tamaño de los agregados.
- c) Categoría: Grado de durabilidad de los agregados.

De acuerdo con la forma de los agregados, se distinguen dos grandes tipos:

1.- Estructura amorfa: su constitución es masiva compacta continua o de grano simple.

2.- Estructura organizada: las partículas constituyen agregados de forma definida; en este grupo se incluyen los tipos siguientes:

- a) Laminar, partículas acomodadas en forma de láminas.
- b) Prismoidal, en forma de prisma. Se localizan en subsuelo, regiones áridas y semiáridas.
- c) Blocosa, se localizan en subsuelos pesados, regiones húmedas.
- d) Esferoidal, común en la superficie, sujeto a muchos cambios. (Martínez. 1994)

La formación de agregados o peds en los suelos depende de las fuerzas de cohesión de las partículas finas, principalmente coloides, y de las fuerzas que generan la organización y retención de partículas primarias en unidades estructurales de tamaño y de forma definible.

Desde el punto de vista agronómico el mejor tamaño de agregados para las plantas varía de 0.25 mm a 10 mm que es el tamaño de las semillas de la mayoría de las plantas cultivadas. (Narro. 1994)

El crecimiento vegetal depende de la condición general del suelo; la estructura de éste produce efectos directos importantes sobre:

- a) Aireación del suelo.
- b) La velocidad de infiltración del agua.
- c) La relación con los escurrimientos.
- d) La resistencia del suelo a la penetración de las raíces.
- e) La facilidad de laboreo y emergencia de plántulas.
- f) La densidad aparente, porosidad, retención de humedad

disponible para las plantas y formación de "piso de arado", o compactación.

g) La temperatura del suelo y sus variaciones.

h) La configuración de los poros (conectados o aislados).

Sin embargo, el mejor tipo de estructura estará en función del hábito de crecimiento del sistema radical de cada cultivo. (Narro. 1994)

1.3.3. POROSIDAD

La porosidad del suelo es el volumen de aire y agua contenido en una unidad de volumen de suelo. (Narro. 1994)

La porosidad es la cantidad de macroporos y microporos del suelo. En los macroporos se almacena el aire, mientras que en los microporos se almacena el agua que requieren las raíces. (Martínez. 1994)

En conjunto representa aproximadamente del 40% al 60% de volumen total. El porcentaje real de porosidad varía con la textura y la estructura de cada suelo. (Gordón. 1992)

En general, los poros más pequeños contienen agua, a menos que el suelo esté completamente seco, pero a medida que el contenido de agua del suelo cambia, varían las proporciones agua-aire en los poros grandes. Desde el punto de vista ideal debe de haber suficientes poros pequeños para asegurar una buena retención de agua, pero también suficientes poros grandes para permitir el libre drenaje, el intercambio gaseoso y la completa exploración del suelo por parte de las raíces. Para un buen desarrollo, se requiere un suelo con un 30% a 60% de espacio poroso dependiendo del cultivo. (Adams. 1989)

La porosidad del suelo es muy importante en la agricultura y sus características dependen de la textura, estructura, contenido de materia orgánica, tipo e intensidad de cultivos, labranza y otras características del suelo y su manejo. Como regla general, los suelos bajo sistema de producción agrícola intensiva tienden a compactarse, y al reducir su porosidad pierden parte de su potencialidad de producción. (Narro. 1994)

1.3.4. DENSIDAD

La densidad se refiere al peso por unidad de volumen. En suelos, normalmente se expresa en g/cm^3 . Entre mayor sea la densidad, más pesado es el suelo y menor su espacio poroso. (Martínez. 1994)

A) DENSIDAD REAL O DENSIDAD VERDADERA. La densidad real de un suelo es la relación de la masa de las partículas sólidas de éste, sin incluir la masa del agua y del aire del mismo; es una manifestación de las densidades acumulativas de los constituyentes individuales orgánicos e inorgánicos sólidos que lo forman.

La finura o grosor (textura) de las partículas individuales y el acomodo (estructura) de los sólidos en el suelo no tiene nada que ver con la densidad real de éste. Se le considera como una constante que no varía con la labranza. (Buckman y Brady. 1977)

B) DENSIDAD APARENTE O DENSIDAD BRUTA. La densidad aparente del suelo, es la masa o peso de una unidad de volumen total del suelo seco. El volumen total comprende al ocupado por el material sólido (orgánico y/o mineral) y por el espacio poroso. La densidad aparente se expresa en g/cm^3 .

La densidad aparente de un suelo no es constante, y puede variar con ciertas características propias de éste como son: textura, composición, manejo y en general por el volumen ocupado por las partículas sólidas incluyendo el de los espacios intersticiales, que existen incluso en los suelos muy compactos. (Foth y Turk. 1977)

1.3.5. PROFUNDIDAD

La profundidad se puede definir como el espesor en centímetros del suelo hasta el lecho de roca, en unos casos, o hasta el estrato u horizonte cementado en otros. (Buckman y Brady. 1977)

La profundidad del suelo es una propiedad que generalmente sufre cambios muy pequeños en condiciones naturales. Sin embargo, los procesos de erosión severa o depósito de

materiales puede representar una excepción a lo expuesto, y en ocasiones pueden ser aprovechados por el hombre en la formación de buenos suelos, cuando se favorece el depósito de sedimentos de buena calidad en sitios seleccionados. (Narro. 1994)

La profundidad efectiva del suelo es aquella en que las raíces penetran fácilmente en busca de agua y elementos nutritivos para la planta. De esta característica depende en gran medida el desarrollo de las plantas, ya que la profundidad condiciona el crecimiento radical y el volumen de agua disponible para la vegetación. Asimismo es un condicionante para determinadas actividades agronómicas a desarrollar en el suelo. (Ortíz y Ortíz. 1984)

Si la profundidad del suelo es menor al espesor de máximo enraizamiento del cultivo su producción estará limitada. La capacidad de los suelos para proporcionar un buen anclaje a las raíces y suministrar el agua y los nutrimento necesarios a las plantas no sólo depende de la calidad del suelo expresada por cantidad unitaria de este, sino también de la cantidad de suelo "dada por la profundidad" la cual puede marcar la diferencia de un suelo productivo y otro que no lo sea. (Ortíz y Ortíz. 1984)

La profundidad efectiva del suelo para el crecimiento de las raíces puede estar limitada por barreras físicas como:

- a) Niveles freáticos elevados.
- b) Capas endurecidas como los tepetates.
- c) Capas gravosas.
- d) Lecho rocoso no profundo.

Y por barreras químicas caracterizadas por:

- a) Niveles tóxicos de elementos químicos extremadamente difíciles de corregir.
- b) Altas concentraciones de sales, (suelos salinos, y salino-sódicos). (Martínez. 1994)

1.3.6. COMPACTACIÓN

La compactación del suelo es el cambio de su volumen debido a una fuerza que tiende a alterarlo o deformarlo. La

compactación disminuye el volumen del suelo al reducir el espacio poroso. Para un valor dado de una presión aplicada, la compactación del suelo se incrementa con el contenido de humedad, es decir, a mayor contenido de humedad, mayor compactación. (Narro. 1994)

El empleo de maquinaria agrícola y vehículos de transporte en la preparación del lecho para la semilla y las raíces, y en la producción y recolección de la cosecha entraña la aplicación de presiones sobre el suelo.

Si los suelos son muy compactos, las raíces no penetran en absoluto. Se cree que la compactación del suelo puede tener efectos adversos en las plantas que crecen en él, de estas dos maneras:

- a) Por aumentar el impedimento mecánico al crecimiento de las raíces.
- b) Por alterar la extensión y la configuración del espacio poroso. (Gavande. 1982).

La compactación del suelo es el incremento de densidad aparente que resulta de la aplicación de una carga o presión. Esta presión puede venir de fuerzas mecánicas aplicadas, de la contracción de algunos suelos al secarse y de la destrucción de la materia orgánica o de la estructura del suelo; sin embargo, los principales problemas de compactación de suelo se deben al uso excesivo de maquinaria agrícola y a la práctica inoportuna de labranza, lo cual genera la formación de una capa dura inmediatamente debajo del suelo arado. A esta capa del suelo compactada se le llama "piso de arado" y limita la profundidad efectiva del suelo para la exploración de las raíces, disminuye la velocidad de infiltración del agua, disminuye la porosidad del suelo y la aireación de las raíces, y en casos severos puede impedir la producción económica de los cultivos. (Narro. 1994)

Si la superficie de textura fina se hace más compacta, la mayor parte de los poros superficiales retendrá el agua, con la consecuencia de que durante varios días después de que ha estado humedecido existirán pocos poros vacíos a través de los cuales pueda difundirse el CO_2 del subsuelo, y de este modo su concentración aumentará considerablemente. Si esto sucede

durante un período de tiempo cálido, las raíces absorbentes del cultivo morirán pronto. (Russell y Russell. 1968)

1.3.7. HUMEDAD

El contenido de humedad del suelo y el estado energético del agua, así como la proporción de poros que facilitan el drenaje y favorecen la aireación del suelo, son de vital importancia para el desarrollo de las plantas. (Narro. 1994)

Las propiedades mecánicas del suelo que se ven afectadas por el contenido de humedad son las siguientes:

- El esfuerzo de deslizamiento.
- La friabilidad.
- La penetrabilidad.
- La cohesión.
- Consistencia.
- La cantidad de trabajo requerido para las operaciones de labranza.
- Contracción y expansión.
- Difusión gaseosa (aireación).

Las propiedades físicas del suelo que influyen directamente en el contenido de humedad son las siguientes:

- Textura.
- Estructura.
- Porosidad.
- Profundidad. (Foth y Turk. 1975)

La mayor parte del agua que utilizan las plantas proviene del suelo, las plantas deben obtenerla directamente del suelo a través de sus raíces, ya que es mínima la cantidad que pueden absorber directamente por medio de las hojas y otros órganos de desarrollo ubicados sobre la superficie del suelo. (Gavande. 1982)

Para la mayoría de las plantas la absorción de las raíces es mayor en la parte superior del terreno generalmente a unos 30 cm de la superficie y cerca de la base de la planta. Aunque también el agua se evapora más rápido a estas profundidades. (Choreño y Pichardo. 1995)

La presencia del agua en el suelo y su contenido influye directamente en la mayor parte de las funciones que el suelo desempeña en relación del crecimiento y desarrollo vegetal por las siguientes razones:

- a) Es esencial para la fotosíntesis y la conversión de almidones en azúcar.
- b) Constituye del 85% al 95% del protoplasma celular vegetal.
- c) Sin ella no es posible el desarrollo de las plantas ya que además de integrar la mayor parte de sus tejidos interviene en su metabolismo. (Black. 1975)

El agua del suelo generalmente se encuentra alojada en los poros cuyo diámetro es menor de 10 micras, puesto que los de mayor tamaño drenan rápidamente y permanecen ocupados por aire, excepto cuando las condiciones del suelo impiden el libre drenaje. En 1897 Briggs y Shantz propusieron la clasificación siguiente en función con la que las partículas del suelo atrapan el agua:

a) Agua gravitacional. Es el agua que drena libremente en el suelo por la fuerza de gravedad, ocupa los macroporos del suelo.

b) Agua capilar. Es el agua retenida en los poros pequeños por fuerzas de capilaridad. El agua de los capilares mayores puede percolar sólo muy lentamente a través del suelo y no se drena fuera del perfil del suelo.

c) Agua higroscópica. Es decir, el agua en estrecho contacto con la fase sólida. Es el agua inmóvil que solo puede ser removida por calentamiento del suelo o durante una sequía prolongada. Esta fuertemente retenida a las partículas coloidales, del suelo y no esta disponible para las plantas. (Narro. 1994)

1.3.8. INFILTRACIÓN

La infiltración es la entrada del agua al suelo, a través de la interfase suelo-atmósfera. Este proceso, al igual que el movimiento del agua en el suelo, obedece a gradientes de potencial hídrico y también es controlado por la capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de sus poros. (Narro. 1994)

La cantidad de agua que se infiltra en el suelo en un intervalo dado de tiempo, es máxima al comenzar la aplicación del agua en el suelo. Después de un tiempo largo, la velocidad con que el agua entra en el suelo se acerca a un valor constante conforme la curva se aproxima a una línea recta. (Gavande. 1982)

El agua penetra en el suelo por los poros, grietas, orificios practicados por gusanos y ocasionados por raíces podridas, así como las cavidades hechas durante la labranza y se representa: $I_f = m/\text{seg}$. (Choreño y Pichardo. 1995)

La tasa de infiltración es clasificada como:

1.- Muy baja. Suelos con infiltraciones menores de 0.25cm/hora; en este grupo están los suelos con muy alto porcentaje de arcilla.

2.- Baja. La infiltración es de 0.25 cm - 1.25 cm/hora; la mayoría de estos suelos son superficiales, altos en el contenido de arcillas o bajos en materia orgánica.

3.- Media. La infiltración de 1.25 cm - 2.5 cm/hora; suelos francos y limos.

4.- Alta. Las infiltraciones mayores de 2.5 cm/hora; arenas profundas, franco limosos con agregados profundos y algunas arcillas negras vírgenes que tienen abundantes agregados estables al agua.

El agua se puede mover también horizontalmente en el suelo, lo hace cuando alcanza capas impermeables tales como duripanes o mantos de roca. El agua fluyendo horizontalmente puede entrar a formar aguas subterráneas. Durante la infiltración se pierden nutrientes (dependiendo de la solubilidad y de cantidad de nutrimentos presentes en

diferentes formas), generalmente son:

- ◆ Calcio (Ca) el ion en mayor cantidad en aguas de lavado.
- ◆ Magnesio, Azufre, Potasio (Mg, S, K) dependiendo de la composición del suelo.
- ◆ Nitrógeno (N) bajo en suelos cultivados, al menos que hayan sido fertilizados recientemente.
- ◆ Fósforo (P) muy poco lixiviado, porque el fósforo en el suelo es muy poco soluble. (Donahue, Miller y Shickluna. 1981)

La infiltración depende mucho de las características físicas suelo y de sus condiciones físicas. Los efectos principales que influyen en la magnitud del movimiento del agua durante la infiltración son:

a) La textura del suelo. Las arenas gruesas favorecen el incremento de la infiltración y las arcillas la dificultan.

b) Estructura del suelo. Suelos con grandes agregados estables en agua poseen proporciones de infiltración más altas.

c) Cantidad de materia orgánica en el suelo. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer proporcionan que una mayor cantidad de agua entre al suelo.

d) Profundidad del suelo, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.

e) Cantidad de agua en el suelo. En general los suelos mojados tienen menor infiltración de agua que aquellos que están secos.

f) Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos. (Bear. 1969)

1.3.9. AIREACIÓN

La aireación del suelo es el intercambio de gases entre la atmósfera del suelo y el aire de la troposfera. Tal intercambio se realiza por la acción combinada de los procesos de difusión y flujo de masa. (Narro. 1994)

Esta consiste en el intercambio del oxígeno y anhídrido carbónico entre la atmósfera y el suelo y las raíces de las plantas. La mayor parte del intercambio gaseoso que produce la aireación de las raíces en suelos bien drenados se lleva a cabo en el suelo; sin embargo, en suelos saturados de agua puede ser de mayor importancia el intercambio a través de la planta. (Black. 1975)

La aireación de un suelo agrícola es un proceso continuo, vital para las plantas y microorganismos aeróbicos que viven en él. Tanto las raíces como los microorganismos requieren oxígeno para vivir y producen bióxido de carbono (CO_2); por lo tanto, para ellos es indispensable la renovación del aire del suelo. (Narro. 1994)

Sus componentes principales son los mismos que los de la atmósfera, es decir: nitrógeno, oxígeno, gases inertes, anhídrido carbónico y vapor de agua. El metano y el hidrógeno en caso de estar presentes, aparecen en cantidades insignificantes. Desde el punto de vista cuantitativo, la diferencia fundamental en la composición del aire del suelo y el de la atmósfera radica en su contenido de anhídrido carbónico. En la atmósfera este gas se encuentra en una cantidad cercana al 0.03% mientras que en el aire extractado de capas superficiales del suelo, donde la aireación es adecuada, alcanza entre 0.2% a 1%. (Black. 1975)

La solubilidad de muchos minerales del suelo aumenta con la presencia de CO_2 que forma ácido carbónico en la solución del suelo. Esto es importante en los problemas de nutrición de las plantas. (Gavande. 1982)

La estructura grumosa de los suelos bien cultivados y la porosidad resultante asegura una fácil difusión de los gases y el análisis carbónico en la atmósfera del suelo.

Es sobre todo, por la influencia de exceso de humedad cuando la aireación puede resultar insuficiente y actuar como un factor limitante de las cosechas.

