



14 29
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
" CUAUTITLAN "

EVALUACION DE 4 SUSTRATOS DIFERENTES
EN EL RENDIMIENTO DE PEPINO
(*Cucumis sativus*, L.) BAJO UN
SISTEMA HIDROPONICO
DE PRODUCCION

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :
RAUL DIAZ REYES

DIRECTOR DE TESIS:
ING. JAIME MURILLO BOITES



Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1990

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

I N D I C E

	Pag.
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS	I
RESUMEN	IV
1.- INTRODUCCION	1
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 HIPOTESIS	4
2.- REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Características físicas de los sustra- tos	5
2.2 Propiedades químicas de los sustratos	9
2.3 Características del tezontle rojo	13
2.4 Características del tezontle negro	14
2.5 Generalidades del cultivo en grava	16
2.6 Características de la grava	18
2.7 Características de la gravilla	20
2.8 Generalidades del pepino	21
2.9 Requerimientos ambientales	26
2.10 Normas de calidad	28
2.11 Fermentación y Respiración	32
3.- MATERIALES Y METODOS	
3.1 Localización del experimento	35
3.2 Características del invernadero	35
3.3 Condiciones climáticas	35
3.4 Unidad experimental	38
3.6 Diseño experimental	38
3.7 Formula	41
3.7.1 pH y CE.	42
3.8 Manejo del cultivo	42
3.8.1 Siembra	42
3.8.2 Trasplante	42
3.8.3 Riegos	42

3.8.4	Castración de flores	43
3.8.5	Poda	43
3.8.6	Tutorado	43
3.8.7	Control de plagas	44
3.8.8	Cosecha	45
3.8.9	Características de los medios de cultivo	45
3.9	Variables evaluadas	47
3.9.1	Variables morfológicas	47
3.9.2	Variables fisiológicas	48
3.9.3	Variables del sustrato	48
4.-	RESULTADOS Y DISCUSION	49
4.1.1	Producto fresco	49
4.1.2	Altura de planta	52
4.1.3	Longitud y diámetro del fruto	54
4.1.4	Días a floración	58
4.1.5	Días a madurez fisiológica	61
4.2	Componentes fisiológicos	62
4.2.1	Area foliar	62
4.2.2	Indice de área foliar	65
5.-	CONCLUSIONES	74
	BIBLIOGRAFIA	77

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURAS	Pag
1.- UBICACION DEL "ISSSTE" PRIMERO DE OCTUBRE	34
2.- UBICACION DEL CENTRO DE TERAPIA OCUPACIONAL Y CAPACITACION EN HIDROPONIA	36
3.- UBICACION DE TRATAMIENTOS	37
4.- UBICACION DE TRATAMIENTOS EN LAS CAMAS	39

CUADROS

4.1 RESULTADOS DE PRODUCTO FRESCO	49
4.2 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA COMPONENTE PRODUCTO FRESCO	50
4.3 COMPARACION DE MEDIAS PARA PRODUCTO FRESCO	51
4.4 RESULTADOS DE ALTURA DE PLANTA	52
4.5 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA COMPONENTE ALTURA DE PLANTA	53
4.6 COMPARACION DE MEDIAS PARA ALTURA DE PLANTA	54
4.7 RESULTADOS DE LONGITUD Y DIAMETRO DE FRUTO	55
4.8 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA COMPONENTE LONGITUD DEL FRUTO	56
4.9 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA COMPONENTE DIAMETRO DE FRUTO	56
4.10 COMPARACION DE MEDIAS PARA LONGITUD DEL FRUTO	57
4.11 COMPARACION DE MEDIAS PARA DIAMETRO DE FRUTO	57
4.12 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA COMPONENTE DIAS A FLORACION	59

CUADROS	Pag.
4.13 COMPARACION DE MEDIAS PARA DIAS A FLORACION	60
4.14 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA COMPONENTE DIAS A MADUREZ FISIOLOGICA	61
4.15 COMPARACION DE MEDIAS PARA DIAS A MADUREZ FISIOLOGICA	62
4.16 RESULTADOS DE AREA FOLIAR	64
4.17 RESULTADOS DE INDICE DE AREA FOLIAR	66

RESUMEN

Sin duda uno de los principales factores que determinan el éxito en los cultivos hidropónicos, son los medios de cultivo o sustratos; mismos que proporcionan las condiciones adecuadas de aireación para generar una mejor absorción de agua y nutrimentos a las plantas, ya que dependiendo de las características de estos, será influenciado el desarrollo y rendimiento de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar cuatro sustratos diferentes (gravilla, grava, tezontlenegro y tezontle rojo), para determinar cual es el más adecuado para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en el centro de hidroponía del (ISSSTE) primero de Octubre, - México., D.F.

El área experimental constó de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones con lo cual se obtuvo un total de 16 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo en promedio 4.87mts de longitud por 0.90 de ancho y una profundidad de 40 cm.

Se utilizaron cuatro tipos de sustratos (gravilla, grava, tezontle negro y tezontle rojo). La solución nutritiva se preparó en cuatro contenedores de 200 litros c/u y para su aplicación se utilizó el método de irrigación superficial mojando uniformemente el sustrato.

La variedad que se utilizó fue la Poinsett 77. De ciclo largo y polinización abierta, resistente al mildiú vellosa, mildiú polvoriento, antracnosis y mancha angular de la hoja. Los frutos son moderadamente largos (14 a 16 cm) cilíndricos con extremos bien redondeados, tarda 75 días a la cosecha.

El diseño que se utilizó fue un completamente al azar dadas las condiciones de invernadero y para la comparación de medias se utilizó Tukey al 5% de probabilidad.

Los parámetros que se evaluaron fueron: Variables Morfológicas (altura de planta, diámetro de fruto, longitud de fruto, días a floración, días a madurez fisiológica y rendimiento económico); Variables Fisiológicas (área foliar e índice de área foliar), además de las variables correspondientes a los sustratos (granulometría, densidad aparente, densidad real y porosidad).

Los resultados del análisis estadístico indican que prácticamente todos los tratamientos o sustratos evaluados, respondieron de manera diferente con las componentes evaluadas; a excepción de la altura de la planta la cual no mostro diferencia significativa entre los tratamientos.

De los resultados de la comparación de medias se obtuvieron tres bloques de promedios para casi todas las componentes evaluadas, lo que corrobora la influencia de los sustratos en todas las componentes del pepino evaluadas.

De los sustratos en estudio, el mejor rendimiento y calidad de pepino se obtuvo con el tezontle negro, mismo que mostro las mejores características físicas de granulometría, densidad aparente y porosidad, mismas que brindaron las condiciones adecuadas para generar una buena producción del cultivo.

El tratamiento con grava obtuvo el segundo mejor lugar en cuanto a comportamiento y desarrollo del cultivo, mientras que los menores rendimientos-

fueron obtenidos en la gravilla y el tezontle rojo; el primero debido a un gran porcentaje de partículas finas producto de la degradación del sustrato--lo que genero deficiencias en la aireación y provoco mermas en la producción; el segundo fue motivado posiblemente por un exceso de potasio dadas las características del sustrato, motivo por lo cual se--generaron las mermas en la producción y calidad del cultivo de pepino.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente los sutratos más adecuados para el cultivo de pepino bajo las condiciones de este experimento, fueron el tezontle negro y la grava, esto debido al rendimiento y producción obtenida, mismo generado por las características presentadas por estos; como son una granulometría de 3.36 a 11.5, y una densidad aparente de 0.73 a 1.33 g/cm³, y un porcentaje de porosidad que va de 41 a 63%.

1 INTRODUCCION

Los sustratos o inertes tienen gran importancia dentro de la técnica hidropónica, en donde por medio de estos se logra un mejor aprovechamiento -- del agua y de los insumos, tales como los nutrientes aplicados a las plantas por medio de la solución nutritiva, así mismo se logra también, una -- aireación y sosten de las mismas, además de permitir el establecimiento de un transporte activo de -- iones y de flujo de masas dentro de estos, lo que -- incide en un mejor y rápido desarrollo de las plantas.

Se entiende por sustrato, un medio sólido o -- líquido que tiene una doble función: la primera; anclar y aferrar a las raíces protegiéndolas de la -- luz y permitiéndoles la respiración, y la segunda, -- contener los nutrientes que las plantas necesitan -- o en el que se detienen a intervalos los nutrientes -- que forman la solución nutritiva, en estos principios se basan las culturas hidropónicas.

Los primeros sustratos utilizados para el cultivo hidropónico fueron los sustratos líquidos. Uno de los primeros investigadores en utilizar estos -- sustratos fue WOODWARD quien en 1969 logro hacer -- crecer " hierba buena " en un sustrato líquido, y -- así sucesivamente otros investigadores empezaron -- a realizar estudios sobre la nutrición de las plantas y de los vegetales en general (Huterwall, 1979).

Hace cincuenta años (Sach y Knop) habían demostrado que los vegetales eran susceptibles de cre-

cer y alcanzar su pleno desarrollo en sustratos líquidos en donde se habían agregado cierta cantidad de sales minerales. Así se comenzó a precisar cuáles son los elementos favorables para la edificación de los tejidos vegetales.

Los sustratos líquidos hicieron posible el descubrimiento de nuevos elementos esenciales los que aunque requeridos por las plantas en cantidades sumamente pequeñas sin embargo son de gran importancia para el desarrollo de los vegetales en general.

Antes de la época de (Sach y Knop) la utilización de los sustratos líquidos no había pasado más allá del campo experimental en pequeña escala dentro de los laboratorios científicos, fue hasta la época de estos investigadores en que se le dio mayor divulgación y utilización a nivel comercial basándose en los principios que se tenían del laboratorio.

Las primeras investigaciones con sustratos sólidos la realizó el químico francés JEAN BOUSSIGNAULT (1940) quien comenzó a trabajar con sustratos sólidos, llamados en sus tiempos, tierras artificiales insolubles (arena, cuarzo, carbonilla) impregnados de solución acuosa de fórmula química conocida. Este método fue más tarde mejorado por Salm Horstmar (1836-1860) y fue utilizado desde entonces, con varias mejoras técnicas por numerosos investigadores y científicos del mundo, conciliando en todo caso la eficiencia y la economía.

Estas nuevas mejoras técnicas dieron origen -

al descubrimiento de otros materiales o sustratos--sólidos. En los años de (1936-1938) en la estación--experimental de Nueva Jersey fue desarrollada una--nueva técnica de cultivo hidropónico llamada "téc--nica de cultivo en grava" (ELLIS SWANEY, 1956: ci--tado por PENINGSFELD y KURZMAN, 1975).

Aclarando que los sustratos líquidos y sólidos porosos y no porosos, utilizados en la actualidad--en laboratorio o a nivel comercial, se apoyan en --los experimentos realizados por investigadores y --científicos en la antigüedad.

En la actualidad uno de los principales temas--de trabajo en la investigación de hidroponia ha si--do el estudio de los medios o sustratos adecuados --que permitan un buen crecimiento y desarrollo de --las plantas, por esta razón se han realizado una --gran cantidad de estudios sobre medios naturales --como artificiales, e incluso se ha encontrado en --la literatura resultados contradictorios con respec--to a los mismos materiales, por eso es de suma im--portancia poner atención en ellos cuando se va a --trabajar a nivel comercial o experimentalmente.

Con este trabajo se pretende mostrar algunos --aspectos técnicos que sirvan para apoyar y difundir--en el país, un mejor manejo y empleo de los sustra--tos tanto autotomos como introducidos, en base a --las características y cualidades que estos presen--ten; como son su fácil obtención, su bajo costo ---su fácil manejo y altos rendimientos.

1.2 OBJETIVOS:

- 1) Determinar cuál de los sustratos hidropónicos (gravilla, grava, tezontle negro y tezontle rojo) es el más adecuado para el cultivo de pepino.
- 2) Evaluar diferentes sustratos hidropónicos -- (gravilla, grava, tezontle negro, tezontle rojo) para determinar su influencia en la calidad del producto.

1.3 HIPOTESIS:

- 1) La utilización de diferentes sustratos alteran de una manera u otra el desarrollo del pepino así como su rendimiento y calidad.
- 2) El mejor rendimiento de pepino se dará con el tezontle negro si este presenta buenas características en cuanto a porosidad, retención de humedad y aireación.

2 REVISION DE LITERATURA

El 98% de los cultivos hidropónicos, utilizan tanto para la aireación como para el sosten, sustratos inertes; de estos el 90% en el mundo corresponden al sistema de cultivo en grava (Steiner, 1968).

2.1 Características Físicas de los Sustratos

Densidad aparente y Densidad Real

Dado que la densidad aparente es el peso de los sólidos por unidad de volumen total que ocupa, y la densidad real es la densidad media de las partículas de un sólido. Ambos valores de fácil determinación en laboratorio son necesarios para establecer las cantidades de sustrato necesarias en peso y volumen para la puesta en marcha de una instalación, la relación entre ambos proporcionan datos de porosidad total y el volumen del líquido necesario para regar las camas, permitiendo obtener el volumen mínimo del tanque de la solución de acuerdo a la frecuencia de riegos.

Porosidad Total

Esta dada por la relación entre las densidades absolutas y relativas que se dividen en tres porosidades diferentes:

a) Macroporosidad; poros que después de una inundación quedan ocupados por aire (tamaño superior a 8-micras).

b) Microporosidad; poros que después de una inundación quedan ocupados por agua (tamaño inferior a 8 micras).

c) Porosidad Oclusiva; poros completamente cerrados al aire y al agua.

Desde el punto de vista de la hidroponia los conceptos tienen que sufrir una ligera modificación.

a) La porosidad Total menos la porosidad oclusiva se conoce como capacidad hídrica máxima y en este caso en lugar de hablar de volumen de poros se habla de volumen de agua.

b) La microporosidad es un concepto similar al de capacidad de retención de agua, con la diferencia de que en el caso de la microporosidad se habla de volumen de poros y aquí de volumen de agua (Penningsfeld y Kurzman 1975). Estos mismos dan la relación de estas propiedades entre sí, considerando que un sustrato reúne las condiciones óptimas cuando tiene una capacidad hídrica máxima del 70% y esta está repartida en partes iguales entre la cantidad de agua retenida y los poros ocupados por aire. No obstante el obtener un sustrato con estas características es muy difícil. El punto más importante es el regular los riegos de acuerdo con las propiedades físicas del material, de esta forma se consigue un suministro óptimo de agua, oxígeno y nutrientes a las plantas.

7

Tabla 1 propiedades Físicas de materiales Volcánicos (terontles).

Años de utilizada	Densidad Relativa	Densidad Absoluta	Porosidad Total	Capacidad Hídrica Máxima	Porosidad Oclusiva	Agua Retenida
-	-	-	g/cm ³	-	-	% Vol.
6	0.909	2.97	69.4	65.4	4.0	18.0
5	0.799	2.91	72.6	67.4	5.2	20.9
4	0.884	3.00	70.5	60.8	9.7	16.6
4	0.886	2.94	69.9	61.4	8.5	17.5
1	0.768	2.90	73.5	63.8	9.7	19.6
sin usar	0.764	2.88	73.5	60.2	13.3	18.9

Porosidad Oclusiva

Desde el punto de vista Físico se puede afirmar que los sustratos presentan cierta disgregación con el tiempo de uso. Al estudiar los materiales -- volcánicos utilizados en canarias en hidroponia, de acuerdo con los años de antigüedad de su uso, la -- propiedad que nos indicaba de forma más clara la -- disgregación sufrida era la porosidad oclusiva (tabla 1), en la que se indica además el resto de las propiedades, conjuntamente con la porosidad oclusiva también da un índice de alteración, la densidad-relativa, aunque este es menos acentuado.

Estabilidad

Es la resistencia física del sustrato frente a la alteración producida por la solución nutritiva considerando esta última como agente erosivo. El -- uso de sustratos poco estables da lugar a que sea -- necesario el cambio periódico de los mismos, ya que si se produce una disgregación traera como consecuencia la acumulación de los materiales finos en el fondo de las camas, impidiendo el drenaje de la solución nutritiva, lo que producirá una asfixia -- rídica más o menos acentuada, lo mismo ocurre en el caso de que el sustrato este sometido a procesos de compactación o hinchamiento.

Granulometría

Es un factor que oscilando dentro de límites -- normales de 5 a 10 mm de diámetro para los sustratos porosos y de 3 a 5 mm de diámetro para los com-

pactos no presentan ningun problema. No obstante - resulta peligroso el uso de sustratos no homogéneos, en especial, cuando existen cantidades considerables de materiales finos, HANAN (1969) considerará como sustrato cualquier medio inerte que presente una granulometría de 0.3 mm a 20 mm de diámetro con valores superiores a un 70% de partículas de diámetro superior a 3 mm, un 90% superior a 1 mm y no más de 2% inferiores a 0.3 mm.

2.2 Propiedades Químicas

Son derivadas de la composición y naturaleza del sustrato. Debido a que la actividad que puede tener un sustrato se va a producir sobre la solución nutritiva se habla de propiedades químicas y no de propiedades fisicoquímicas. Se enfoca estas propiedades desde el punto de vista de la solución nutritiva con lo que se hacen dos apartados principales.

Cesión de iones de la solución nutritiva

Se considera que practicamente todos los sustratos ceden iones a la solución nutritiva, ya sea por tratarse de materiales con unas propiedades acusadas de intercambio cationico, como por disolución o alteración de los minerales componentes del sustrato al entrar en contacto con la solución nutritiva.

Normalmente la cesión de iones que tiene un mayor efecto sobre la rentabilidad de los cultivos es la referida a los micronutrientes, ya que son -

los que presentan límites más estrechos entre toxicidades y deficiencias, siendo pequeña la diferencia entre ambos puntos (Hanan 1969). Cuando la capacidad de cesión de un sustrato supere el valor considerado como óptimo, para un determinado micronutriente se considera que se está en un punto peligroso, ya que esta cesión hay que sumarle las impurezas de los abonos empleados en la fabricación de la solución nutritiva y si bien puede ser que el valor no sea lo suficientemente alto para presentar síntomas visuales, si puede estar causando un efecto depresivo sobre la producción.

Retención de iones de la solución nutritiva

Todos los materiales usados como sustrato en la hidroponia presentan alguna retención de iones (Hanan 1969).

En primer lugar se refiere a los micronutrientes, en este caso el problema es menos acentuado que en el caso de la cesión, ya que además de poder aumentar el contenido de los mismos en la solución nutritiva, es posible la aplicación periódica de pulverizaciones foliares asociándolos a los tratamientos fungicidas y con los adherentes necesarios. La deficiencia más frecuente es la de hierro debido más que al sustrato a la precipitación de los fosfatos al elevarse el pH de la solución. Se usan varios métodos para corregir esta deficiencia, desde la utilización de quelatos que admiten pH elevados hasta la aplicación al sustrato de limaduras de hierro, puesto que van cediendo cantidades con--

siderables del mismo. Sobre los materiales volcánicos que se utilizaron en Canarias no es frecuente la deficiencia de hierro ya que tienen cantidades elevadas. Sin embargo si aparecen con frecuencia las deficiencias de manganeso que se corrige mediante la utilización esprays foliares.

Respecto a los macronutrientes la retención - esta causada por diferentes factores:

a) Capacidad de cambio catiónico, se presenta en los materiales de naturaleza arcillosa. Afecta principalmente a los cationes, K, Ca, Y Mg, en las primeras fases del cultivo, hasta llegar al equilibrio entre la solución y el complejo de cambio y aunque los cationes quedan retenidos pueden ser utilizados por las plantas (Hanan, 1969).

b) Contenido de materia orgánica; a medida que se va utilizando un sustrato se va produciendo una acumulación de materia orgánica en las camas de cultivo, resultante de los restos de raíces. Los efectos de esta acumulación se manifiestan sobre la solución nutritiva con la formación de complejos organominerales insolubles con los iones Fe, Al y fosfatos principalmente pueden causar estados deficitarios a las plantas; posteriormente al disociarse estos complejos por descomposición de la materia orgánica los iones vuelven a quedar en libertad, pudiendo causar efectos tóxicos.

c) Contenido de calcio; el contenido en calcio del sustrato va a afectar directamente la concentración de fósforo en la solución nutritiva, ya que se puede producir una precipitación en forma de fosfato cálcico insoluble que evoluciona a la formación-

de un fosfato tricálcico que se sitúa alrededor de las partículas; Penningsfeld y Kurzwan (1975) consideran como inutilizables aquellos sustratos que contengan más de un 20% de carbonato de calcio; no obstante Schwarz y Vaadia (1969) han obtenido resultados satisfactorios con grava caliza, al añadir directamente a la solución nutritiva cantidades suficientes de fósforo para evitar la deficiencia.