Por eso la germinación de las semillas es mala en un suelo húmedo y apretado. A su vez, los síntomas de asfixia se manifiesta en las partes aéreas, con una coloración bronceada virando al rojo de las vainas foliares, la cual progresa desde las hojas más viejas a las más jóvenes. (Delmolon. 1972)

Los sistemas radicales de las plantas crecen bien en los suelos aerados y sin factores limitantes para su desarrollo, son generalmente largos, profundos, fibrosos y bien ramificados. Si la aireación es deficiente, los sistemas radicales suelen ser cortos, gruesos, poco ramificados y superficiales. (Narro. 1994)

1.4. GENERALIDADES DE LOS SUSTRATOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS

Las plantas hortícolas requieren de un suelo con buenas características de textura, drenaje, aireación, etc. para su buen desarrollo. Cuando no se cuenta con esto se pueden utilizar materiales para acondicionar el suelo y proporcionar las características ya mencionadas.

1.4.1. PERLITA

Es un material de color blanco-grisáceo de origen volcánico se extrae de los derrames de lava. El mineral crudo se quiebra y se cierne, luego se calienta en hornos alrededor de 1000°C; a esta temperatura la poca humedad de las partículas se evapora expandiéndose formando granos pequeños y esponjosos.

Los granos son muy ligeros, pesan de 100 g a 135 g/dcm³. El tratamiento a tan alta temperatura deja un producto estéril. En aplicaciones hortícolas se usan partículas de 1.5 mm a 3.1 mm la perlita retiene agua en proporción de 3 a 4 veces su peso. Esencialmente es neutra, pero sin capacidad de amortiguamiento. No tiene capacidad de intercambio de cationes y no contiene nutrientes minerales. (Hartman y Kester. 1984)

La perlita almacena una cantidad limitada de agua, a un costo moderadamente elevado. Es muy útil para aumentar la aireación de una mezcla. No olvidar que el polvo de perlita puede ser un riesgo para la salud si no se toman las debidas precauciones. (Carpenter. 1995)

En general sus características son:

1. Partículas grandes.
2. Buena aireación. Se usa para mejorar el drenaje.
3. Muy baja densidad.
4. Baja capacidad de intercambio catiónico.
5. Porcentaje de saturación de bases intermedia.
6. pH cercano a neutro.
7. No tiene capacidad amortiguadora.
8. Baja en sales solubles.
9. Libre de plagas y/o enfermedades.
10. Libre de sustancias tóxicas para la planta.
11. Fácil de mezclar. Puede incorporarse hasta un 80% de la mezcla.
12. Hay uniformidad entre lotes.
13. De fácil disponibilidad.
14. Precio intermedio. (Martínez. 1994)

1.4.2. VERMICULITA

Este es un material micáceo que se expande al ser calentado. Químicamente es un silicato hidratado de magnesio, aluminio y hierro. Cuando ha sido expandido, es muy liviano de 100 g a 120 g/dcm³, de reacción neutra, con buena capacidad de amortiguación, insoluble en agua, pero capaz de absorberla en grandes cantidades de 400 cm³ a 500 cm³/dcm³. La vermiculita tiene una capacidad relativamente alta para intercambio de cationes y por consiguiente puede retener nutrientes en reserva y liberarlos más tarde.

En ensayos con vermiculita, se encontraron los siguientes elementos: ácido silícico 39.4%; arcilla 12.1%; magnesio 23.4%; potasa 2.5%; manganeso 0.3%.

En cuanto a su estructura, esta formada por estratos paralelos. En su preparación se recalienta el mineral por encima de los 1000°C, lo que aumenta su espacio en su estructura y multiplica de diez a quince veces el volumen de sus poros. El producto final pesa de 140 g a 150 g/l, y posee una porosidad semejante a la de la turba. (Penningsfield y Kurzmann. 1983)

Contiene suficiente magnesio y potasio para satisfacer las necesidades de la mayoría de las plantas. Es estéril por completo. La vermiculita se clasifica en cuatro tamaños: No.1, con partículas de 5 mm a 8 mm de diámetro; No.2, el tamaño hortícola ordinario, de 2 mm a 3 mm; No.3, de 1 mm a 2 mm y el No.4 de 0.75 mm a 1 mm, como medio para germinación de semillas. La vermiculita expandida no debe compactarse o comprimirse cuando esté mojada, ya que se destruye su estructura porosa deseable. (Hartman y Kester. 1984)

A causa de su estructura estratificada, la vermiculita es muy sensible a la acción mecánica del uso y suele disgregarse con facilidad, convirtiéndose en laminillas o polvo. (Penningsfield y Kurzmann. 1983)

Es necesario la fertilización adicional con nutrientes de la planta, mayores y menores. (Carpenter. 1995)

Sus características generales son:

1. Partículas grandes para producción y chicas para germinación.
2. Buena aireación.
3. Buena retención de humedad.
4. Baja densidad.
5. Muy alta C.I.C. Este es el mineral de más alta C.I.C.
6. Porcentaje de saturación de bases intermedia, pH cercano a neutro.
7. Excelente capacidad amortiguadora.
8. Bajo contenido de sales solubles.
9. Libre de plagas o enfermedades.
10. Libre de sustancias tóxicas.
11. Fácil de mezclar; puede usarse hasta un 60% de la mezcla.
12. Hay uniformidad entre lotes.

- 13.No se encuentra fácilmente.
- 14.Ingrediente caro. (Martínez. 1994)

1.5. POLIESTIRENO

El E.P.S. es un material plástico ligero y esponjoso, compuesto principalmente de átomos de carbono e hidrógeno. Es un producto derivado del petróleo y de los subproductos del gas natural.

El E.P.S. contiene en concentraciones del 5% - 7% un hidrocarburo volátil (pentano), el cual se elimina durante el procesamiento del E.P.S. en las etapas de preexpansión, reposo intermedio y moldeo. Por esta razón los desechos de E.P.S. se consideran como compuestos orgánicos formados únicamente por carbono e hidrógeno.

El poliestireno expansible (E.P.S. por sus siglas en inglés), está formado por perlas de poliestireno que contienen un agente neumatógeno (N-pentano), las cuales al ser calentadas a temperaturas alrededor de 100°C, se ablandan y se expanden, debido a que el neumatógeno contenido se volatiliza generando una presión interna en las perlas. Esta presión provoca una expansión en el tamaño original de la perla.

Las perlas una vez preexpandidas son alimentadas a un molde en el cual son calentadas nuevamente, provocándose una sobrepresión y la fusión superficial de las mismas y dando lugar a la formación del cuerpo moldeado.

Mediante la variación de la densidad y el espesor de la pieza, se pueden obtener productos de consistencia suave o rígida según sea la aplicación que se desee. (Billmeyer. 1978)

El poliestireno es una resina termoplástica fabricada en E.U.A. desde 1937. Su fórmula química es $(C_6H_5-CH-CH_2-)_n$. Está relacionada con el cloruro de vinilo, acetato de vinilo y los acrilatos. (Orejel. 1969)

El poliestireno presenta muchas propiedades deseables: es diáfano, transparente, fácilmente coloreable y fácil de fabricar. Posee propiedades mecánicas así como térmicas

razonablemente buenas, pero es ligeramente frágil y se reblandece a menos de 100°C. (Ramos. 1988)

1.5.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL POLIESTIRENO

El poliestireno se puede adquirir en forma de película desde un espesor de 0.025 mm en adelante o en forma de espuma sólida. Tiene una densidad excepcionalmente baja y es un buen aislante del sonido y del calor.

El poliestireno es transparente, incoloro, cuya densidad es de 10 Kg/m³, muy duro y resistente, aunque frágil, se reblandece a 90°C - 95°C y a 140°C es un líquido poco viscoso.

Dispone de propiedades eléctricas magníficas (factor de potencia muy bajo, gran rigidez dieléctrica y resistividad volumétrica), no afectadas por la humedad del aire del ambiente. (Ramos. 1988)

Sus propiedades ópticas -color, transparencia y similares- son excelentes y su elevado índice de refracción (1.60) lo hace útil para componentes ópticos de plástico. El poliestireno es un buen aislante eléctrico y tiene un factor de pérdida dieléctrica bajo a frecuencias moderadas. Su resistencia a la fricción llega hasta casi 8000 psi (lb/plg²). (Billmeyer. 1978)

Algunas características generales se mencionan a continuación:

- ◆ Propiedades eléctricas excelentes mantenidas con todas las frecuencias y condiciones de gran humedad.
- ◆ Conserva la resistencia mecánica a bajas temperaturas, es muy decorativo, con dimensiones estables.
- ◆ Resistencia mecánica, rigidez y color.
- ◆ Elevada transmisión de la luz, que se puede utilizar para conducir la luz por tubería alrededor de curvas; buena estabilidad dimensional que se mantiene en el envejecimiento. (Orejel. 1969)

Las espumas de poliestireno son siempre de celdas cerradas, su densidad varia. La espuma de células cerradas, poca o ninguna influencia pueden tener en la capacidad de

retención de agua; solo valen para aligerar el terreno y mejorar su estructura. (Robledo. 1988)

Gracias al aire almacenado , el material es muy ligero y no pesa más de 10 Kg/m³. La espuma de poliestireno tiene la característica de que no retiene el agua; la humedad no penetra en el seno de las partículas, a lo más que llega a quedar sobre su superficie. Con respecto al agua, este material se comporta del mismo modo que la arena, la grava o escoria de hulla. (Robledo. 1988).

Posee una conductividad hidráulica (K) comprendida entre 1 cm/seg para una compresión aproximadamente del 20% y 0.1 cm/seg para una compresión del orden del 50%. Este valor corresponde a la presión del suelo a 1m de profundidad. En otras palabras, la espuma de poliestireno tiene una permeabilidad al agua variable con su compactación, pero comparable a la de una arena gruesa de 0.6 mm a 2 mm de granulometría. (Robledo. 1988)

1.5.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL POLIESTIRENO

Como la mayoría de los polímeros, el poliestireno es relativamente inerte químicamente. Es bastante resistente a los álcalis, haluros de ácidos y a los agentes oxidantes y reductores. Puede nitrarse con ácido nítrico fumante y sulfonarse con ácido sulfúrico concentrado a 100°C para dar una resina soluble en agua. El cloro y el bromo se sustituye tanto en el anillo como en la cadena a temperaturas elevadas. (Billmeyer. 1978).

Químicamente no es atacado por los ácidos débiles o concentrados, aunque puede mostrar una ligera decoloración en presencia de ácidos oxidantes. Los álcalis tampoco tienen efecto sobre de él. Las disoluciones de blanqueo, los productos químicos fotográficos, los alcoholes bajos y la mayoría de las grasas, aceites animales y vegetales, no atacan a la resina.

Disuelven al poliestireno los productos químicos aromáticos, como el benceno, tolueno y los disolventes del alquitrán de hulla en general. Otros disolventes como la

acetona y otras cetonas, lo atacan, pero no llegan a disolverlo por completo. (Orejel. 1969)

1.5.3. USOS DEL POLIESTIRENO

Entre los principales se encuentran:

- Empacado de alimentos.
- Botellas y otros envases para productos farmacéuticos.
- Partes de aparatos electrodomésticos.
- Artículos para iluminación y anuncios luminosos.
- Artículos desechables: platos, vasos, charolas, etc.
- Hieleras y tortilleras.
- Cajas para transportar instrumentos delicados.
- Cubiertas protectoras para garrafones que contienen productos químicos.
- Bloques de los que se cortan placas para aislar techos y para hacer cielos falsos. (Ureta. 1989)
- Juguetes.
- Como reemplazante de madera (puertas). (Ramos. 1988)

1.5.4. USO AGRÍCOLA DEL POLIESTIRENO

Las espumas de poliestireno por no aportar materia orgánica al suelo del cultivo; su acción depende sólo del estado físico de la espuma, es decir, de su morfología. Los suelos arenosos no necesitan del empleo de estas espumas a diferencia de los arcillosos. (Robledo. 1988)

Incorporando a un suelo en la proporción de 10% al 25% en volumen aumenta la resistencia a la lixiviación. El aligeramiento obtenido mejora el reparto del calor y del aire en la zona de las raíces y favorece, en consecuencia, el crecimiento de los vegetales. (Robledo. 1988)

La espuma de poliestireno se emplea en compuestos utilizados en el envasado de plantas porque mejora el drenaje, reduce la cantidad de agua, disminuye el volumen de la densidad y el costo de esta alternativa es más efectivo. La estructura cerrada del poro de la espuma hace de este uno de

los menores retenedores de agua en su uso. La espuma no tiene capacidad de intercambio catiónico, y no contiene nutrientes de siembra.

El tamaño deseable del rango de la gota de poliestireno para la vasija o maceta es de 1/8 a 3/16 de pulgada de diámetro y 1/8 a 1/2 de pulgada (0.3 cm a 1.3 cm) para las piezas delgadas. Debido al bajo espesor de la densidad de las gotas de la espuma (0.75 lb - 1.0 lb/pie³; 12 g a 16 g/l), esto representa problemas de manipulación. Debe de ser manejado en áreas donde exista poca turbulencia para prevenir el arrastre de las partículas. El problema del arrastre es debido a las cargas estáticas de las partículas de la espuma, las cuales provocan que se adhieran a objetos y superficies en el área de manejo. Una pequeña cantidad de agua más un agente húmedo aplicado a la espuma reducirá ambos problemas de manipulación y manejo. (Hammer and Townsend. 1993)

Todas las experiencias que se han realizado en el mejoramiento de suelos con espumas de poliestireno en la creación de jardines, parques, césped o terrenos de deportes han sido positivos.

Hay que calcular de 200 m³ a 600 m³/Ha, según sea la textura del suelo y la profundidad del tratamiento. Las perlas o copos se extienden en una capa de 2cm a 6cm en toda la superficie del terreno y luego hay que introducirlos rápidamente en el suelo; en caso contrario se corre el riesgo de que sean dispersados por el viento. Para la incorporación se utilizan gradas o rastrillos de discos, binadoras rotativas, etc.

El desarrollo de estas técnicas con la espuma de poliestireno para la agricultura ha resuelto el problema que supone la eliminación de los residuos de este tipo de espuma. "Es lo mismo que estos residuos provengan de la fabricación de la industria de transformación o de los embalajes no reutilizables por el mayorista o por el usuario particular; en cualquier caso, son recuperables y, una vez debidamente molidos, son utilizables directamente". (Robledo. 1988)

1.5.5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL POLIESTIRENO

1. Partículas grandes y uniformes.
2. Buena aireación. Mejora el drenaje.
3. No retiene humedad.
4. Baja densidad. Aligera la mezcla.
5. Baja C.I.C.
6. Intermedio. pH cercano al neutro.
7. No tiene capacidad amortiguadora.
8. Bajo en sales solubles.
9. Libre de plagas y/o enfermedades.
10. Libre de sustancias tóxicas.
11. Fácil de mezclar. Puede usarse hasta un 40% de la mezcla.
12. Hay uniformidad entre lotes.
13. De fácil disponibilidad.
14. Precio intermedio. (Martínez. 1994)

1.6. GENERALIDADES DEL CULTIVO

1.6.1. ORIGEN

La zanahoria (Daucus carota L.) es originaria de Asia Central; en Afganistán ha presentado mayor diversidad genética (Vavilov, 1951). Fue introducida a Europa en el siglo XII, arribando al Continente Americano a principios del año 1600. (Yamaguchi. 1983)

1.6.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Reino.....Vegetal
División.....Angiospermae
Clase.....Dicotiledonea
Subclase.....Rosidae
Orden.....Umbelliferae o Apiales
Familia.....Umbelliferae
Género.....Daucus
Especie.....carota
Nombre científico....Daucus carota L.
(Sánchez. 1984)

1.6.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

1.6.3.1. RAÍZ

La zanahoria (*Daucus carota* L.) es una planta bianual y alógama, constituida por una raíz primaria la cual es carnosa y cuya parte superior es gruesa, su coloración generalmente es amarilla, anaranjada o roja. (Valadez. 1994). De ésta se forman raíces laterales relativamente pequeñas, las cuales al desarrollarse alcanzan 1.2 m a 1.5 m, extendiéndose hasta 90 cm. (Weaver y Bruner. 1927)

1.6.3.2. TALLO

El tallo es estriado, considerablemente veloso y ramificado y se mantiene erecto. Durante el primer año es muy corto y crece normalmente después de los estadios de vernalización durante el segundo año. Cada una de las ramificaciones que crecen de las axilas de las hojas, terminan con una inflorescencia. Alcanza normalmente una altura de 80 cm a 100 cm. (Guenkov. 1983)

1.6.3.3. HOJAS

Son pubescentes, de color verde; bipinasectas. o tripinasectas, de segmentos dentados y lobulados y con peciolo largos. (Valadez. 1994)