Como se aprecia en cada caso particular es necesario el conocer las propiedades físicas del sustrato y su actividad sobre la solución nutritiva, de esta manera se acoplan al suministro de agua, oxígeno e iones a las plantas. Esto permite la utilización del sustrato autóctono de cada región por lo general el de más bajo costo de obtención y transporte fácil.

Debido a la amplitud de la literatura sobre sustratos en hidroponía se ha hecho un intento de clasificación basado en el origen y las propiedades físicas químicas estudiadas anteriormente.

Para hacerlo se procedió de la siguiente manera:

Origen

Referido únicamente a aquellos materiales de tipo natural o artificial, designados como sustratos naturales a aquellos que se utilizan como se encuentran en la naturaleza o por lo menos no son resultado de un proceso de fabricación, se considerará como artificiales a los resultados de un proceso de fabricación industrial más o menos complejo y que presenta una composición básica diferente de la ma-

eria prima empleada.

Propiedades físicas

En particular se refiere únicamente a los materiales porosos o compactos. Considerando como capacidad de agua depende de la microporosidad interna de los materiales, y se consideran como materiales compactos a los que su capacidad de retención de agua esta causada por la microporosidad interparticular únicamente.

Actividad sobre la solución nutritiva

Con respecto a este punto, se refiere únicamente a la capacidad de intercambio, ya sea aniónico o catiónico, considerando sin capacidad de intercambio, los que actúan sobre un determinado ión únicamente y con capacidad de intercambio los que actúan sobre un grupo de iones ya sea aniones o cationes o ambos.

En diversos experimentos realizados, en cultivo de pepino en tezontle rojo y negro u (hormigon) se observó que en ambos sustratos las plantas crecieron satisfactoriamente, sin embargo, en una explotación comercial se recomendaría emplear al tezontle negro debido a sus propiedades (Rodríguez 1986).

2.3 Características del tezontle rojo:

Es una roca volcánica ígnea de estructura vesicular; es decir son rocas que se forman del magma.

expulsado por erupción y presentan burbujas atrapadas (se les considera la espuma de la lava). El color rojizo se debe al grado de oxidación que presentan (Huang, 1968).

En el país se puede encontrar en las zonas del eje neovolcánico en la región de los Tuxtlas en Veracruz, este presenta una mayor capacidad de retención de agua que el tezontle negro y su densidad aparente es de 0.4 g/cm^3 (Baca 1983).

Las evidencias experimentales indican que empleando el tezontle rojo se requiere una concentración menor de potasio en la solución nutritiva. Esto ocasiona una alteración en el pH, con lo que el empleo de este sustrato puede requerir un control mayor de la solución nutritiva.

El tezontle rojo se le consigue con facilidad y su costo es bajo pero presenta una granulometría muy irregular, por lo que para su empleo en hidroponía es necesario triturarlo y cribarlo, con lo cual se incrementan los costos.

2.4 Características del tezontle negro:

Es una roca colcánica ígnea básaltica de estructura vesicular y composición básaltica (Huang, 1968), presentan un color oscuro y también reciben el nombre de escorias colcánicas (lava básaltica). Su grado de oxidación es mucho menor que el tezontle rojo y se localiza también en la zona del eje neovolcánico en la región de los Tuxtlas, Veracruz, Su densidad aparente es de 1.1 g/cm^3 (Baca, 1983), por lo que es menos poroso que el tezontle rojo y su capacidad de retención de agua es menor.

Debido al color negro absorbe más calor durante el día, esto hace que eventualmente sea necesario -- contar con un sistema de protección que atenué la -- radiación solar (sombreo).

En los diversos experimentos realizados por -- Huang (1968) y Baca (1983), observaron que el mejor -- manejo de la solución nutritiva es cuando se usa el -- tezontle negro como sustrato, que cuando se usa el -- tezontle rojo. Esto es debido a la menor relación -- iónica que se puede establecer en la solución nutri -- tiva.

Su dureza y consistencia lo hace más resistente a los procesos de intemperismo.

Debido a su uso generalizado en la construcción de carreteras se le consigue en abundancia y con tamaño uniforme. El material es conocido en las minas donde se extrae como sello 3-A.

Para el empleo del tezontle como sustrato se -- debe uniformizar su tamaño de partículas de 3.0 a -- 20 mm de diámetro. En el caso del tezontle negro, -- El tamaño del sello 3-A queda dentro de los límites -- requeridos (7.0 - 20.0 mm) Baca (1983).

Penningsfeld y Kurzman (1975) indican que el tezontle (en la traducción al español se le denomina grava de piedra pómez) por tener las cualidades -- de presentar muy buenas características físicas con un volumen de los poros que ocupa aproximadamente -- el 85% del total.

Otra característica que presentan por lo regular los tezontles es que tienen cierto poder de absor -- ción de cationes y aniones o ambos.

2.5 Generalidades del cultivo en grava

La técnica hidropónica de los cultivos en grava fue desarrollada por la estación experimental -- de Agricultura de Nueva Jersey, durante los años -- de 1936-1938 (Ellis y Swansy, 1953; citado por Penningsfeld y Kurzman 1975).

Se puede definir al cultivo en grava como aquel sistema hidropónico que comprende a los métodos en que las plantas crecen en un sustrato generalmente no permeable pero si con una retención de humedad variable, que dependiera del tipo de material que -- le constituye.

Generalizando, los cultivos en grava utilizan el método de subirrigación (Resh, 1982), el cual -- consiste en regar, haciendo llegar la solución nutritiva de abajo hacia arriba dentro del bancal.

Steiner(1976) define dos sistemas básicos en el cultivo en grava con subirrigación: El sistema -- Americano y el sistema Holandés llamado Filipino.

En el sistema Americano la solución nutritiva circula en un sistema cerrado, entra en las camas -- de cultivo por el mismo tubo en que drena al tanque de almacenamiento, quedando en el sustrato una mezcla de la solución vieja adherida a las raíces, con la solución fresca del tanque.

En el sistema Holandés la solución nutritiva -- entra en el extremo opuesto (longitudinal) al que -- sale y en ambas operaciones existe una caída libre para su aireación. La solución es forzada a circular a través de la grava misma, dado que no hay ni tubos ni nada semejante en el fondo de la cama. De-

bido a la resistencia que opone la grava al flujo hídrico, este sistema funciona bien en bancales pequeños (hasta de 6mts de largo), la modificación -- que se le ha realizado a este sistema es el empleo de conductos en el fondo de la cama.

Las características del cultivo en grava son -- similares al cultivo en arena, pero las partículas -- son de diámetro superior a los 3.0 mm, y con lo --- que se refiere al diámetro hasta donde se consideran -- como gravas, existe una discrepancia entre los di -- ferentes autores, en algunos casos las consideran -- hasta los 20.0 mm, pero en otras ocasiones hasta -- los 70.0 mm, lo que si es claro, que a partir de --- los 3.0 mm, se consideran como gravas y los diáme -- tros menores como arenas.

Steiner (1976) también menciona que la dife -- rencia principal entre los cultivos en arena y gra -- va es que con esta última los poros entre las par -- tículas son tan grandes que permiten la circulación -- de la solución nutritiva en forma relativamente rá -- pida a través del sustrato en una dirección Hori -- zontal. Con cultivos en arena, los poros son dema -- siado pequeños para el transporte rápido. Otra dife -- rencia del cultivo en grava es que, una hora después -- de un riego completo al menos el 15% de espacios -- porosos están llenos de aire, siendo menor en el -- cultivo en arena.

De entre los muchos materiales que se conside -- ra como grava y que se utilizan con frecuencia en -- la hidroponía destacan los siguientes: basalto, gra -- nito, tezontle, piedra pómez, pedazos de ladrillo --

carbon, poliestireno, poliuretano, cascarilla de --
arros etc.

2.6 Características de la grava

Aclarando que para este caso a la grava que --
se enfoca es al tipo de sustrato, denominado con---
vencionalmente como grava, muy utilizado como mate-
rial de construcción. Este tipo de grava esta for--
mado por fragmentos o trozos de piedra cuyo diáme--
tro es superior a los 3.0 mm y cuyo limite superior
esta considerado en la hidroponia hasta los 20.0 mm
aunque existen excepciones como es el caso de Sch--
mitt (1961), que considera el limite superior hasta
los 70.0 mm de diámetro.

La grava puede ser derivada de rocas de origen
sedimentario o ígneo cuyos constituyentes principa-
les son: feldespatos, pirogeno, arcilla, cuarzo, --
y calcita y en menor proporción dolomita y oxido --
de hierro(Antonio Miguel, 1980). Es rara la roca--
constituida por un solo mineral, porque aun la roca
más pura contiene pequeñas cantidades de otro mine-
ral.

La densidad aparente de la grava de tipo sedi-
mentario es de 1.33 g/cm^3 , por lo que es menos po-
rosa que los tezontles y por lo tanto la capacidad-
de retención de humedad es menor. Debido a que es--
menos porosa que los tezontles se hace necesario --
que eventualmente se le esten aplicando riegos o --
contar con un sistema de riego sofisticado para ---
evitar que le falte agua al cultivo establecido.

En diversos experimentos realizados por (Stei-
ner, 1976 y Raca, 1983) con este tipo de grava, han

observado que el manejo de la solución nutritiva -- debe ser mucho más rigurosa que si se utilizará --- otro tipo de sustrato, ya que el lavado y satura -- ción con ácido fosforico debe ser, por lo menos -- después de cada cultivo con el fin de evitar preci -- pitaciones de los elementos en solución, como pue -- den ser: fierro, potasio, sulfatos etc.

Por tal motivo la aplicación de ácido fosfori -- co es necesario para evitar deficiencias de tales -- elementos, para evitar este tipo de problemas es -- recomendable usar gravas de tipo u origen ígneo --- (volcánico). Este tipo de grava presenta una densi -- dad aparente de 1.87 g/cm^3 , por lo que es menos po -- rosa que la grava de tipo sedimentario y aun mucho -- menos que el tezontle, además de ser un sustrato -- más duro y por lo tanto de duración mayor. Aunque -- el inconveniente es que debe regarse con más frecuen -- cia, debido a que es poco porosa y su superficie -- exterior se seca más rápido que los sustratos men -- cionados con anterioridad. La gran ventaja de este -- sustrato, es el fácil manejo de la solución nutri -- tiva y su resistencia a los procesos de intemperis -- mo; debido a su uso generalizado en la construcción es de fácil obtención y bajo costo.

En regiones donde no existen depositos natura -- les de gravas se recurre a la trituración de rocas -- ya sean de origen sedimentario u ígneo. La unica -- desventaja de algunos materiales o sustratos tritu -- rados es su forma generalmente anqulosa y de tipo -- laminar (Antonio Miguel, 1980). Para emplear la gra -- va como sustrato se debe uniformizar en tamaño su -- perior a los 12.0 - 20.0 mm de diámetro para que --

queden dentro de los límites requeridos.

Este tipo de sustrato se puede encontrar en: El estado de México (Atizapan, Ixtapa, Tizayuca)- Hidalgo, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas y Durango. - Estos son lugares donde se localizan depósitos naturales de este tipo de material. En Colima, Chihuahua, Querétaro, Guerrero, Nayarit, Veracruz y Jalisco, se acostumbra la trituración de la roca y obtención de materiales para su utilización en la construcción (Richardson, 1980).

2.7 Características de la gravilla

Dentro del sustrato denominado convencionalmente como grava existe una fracción comprendida entre los 3.0 mm y 12 mm, denominada como gravilla. Con una densidad aparente que oscila entre 1.5 y 1.9 g/cm^3 dependiendo del tipo de roca de que este constituida, con un peso específico de 2.58-2.65 kg/cm^3 (Richardson, 1980).

Para el tipo de drenaje el tamaño de las partículas influye mucho, así como el área de exposición del sustrato. Por tal motivo la gravilla requiere de menos riegos que la grava, así como también el drenaje es más lento ya que el tamaño de las partículas retiene más tiempo el agua. El inconveniente es que su aireación es muy pobre, debido a que permanece siempre rodeado de una capa de agua poco oxigenada e impide la recirculación de agua con mayor contenido de oxígeno.

Por su tamaño esta más expuesta a los agentes de intemperismo y por lo tanto su duración es menor

como sustrato, tomando a la solución nutritiva como agente impenetrante, debido a esto se debe poner especial atención a los precipitados producto de la degradación del sustrato, mismos que impiden la aireación y oxigenación de las raíces de las plantas, provocando que se lleven a cabo procesos de anaerobiosis en los cuales se genera menor energía necesaria para el crecimiento general de la planta, a diferencia de los procesos aerobios que generan mayor energía para un mejor crecimiento de las plantas.

De la misma manera que la grava, por su uso generalizado en la construcción es de fácil obtención, y de igual modo que la grava se puede obtener en depósitos naturales o por trituración.

2.8 Generalidades del pepino

El pepino es una planta que reúne las características adecuadas para ser explotado de manera rentable bajo un sistema agrícola de producción intensiva. Su crecimiento, aun cuando no es vertical, puede ser inducido, con lo cual la cosecha es más continua y básicamente en dirección acropetala. Otra característica es un corto ciclo biológico lo que permite utilizar más intensivamente el área de cultivo, ventaja muy importante, si se considera que en una instalación hidropónica comercial la superficie utilizada es alrededor del 60%.

Origen: El pepino procede de las regiones húmedas de la India según las referencias, China y Asia Oriental han sido los centros de donde fue llevado a las demás partes del mundo (Guenkov 1974), se ha culti-

vado desde la antigüedad, aproximadamente desde hace aproximadamente 3000 años los antiguos griegos, - romanos lo conocían, y a América fue traído por Colón (Halfacre y Barden 1979),

El pepino se utiliza principalmente para el consumo en fresco aunque algunas variedades se utilizan en curtidos Maroto (1983) menciona que de su semilla puede extraerse el 42% de un aceite comestible y que en algunas regiones de Asia como Indonesia, las hojas de pepino son consumidas tanto en ensalada como hervidas en forma similar a las espinacas.

El valor energético del pepino es muy pequeño (10.0 - 15.0 calorías/100 g) siendo este valor inferior al de la mayor parte de las cucurbitáceas; también su contenido en vitaminas y minerales es pobre; sin embargo su consumo es muy elevado por sus cualidades organolépticas (Malpica 1980), Según datos publicados por este mismo, el pepino en estado óptimo de comestibilidad posee la siguiente composición:

Compuestos	100 g, porción comestible
agua	96.10
proteínas	0.46
grasas	trzas
azúcares totales	1.63
otros carbohidratos	1.75

Clasificación Botánica

Reino	Vegetal
Subreino	Embryobionta
Division	Angiospermas
Clase	Dicotiledonea
Subclase	Sympetales
Orden	Cucurbitales
Familia	Cucurbitaceae
Genero	Cucumis
Especie	<u>Cucumis sativus</u> L.

Características Botánicas. El pepino es una planta--
 anual de hábito de crecimiento rastrero y con ciclo-
 vegetativo corto, Desde la germinación hasta los ---
 primeros cortes de cosecha generalmente tarda de 45-
 a 70 días dependiendo de las características genéti-
 cas de la variedad y de las condiciones en que se --
 siembren.

Características del sistema radical. La raíz prin --
 cipal alcanza una profundidad hasta de 120.0 cm, y -
 de esta emergen una multitud de raíces laterales a--
 20 ó 30 cm de profundidad del suelo las cuales rami-
 fican y desarrollan en forma horizontal (Guenkov 1974)
 en el cultivo de pepino bajo sistema hidropónico el-
 hábito de crecimiento de la raíz se modifica, pasan-
 do a ser de tipo fascicular, Esto debido posiblemente
 al mayor acceso de nutrimentos a la raíz en estos --
 sistemas.

Tallo. El tallo del pepino es angular, veloso y de hábito de crecimiento rastrero. Su longitud va de -- los 70 a 250 cm, dependiendo de la variedad y de las condiciones ambientales. Del tallo principal, en --- las axilas de las hojas, crecen ramificaciones laterales (tallos secundarios).

En algunas variedades, como la Poinsett y Poinsett 77 el mayor rendimiento de frutos se obtiene de los tallos secundarios.

Sobre el tallo del lado opuesto de las hojas -- forman zarcillos, los cuales se enredan con fácilidad en los objetos delgados (hasta de 3.0 cm de diámetro) cercanos a ellos. Características útiles para el tutoreo vertical de la planta.

Hojas. Las hojas tienen forma palmeada y pubescentes-son lobuladas en 5 partes y su tamaño depende de la variedad y de las condiciones ambientales. La reducción del área foliar en las plantas se produce durante el estilaje. que es cuando se tienen altas temperaturas y el agua con la cual se preparan las soluciones nutritivas alcanza altos niveles de salinidad durante el año, las células de la epidermis -- tienen cutícula delgada, por lo que se supone la --- planta presenta poca resistencia a una excesiva transpiración (Guenkov, 1974).

Flor. El pepino es una planta monoica, aunque actualmente se han introducido híbridos que solo producen flores femeninas (Alfacre, 1979), sus flores son unisexuales, de localización axilar y de color amarillo las flores femeninas pueden distinguirse de las masculinas por el ovario localizado en la parte inte --

de los pétalos (flores epigineas) y por que crecen en forma solitaria. Las flores masculinas se presentan en forma de grupo, formando un corimbo.

Todas las yemas florales son potencialmente bisexuales y con el tiempo la planta desarrollará en ella uno u otro sexo en función del genotipo, la situación del botón floral a lo largo de la gufa principal y de las influencias hormonales y ambientales (Días de la Guardia; citado por Maroto, 1983). Es por esta razón que la expresión del sexo en el pepino puede ser modificada.

Polinización. Halfacre (1979) señala que la producción comercial del pepino depende de la polinización entomofila, siendo las abejas los principales agentes polinizadores, también menciona que las flores de pepino deben ser visitadas varias veces por las abejas para que se produzca un fruto normal. Según el número de ovulos fecundados el fruto se desarrollara correctamente y adquiere la forma típica de la variedad. Bajo condiciones desfavorables para la fecundación, cierta parte de los ovulos queda estéril el pericarpio no crece en un lado y el fruto se encorva y se deforma (Guenkov, 1978).

Fruto. El fruto es un pepónide, indehiscente, de forma cilíndrica; su pericarpio es generalmente verde.

Semillas. Las semillas son planas ovadas, agudas en sus dos extremos (algo más en la parte del hilo) y de un color amarillento.

Nutrientes. Carpena (1978) hace un estudio sobre la absorción de iones y agua en el cultivo de pepino -- y reporta que durante su ciclo de cultivo la planta absorbe de forma constante todos los nutrientes --- presentando un máximo en los nitratos y potasio. -- Con respecto a los fosfatos y el magnesio se absorben de manera uniforme; para el calcio, la estabilización de su absorción son valores elevados que ocurren a medida que la planta envejece, siendo esto -- motivado por su incremento en la hoja y no por alcanzar altas concentraciones en el fruto.

Variedades. Existe un número muy amplio de variedades de pepino. Difieren entre si en diversos caracteres morfológicos, como sería la obtención de variedades sin espinas, Hasta aspectos claramente fisiológicos como sería la obtención de variedades ginoicas y de desarrollo genético partenocárpico (Maroto, 1983).