1.6.3.4. FLORES

La inflorescencia es una umbela compuesta, que consta de umbelas menores. Las flores son blancas y poseen cinco pétalos y cinco estambres, son hermafroditas, pero algunas veces puede haber flores femeninas y masculinas, el ovario es ínfero de dos carpelos y dos pistilos. Los estambres maduran antes de que los estigmas estén aptos para recibir el polen. La polinización es cruzada; la floración de una inflorescencia tiene una duración de quince días aproximadamente, en toda la planta de 25 a 30 días y en toda la plantación, alrededor de 40 días. (Guenkov. 1983)

1.6.3.5. SEMILLAS

El fruto es un diaquenio; las semillas son convexas de un lado y plano del otro y elípticas. El color de las semillas es pardo. Las semillas están cubiertas por una capa dura, que contiene aceites esenciales, por lo cual se dificulta la penetración del agua y su inhibición. (Guenkov. 1983)

1.6.4. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS

La zanahoria es una planta de clima templado. La temperatura de germinación debe de ser mayor de 5°C. (Guenkov), menciona que las temperaturas ideales para la germinación oscilan entre 18°C y 25°C, germinando las semillas en estas condiciones entre los 10 y 12 días. (Valadez. 1994)

Su temperatura óptima de crecimiento está comprendida entre 16°C y 18°C. Una temperatura excesivamente alta repercute en una coloración más clara de las raíces, así como un tamaño más reducido de las mismas y una forma más esférica y menos cilíndrica (Stanhill), mientras que temperaturas más bajas producen una coloración más pálida y una mayor longitud de raíces. (Maroto. 1989)

Temperaturas de 20°C a 22°C son las más adecuadas para el crecimiento de la parte comestible (raíz) y que la de la parte vegetativa requiere entre 23°C y 25°C. (Guenkov. 1983)

Puede soportar heladas, siempre y cuando no sean de intensidad excesiva posee exigencias importantes en humedad y, en caso de sufrir sequía la raíz adquiere un aspecto menos cilíndrico y se forma sobre el peciolo un reticulado fibroso que deprecia su valor en muchas variedades la incidencia de bajas temperaturas, en determinadas épocas, puede producir la subida a flor prematura. (Maroto. 1989)

1.6.5. REQUERIMIENTOS EDÁFICOS

De acuerdo al pH en el que se puede desarrollar, la zanahoria ha sido clasificada como ligeramente tolerante a la acidez, siendo su rango de pH de 5.5 - 6.8. En lo referente a la salinidad, la zanahoria está clasificada como medianamente

tolerante, con valores de 6400 ppm a 2560 ppm (10 mmho a 4 mmho). (Richards. 1954)

Se desarrolla mejor en los suelos profundos de textura ligera con buen contenido de arena y que retengan bien la humedad. En los terrenos pesados y compactos originan raíces con fibrosidades endurecidas que las deprecian, menor peso, diámetro y longitud, siendo además propensos al desarrollo de podredumbres. Stranberg y White (1979), han estudiado los efectos de la compactación del suelo en la producción de zanahorias, habiendo constatado que, a medida que se incrementa el grado de compactación del terreno, se observa una longitud menor, un peso menor y un diámetro más pequeño de las raíces. Los terrenos pedregosos dan lugar a formación de raíces bifurcadas, por lo que no son aptos para su establecimiento. (Maroto. 1989)

La zanahoria es exigente en relación a la aireación del suelo. Investigaciones especiales de Banga (citado por Guenkov) y otros han demostrado que un contenido menor del 6% de oxígeno en el suelo, ha contribuido a la reducción de las raíces carnosas y la intensificación de su color. Sobre suelos pesados y de textura mala, se forman raíces con lenticelas y superficies rugosas por lo que semejantes suelos son inapropiados para su producción. Además estos suelos forman una costra gruesa que dificultan la germinación de las semillas. (Guenkov. 1983)

1.6.6. FERTILIZACIÓN

Se reporta que esta hortaliza puede o no responder a la fertilización nitrogenada. (Valadez. 1994)

La mayoría de los autores coinciden al decir que la fertilización varía notablemente de un lugar a otro, encontrándose dosis de N-P-K que van de 40-40-00 hasta 120-60-30, utilizándose muchas veces abonos orgánicos.

Además se recomienda utilizar Sulfato de Amonio como fuente de Nitrógeno y cuando se use urea debe de tenerse mucho cuidado con su aplicación, ya que puede provocar formación de

raíces dobles si el fertilizante se coloca por debajo de la raíz y/o semilla. (Valadez. 1994)

Para obtener raíces carnosas de buena calidad es importante balancear bien las sustancias nutritivas del suelo. Si se aplican mayores cantidades de fertilizantes nitrogenados, las raíces no son lo bastante dulces y por consiguiente no son muy aptas para su almacenamiento. Con cantidades excesivas de nitrógeno se acelera la tendencia de las raíces carnosas a agrietarse. Para obtener zanahorias de buenas propiedades de conservación y de excelente calidad gustativa deben de recibir suficiente fósforo y calcio. (Guenkov. 1983)

La aplicación de una dosis de N-P-K de 120-80-40 dio como resultado la obtención de raíces más largas, con mayor diámetro y mayor peso y, por ende, mayor rendimiento. (Cedillo y Romero. 1995)

A pesar de que en general no es aconsejable en hortalizas aprovechables por sus raíces, hacer aportaciones orgánicas inmediatamente antes del cultivo, se ha comprobado que si estas se realizan, siempre que los estiércoles estén bien descompuestos, se observa un incremento en los rendimientos. Un estiércol demasiado fibroso puede inducir la formación de raíces ahusadas. (Maroto. 1989)

Se debe señalar que la fertilización nitrogenada tiene una influencia importante sobre el contenido en vitaminas y caroteno. La aportación de nitrógeno en forma nítrica acelera el cambio de coloración de amarillo a rojo. (Pelletier. 1978)

Un exceso de nitrógeno puede inducir a un mayor desarrollo foliar, una mala conservación de las raíces, una disminución del contenido de caroteno y un aumento del contenido en nitratos. (Maroto. 1989)

1.6.7. VARIEDADES

Las variedades más apreciadas son las de raíces rojo-anaranjadas, dentro de cuyo grupo existe una gran variabilidad en función de su longitud que pueden ser:

◆ **Largas:** De longitud superior a los 20 cm a 25 cm, como: *Bicolor, Bercoro, Flacoro, Saint Valeri, Searia.*

◆ **Semilargas:** Cuya longitud es de 15 cm a 20 cm, como: *Primato, Nantesa, Tip-Top, Forto, Express, Slendero, Marko, Romosa.*

◆ **Semicortas:** Cuya longitud es de 10 cm a 12 cm, como: *Obtusa de Guerande, Foram, Chantenay.*

◆ **Cortas:** Cuya longitud es inferior a los 10 cm, como: *Roja de Nancy, Early French Frame, Corta de Guerande.*

De este grupo, sin duda alguna las de mayor aceptación para el mercado en fresco son las semilargas. Para la industria generalmente se cultivan variedades de unos 10cm de longitud y 1 cm a 2 cm de diámetro. (Maroto. 1989)

1.6.8. ÉPOCA DE SIEMBRA

La zanahoria es un cultivo que en México se puede explotar durante todo el año excepto en época de lluvias. (INIA. 1976)

1.6.9. MANEJO AGRONÓMICO

Requiere una buena preparación el terreno, de forma que éste se muestre perfectamente mullido, en una determinada profundidad, mayor en las variedades largas y semilargas. (Maroto. 1989)

1.6.9.1. BARBECHO

Esta labor es de gran importancia ya que la cosecha es propiamente la raíz y requerirá para su desarrollo normal, de un terreno flojo con buena aireación. El barbecho deberá de ser de una profundidad de 25 cm a 30 cm, por lo menos.

1.6.9.2. RASTRA

Después del barbecho es necesario eliminar los terrones mediante pasos de rastra; generalmente se requiere de dos a

tres rastras en forma cruzada.

1.6.9.3. NIVELACIÓN

La zanahoria requiere de una buena nivelación del terreno para facilitar el riego, y así evitar encharcamientos o áreas mal regadas que originan problemas de pudriciones y de mala germinación. (Valadez. 1994)

1.6.9.4. SURCADO

Los surcos dobles son muy convenientes en suelos pesados ya que evitan el exceso de humedad y con ello la podredumbre. La elección de la conformación del terreno esta en función del sistema de riego. Si el riego es de gravedad se formarán surcos, ya que la planta es exigente en humedad. (Gracia y Palau. 1983)

La distancia entre surcos puede variar de 72 cm a 92 cm eligiendo la pendiente del terreno que facilite el riego para evitar las corrientes fuertes de agua. Los surcos no deberán de tener una longitud mayor de 100 m. (Valadez. 1994)

1.6.9.5. DENSIDAD DE SIEMBRA

Se utiliza sólo siembra directa; las dosis de semilla varían de 3.5 Kg a 4.5 kg/Ha. Las poblaciones de zanahoria son muy altas pues oscilan entre 800,000 y 950,000 plantas por hectárea. En la siembra a doble hilera la distancia entre éstas es de 30 cm - 35 cm. Por lo general la distancia entre plantas es tan estrecha que se le llama a "chorrillo", recomendándose no dejar una distancia mayor de 3 cm. (Valadez. 1994)

1.6.9.6. ACLAREOS

Deben realizarse cuando las plantas tienen dos o tres hojas dejando entre planta, una distancia comprendida entre 8 cm y 15 cm. Normalmente suelen darse dos aclareos sucesivos en un intervalo de 10 días. (Maroto. 1989)

Las zanahorias arrancadas en el aclareo son muy buenas para el consumo. Se debe tener cuidado de dejar en la fila el espacio que corresponda al requerido por la zanahoria cuando

está madura. (Tamaro. 1977)

1.6.9.7. ESCARDA Y APORQUE

Se recomienda que estas prácticas sean ligeras en suelos arcillosos con la finalidad de que estén lo más sueltas posibles. Antes de realizar el primer aporque se efectúa la segunda aplicación de nitrógeno, que coincide aproximadamente con los 40 a 45 días posteriores a la siembra. Se recomienda llevar a cabo sólo los aporques necesarios "sobre todo en la etapa adulta" para evitar el verdeo en la corona u hombros de la parte comestible. (Valadez. 1994)

1.6.9.8. RIEGOS

El período más crítico para la zanahoria es desde la germinación hasta un mes aproximadamente después de ésta, cuando el crecimiento es lento aún y el sistema de raíces es débil. Por lo que durante este período el cultivo debe regarse regularmente. Más tarde las plantas son más resistentes a la sequía, sin embargo, si se forman con insuficiente humedad, las raíces carnosas se alargan y se tornan más aguzadas y toscas, por lo que durante este período es recomendable regar procurando mantener la humedad del suelo alrededor del 75% de la capacidad de campo. El riego se puede utilizar por aspersión o por infiltración pero en ningún caso se debe regar por medio de inundación, pues se compacta el suelo, se limita el acceso de aire y esto no favorece la formación de raíces carnosas excelentes. (Guenkov. 1983)

El riego va a variar, dependiendo de la época del año en que se halla sembrado, la textura del suelo, etc.; sin embargo a nivel comercial se dan un promedio de 6 a 10 riegos, teniendo mucho cuidado de que no le haga falta en la etapa adulta (después de los 70 días), lo cual provocaría rajaduras en la parte comestible de la zanahoria. (Valadez. 1994)

1.6.9.9. CONTROL DE MALEZAS

El principal problema que se presenta en el cultivo de la zanahoria son las malezas; esta hortaliza figura entre las que muestran mayor tolerancia a la aplicación de herbicidas, entre

los que se mencionan, los siguientes:

PRODUCTO	CANTIDAD POR HA.	APLICACIÓN
Preflán (Trifluralina)	1.5 - 2.0 l	Incorporado
Linurón (Lorox) 50t	2.5 Kg	Preemergente
Linurón (Lorox) 50t	2.5 - 3.0 Kg	Postemergente
Diesel o Petróleo	200 l	Postemergente

1.6.9.10. PLAGAS

Las principales plagas son:

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONTROL N.C.*	DOSIS 1/HA
Falso medidor	Trichoplusiani H	Dipel	0.3 Kg
Mosca de la zanahoria	Psila rosae P.	Metaxatax	0.5
Pulgón de la zanahoria	Semiaphis dauci L.	Paratión etílico	1.0
Nemátodo	Heterodera spp.	Nemacur	35 Kg

* Nombre comercial

Su ataque se presenta poco después de la siembra, atacando la semilla y a la plántula, causando daños a la raíz. (Valadez. 1994)

1.6.9.11. ENFERMEDADES

Las principales son:

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	CONTROL N.C.*	DOSIS Kg/Ha
Cenicilla	Erysiphe umbeliferarum L.	Manzate-200	1.5
Alternaria	Alternaria daucy K.	Maneb y Zineb	1.5
Pudrición suave	Erwinia carotovora L.R.	Agrimicín	0.5
Tizón bacterial	Xanthomonas carotae K.	Sulfato de cobre	1-2

* Nombre comercial. (Valadez. 1994)

1.6.9.12. ACCIDENTES Y FISIOPATÍAS

Sequía: produce fibrocidades de consistencia dura que deprecian la calidad comercial.

Raíces Agrietadas: Accidente relacionado con la humedad del suelo. Suele ocurrir en épocas en que las raíces engrosan demasiado, mientras que el crecimiento foliar es escaso.

Manchas Secas: Sobre la superficie de la raíz aparecen manchas en cavidades redondas u ovals, como consecuencia de un exceso de humedad del suelo.

Raíces Bifurcadas: Accidente típico cuando se cultivan zanahorias en suelos pedregosos.

Necrosis Foliares. En ocasiones pueden verse necrosis marginales en hojas todavía no desarrolladas totalmente, en el caso de que el cultivo se esté realizando en condiciones climáticas muy favorables.

Carencia de Boro: Produce manchas gomosas en las raíces, enmarronamiento de las mismas y descamaciones.

Subida a Flor prematura: Deprecia comercialmente la cosecha, y las raíces adquieren un sabor amargo. (Maroto. 1989)

1.6.9.13. COSECHA

Las variedades de zanahoria tienen un ciclo de cultivo variable, que cubren entre 75 y 100 días. Para iniciar la cosecha, se debe de hacer un muestreo en el cultivo para verificar la madurez fisiológica. (Maroto. 1989)

La recolección puede realizarse manualmente o con maquinaria. En la recolección mecanizada puede utilizarse los siguientes sistemas:

1. Máquina arrancadora con reja localizada.
2. Máquina arrancadora alineadora.
3. Máquina arrancadora con planchas basculantes de rejilla.

A veces estas máquinas llevan incorporadas unos discos dentados para deshojar las raíces. (Maroto. 1989)

En la cosecha manual, para extraer la raíz del suelo se puede utilizar una pala recta para remover el área alrededor de la raíz. Posteriormente de sacar la raíz, se le corta el follaje, se lava y se selecciona.

La conservación en cámara frigorífica a 0°C y 90-95% de humedad relativa, permite un almacenamiento en buenas condiciones durante 2 ó 3 meses, sin embargo, no se recomienda almacenarla en un periodo de más de 10 días. (Calderón. 1996)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán/U.N.A.M., la cual se localiza en las orillas del Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México; sobre el Km 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan. A los 19° 41' 35" de L.N. y a 99° 11' 42" Long. Oeste, a una altitud de 2252 m.s.n.m.

2.2. CONDICIONES AMBIENTALES

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García se presenta en la región un clima C (Wo) (w) b(i') que corresponde al tipo templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano y seco en invierno (menos del 5% de la precipitación anual, con verano largo y fresco; con temperatura extremosa respecto a su oscilación. (García. 1973)

La temperatura media anual es de 13.9°C el mes más frío es enero con 11.7°C y el mes más caliente es junio con 18.3°C en promedio, con 2.3°C de temperatura mínima y máxima de 26.5°C respectivamente. La precipitación media anual es de 607 mm, concentrándose en los meses de mayo a octubre, julio es el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el más seco con 38 mm en promedio.

El promedio anual de días con heladas es alto (64 días), abarcando desde octubre hasta abril, son más frecuente en diciembre, enero y febrero; las tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo.

La frecuencia de granizadas es baja, se observa en verano principalmente. (De la Teja. 1982) **ANEXO I**

De acuerdo con el sistema FAO - DETENAL los suelos de la F.E.S. - Cuautitlán han sido clasificados como Vertisoles pélicos presentan una textura fina, son arcillosos; son suelos pesados difíciles de manejar por ser plásticos y adhesivos

cuando están húmedos, y duros forman grietas profundas cuando se secan y pueden ser impermeables al agua de riego y/o de lluvia. (FAO. 1968) ANEXO VI

Tiene un pH de 6 a 7. (Apuntes de la cátedra de Suelos. 1996)

2.3 PREPARACIÓN DEL TERRENO

1. Un barbecho y 2 pasos de rastra.
2. División del terreno en 36 unidades experimentales de 4m x 1m.
3. Mezclado del material a 25 cm de profundidad.
4. Formación de las camas.
5. Se puso una capa de composta en la superficie de cada parcela experimental o cama para facilitar la emergencia de la plántula (30Kg c/u).
6. Siembra. Se dividió cada cama en 4 surcos a una distancia entre surcos de 20cm. ANEXO II

2.4. INSUMOS AGRÍCOLAS

1.- Semilla. La semilla que se utilizó fue de la var. Nantes, de la compañía ASGROW. Empleándose 160 g para cubrir una superficie de 144.0 m².

2.- Fertilizantes. Se utilizó una dosis de 80-40-10, utilizándose como fuentes los siguientes fertilizantes:

Nitrato de Amonio 3.44 Kg

Superfosfato de Calcio Triple 1.26 Kg

Cloruro de Potasio 0.24 Kg

3.- Plaguicidas. Para el control de plagas se utilizó DIAZINON en una proporción de 1 ml/l. Aplicándose 20 ml para toda la superficie.

4.- Herbicidas. No se utilizaron herbicidas, ya que se realizó deshierbe manual.

* Mezclado del material en seco.

5.- Fertilizante foliar. Se utilizó Grow-Green. en una proporción de 1 g/l. Aplicándose 15 g para toda la superficie.

2.5. DESARROLLO

- Una vez formadas las camas, se distribuyeron en la superficie 30Kg de composta por cada una, esta fue proporcionada por el Municipio de Cuautitlán, México (la cual proviene de los desechos que se colectan del mercado). Esto se realizo con el fin de favorecer la emergencia de la planta, dadas las características del suelo, en el que predominan las arcillas y que al secarse se forma una costra compacta que impide la emergencia. **ANEXOS III Y VI**

- En cada cama se realizaron 4 pequeños surcos con una distancia entre cada uno de ellos de 20cm. Al realizar la siembra se utilizó el método llamado a "chorrillo"; al momento de esta se realizó la primera fertilización, en donde se aplicó la mitad de Nitrato de Amonio y el total de Super Fosfato de Calcio Triple y el de Cloruro de Potasio.

- La planta emergió a los 10 días después de la siembra, realizándose el primer aclareo cuando la planta tenia una altura de 7 cm. El segundo aclareo se realizó cuando la planta alcanzó un altura de 15 cm, dejándose en este último una zanahoria cada 5 cm, y aprovechándose para realizar la segunda aplicación de Nitrato de Amotino.

- Se realizaron dos aplicaciones de fertilizante foliar, la primera aplicación se hizo en la tercera semana de octubre y la segunda en la tercera semana de noviembre. **ANEXO III**

- La incidencia de plagas no fue notoria, pero se realizaron dos aplicaciones preventivas de insecticida en todo el ciclo. La cantidad que se aplicó fue de 1 mal/l, utilizándose una mochila de 20 l. **ANEXO III**

- El control de la maleza fue manual, realizándose al momento de los aclares. Las entrecalles se deshieron con azadón.

- Los riegos se realizaron por medio de regadera, ya que el terreno donde se llevó a cabo el experimento no cuenta con riego por gravedad y la presión de la toma de agua es insuficiente para instalar un sistema de riego presurizado. Los primeros riegos fueron cada tercer día hasta el 30 de Noviembre, posteriormente se espaciaron a cada cuatro días hasta seis días antes de la cosecha. **ANEXOS IV Y V**

- La cosecha se realizó en la segunda semana de enero, (a los 102 días); esto fue con el fin de observar al máximo el desarrollo de la raíz y de esta forma evaluar el material. Para facilitar la cosecha se utilizaron palas y bieldos para sacar la raíz, procediéndose posteriormente al lavado en el mismo lugar, se encostaló y se trasladó al laboratorio para la toma de datos. Estas actividades se desarrollaron el mismo día (cosecha y toma de datos). **ANEXO III**

2.6. MATERIALES UTILIZADOS

- | | |
|--------------------|---|
| - Palas curvas | - Cinta métrica |
| - Palas rectas | - Regadera |
| - Picos | - Manguera |
| - Rastrillos | - Mochila para aplicación de agroquímicos |
| - Azadones | - Carretilla |
| - Mecahilo | - E.P.S. virgen (Perla 3.5 mmø) |
| - Estacas | |
| - E.P.S. reciclado | |

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis del experimento se utilizó un modelo matemático factorial 2 x 3 completamente al azar, con 5 repeticiones y un testigo por tratamiento, siendo evaluadas las medias de éste contra las medias de los tratamientos.

Los factores son los siguientes:

Factor Material:

A1 Poliestireno Perla virgen (E.P.S.V.)
A2 Poliestireno Reciclado (E.P.S.R.)

Factor Cantidad:

B1 0.500 g
B2 0.750 g
B3 1,000 g

Los tratamientos resultantes de la combinación de los factores, de acuerdo al diseño experimental son:

1. A1B1	x	5	Repeticiones	+	Testigo
2. A1B2	x	5	Repeticiones	+	Testigo
3. A1B3	x	5	Repeticiones	+	Testigo
4. A2B1	x	5	Repeticiones	+	Testigo
5. A2B2	x	5	Repeticiones	+	Testigo
6. A2B3	x	5	Repeticiones	+	Testigo

* Resultando un total de 36 unidades experimentales o "camas".

ANEXO II

3.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES

3.2.1. ALTURA DE PLANTA (A.P.)

Este dato fue obtenido midiendo la longitud máxima de la parte área más la raíz en cm. Utilizando cinta métrica.

3.2.2. LONGITUD DE RAÍZ (L.R.)

Se obtuvo midiendo la longitud de la parte comestible (raíz), con una cinta métrica, en cm.

3.2.3. PESO DE RAÍZ (P.R.)

Se tomó este dato únicamente de la raíz, sin la parte área, empleando una balanza analítica, en g.

3.2.4. DIÁMETRO DE RAÍZ (D.R.)

Este dato se tomó del cuello de la raíz con la ayuda de un vernier, en cm.

3.2.5. PESO DE TALLO (P.T)

El peso de la parte área de la planta se tomó del follaje de la planta, con la ayuda de una balanza analítica, en g.

3.2.6. ALTURA DE TALLO (A.T.)

La altura del tallo se obtuvo de la siguiente manera: la planta se midió completa, raíz y tallo juntos, después la raíz fue medida y por diferencia de longitudes entre ambas se obtuvo la longitud del tallo, en cm, midiéndose con cinta métrica.

3.3. TOMA DE DATOS

Se tomaron muestras de 10 zanahorias al azar por cama, obteniéndose un total de 50 zanahorias por repetición para un total de 300 zanahorias y 60 zanahorias para el testigo. Todos estos datos se tomaron el mismo día de la cosecha, reportándose en gramos y en centímetros de acuerdo a cada variable.

Los resultados se analizaron con el paquete estadístico S.P.S.S. for MS WINDOWS versión 5.0; (t-tests for independent samples of T).

3.4. RESULTADOS.

Del experimento realizado, para analizar el material E.P.S. perla virgen y reciclado como mejorador de drenaje y aireación de un suelo arcilloso, utilizando el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) como indicador; se obtuvieron los siguientes resultados en el análisis estadístico de la prueba de T.

I.- VARIABLE ALTURA DE PLANTA.

TABLA 1

A.P.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 500 g	50	50.4180	5.427	0.824
TESTIGO	60	48.5117	5.056	0.653

Diferencia de Medias = 2.3063

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	2.22	104	0.028	1.030	(0.249 , 4.364)	**

A.P.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 500 g	50	51.6340	6.238	0.882
TESTIGO	60	48.5117	5.056	0.653

Diferencia de Medias = 3.1223

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	2.90	109	0.005	1.077	(0.987 , 5.257)	**

Los tratamientos en donde se mezcló el material E.P.S. perla virgen y reciclado con el suelo en una cantidad de 500g. (Tabla 1) respectivamente, demostraron ser mejores que el testigo, obteniéndose una mayor altura de la planta, como se comprueba en el análisis estadístico de la prueba de T, la cual indica que ambos tratamientos son altamente significativos en comparación con el testigo, como se puede observar en las medias.

TABLA 2

A.P.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 750 g	50	52.2820	5.706	0.807
TESTIGO	60	48.5117	5.056	0.653

Diferencia de Medias = 3.7703

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	3.67	108	0.000	1.027	(1.735 , 5.806)	**

A.P.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 750 g	50	51.4460	5.371	0.760
TESTIGO	60	48.5117	5.056	0.653

Diferencia de Medias = 2.9343

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	2.95	108	0.004	0.996	(0.960 , 4.909)	**

Al aumentar la cantidad del material de E.P.S. perla virgen y reciclado en una cantidad de 750g (Tabla 2) para cada uno y mezclado con el suelo, se obtuvo también un mayor desarrollo de la altura de la planta en comparación con el testigo, demostrándose con las medias obtenidas al realizar la prueba de T, en donde resultaron ser altamente significativos los tratamientos en sus dos presentaciones.

TABLA 3

A.P.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 1000 g	50	51.6460	4.315	0.610
TESTIGO	60	48.5117	5.056	0.653

Diferencia de Medias = 5.1343

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	5.66	108	0.000	0.907	(3.337 , 6.932)	**

A.P.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 1000 g	50	51.9300	6.391	0.904
TESTIGO	60	48.5117	5.056	0.653

Diferencia de Medias = 3.3183

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	3.04	108	0.003	1.092	(1.154 , 5.483)	**

La incorporación al suelo de 1000g (Tabla 3) de material de E.P.S. perla virgen y reciclado, demostraron en la prueba

estadística de T ser altamente significativos comparando las medias obtenidas y comparándolas con la del testigo, demostrando de igual modo que la planta tuvo un mejor desarrollo y crecimiento en los tratamientos que en el testigo.

Como se observa en los resultados obtenidos, los tratamientos en los que se utilizo el material de E.P.S. perla virgen y reciclado en diferentes cantidades; superaron al testigo, comprobándose que el material permitió una mejor aireación y drenaje del suelo. Hartman y Kester (1984), mencionan que en suelos mal drenados, pantanosos, el agua reemplaza al aire, privando tanto a las raíces como a ciertos microorganismos aeróbicos convenientes, del oxígeno para la existencia. Hillel (1994) señala que el proceso de aireación del suelo es uno de los más importantes que determinan la productividad del suelo. Las raíces de las plantas absorben oxígeno y liberan bióxido de carbono durante la respiración.

Stranberg y White (1979), han estudiado los efectos de la compactación del suelo en la producción de zanahoria, habiendo constatado que, a medida que se incrementa el grado de compactación del terreno, se observa una longitud menor, un peso menor y un diámetro más pequeño de las raíces.

II.- VARIABLE LONGITUD DE RAÍZ

TABLA 4

L.R.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	S. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 500 g	50	13.8120	1.905	0.269
TESTIGO	60	14.7083	1.862	0.240

Diferencia de Medias = 1.1037

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	S. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	3.06	108	0.003	0.360	(0.389 , 1.818)	**

L.R.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	S. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 500 g	50	15.9140	1.935	0.274
TESTIGO	60	14.7083	1.862	0.240

Diferencia de Medias = 1.2057

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	S. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	1.32	108	0.001	0.363	(0.486 , 1.925)	**

La prueba estadística de T realizada a los resultados obtenidos entre la mezcla de suelo y el material de E.P.S. perla virgen y reciclado en una cantidad de 500g (Tabla 4) para cada uno de ellos, permitieron una mejor respuesta de la longitud de la raíz en comparación con el testigo, como lo demuestran las medias. Esta prueba nos indica que los tratamientos en los que se utilizó el material fueron altamente significativos.

TABLE 5

L.E.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V 750 g	50	16.2000	1.449	0.209
TESTIGO	60	14.7683	1.862	0.240

Diferencia de Medias = 1.4917

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
DESIGUALES	4.72	107.99	0.000	0.415	(0.865 - 2.118)	**

L.E.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R 750 g	50	15.9940	1.921	0.272
TESTIGO	60	14.7083	1.862	0.240

Diferencia de Medias = 1.1857

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	3.26	109	0.000	0.361	(0.438 - 1.672)	**

En la mezcla de 750g (Tabla 5) de material E.P.S. perla virgen y reciclado se comprobó con la prueba estadística de T, que ambos tratamientos son mejores que el testigo, al obtenerse en ellos una mayor longitud de la zanahoria, por lo que al comparar las medias del material resultaron ser altamente significativas en comparación con la de éste último.

TABLE 6

L.E.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V 1000 g	50	18.1160	14.308	2.023
TESTIGO	60	14.7083	1.862	0.240

Diferencia de Medias = 3.4077

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	1.83	109	0.070	1.864	(-0.288 - 7.103)	*

U.S.R.	N. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	S. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 1000 g	50	14.2440	2.101	0.297
TESTIGO	60	14.7063	1.462	0.240

Diferencia de Medias = 1.5357

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	S. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	4.06	108	0.000	0.378	(9.786 , 2.285)	**

Como se observa en el análisis estadístico de la prueba de T, efectuada a la mezcla de 1000g (Tabla 6) de material de E.P.S. perla virgen y reciclado respectivamente así como al testigo, el primero resulto ser significativo y el segundo altamente significativo en comparación con el testigo, demostrándose esto al comparar las medias.

Narro (1994), nos menciona que el crecimiento vegetal depende de la condición general del suelo, en el cual la estructura produce efectos importantes como son la velocidad de infiltración del agua, la resistencia del suelo a la penetración de las raíces, la densidad aparente, porosidad, retención de humedad disponible para las plantas y formación de "piso de arado".

La porosidad del suelo también juega un papel importante como lo menciona Adams (1989), quien nos dice que debe de haber suficientes poros pequeños para asegurar una buena retención de agua, pero también suficientes poros grandes para permitir el libre drenaje, el intercambio gaseoso y la completa exploración del suelo por parte de las raíces.

Esto que mencionan Narro y Adams, se comprobó en el experimento realizado y corroborándose con el análisis estadístico de la prueba de T, y tal como se observa en los resultados obtenidos, los cuales nos indican que los tratamientos en que se utilizó el material en sus dos presentaciones fueron mejores que el testigo.

III.- PESO DE RAÍZ

TABLA 7

P.P.	N. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	S. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 500 g	50	61.3600	18.323	2.581
TESTIGO	60	61.8917	14.074	1.817

Diferencia de Medias = 19.4683

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	6.30	108	0.000	3.691	(13.341 , 29.596)	**

F.R.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 500 g	50	61.0810	19.276	2.726
TESTIGO	60	61.8917	14.074	1.817

Diferencia de Medias = 19.1723

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	6.02	108	0.000	3.186	(12.956 , 25.488)	**

Los tratamientos de material E.P.S. perla virgen y reciclado, los cuales se mezclaron con suelo en una cantidad de 500g (Tabla 7) de cada uno, resultaron ser mejores que el testigo al realizar la prueba estadística de T, en donde los tratamientos resultaron ser altamente significativos en comparación con el testigo lo cual también se observa al comparar las medias.

TABLA 8

F.R.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 750 g	50	65.2160	18.784	2.657
TESTIGO	60	61.8917	14.074	1.817

Diferencia de Medias = 23.3243

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	7.44	108	0.000	3.177	(17.106 , 29.543)	**

F.R.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 750 g	50	61.0640	19.276	2.726
TESTIGO	60	61.8917	14.074	1.817

Diferencia de Medias = 19.1723

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	6.02	108	0.000	3.186	(12.956 , 25.488)	**

En estos tratamientos se aumento la cantidad de material de E.P.S. perla virgen y reciclado en una cantidad de 750g (Tabla 8) en cada uno de ellos y mezclándolos con suelo, lo cual permitió un mayor peso de la raíz al compararlo con el del testigo, como se comprobó en la prueba estadística de T, la cual indica que los tratamientos son altamente significativos.

TABLA 9

E.P.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	DESV. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. P. 1000 g	50	61.0300	17.052	2.413
TESTIGO	40	61.5917	14.074	1.817

Diferencia de Medias = 21.1983

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	DESV. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE COMP. AL 95% SIG. PARA LA DIFERENCIA
IGUALES	7.14	108	0.000	2.000	(15.313 , 27.083) **

E.P.	N. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	DESV. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 1000 g	50	62.35	0.305	0.043
TESTIGO	40	61.6917	14.074	1.817

Diferencia de Medias = 20.4717

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	DESV. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE COMP. AL 95% SIG. PARA LA DIFERENCIA
DESIGUALES	12.18	59.07	0.000	1.617	(-62.488 , -55.213) **

Al aumentar a 1000g (Tabla 9) la cantidad de material de E.P.S. perla virgen y reciclado, respectivamente, permitió que este tipo de suelo no se compactara al contraerse las partículas de arcilla al secarse y permitir una infiltración más rápida del agua, con lo que obtuvo un mayor peso de la raíz al compararlas con la del testigo; corroborándose al realizar la prueba de T en donde resultó ser más significativa.