Vera (1976). Reporta las características generales de la variedad Poinsett 77 para suelos pesados, combinada con una buena resistencia al mildiú veloso, mildiú polvoriento, antracnosis y mancha angular --- de la hoja. Los frutos son cortos y cilindricos con extremos bien redondeados tarda de 45 a 75 días a -- la cosecha, es una variedad de polinización abierta.

El peso de la semilla es variable, se puede señalar una cifra media de 30.0 a 40.0 semillas por -- gramo (Maroto, 1983)

2.9 Requerimientos Ambientales

Temperatura. La temperatura óptima para el desarro--

llo y crecimiento de las plantas oscila entre 18-- y 30 grados centigrados, temperaturas menores de - 12 grados centigrados cesa el crecimiento y con -- temperatura de - 1 grado centigrado la planta llega a morir (Guenkov, 1974).

Luz. Musar (1973), citado por Maroto (1983), señalan que los días cortos y las temperaturas relativamente bajas favorecen la formación de flores femeninas; mientras que los días largos y las temperaturas altas favorecen la formación de flores masculinas.

Agua. El pepino está considerado como una planta -- muy exigente respecto al balance de humedad del -- suelo y del aire. Esto es resultado de su sistema radical que es relativamente débil de desarrollo -- y también a las características anatómicas de sus hojas. Para el desarrollo y fructificación normal del cultivo, la humedad del suelo debe ser 70 a 80% de la capacidad de campo y la humedad relativa del aire de 80 a 90% (Guenkov, 1974).

Producción y Economía. Durante 1981 el valor de la exportación del sector agropecuario ascendió a casi 1500 millones de dólares, aportados por hortalizas y fruta fresca casi el 40% y empleando para esto -- solo el 9% de la superficie agrícola nacional (U.N.P.H. 1982).

La participación del pepino durante las temporadas de 1980-1982 fue de 11.66% del total de to--

neladas exportadas de productos hortícolas en fresco. Los principales estados exportadores de pepino durante los años de 1981-1982 fueron: Sinaloa (90.01%), Michuacan (7.20) y sonora (94%). La temporada de mayor demanda para la exportación es de diciembre a marzo (U.N.P.H.1982).

2.10. Normas de Calidad.

Esta norma oficial Mexicana establece las características de calidad que debe cumplir el pepino (*Cucumis sativus*, L.) en estado fresco destinado al consumo humano directo.

Definición del producto. Para los efectos de esta norma, se entiende por pepino a la hortaliza perteneciente a la familia de las cucurbitáceas del género Cucumis y especie sativus L.

Terminología.

a) defectos menores.

Son aquellos defectos ligeros que cubran 1.5cm^2 de la superficie total, pero menores de 2.0cm^2 y que no sea afectada la pulpa.

b) defectos mayores.

Cuando un pepino tiene enfermedades en que la superficie afectada sea mayor de 1.5cm^2 , pero menor de 2.0cm^2 y que no sea afectada la pulpa.

c) defectos criticos.

Los considerados anteriormente cuando afectan una área mayor de 2.0 cm².

Clasificación y designación del producto

El pepino se clasifica de acuerdo a sus especificaciones en tres grados de calidad, en orden descendente:

México extra

México numero 1

México numero 2

El producto clasificado se designa por su nombre, tamaño y calidad. El producto que no ha sido clasificado de acuerdo con alguno de los grados anteriormente enunciados se designara como "no clasificados".

El termino "no clasificado" no es un grado de calidad dentro del texto de esta norma, sino una designación que denota que ningun grado de calidad se ha dado al lote

Especificaciones Sensoriales (1)

A) los pepinos deben:

- estar bien desarrollados, sanos, frescos, limpios.
- de consistencia firme y cascara razonablemente lisa.
- tener forma, sabor y olor característicos, --

exento de humedad exterior normal, libre de descomposición.

B) Color.

para casi todas las variedades, el color varia desde el verde oscuro al verde claro.

Especificaciones Físicas(2)

A) tamaño

el tamaño de los pepino se determina en base - al grosor y a la longitud y se deben clasificar de acuerdo a la tabla 1

- para la calidad México Extra se permiten --- los tamaños B ó C.

- para la calidad México numero 1 y 2 se permiten los tamaños A,B,C,Y D.

Tabla 1 para longitud y diámetro de fruto de pepino para la selección de calidad.

tamaño	grosor - CM	longitud -	México Extra	México 1	Mexico 2
A	menor 3.5	menor 14	A	A	A
B	3.5 - 5.0	14.0-16.5	B	B	B
C	5.1 - 6.5	14.0-16.5	C	C	C
D	mayor 6.5	mayor 16.5		D	D

Especificaciones de defectos (3)**A) México Extra**

estar practicamente libre de cualquier defecto-dentro de la tolerancia para esta calidad.

B) México 1

puede presentarse como máximo un defecto menor por unidad y deben estar dentro de la tolerancia establecida para esta calidad.

C) México 2

debe presentar como máximo un defecto mayor -- por unidad y deben estar dentro de la tolerancia establecida para esta calidad.

Tolerancias (4)

para las especificaciones físicas y de defecto en los distintos grados de calidad, se permiten como máximo la tolerancia siguiente: Mé -- xico extra 5%, México 1 10% , México 2 15%.

Tabla de tolerancia de defectos para los grados de calidad.

tipos de defectos	punto de embarque	punto de arribo
criticos	4.0%	5.0%
mayores	6.0%	7.0%
menores	10.0%	12.0%
acumulativo	10.0%	12.0%
Pudrición	0.5%	1.0%

en las tolerancias de tamaño y defectos, se da el porcentaje permitido para el lote, en pepino el porcentaje que corresponde a la designación declarada se evalúa por conteo.

2.11 Fermentación y Respiración

La glucólisis es una de las diversas rutas catabólicas, conocidas generalmente como fermentación anaeróbica, mediante la cual muchos organismos obtienen energía química de varios combustibles orgánicos en ausencia de oxígeno molecular. Dado que los organismos vivos surgieron inicialmente en una atmósfera que carecía de oxígeno, la fermentación anaerobia es el tipo de mecanismo biológico más primitivo destinado a la obtención de la energía de las moléculas nutrientes. La mayor parte de los organismos superiores han conservado la capacidad de efectuar la degradación anaeróbica de la glucosa a lactato, que se ha convertido así en una etapa de preparación del catabolismo aeróbico de la glucosa. Además, en la mayor parte de los animales la glucólisis desempeña un papel de mecanismo de emergencia capaz de producir energía durante periodos cortos en los que no se dispone de oxígeno.

Los organismos aeróbicos obtienen la mayor parte de su energía de la respiración, que se define como la oxidación de los combustibles orgánicos por el oxígeno molecular; el oxígeno actúa, por tanto -

como el aceptor electrónico final en la respiración. Los heterótrofos anaeróbicos obtienen también la mayor parte de su energía de reacciones de oxidación - reducción, pero en este caso, en el proceso de fermentación, los electrones pasan desde un intermediario orgánico producido en la degradación de la azúcar, el dador electrónico, hasta otro intermediario orgánico, que actúa como aceptor electrónico. En los procesos de fermentación anaerobia, sin embargo, no se produce una oxidación neta del combustible.

Cuando las células degradan a la glucosa anaeróticamente a través de la secuencia glucolítica-- el lactato formado que no puede ser posteriormente utilizado contiene todavía la mayor parte de -- energía de la glucosa original, por otra parte en condiciones aeróbicas, la degradación de la glucosa no se detiene en la etapa de lactato, sino que continúa más allá, de modo que los productos de -- la glucólisis se oxidan por completo a CO_2 y H_2O - liberando de esta manera el remanente de energía - disponible de la molécula de glucosa. La glucólisis anaerobia registra solamente la formación neta de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa, mientras que la oxidación aerobia completa libera 36 moléculas de ATP por molécula de glucosa.

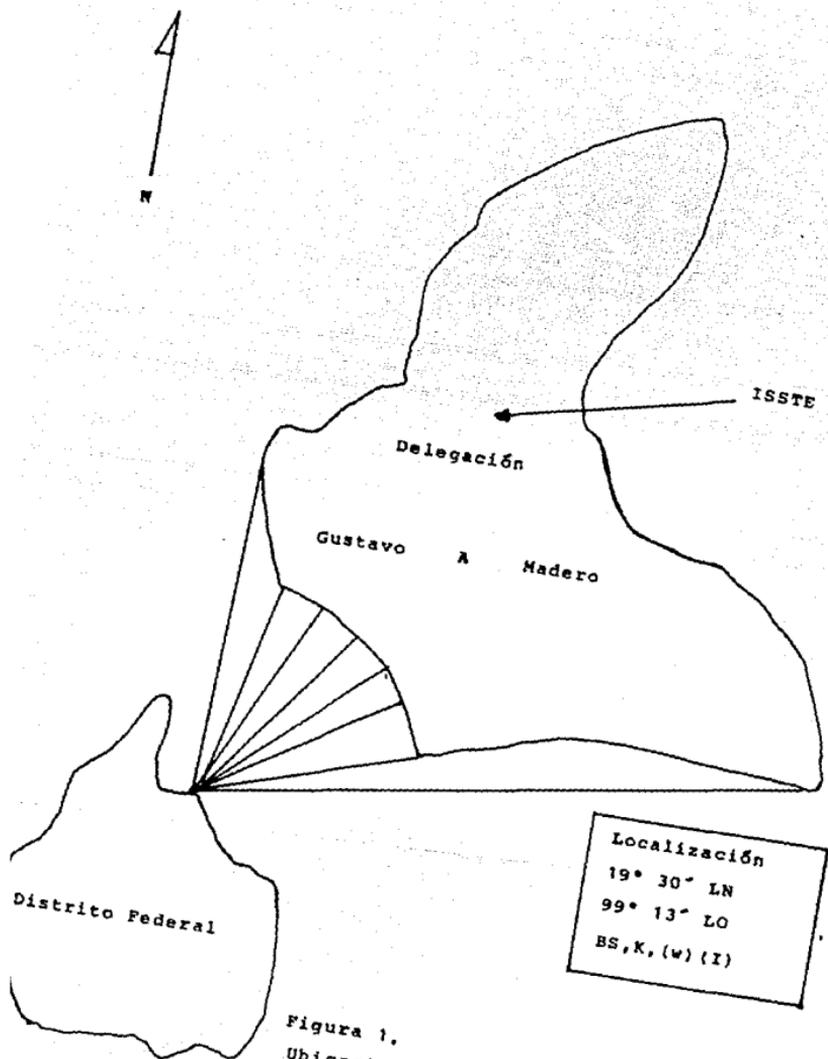


Figura 1.
Ubicación del ISSTE Primero de Octubre

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del Experimento

El presente trabajo se estableció en el invernadero del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Primer de Octubre, con domicilio Instituto Politécnico Nacional número 1669 y colector 13, México, D.F. (Figura 2). Este experimento se llevó a cabo durante el ciclo de primavera-verano con pepino (Cucumis sativus, L.) cv. Poinsett 77.