Del análisis estadístico realizado con la prueba de T, nos mostró que el peso de la raíz fue mejor en los tratamientos con E.P.S. perla virgen y reciclado, en comparación con el testigo. Russell y Russell (1968), mencionan que si la superficie de textura fina se hace más compacta, la mayor parte de los poros superficiales retendrán el agua, con la consecuencia que durante varios días después de que ha estado humedecido existirán pocos poros vacíos a través de los cuales pueda difundirse el CO₂ del subsuelo y de este modo su concentración aumentará considerablemente. Si esto sucede durante un período de tiempo cálido, las raíces absorbentes del cultivo morirán pronto.

La profundidad efectiva del suelo para el crecimiento de las raíces puede estar limitada por barreras físicas como:

niveles freáticos elevados, capas endurecidas, capas gruesas y lecho rocoso no profundo, como lo indica Martínez (1994).

Guenkov (1983), menciona que un contenido menor de 6% de oxígeno en el suelo, ha contribuido a la reducción de las raíces carnosas y la intensificación de su color, sobre suelos pesados y de textura mala, se forman raíces, con lenticelas y superficies rugosas por lo que semejantes suelos son inapropiados para su producción.

IV.- VARIABLE DIÁMETRO DE RAÍZ

TABLA 10

D.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V 500 g	50	2.0412	0.305	0.043
TESTIGO	60	2.4912	0.307	0.040

Diferencia de Medias = 0.4400

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	7.50	106	0.000	0.059	(0.124 0.556)	**

D.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R 500 g	50	2.9374	0.341	0.048
TESTIGO	60	2.6012	0.307	0.040

Diferencia de Medias = 0.3366

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	5.44	106	0.000	0.042	(0.214 0.459)	**

En la prueba estadística de T realizada para determinar si los tratamientos del material E.P.S. perla virgen y reciclado en una cantidad de 500g (Tabla 10), mezclados con el suelo cada uno, fueron mejores en relación al testigo comparando el diámetro de la raíz. Con la prueba se comprobó que los tratamientos tuvieron una alta significancia en comparación al testigo.

TABLA 11

D.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V 750 g	50	2.8996	0.441	0.062
TESTIGO	60	2.4012	0.307	0.040

Diferencia de Medias = 0.2984

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	4.17	108	0.000	0.072	(0.156 0.440)	**

D.E.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	D. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. P. 250g	50	2.317	0.314	0.0454
TESTIGO	60	2.613	0.307	0.0400

Diferencia de Medias = 0.3455

VAL. T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	D. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALDA	108	0.000	0.049	(0.228 , 0.463)	**

En estos tratamientos se aumento la cantidad del material E.P.S. perla virgen y reciclado en 750g (Tabla 11) para cada uno. Al realizar la prueba estadística de T y comparando las medias de los tres, se demostró que en los tratamientos el diámetro de la raíz fue altamente significativo que la del testigo.

TABLA 12

D.E.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	D. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. P. 1000g	50	2.383	0.283	0.0394
TESTIGO	60	2.704	0.307	0.0400

Diferencia de Medias = 0.3276

VAL. T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	D. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALDA	108	0.000	0.043	(0.203 , 0.452)	**

D.E.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	D. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. P. 1000g	50	2.602	0.105	0.0143
TESTIGO	60	2.602	0.307	0.0400

Diferencia de Medias = 0.4400

VAL. T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	D. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALDA	108	0.000	0.039	(0.324 , 0.556)	**

El diámetro de la raíz resultó ser más grande en los tratamientos en los que se utilizó el material de E.P.S. perla virgen y reciclado cuya cantidad agregada de cada uno de ellos al suelo fue de 1000g (Tabla 12), mientras que en el testigo el diámetro no aumentó, resultando altamente significativos los primeros, comprobando esto por medio de la prueba de T.

Al mezclar el E.P.S. perla virgen y reciclado en cantidades variables con el suelo, se permitió acondicionar la profundidad para que la raíz alcanzara un desarrollo y

crecimiento óptimo, como lo señalan Ortíz y Ortíz (1984); la profundidad efectiva del suelo es aquella en que las raíces penetran fácilmente en busca de agua y elementos nutritivos para la planta. De esta característica depende en gran medida el desarrollo de las plantas, ya que la profundidad condiciona el crecimiento radical y el volumen de agua disponible para la vegetación. Así mismo es una condicionante para determinadas actividades agronómicas a desarrollar en el suelo.

Estos suelos por su gran capacidad de retención de agua, conservan durante mucho tiempo la humedad; Narro (1994) nos dice que la compactación del suelo se incrementa con el contenido de humedad, es decir, a mayor contenido de está, mayor compactación. De igual modo, para Gavande (1982) si los suelos son muy compactos, las raíces no penetran en absoluto.

V.- VARIABLE PESO DE TALLO

TABLA 13

F.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 500 g	50	19.8620	4.692	1.229
TESTIGO	60	15.2343	4.682	0.604

Diferencia de Medias = 3.8237

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
DESIGUALES	2.79	22.06	0.007	1.370	(1.092 - 6.555)	**

F.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 500 g	50	20.7960	7.885	1.115
TESTIGO	60	15.2383	4.682	0.604

Diferencia de Medias = 5.5577

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	4.58	108	0.000	1.214	(3.151 - 7.964)	**

Al comparar el peso del tallo de las plantas que se desarrollaron en el testigo y de las que lo hicieron en los tratamientos de E.P.S. perla virgen y reciclado de los cuales se agregaron 500g (Tabla 13) de cada uno al suelo, el resultado de la prueba de T nos muestra que el peso del tallo fue altamente significativo en los tratamientos que en el testigo.

TABLE 14

P.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. U. 750 g	50	21,2740	5.951	0.837
TESTIGO	60	15,2383	4.682	0.604

Diferencia de Medias = 6.0397

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	6.91	108	0.000	1.094	(4.049 - 8.031)	**

P.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 750 g	50	21,3560	6.954	0.959
TESTIGO	60	15,2383	4.682	0.604

Diferencia de Medias = 6.0977

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	5.52	108	0.000	1.105	(3.907 - 8.288)	**

Los materiales de E.P.S. tanto el virgen como el reciclado mezclándolos con el suelo en una cantidad de 750g (Tabla 14) para cada tratamiento los cuales demostraron ser mejores que el testigo al permitir que los tallos de las plantas tuvieran un mayor peso, no así las que crecieron en el testigo. Comprobándose al realizar la prueba de T y comparando sus medias. Siendo estas altamente significativas.

TABLE 15

P.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 1000 g	50	21,1840	5.439	0.769
TESTIGO	60	15,2383	4.682	0.604

Diferencia de Medias = 5.9497

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	6.17	108	0.000	0.965	(4.036 - 7.853)	**

P.T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 1000 g	50	20,2760	8.715	1.292
TESTIGO	60	15,2383	4.682	0.604

Diferencia de Medias = 5.0397

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
IGUALES	3.67	71.95	0.000	1.374	(2.303 - 7.777)	**

Los resultados obtenidos en los tratamientos en que se utilizó una cantidad de 1000g (Tabla 15) de E.P.S. perla

virgen y reciclado fueron mejores que los del testigo, demostrándolo con la variable peso de tallo y realizando la prueba de T, la cual nos dice que las medias de los tratamientos son altamente significativas en comparación con el testigo.

Ortíz y Ortíz (1984), mencionan que si la profundidad del suelo es menor al espesor de máximo enraizamiento del cultivo su producción será limitada. Gavande (1982) nos dice que la compactación del suelo puede tener efectos adversos en las plantas que crecen en él, de estas dos maneras: por aumentar el impedimento mecánico al crecimiento de las raíces y por alterar la extensión y la configuración del espacio poroso. Para Delmolon (1972), la influencia del exceso de humedad cuando la aireación puede resultar insuficiente y actuar como un factor limitante de las cosechas. En los tratamientos en que se utilizó el B.P.S. en diferentes cantidades de perla virgen y reciclado no se presentaron problemas de profundidad, compactación o exceso de humedad mientras que en el testigo por estas situaciones disminuyó el peso del tallo, como lo muestra el análisis estadístico de la prueba de T.

Con la utilización de material se acondiciono la textura, profundidad y la retención de la humedad para favorecer el desarrollo de la zanahoria (*Daucus carota* L.), como lo menciona Maroto (1989), este cultivo se desarrolla en los suelos profundos de textura ligera con buen contenido de arena y que retengan bien la humedad. En los terrenos pesados y compactos originan raíces con fibrosidades endurecidas que las deprecian, menor peso, diámetro y longitud, siendo además propensos al desarrollo de podredumbres.

VI.- VARIABLE ALTURA DE TALLO

TABLA 16

A.T.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
B.P.S. (V 500 g)	50	35.8660	5.436	0.749
TESTIGO	68	33.8342	4.466	0.628

Diferencia de Medias = 1.3693

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	STO.
IGUALDAD	1.739	108	0.156	0.983	(-0.579 ; 3.318)	N.S

A.T.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 500g	50	13.7200	5.071	0.710
TESTIGO	50	11.6367	4.468	0.616

Diferencia de Medias = 2.0833

VAL.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
TOTALES	2.04	100	0.044	0.024	{0.054 , 4.113}	**

Al comparar las medias de los tratamientos en los que se utilizó 500g (Tabla 16) de E.P.S. tanto para el reciclado como para el virgen, con el testigo se comprobó a través de la prueba de T, que el primer tratamiento el cual fue de E.P.S. virgen no resultó significativo comparándolo con el testigo, pero el tratamiento en que se utilizó el E.P.S. reciclado si resultó ser altamente significativo comparándolo con el testigo.

TABLA 17

A.T.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 750g	50	16.0860	5.183	0.761
TESTIGO	50	13.6367	4.468	0.626

Diferencia de Medias = 2.4513

VAL.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
TOTALES	2.51	100	0.014	0.278	{0.512 , 4.390}	*

A.T.	NO. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 750g	50	19.5520	5.001	0.707
TESTIGO	50	17.6367	4.468	0.626

Diferencia de Medias = 1.9153

VAL.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	SIG.
TOTALES	2.03	100	0.045	0.944	{0.044 , 3.786}	**

Al realizar el análisis estadístico con la prueba de T, para determinar la altura del tallo, se obtuvo que los tratamientos en los que se mezclaron 750g (Tabla 17) de E.P.S. virgen y reciclado por cada uno de ellos con suelo, la prueba demostró que la media del primer tratamiento fue significativa y el segundo resultó ser más altamente significativo, comparando las medias de estos con la del testigo.

TABLA 18

A. T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. V. 1000 g	50	37.5306	4.581	0.642
TESTIGO	60	33.6367	4.866	0.628

Diferencia de Medias = 3.8933

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	STO.
IGUALES	4.29	108	0.000	0.003	(2.094 , 5.493)	34

A. T.	No. DE DATOS	MEDIA	DESV. ESTÁNDAR	E. ESTÁNDAR DE LA MEDIA
E.P.S. R. 1000 g	50	35.5850	5.675	0.821
TESTIGO	60	33.6367	4.866	0.628

Diferencia de Medias = 1.9493

VAR.	VALOR DE T.	G. DE LIBERTAD	SIGN. BILATERAL	E. ESTÁNDAR DE LA DIFERENCIA	INT. DE CONF. AL 95% PARA LA DIFERENCIA	STO.
IGUALES	1.94	108	0.055	1.805	(- 0.044 , 3.942)	34

Con la mezcla de 1000g (Tabla 18) para cada uno de los tratamientos de material virgen y reciclado de E.P.S se obtuvo una mayor altura del tallo comparándolo con el testigo, analizándose por medio de la prueba de T con la que se demostró que el tratamiento de E.P.S. virgen resultó altamente significativo en relación al testigo, mientras que el E.P.S. resultó ser significativo.

Menciona Narro (1994) que el contenido de humedad del suelo y el estado energético del agua, así como en la porción de poros que facilitan el drenaje y favorecen la aireación del suelo, son de vital importancia para el desarrollo de las plantas. Condiciones que se van a ver reflejadas en la parte aérea de la planta y lo cual se comprobó al llevar a cabo el análisis estadístico por medio de la prueba de T, en la que resultaron mejores los tratamientos con E.P.S. virgen y reciclado en relación al testigo.

De igual modo Black (1975) menciona que la presencia del agua en el suelo, y su contenido influye directamente en la mayor parte de las funciones que el suelo desempeña en relación del crecimiento y desarrollo vegetal por las siguientes razones es esencial para la fotosíntesis y la conversión de almidones en azúcares; constituye del 85% al 95% del protoplasma celular vegetal y sin ella no es posible el desarrollo de las plantas ya que además de integrar la

mayor parte de sus tejidos interviene en su metabolismo.

NOTA:

* SIGNIFICATIVO

** ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

NS NO SIGNIFICATIVO

CUADRO 1

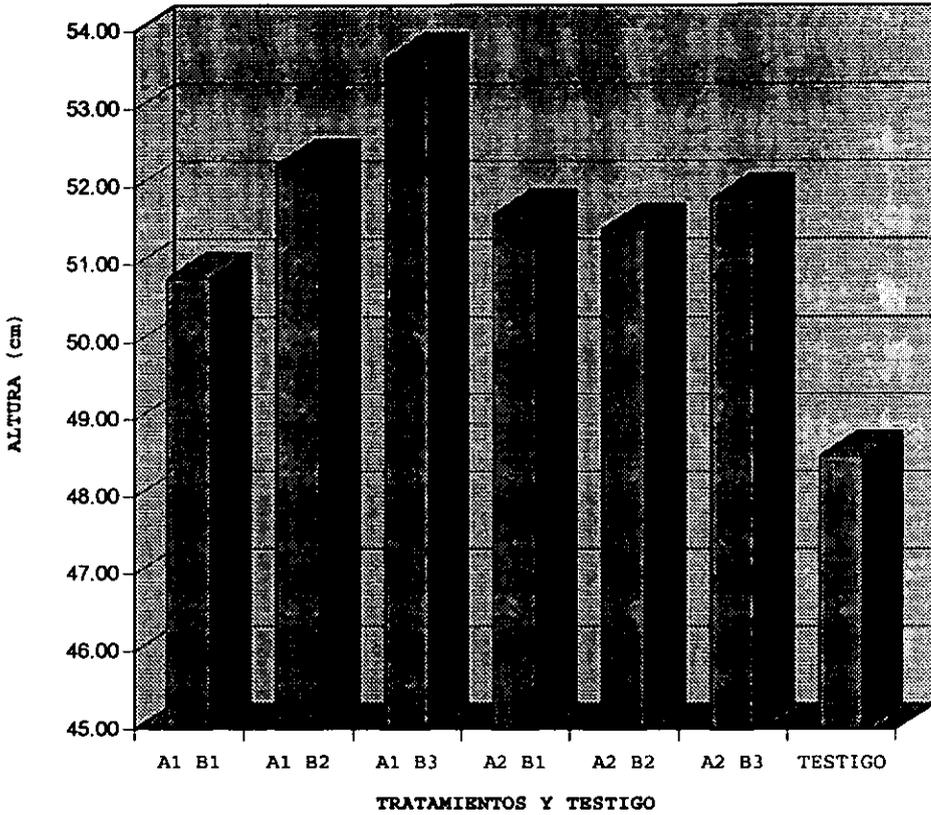
PROMEDIOS TOTALES POR TRATAMIENTO PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES.

TRATAMIENTO	A.P.	L.R.	P.R.	D.E.	P.T.	A.T.
A1B1	50.81	15.81	81.36	3.04	19.06	35.00
A1B2	52.28	16.20	85.21	2.89	21.27	36.08
A1B3	53.64	18.11	83.09	2.92	21.18	37.53
A2B1	51.63	15.91	81.06	2.93	20.79	35.72
A2B2	51.44	51.44	81.06	2.94	21.33	35.55
A2B3	51.83	16.24	82.36	3.04	20.27	35.58
TESTIGO	48.51	14.70	61.89	2.60	15.23	33.63

ANEXO II

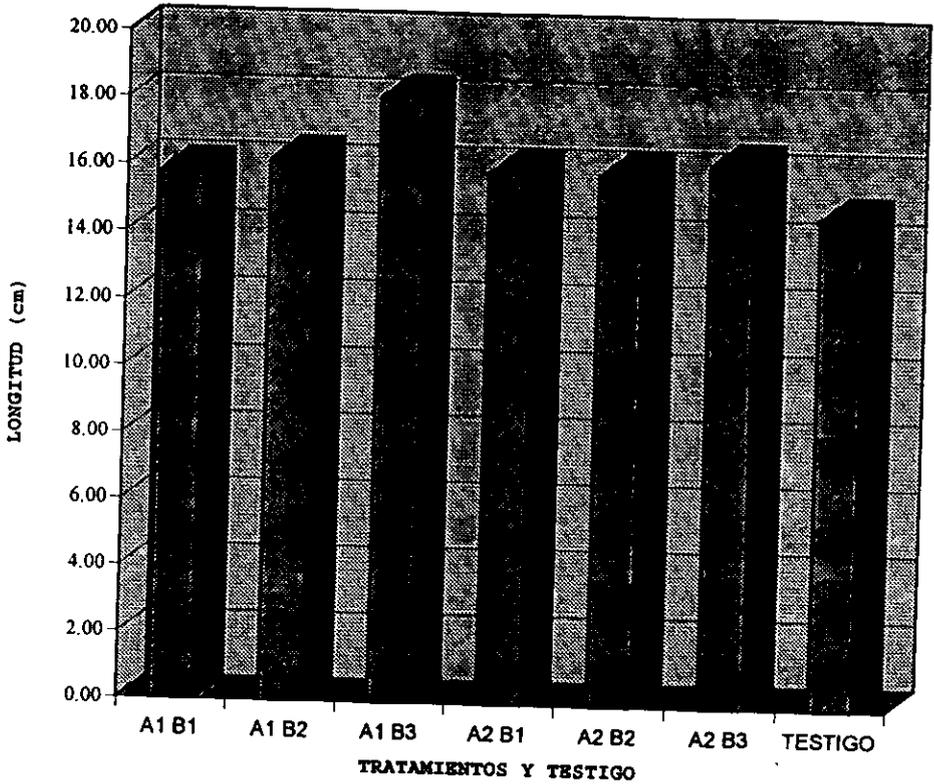
Los resultados que se exponen en el cuadro se observan en las siguientes gráficas:

ALTURA DE PLANTA



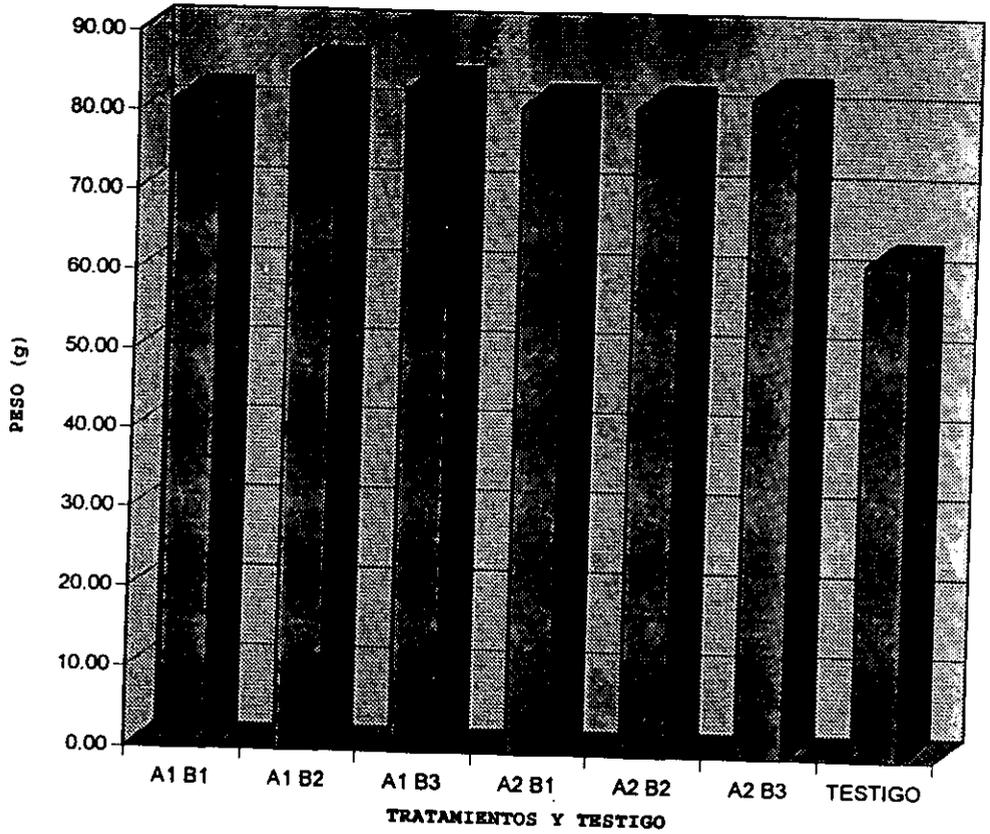
Para la variable Altura de Planta, puede notarse que el tratamiento que mejor comportamiento mostro, fue en el que se utilizó el material perla virgen A1B3 en una cantidad de 1000 g y mezclado con el suelo.

LONGITUD DE RAIZ



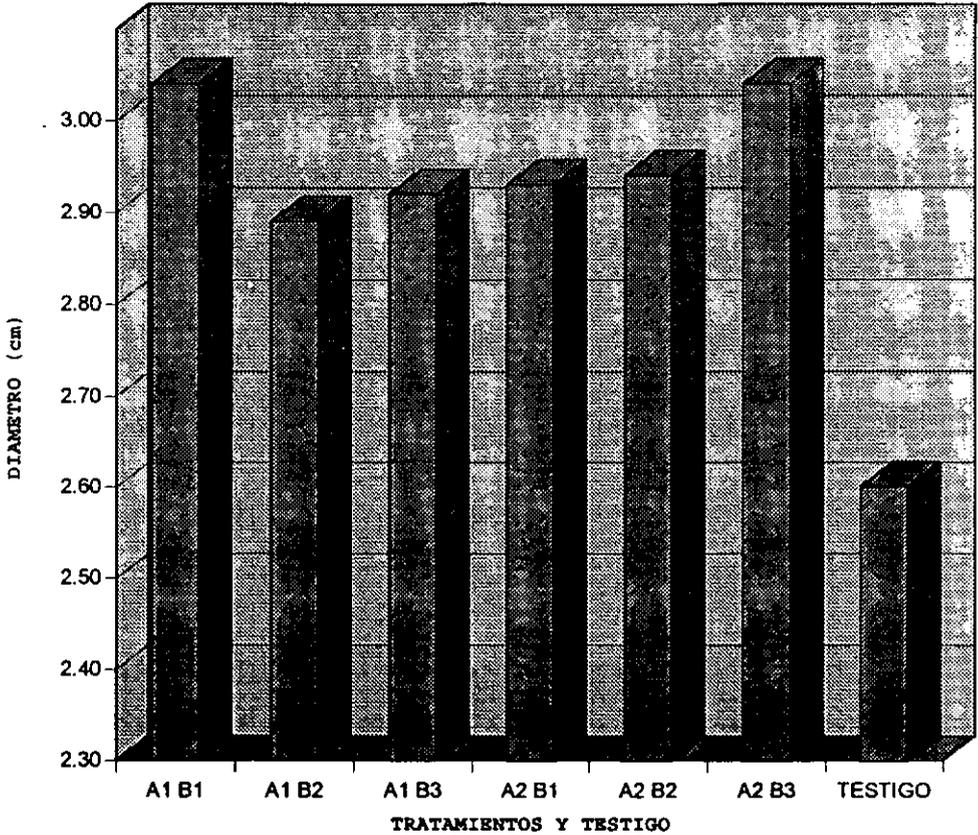
En la gráfica correspondiente a la Longitud de Raíz, nos muestra que el tratamiento A2B2 fue el que mejor se comporto utilizando una cantidad de 750 g con respecto a los demás tratamientos y el testigo.

PESO DE RAIZ



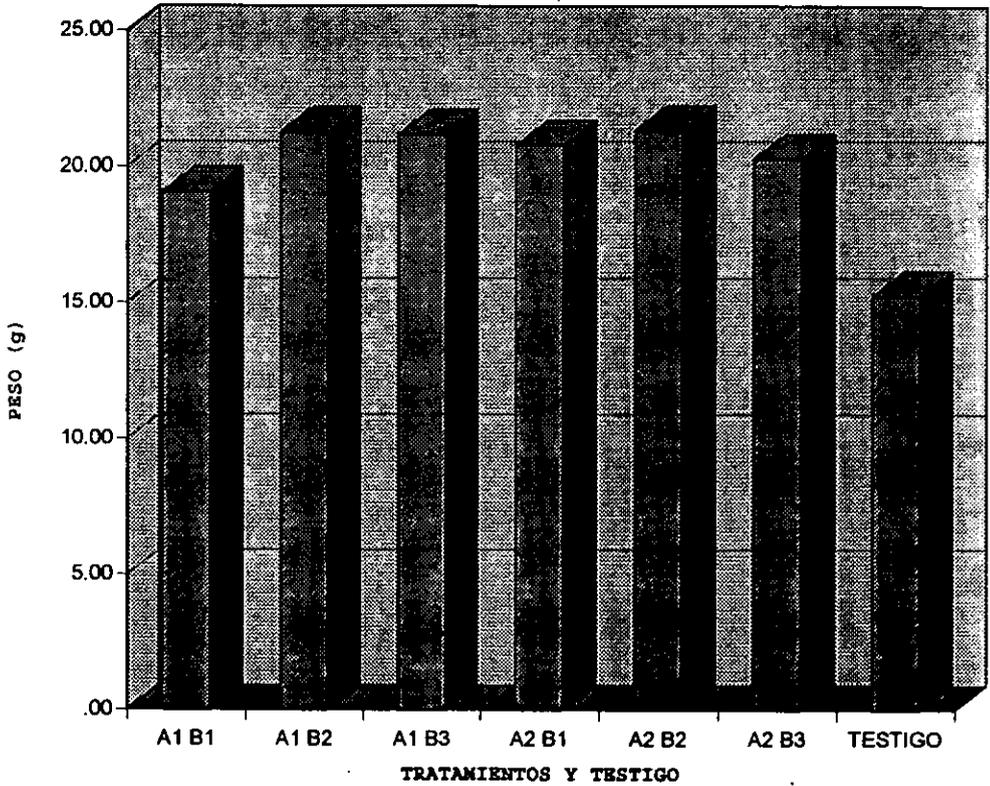
Observando la gráfica para la variable Peso de Raíz, no muestra que el tratamiento A1B2 en el que se utilizaron 750 g de material perla virgen, fue el que mejor resultado mostro en comparación con los demás.

DIAMETRO DE RAIZ



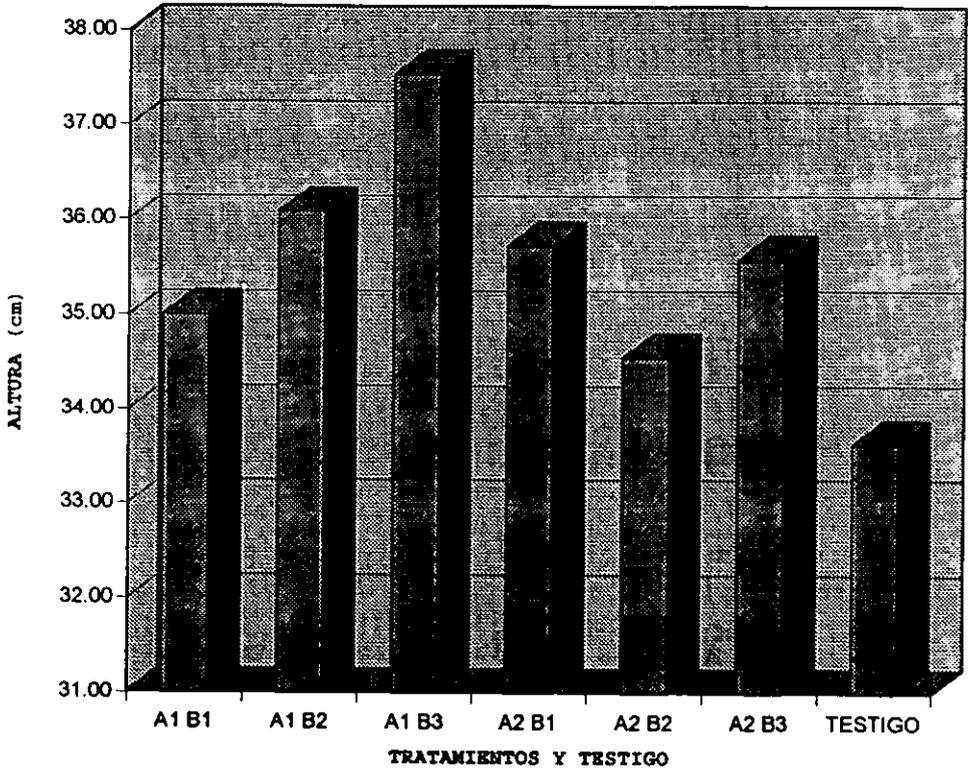
La gráfica que corresponde a la variable Diametro de Raíz, nos muestra que de los tratamientos efectuados, el que mejor comportamiento obtuvo fue el del material perla virgen A1B1 en una cantidad de 500 g.

PESO DE TALLO



La presente gráfica nos muestra que el tratamiento A2B2 en el que se utilizo el material perla virgen, fue superior en su promedio en comparación con los otros tratamientos y el testigo en la variable Peso de tallo.

ALTURA DE TALLO



Al gráficar la variable Altura de Tallo, observamos que el tratamiento que sobresalio fue el A1B3 el cual corresponde al material perla virgen en una cantidad de 1000 g.

CUADRO 2

COMPARACIÓN DE MEDIAS DE ZANAHORIAS DAÑADAS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS*

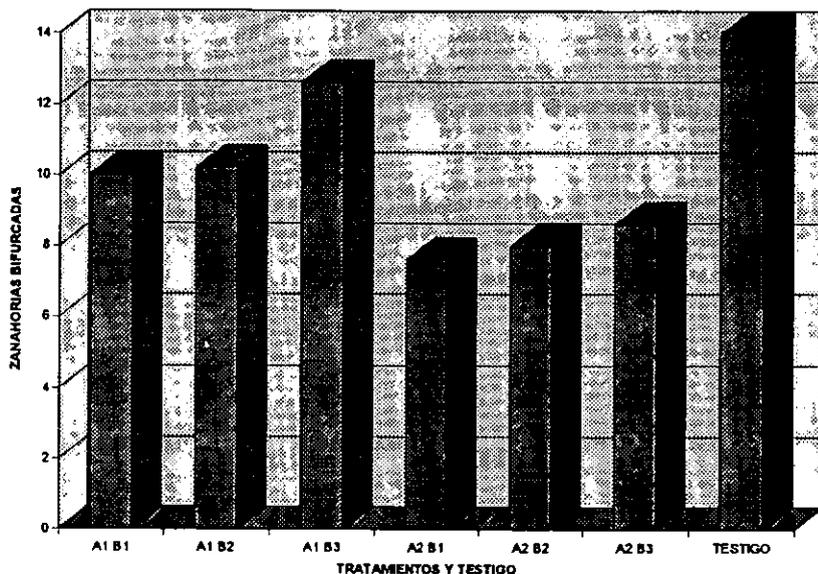
TRATAMIENTO	NO. RAICES BIFURCADAS	NO. RAICES AGRIETADAS	NO. RAICES AHUSADAS
A1B1	10.0	16.4	5.2
A1B2	10.2	15.8	4.9
A1B3	12.6	12.0	3.7
A2B1	7.6	16.0	5.0
A2B2	8.0	12.2	3.8
A2B3	8.6	10.0	3.1
TESTIGO	14.0	17.6	5.5

ANEXO II

Como se puede observar los resultados en el cuadro comparativo de los diferentes tipos de daños que se presentaron en el experimento, el tratamiento que mejor resultado dio en cuanto a la disminución de raíces bifurcadas fue el A2B1 que es el material reciclado y una cantidad de 500 g, con un promedio de 7.6 zanahorias bifurcadas, lo que corresponde al daño de raíces agrietadas el tratamiento que se comportó mejor fue el A2B3 que es material reciclado y una cantidad de 1000 g., con un promedio de raíces agrietadas de 10.0 por cama, y por último el tratamiento que mejor se comportó en el daño de raíces ahusadas fue también el A2B3 con un número promedio por cama o unidad experimental de 3.1 zanahorias ahusadas. En todos los tratamientos hubo una mejor respuesta comparándolos con el testigo.