3.2 Características del Invernadero

El invernadero tiene una dimensión de 1000 m² - Aproximadamente, con una orientación norte-sur, este presenta una área de experimentación de 22 m², -- en la cual se encuentran cinco camas, con un metro de espaciamiento entre ellas, cada cama consta de -- una bomba centrífuga de 1/4 de HP para llenado de -- las mismas, además de constar o tienen un depósito de drenado individual. El invernadero es de vidrio -- con estructura de concreto y una altura promedio de tres metros.

3.3. Condiciones Climáticas

El clima de la zona es un templado seco o estepario, con período de lluvias de verano (BS,K,W,(w) -- (i)) según la clasificación de Köppen modificado -- por García, Con una temperatura media anual de 16.2 -- grados centígrados y una precipitación anual superior a los 570.8 mm.

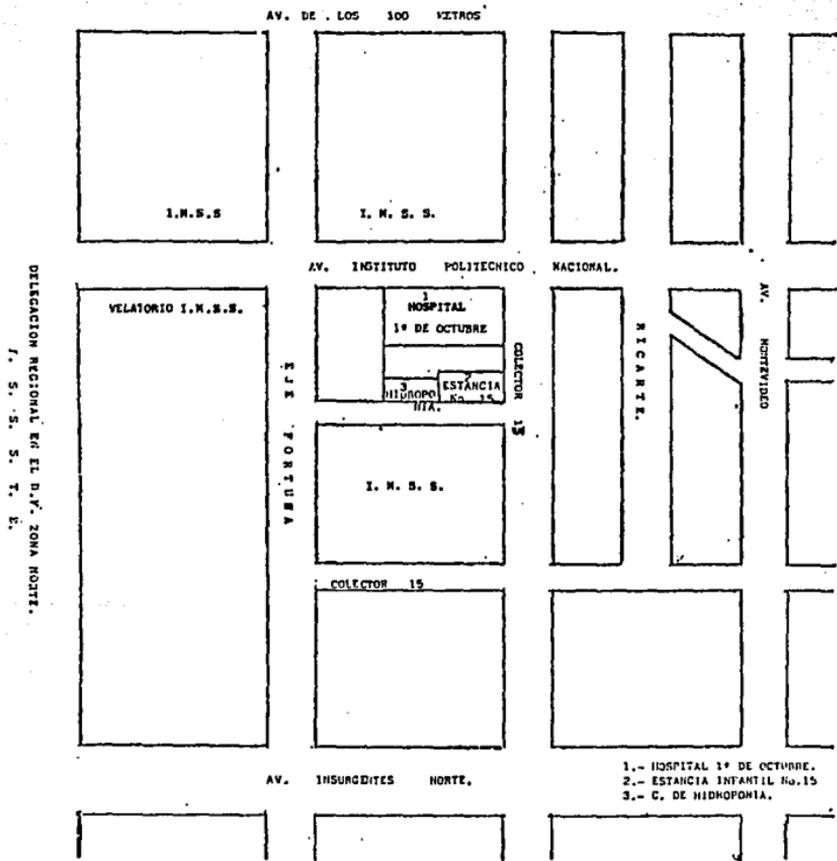


Figura 2 UBICACION DEL CENTRO DE TERAPIA OCUPACIONAL,
Y CAPACITACION EN HIDROPONIA.

EN HIDROFONIA.

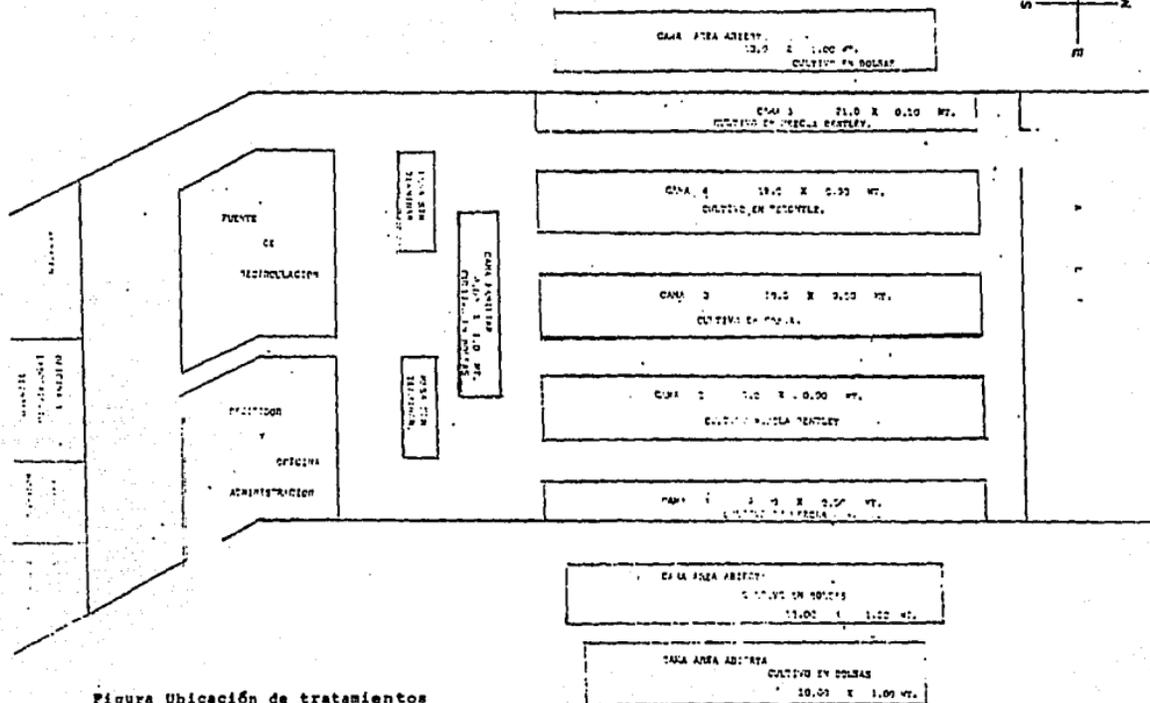
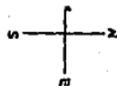


Figura Ubicacion de tratamientos

3

DELEGACION REGIONAL EN EL D.F. ZONA NORTE.

T. S. S. S. T. E.

37

Se ubica a diecinueve grados treinta minutos - latitud norte (19°30', L.N.) y noventa y nueve grados trece minutos longitud Oeste (99°13' L.O.).

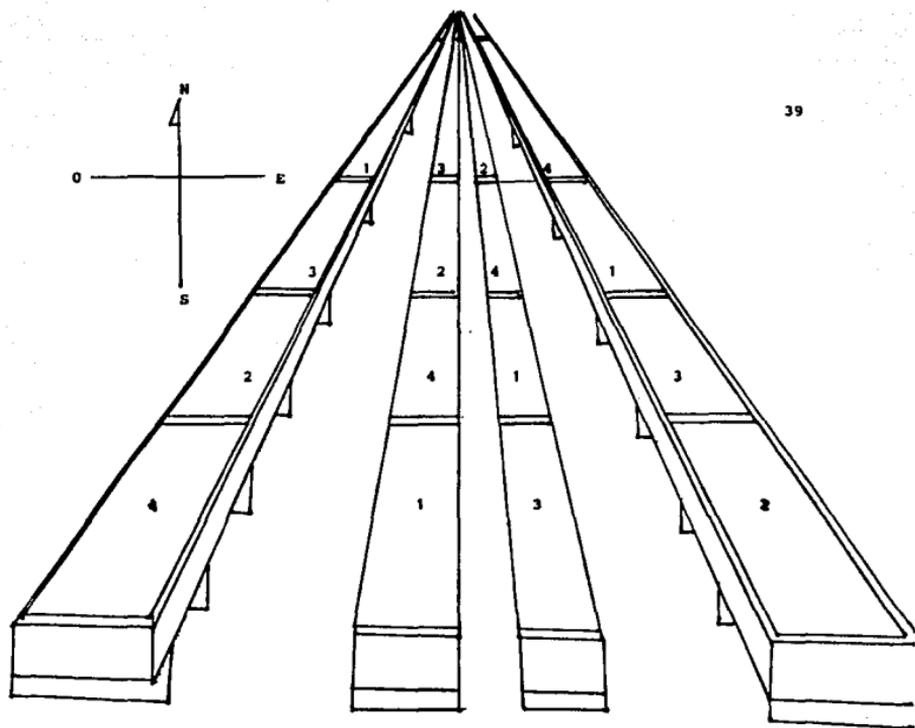
3.4 Unidad Experimental;

El área experimental constó de cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, por lo que se tubo un total de 16 unidades experimentales, cada unidad experimental tuvo una superficie en promedio de 4.87 metros de longitud y 0.90 metros de ancho con una profundidad de 0.40 metros.

Se utilizaron cuatro tipos diferentes de sustratos (gravilla, grava, tezontle negro y tezontle rojo), la solución nutritiva se preparo en cuatro contenedores de 200 litros, y para su aplicación se utilizo el metodo de irrigación superficial, La distancia entre plantas fue en promedio de 30 a 40 cm y de 35 a 45 entre hileras, se utilizo una densidad de 20 plantas por repeticion.

3.6. Diseño Esperimental.

El diseño experimental que se utilizo fue un completamente al azar dadas las condiciones de invernadero. Para la comparación estadística, se utilizo Tukey al 5% de probabilidad.



Cama de almacigos.

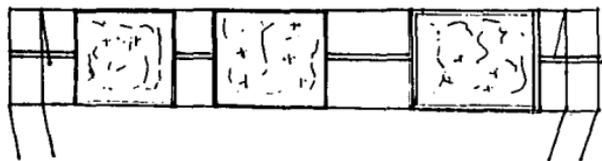


FIGURA Ubicación de tratamientos en las camas.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$\text{Modelo} \quad Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} = observaciones tomadas de i-ésimo ----
tratamiento.

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error aleatorio

$T = i \quad r_j = N =$ número de unidades experi-
mentales.

$ij =$ número de veces que ensayamos el tra-
tamiento j.

3.7. Formula

La formula que se utilizo para la preparaci3n de la soluci3n nutritiva fue la que normalmente se viene usando en el centro de hidroponia para el cultivo de pepino. A los contenedores que se utilizaron y que se llenaron con agua corriente se les agreg3 25 ml de 3cido sulfurico industrial con el fin de bajar el pH de las mismas dadas las condiciones que esta presenta (7.78), con el fin de evitar precipitaciones de los elementos en soluci3n como pueden ser calcio, magnesio y fierro. La preparaci3n de la soluci3n se realizo mediante el m3todo descrito por Penningsfeld y Kurzman (1975) en el cual menciona que se deben disolver primeramente los fertilizantes de reacci3n 3cida y enseguida los de reacci3n alcalina.

En el cuadro siguiente se enumeran los elementos y las partes por millon utilizadas en la formula para las condiciones de este experimento.

Cuadro 1. Elementos y partes por millon utilizadas en el presente trabajo.

Elemento	Simbolo	PPM
Nitrogeno	N	240
Fosforo	P	90
Potasio	K	200
Calcio	Ca	250
Magnesio	Mg	75
Fierro	Fe	6

3.7.1. pH y CE.

El pH se mantuvo en un nivel menor de 6 a la hora de aplicar la solución nutritiva. El pH se reviso durante la preparación de la solución nutritiva y en el momento del vaciado de las camas, así como también se midió el pH del agua que permaneció en las camas de cultivo. Para la medición de la conductividad eléctrica se procedió de la misma manera que para el pH, tomando las mismas muestras. Estase midió con un puente de conductividad eléctrica. La presión osmótica se mantuvo entre 1 y 1.5 atm, límite óptimo para este tipo de cultivo (Resh, 1982).

3.8. Manejo del Cultivo.

3.8.1. Siembra. La siembra se realizó en almácigos de madera con dimensiones de 40X40X10 cm, usando como sustrato vermiculita. Se sembraron aproximadamente 400 semillas para obtener en promedio 20 plantas por repetición.

3.8.2. Trasplante. El trasplante se llevo a cabo cuando las plantas presentaron de 2 a 3 hojas verdaderas o de 8 a 10 cm, se eligieron las plantas más uniformes y de mejor porte.

3.8.3. Riegos. Se empleo un sistema de riego superficial aplicado con manguera e impulsado por una bomba centrífuga de 1/4 de HP. El número de riegos dependió de la temperatura del medio de la etapa fenológica del cultivo así como del sustrato, se aplico un mayor número de riegos durante la etapa --

de llenado de fruto, además de agregar agua cuando se presento elevación en la temperatura. Estos riegos se dieron mojando uniformemente el sustrato sin llegar a humedecer la planta con el fin de evitar problemas con pudriciones.

3.8.4. Castración de flores. Se castraron las plantas a la aparición de las primeras flores masculinas; Esto se realizo con el fin de evitar deformaciones y anomalías de los frutos. Después de la aparición y normalización de las flores femeninas se dejo todo tipo de flor dado que ya en esta etapa no existen deformaciones por esta situación.

3.8.5. Poda. Los sistemas de podas que se realizaron: Primero; eliminar por abajo del tallo principal (30 a 40 cm) todos los brotes que salieron. También en esa zona se elimino hojas y tallos. Desde los 40 cm hasta un metro de altura se dejo todo que brotaran, se dejo en cada uno de ellos de dos a tres hojas y uno o dos frutos segun se dio el caso. Enseguida se despuntaron todos estos tallos y se desbrotaron todos los romos nietos que aparecieron. A partir de un metro de altura hasta los dos metros se dejo con tres hojas y dos frutos despuntando las plantas igual que en el caso anterior. A partir de esta altura se dejo que la planta vegetara libremente.

3.8.6. Tutorado. EL ENTUTORADO se realizo por medio de cuerdas colgantes sujetas a tubos que atraviesan el invernadero y que estan sujetos a la es-

estructura del mismo. El material que se utilizo para sugetar a las plantas, es un material sintetico llamado rafia, el tutorado se realizo cuando las plantas empezaron a requerirlo debido a su crecimiento y a las características de desarrollo de la planta.

3.8.7. Control de Plagas

Las fumigaciones se realizaron de acuerdo a la incidencia de plagas, se controlaron principalmente los insectos ya que estos llegan a ser vectores de algunas enfermedades. El ataque que con más fuerza se presento fue el de la mosquita blanca (Trialeurodes vaporariorum) plaga cosmopolita de los invernaderos . Otro ataque que se presento pero con menor magnitud fue el de acaros en el sustrato. El control se realizo por medio de los siguientes pesticidas asi como se hace mención del producto, dosificación y periodo de aplicación.

Fungicidas	Producto	Dosificación	Periodo
	Cupravit mix	50grs/10lts de agua	/15días
	Cupravit	25grs/10lts	c/15días
Insecticidas	Tamaron	25mls/10lts	c/15días
	Polimat	25ml /10lts	c/15días
	Foley	25ml /10lts	c/15días
Acaricidas	Omite	20ml /10lts	c/15días

3.8.8. Cosecha. La cosecha se realizo entre los 75- y 110 días contados a partir de la siembra. Por ser una variedad tardia y de polinización abierta, el índice de madurez lo constituyo el llenado uniforme del fruto y el desprendimiento fácil de las espinas y en algunas ocasiones el cambio de color de la cubierta, índices principales para este tipo de variedad.

El intervalo de cosecha fue de tres a cuatro días, además de realizar el raleo de los frutos pequeños y deformes con el fin de generar un mejor llenado de los demás frutos e incremento en la calidad de la producción .

La calidad del pepino se determino en base a las normas de calidad mexicanas, en cuanto al color peso del fruto, diámetro de fruto y longitud del mismo. Obteniendose así las clasificaciones de México Extra, México 1 , México 2.

3.8.9. Características de los medios de cultivo

En el cuadro siguiente se describen las características hidraulicas de los sustratos utilizados- el analisis se realizo en el centro de edafologia de la sec. Física de suelos. Colegio de Posgraduados de chapingo.

Determinacion	Sustratos			
	gravilla	grava	tez negro	tez rojo
Da g/cm ³	1.33	1.25	0.73	1.04
Dr g/cm ³	2.30	2.37	1.95	2.35

Enseguida se describen los resultados del analisis granulometrico de los cuatro sustratos utilizados - (gravilla, grava , Tezontle negro, Tezontle rojo), realizados en el Colegio de Posgraduados de Chapin- go. México.

Diámetro de Partículas	Sustratos			
	gravilla	grava	tez. negro	tez. rojo
22.2	-	-	-	-
12.0	-	-	-	-
11.5	-	84.45	9.78	-
9.52	-	-	-	-
6.35	-	-	-	-
4.76	96.79	15.55	85.91	98.20
3.36	3.21	-	4.31	1.80

1) Se determino solo estos diámetros debido al tamaño de los sustratos utilizados.

2) El volumen correspondiente al porcentaje de poros fue de 63, 56, 47, 41. Respectivamente.

3) Se realizo la determinación directa de un volumen del inerte seco.

3.9 Variables evaluadas:

3.9.1. Variables Morfológicas.

- A) Al tura de planta . Se realizaron 7 muestreos-- durante el ciclo de cultivo, 4 se hicieron durante la etapa juvenil de la planta y 3 durante la etapa de producción. Estas mediciones se realizaron desde el cuello de la raíz hasta la yema apical, concinta metrica.
- B) Días a floración. La primera floración ocurrió a los 50 días después de la siembra, cuando las -- plantas emitieron sus primeras flores femeninas.
- C) Días a madurez fisiológica. Se observo aproxi-- madamente a los 40 días después de la floración.
- D) Diámetro de fruto. Se midio cada fruto por la -- parte media utilizando para esto un vernier con -- la finalidad de obtener una mayor precisión.
- E) Longitud del fruto. Esta se midio con una regla-- apoyando el fruto en una hoja de papel con el fin-- de obtener más precisión en la medición del mismo.
- F) Rendimiento economico. Este se obtuvo mediante-- el pesado del fruto producido durante todo el ci-- clo de las plantas, de cada uno de los tratamientos y repeticiones, todo expresado en kilogramos por-- tratamiento.

3.9.2. Variables Fisiologicas.

A) Area Foliar. Se midio el área foliar en cuatro etapas fenológicas, Se tomaron cinco plantas por repetición, estas mediciones se realizaron tomando como base el modelo matematico obtenido en el congreso Nacional de Plasticos realizado en Guadalajara Jalisco (Díaz A. de A. G. 1983) el modelo es el siguiente:

$$Y = 60.069 + 0.00208 x^2$$

en donde X = largo x ancho (cm)

B) Indice de Area Foliar. Este se obtuvo a partir de los resultados obtenidos para el área foliar, -- utilizado como medida del desarrollo morfológico.

3.9.3. Variables del Sustrato.

Se realizaron los análisis de granulometría, Densidad aparente, Densidad real y Porosidad. Estas se realizaron mediante la toma de muestras de los sustratos utilizados en cada tratamiento, se realizaron en el Colegio de Posgraduados de Chapingo.