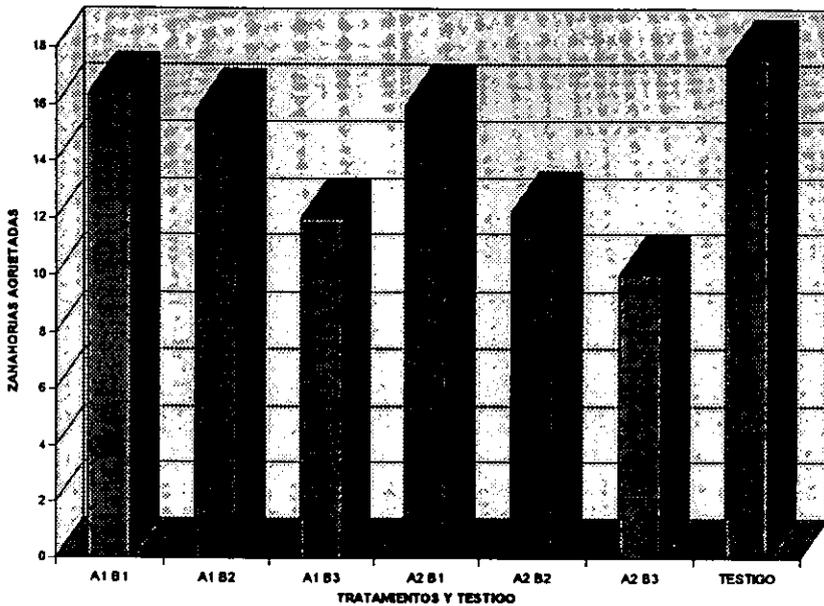
* Los datos son medias que fueron tomadas del total de zanahorias cosechadas por cama o unidad experimental.

PROMEDIOS DE ZANAHORIAS BIFURCADAS



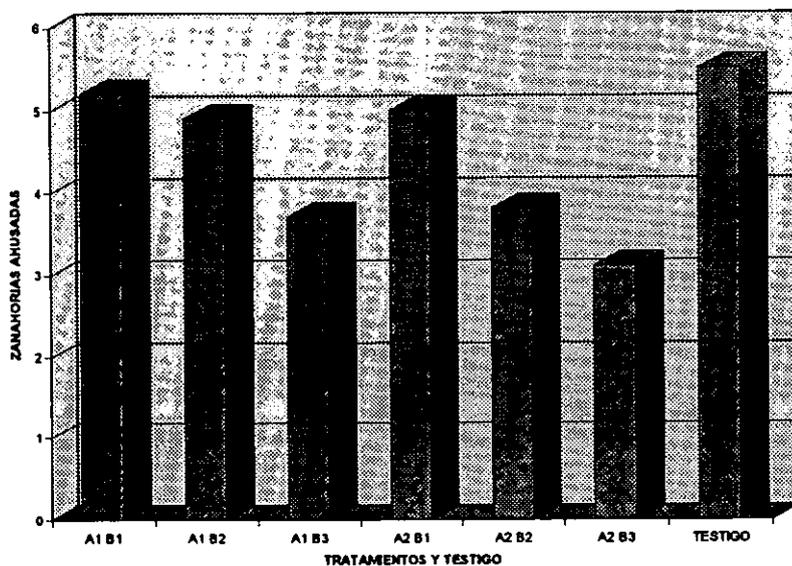
La gráfica nos muestra los resultados donde el tratamiento A1B1 para el poliestireno perla virgen fue mejor y para el poliestireno reciclado, el tratamiento en donde se obtuvo mejor resultado fue el A2B1. Comparando los dos materiales el que mejor resultado dio es el A2B1 del poliestireno reciclado. En general todos los tratamientos superaron al testigo.

PROMEDIOS DE ZANAHORIAS AGRIETADAS



En la gráfica se observa como el tratamiento A2B3 resultó ser mejor por parte del poliestireno reciclado y el tratamiento A1B3 por el poliestireno perla virgen. Haciendo la comparación entre las dos presentaciones el tratamiento A2B3 superó a los demás. El comportamiento de todos los tratamientos es mejor que el testigo.

PROMEDIOS DE ZANAHORIAS AHUSADAS



La gráfica nos representa como el tratamiento A1B3 fue el que mejor resultado dio para el poliestireno perla virgen, y en el material reciclado el tratamiento A2B3 fue el mejor comportado. Comparando ambas presentaciones y cantidades de material el que mejor resultado dio fue el tratamiento A2B3. Respecto a los tratamientos en general se observa como el testigo fue superado por todos los tratamientos.

3.5 DISCUSIÓN

Del experimento realizado, para analizar el E.P.S. virgen y reciclado como mejorador de drenaje y aireación de un suelo arcillo, utilizando el cultivo de zanahoria Daucus carota L. como indicador; se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Del análisis estadístico y las gráficas realizadas, nos indican que los materiales de E.P.S. perla virgen y reciclado, fueron mejores que el testigo.
2. En las gráficas observamos que el tratamiento que mejor comportamiento tuvo fue el A1B2 seguido del A1B3, en los cuales se utilizó material perla virgen en una cantidad de 750 g y 1000 g respectivamente.
3. En ambos materiales, el número de raíces bifurcadas, agrietadas y ahusadas, fue menor que en el testigo, lo cual se observa en las gráficas correspondientes.
4. De estos materiales, el reciclado A2B1 con una cantidad de 500 g hubo un menor número de raíces bifurcadas, mientras que en el A2B3 con una cantidad de 1000 g de material reciclado disminuyó el número de raíces agrietadas y ahusadas como se observa en las gráficas.

IV. CONCLUSIONES

Las dos presentaciones del E.P.S. perla virgen y reciclado, que se utilizarón en el experimento, resultaron ser buenos mejoradores de drenaje y aireación en un suelo arcilloso, comprobándose en el análisis estadístico así como en el cultivo.

De los dos materiales, el perla virgen en general, tuvo un mejor comportamiento que el reciclado y el testigo; aunque comparandolo unicamente con el primero no fue muy significativo.

El cultivo tuvo un buen desarrollo en ambos materiales, en los cuales se obtuvieron raíces más grandes y con mejor presentación que las del testigo, debido a que los materiales acondicionaron mejor el suelo.

La cantidad de agua suministrada al cultivo más el agua de lluvia, se infiltró muy bien en las "camas" en que se utilizaron los materiales de E.P.S., mientras que las del testigo se saturaron.

Esta saturación origino que en los testigos hubiera un mayor número de raíces bifurcadas, agrietadas y ahusadas.

Este material es una buena alternativa para mejorar el drenaje y aireación de los suelos con un alto contenido de arcilla, con lo que se permite aprovecharlos para la producción de cultivos en los que se aproveche la raíz, el tubérculo o el bulbo, así como aquellos que tengan un gran desarrollo radicular.

De igual modo se puede utilizar para evitar la compactación en suelos que tengan un uso intensivo y en los que se utiliza maquinaria pesada, con el fin de evitar el llamado "piso de arado".

BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, C. R.; Bramford, K. M.; Early, M. P. 1989. Principios de Hortofruticultura. Ed. Acribia, S.A. España.
2. Apuntes de la cátedra de Suelos. 1995. F.E.S.-C. U.N.A.M. México.
3. Baver, L. D.; Gardner, W. H.; Garder, W. R. 1980. Física de Suelos. Ed. UTEHA. México.
4. Bear, F. E. 1969. Los Suelos en Relación al Crecimiento de los Cultivos. Ed. Omega. Barcelona, España.
5. Billmeyer, Jr., W. F. 1978. Ciencias de los Polímeros. Ed. REVERTE, S.A. México.
6. Black, C. A. 1975. Relaciones Suelo Planta. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
7. Bohn, H.; McNeal, B.; O' Connor, G. 1993. Química de suelos. Ed. Limusa, S.A. México.
8. Buckman, O., H./ Brady C., N. 1977. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Ed. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España.
9. Carpenter, T. 1995. "Obtenga la Mejor Mezcla de Medios de Cultivo". Productores de Hortalizas. No. 5 Ed. Agropublicidad de México. México.
10. Cedillo, L. S.; Romero, M. J. A. 1995. Evaluación de las Dosis de Fertilización en Dos Tipos de Siembra en el cultivo de Zanahoria Daucus carota L. Tesis de Licenciatura. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
11. Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, México.
12. Choreño, T.; Martiniano, J.; Pichardo R.; Danya, F. 1995. Determinación de la necesidad de riego, en 10 cultivos mediante el uso consuntivo en Zumpango, Edo. de México. Tesis de Licenciatura. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

13. De la Teja A., O. 1982. Estudio de las Características Edáficas de los Suelos de la Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlan. Depto. de Ciencias Agrícolas. F.E.S.- C./U.N.A.M.
14. Delmolón, A. 1972. Principios de Agronomía. crecimiento de los vegetales cultivados. Ed. Omega. Barcelona, España.
15. Donahue, R. L.; Miller, W. R.; Shickluna, C. J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. Prentice/Hall Lutereational. México.
16. Duchaufour, B. H.; Souchier, B. 1984. Edafología, Edafogénesis y clasificación. De. Masson, S.A. México.
17. Foth, H. D.; Turk, L. M. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Ed. CECSA. México.
18. García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Dirección General de Publicaciones. U.N.A.M. México.
19. George, R. 1985. Producción de Semillas de Plantas Hortícolas. Ed. Mundi-Prensa. España.
20. Gavande, S. A. 1982. Física de Suelos. Ed. Limusa. México.
21. Gordon, R. H. y Barden, J. A. 1992. Horticultura. Ed. McGraw Hill. México.
22. Gracia, L. C.; Palau, M. 1983. Mecanización de los Cultivos Agrícolas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
23. Guenkov, G. 1983. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Ed. Ciencia y Técnica. La Habana, Cuba.
24. Hammer, Marie S. and Townsend. 1993. Ecopurchasing in Hotels and Motels: Appendix C. Ecoproducts Directory. Institute of Food and Agricultural Sciencies. University of Florida. U.S.A.
25. Hartman, T. H.; Kester, E. D. 1984. Propagación de Plantas: "Principios y Prácticas". Ed. CECSA. México.
26. Hillel, D. 1994. Introduction to Soil Physics. Ed. Academic Press, Inc. San Diego, California, E.U.

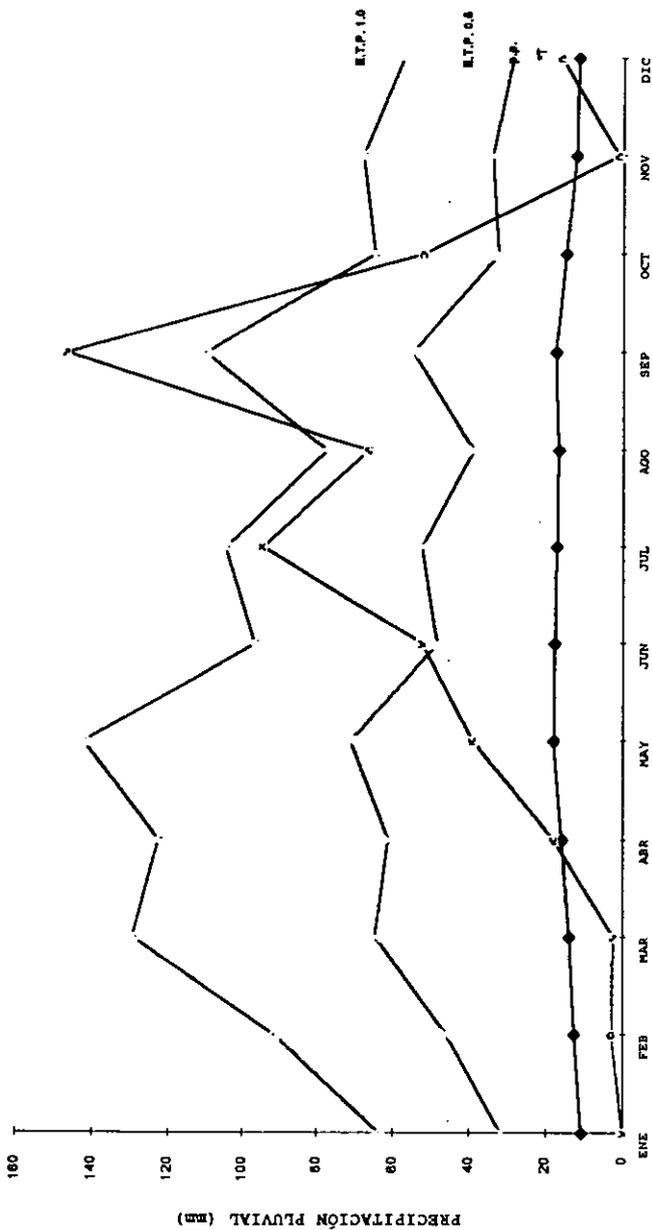
27. INIA. 1976. Hortalizas. Recomendaciones, Técnicas. Desplegable. No. 24. México.
28. León, A. R. 1991. Nueva Edafología. Ed. FONTAMARA 107. México.
29. Luque, J. A. 1979. Administración y Manejo de Sistemas y Distritos de Riego. De. Hemisferio Sur, Argentina.
30. Maroto, J. V. 1989. Horticultura Práctica Especial. 3ra. edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
31. Martínez, M. F. 1994. Manual Básico de Sustratos. México.
32. Narro, F. E. 1994. Física de Suelos con Enfoque Agrícola. Ed. Trillas. México.
33. Orejel O., M. L. 1969. Polímeros del Tipo Poliestireno. Tesis de Licenciatura. U.N.A.M., México.
34. Ortiz, V. B.; Ortiz, S. C. A. 1984. Edafología. Ed. UACH. México.
35. Pelletier, J. 1978. Fumure de la Carotte. La Carotte: Techniques Modernes de Production. Edit. INVULFLEC. París, Francia.
36. Pennings, F. F.; Kurzmann, P. 1983. Cultivos Hidróponicos y en turba. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
37. Ramos, C. M. A. 1988. Ingeniería de los Materiales Plásticos. Ed. Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.
38. Richards, L. A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Handbook No. 60. U.S.D.A., U.S.A.
39. Robledo de Pedro, F.; Martín, V. L. 1988. Aplicación de los Plásticos en la Agricultura. Ed. Mundi-Prensa. España.
40. Russell, J. E.; Russell, W. E. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Tolle, Lege Aguilar. España.

41. Sánchez, S. O. 1984. La Flora del Valle de México. Ed. Herrero. México.
42. Tamaro, D. 1977. Manual de Horticultura. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, España.
43. Torres, R. E. 1995. Agro-Meteorología. Ed. Trillas, México.
44. Ureta, E. 1989. Polímeros: Estructura, Propiedades y Aplicaciones. Ed Limusa. México.
45. Valadez, L. A. 1994. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México.
46. Vavilov, N. I. 1951. The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants. New York. Ronald Press. U.S.A.
47. Weaver, J. E.; Bruner, W. E. 1927. Root Development of Vegetables Crops. McGraw-Hill Book Co. U.S.A.
48. Yamaguchi, Mas. 1983 World Vegetables, Principles, Production and Nutritive Values. AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut. U.S.A.

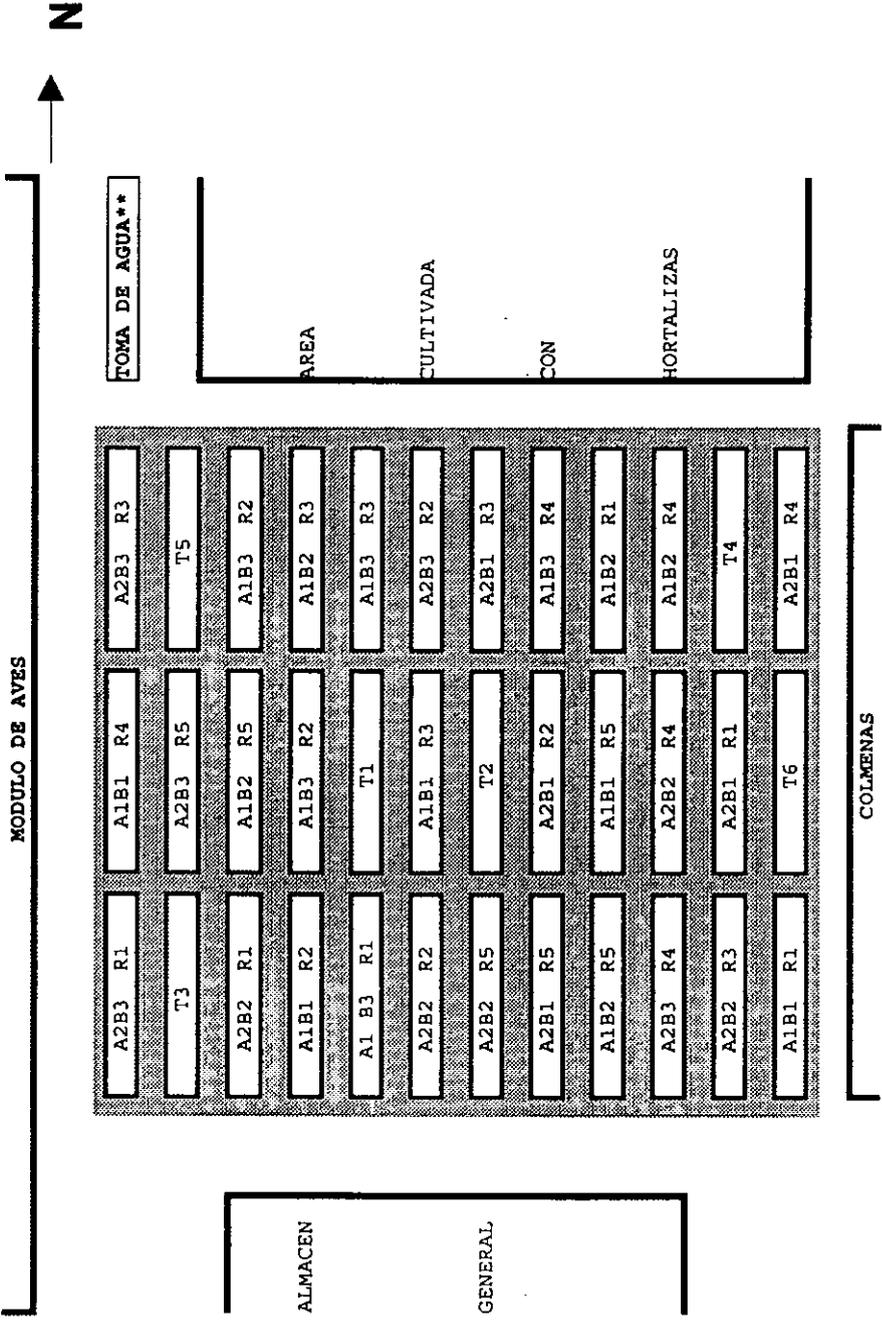
A N E X O S

ANEXO I

ESTACIÓN DE CRECIMIENTO POR DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD CUAUTITLÁN (1996)



MESES



A N E X O III

CALENDARIO DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
PREP. DE TERRENO	16 - 29					
PRE. DE CAMAS		1 - 8				
FORM. DE CAMAS		26 - 28				
SIEMERA Y PERT.		28				
1.er. ACLAREO			14 - 15			
APLIC. DS PERT. FOLIAR			15			
1.er. APOROQUE			29			
2.da. FERTILIZACION			19			
1ra. APLIC. INSECTICIDA			27			
2o. ACLAREO				6 - 7		
2o. APOROQUE				10		
3a. PERT. FOLIAR				15		
2a. APLIC. INSECTICIDA					7	
COSECHA						7

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

A N E X O IV

USO CONSUNTIVO PARA EL CULTIVO DE ZANAHORIA (Daucus carota L.)

LOCALIZACION: FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES - CUAUTITLAN, CAMPO 4, U.N.A.M.

FECHA DE SIEMBRA: 27 DE SEPTIEMBRE DE 1996

FECHA DE COSECHA: 07 DE ENERO DE 1997

MES	DÍAS	TEMPERATURA ABS. (°C)	T° C	(T° C x 19.05) - 21.6	P (%)	KG	UCG (cm)	UC (cm)	UCG (cm) Forma	UC (cm) Acumulado
SEPTIEMBRE	03	20.0	14.1	1.46	8.28	0.57	0.64	0.64	0.44	0.44
OCTUBRE	31	20.0	12.1	1.50	8.15	0.86	0.64	0.64	0.33	0.75
NOVIEMBRE	30	20.0	13.6	1.35	7.63	1.04	0.64	0.64	0.90	1.65
DICIEMBRE	31	20.0	10.5	1.30	7.74	1.01	0.64	0.64	0.66	2.31
ENERO	07	20.0	11.7	1.35	7.79	0.79	0.64	0.64	1.17	3.48
TOTAL	102				38.98				2.39	

NOTA: CALCULADO POR EL METODO DE BLANEY Y CRIDDLE (MODIFICADO POR GRASSI Y CHRISTANSEN).

FORMULA GENERAL: UCG = KG x F

UCG = 0.60 x 35.35 cm

UCG = 21.21 cm

UCR = 21.28 cm

T° C = Temperatura promedio de los últimos 10 años.

P (%) = Porcentaje de horas luz mensual (valor de tablas de acuerdo a la Latitud) (8)

KG = Coeficiente general del efecto de la retención agua-suelo-planta para zanahoria.

KC = Coeficiente del efecto de la planta, (por el método de Grassi y Christiansen).

Para la obtención de los coeficientes (Kc), los que dependen de la duración del cultivo; se divide el total del ciclo vegetativo (0 - 100%) entre los meses que lo integran:
 $100 \div 5 \text{ meses} = 20$

MES	PORCENTAJE SUMADO	PORCENTAJE ACUMULADO
SEPTIEMBRE	$20 \div 2 = 10 \%$	10 %
OCTUBRE	20 %	30 %
NOVIEMBRE	20 %	50 %
DICIEMBRE	20 %	70 %
ENERO	20 %	90 %

Se divide entre 2 para tomar el dato de la parte media del primer mes, y se acumulan los porcentajes restantes (20) para los demás meses.

Se buscan los Kc de cada (%), en la curva específica para zanahoria u hortalizas. Valor de tablas. 

$F = P (T^{\circ}\text{C} + 17.8 + 21.8) \times \text{Duración del mes (\%)} = \text{El resultado se expresa en centímetros.}$

UC = F x KC = Uso Consuntivo mensual global.

UCR = Uso Consuntivo Real mensual.

UC Acumulado = Uso Consuntivo acumulado mensual.

UCG = Uso Consuntivo General.

1. $K' = \sum UC + F$; donde:

K' = coeficiente global

UC = suma de los usos consuntivos mensuales

F = suma de los factores, correspondientes al ciclo vegetativo

2. $KG = 0.60$ para zanahoria. Valor de Tablas. 

3. $K' = 33.24 + 35.35$; $K' = 0.94$

4. $c = KG + K'$

$c = 0.60 + 0.94$

$c = 0.64$

NOTA: Para zonas áridas, se utiliza un factor de corrección adicional a los empleados (Kt)

$Kt = 0.0314 \times T^{\circ}\text{C} + 0.2396$, para cada mes.

INTERVALO DE RIEGO

Lamina aplicada al primer riego:

$$d = D + 100 \times \omega \times (\rho_s + \rho_o) \quad ; \quad \text{donde:}$$

d = Lamina de agua en cm.

D = Profundidad de la raíz en cm.

ω = CC - PMP = Capacidad de retención del suelo (%). Valores de tablas. 

ρ_s = Peso volumétrico del suelo Kg/m³ = densidad del suelo (densidad aparente).

ρ_o = Peso específico del agua Kg/m³

DATOS:

Ciclo vegetativo: 110 días

Textura del suelo: Franco arcillosa

Uso consuntivo: 21.28 cm

1. Lámina de agua para el primer riego

$$D = 0.70 \text{ cm}$$

$$CC = 30 \% \text{ ; Capacidad de Campo}$$

$$PMP = 16.5 \% \text{ , Punto de Marchitamiento Permanente}$$

$$\rho_s = 1100 \text{ Kg/m}^3$$

$$\rho_o = 1000 \text{ Kg/ m}^3$$

$$\omega = 30 - 16.5 = 13.5$$

Entonces:

$$W = (1100 \text{ Kg/m}^3) \div (1000 \text{ Kg/m}^3) = 1.10$$

$$d = 0.70 \times 13.5 (1.10 + 1.00).$$

$$d = 10.395 \text{ cm. (Lámina Inicial).}$$

1. Lámina Neta Total

$$\begin{aligned} \text{LNT} &= \text{UCR} - d \\ \text{LNT} &= 21.28 - 10.395 \\ \text{LNT} &= 10.885 \text{ cm} \end{aligned}$$

2. Lámina Neta Parcial

$$\begin{aligned} \text{LNP} &= d (60\%) \\ \text{LNP} &= 10.395 (60\%) \\ \text{LNP} &= 6.237 \text{ cm} \end{aligned}$$

- El 60% porque es cuando se ha consumido el 60% de la capacidad de almacenamiento, tomado como un dato práctico.

3. Número de Riegos

$$\begin{aligned} \text{No. R} &= \text{LNT} + \text{LNP} \\ \text{No. R} &= 10.882 + 6.237 \\ \text{No. R} &= 1.745 \cong 2 \text{ riegos} \end{aligned}$$

4. Lámina Neta Ajustada

$$\begin{aligned} \text{LNA} &= \text{LNT} + \text{No. R} \\ \text{LNA} &= 10.882 + 2 \\ \text{LNA} &= 5.441 \text{ cm} \end{aligned}$$

COMPARACION DE LA LAMINA DE RIEGO EN DOS TIPOS DE SUELO PARA EL CULTIVO DE ZANAHORIA

RESERVA/ CICLO	DA g/cm ³	CC %	MAP %	% D	PROFUNDIDAD DE SAJIZ (cm)	LAMINA TOTAL (cm)	LAMINA DE REPOSICION (cm)	Nº	Nº DE RIEGOS	SUELO
1	1.70	10	16.5	11.8	0.70	10.395	5.443	1.0	2	TIEMPO ARGILLIZA
4	1.66	16	9.0	7.0	0.60	9.40	5.250	1.0	4	TIEMPO ARENOSA

* Capacidad de retención del suelo

**Peso específico del agua en cm

CANTIDAD DE AGUA APLICADA AL TERRENO

$Q = v / t$; donde:

Q = gasto (cantidad de agua a utilizar)

v = volumen de agua

t = tiempo

• Eficiencia de aplicación = 85 % ; (E)

• Pérdidas de aplicación = 15 %

Q = 0.633 l/s (de la toma de agua).

DATOS

No. de camas = 36 (unidades experimentales)

No. de riegos que se aplicaron durante todo el ciclo = 31 riegos.

Tiempo de riego por cama = 2.5 minutos = 150 s / cama.

Tiempo de riego total = 36 camas x 150 s/cama = 5400 s/ riego.

Tiempo total de riego /ciclo = 5400 s/riego x 31 riegos = 167,400 s.

Volumen aplicado por hectárea = 7358.625 m³.

Volumen aplicado para 144.00 m² = (0.633 l / s) x (167,400 s) = 105, 964.2 litros = 105 .96 m³.
 Volumen aplicado/Eficiencia = 8462.42 m³ + 836.10 m³ (*precipitación pluvial) = 9298.48 m³/HA.
 Volumen perdido por evaporación y conducción (15%) = 1103.7938 m³.

PRECIPITACION PLUVIAL DURANTE LOS MESES QUE DURO EL CICLO DEL CULTIVO

AÑO	MES	CANTIDAD (mm)	PORCENTAJE	TOTAL (mm)
1996	SEPTIEMBRE	346.3	0.10	346.3
1996	OCTUBRE	836.1	1.00	5897.0
1996	NOVIEMBRE	1.1	1.00	1300
1996	DICIEMBRE	36.0	1.00	1600
1997	ENERO	0.9	0.22	3478.6
TOTAL		215.9		8361

* Agua precipitada durante todo el ciclo.

CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA POR HECTAREA

NO. RIEGOS	INTERVALO (DIAS)	L. DE RIEG (cm)	EFICIENCIA (cm)	AGUA V. NETO (m ³)	PERDIDO/RIEGOS (m ³)	V. REAL APL. APLICADO (m ³)	SUCESIONES
0	30	30	0.85	1223	300	*	
1	28 del 1 ^o	5.41	0.85	640	106.00	*	
2	24 del 1 ^o	5.41	0.85	640	95.00	*	
		21.27		2503	395.45	9298.48	6395.1086

*Durante todo el ciclo.

VOLUMEN NETO TOTAL EMPLEADO POR EL CULTIVO DE ZANAHORIA/HA. EN DOS DIFERENTES TIPOS DE SUELO

UCR (cm)	LI (cm)	LR (cm)	UCR (m³)	LI (m³)	LR (m³)	VT (m³)	LI + LR	V. PERD. (m³)	V. TOTAL POR E. (m³)	SUELO
21.28	10.395	5.44	2128	10395.5	544	1088.5	2128	375.53	2503.53	FRANCO
30.43	9.40	5.26	3044	940.0	526	2104.0	3043	1638	4682	FRANCO ARENOSO

UCR (m) x Superficie (m²) = UCR (m³)

LNA = LR

LNT = VT (m³)

VT (m³) = UCR (m³) - LI (m³)

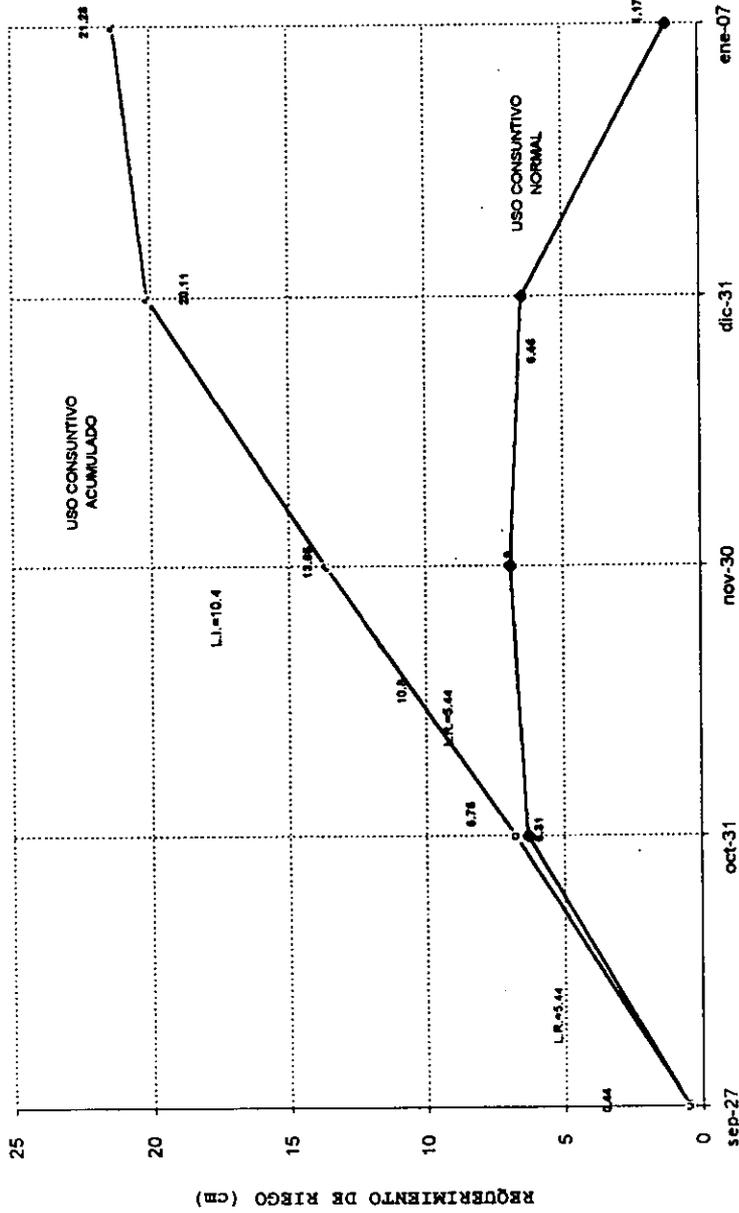
Volumen Perdido ÷ Eficiencia = (LI + LR) x Pérdidas (%) + Eficiencia (%)

Volumen Total por Eficiencia = (LI + LR) + Volumen Perdido + Eficiencia.

☞ Consultar las Bibliografías No.11, 12, 29 y 43, donde se encuentran estas tablas.

ANEXO V

PROGRAMA DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE ZANAHORIA (MÉTODO GRÁFICO)



INTERVALO DE RIEGO: Ro. DE SIEMBRA A 1er. RIEGO 27 DÍAS Y 25 DÍAS PARA EL 2° RIEGO.

DURACIÓN DEL CICLO (DÍAS)

PRUEBA DE ESCURRIMIENTO

	CHAROLA CON SUELO + E.P.S.	CHAROLA CON SUELO
VOLUMEN DE AGUA APLICADA AL INICIO	1.250 l	1.250 l
COMIENZO DE ESCURRIMIENTO	11 min.	NO HUBO ESCURRIMIENTO
VOL. QUE ESCURRIO	250 ml	0.00 ml

Nota: Prueba realizada antes del experimento.

Como se puede observar en el cuadro, el tiempo de escurrimiento es menor en la charola que contiene Poliestireno que en la charola que no contiene el material.