4 RESULTADOS Y DISCUSION

Se evaluaron multiples parametros del cultivo de pepino, y su respuesta de estas a las variables de los sustratos para determinar su comportamiento.

A continuación se describen los resultados de pepino fresco, cosechado en cada tratamiento, mismo que es considerado como uno de los principales componentes morfológicos que mayor influencia tienen sobre el rendimiento.

Cuadro 4.1 resultados de producto fresco de pepino (Cucumis sativos, L.) c.v. Poinsett 77 evaluando cuatro sustratos diferentes.

	REPETICIONES	GRAVILLA	GRAVA	TEZ.NEGRO	TEZ ROJO
I	27.91	38.19	40.77	20.27	
II	34.90	44.46	53.48	27.18	
III	38.05	36.06	44.93	24.43	
IV	37.31	46.22	47.86	34.43	

* Kilogramos de producto fresco

En el cuadro 4.1 se observa que los mejores promedios en producto fresco en las repeticiones se obtuvo en el tratamiento en el cual se utilizo tezontle negro y enseguida la grava, después la gravilla y por último el tezontle rojo.

A continuación se describen los resultados del análisis de varianza para la componente producto fresco para cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.

Cuadro 4.2. análisis de varianza para la componente producto fresco en pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77 en cuatro sustratos diferentes

P.V	G.L	S.C	C.M	Pc	Ft (0.05)
Tratamientos	3	987.216	329.072	11.95	3.49 **
Error	12	329.448	27.52		
Total	15	1316.664			

$$C.V = \frac{27.52}{14.317} = 36.64$$

El coeficiente de variación obtenido es considerado dentro de los límites aceptables para estos diseños lo que indica el buen manejo del experimento - (Reyes C, ET, AL 1983)

Al realizar el análisis de varianza para la componente producto fresco, mismo que se observa en el cuadro 4.2 en donde se obtuvo diferencia altamente significativa. Como resultado de la diferente expresión del cultivo de pepino a cada uno de los sustratos o medios de cultivo utilizados.

Con objeto de establecer las diferencias que en los tratamientos se dan; así como para poder interpretar las variaciones con una mayor precisión, y su resultado en la producción; enseguida se describe la comparación de medias de Tukey para la componente producto fresco.

Cuadro 4.3 comparación de medias (tukey 5%) de la componente producto fresco en pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77.

TUKEY	(0.05)	
X _D	26.5325	I a
X _A	32.0425	I a
X _B	41.2325	II b
X _C	46.7500	III c

* Medias con la misma literal son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad.

En los resultados de la comparación de medias presentada en el cuadro 4.3 se observa que se obtuvieron tres bloques de promedios. No obteniendo diferencia estadística para los tratamientos con gravilla y tezontle rojo; mientras que los promedios de los tratamientos con tezontle negro y grava resultaron diferentes estadísticamente.

4.1.2. Altura de Planta

Es otra de las componentes morfológicas que tiene una alta relación con el rendimiento: A continuación se describen los resultados del promedio de 20 plantas por tratamiento de dicha componente; así como los factores de incremento que se presentan en cada etapa fenológica del cultivo.

Cuadro 4.4 resultados de la componente altura de planta, y su incremento en el desarrollo -- del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77, en cuatro sustratos diferentes.

Días desde la siembra	sustratos							
	Gravilla	▲	Grava	▲	T.negro	▲	T.rojo	▲
12	5.3cm		5.3cm		5.6		5.0	
		2.56		3.43		3.1		2.74
19	13.6		18.2		17.7		13.7	
		3.3		2.9		3.71		2.96
26	45.0		53.6		65.7		40.6	
		2.49		2.04		1.76		2.64
33	109.7		109.7		116.0		107.7	
		1.49		1.54		1.53		1.58
40	164.5		170.0		177.5		170.0	
		1.03		1.06		1.07		1.08
65	170.0		180.5		190.0		185.0	
		1.05		1.09		1.06		1.00
75	180.0		198		203.0		186.0	

▲ factores de incremento de seis muestras.

Enseguida se enuncian los resultados del análisis de varianza de la componente altura de planta.

Cuadro 4.5 análisis de varianza para la componente altura de planta para el cultivo de pepino -- (Cucumis sativus, L.) c.v. Poinsett 77, en cuatro sustratos diferentes.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	Ft.
Tratamiento	13	684.83	228.27	0.0358	2.95 n.s.
Error	24	152704.87	6362.7		
Total	27	153389.72			

C.V $\frac{6362.7}{103.48} \times 100 = 6148.72$

En los resultados del análisis anterior se puede observar que la componente altura de planta no presenta diferencia significativa, con lo cual se observa que no existió diferencia entre la altura de las plantas de los diferentes tratamientos ó sustratos.

A continuación se describen los resultados de la comparación, de medias de Tukey 5%, para la com

ponente altura de planta.

Cuadro 4.6 comparación de medias (Tukey 5%) - para la componente altura de planta en pepino (*Cucumis sativus* L.) c.v. Poinsett 77, evaluando cuatro sustratos diferentes.

TUKEY (0.05)

X_A	98.3	a	a
X_B	105.042		a
X_C	110.78		a
X_C	101.07		a

* Medias con la misma literal son estadísticamente iguales.

En la comparación de medias del cuadro anterior se observa que no existió diferencia significativa entre promedios de los tratamientos, estos resultados muestran que no hubo diferencia entre las alturas de las plantas de los diferentes sustratos utilizados.

4.1.3. Longitud y Diámetro de Fruto

A continuación se muestra el resultado del análisis de varianza para dichos componentes.

Cuadro 4.7. Resultados de las componentes longitud y diámetro del fruto - en pepino (*Cucumis sativus*, L.) cv Poinsett 77. evaluando -- cuatro sustratos diferentes.

Componentes								
Longitud del fruto					Diámetro del fruto			
Rep.	gravilla	grava	tez. negro	tez. rojo	gravilla	grava	tez, negro	tez.rojo
I	17.5	18.8	16.7	14.4	4.8	5.1	5.2	3.8
II	13.8	17.2	17.2	13.3	4.3	4.8	5.8	4.2
III	14.8	16.2	15.8	15.4	4.7	4.6	5.4	4.2
IV	13.8	17.0	16.5	14.3	4.1	4.2	6.2	4.1

Cuadro 4.8 análisis de varianza para la componente Longitud del fruto de pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77, (promedio de 5 plantas) en cuatro sustratos diferentes.

F.V	G.L	S.C	C.M	Pc	Ft (0.05)
Tratamientos	3	5.37187	1.7900	14.7983	3.49 **
Error	12	1.4525	0.12104		
Total	15	6.82437			

$$C.V = \frac{0.12104}{335.30} \times 100 = 0.035$$

Cuadro 4.9 análisis de varianza para la componente diámetro de fruto en pepino (*Cucumis sativus*, L.) - c.v. Poinsett 77, (promedio de 5 plantas por tratamiento) en cuatro sustratos diferentes.

F.V	G.L	S.C	C.M	Pc	Ft (0.05)
Tratamientos	3	30.9560	10.3189	9.90	3.49 **
Error	12	12.4975	1.0414		
Total	15	43.4544			

$$C.V = \frac{1.0414}{17.33} \times 100 = 6.0$$

En los cuadros 4.8 y 4.9 se pueden apreciar - los resultados del análisis de varianza, en los -- cuáles se obtuvo diferencia altamente significativa a un nivel estadístico de probabilidad del 5% - aquí se puede observar el efecto diferente que los sustratos tienen sobre estas componentes.

En los cuadros 4.10 y 4.11 se apunta la comparación de medias de Tukey 5% para las componentes, Longitud y diámetro de fruto.

Cuadro 4.10 comparación de medias de Tukey de la componente Longitud de fruto de pepino (*Cucumis sativus*, L.) C.V. Poinsett 77, en cuatro sustratos diferentes.

TUKEY (0.05)

X _D	4.075	I a
X _A	4.475	I b
X _B	4.675	I c
X _C	5.65	I c

* Medias con la misma literal son estadísticamente iguales.

En los resultados de la comparación de medias del cuadro 4.10 de la componente longitud del fruto, se puede apreciar que de los cuatro promedios de los tratamientos establecidos dos resultaron es

tadisticamente diferentes y dos sin diferencia significativa, formandose así tres bloques de medias con diferencia estadística a un nivel de probabilidad del 5%.

Con lo que se refiere a los resultados de la componente diámetro de fruto en los cuáles se observa que de los cuatro promedios establecidos, - los cuatro resultaron diferentes; formandose así cuatro bloques de promedios con diferencia estadística.

4.1.4. Días de Floración

Este factor es comprendido dentro de las componentes como un factor importante para la determinación del rendimiento (Wiebe, J. 1983), dado - que la duración del ciclo vegetativo interviene - de manera directa sobre el rendimiento del cultivo, obteniendose una correlación positiva de esta componente con el rendimiento (Marquez, 1979). A continuación se describen los resultados de análisis de varianza para esta componente.

Cuadro 4.11 comparación de medias de Tukey 5% de la componente diámetro del fruto en pepino (Cucumis-sativus, L.) evaluando cuatro sustratos diferentes.

TUKEY 5%

X_D	15.6	a
X_A	16.47	b
X_B	18.05	c
X_C	19.2	d

* comparación de medias con la misma literal son estadísticamente iguales

los cuatro promedios de los tratamientos comparados resultaron diferentes estadísticamente.

Cuadro 4.12 resultado del análisis de varian-
za para la componente días a floración en pepino -
(Cucumis, sativus, L.) c.v. Poinsett 77, en cuatro
sustratos diferentes.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft (0.05)
Tratamientos	3	62.75	20.91	5.84	3.49 *
Error	12	43.01	3.58		
Total	15	105.76			

$$C.V = \frac{3.58}{50.125} \times 100 = 7.14$$

El coeficiente de variación obtenido se puede
considerar normal debido al número de repeticiones
evaluadas.

En el resultado del análisis de varianza de
los días a floración se obtuvo una diferencia sig-
nificativa, lo cuál se puede observar en el cuadro
4.12.

Con la finalidad de evaluar la respuesta de
esta componente (días a floración), en los diferen-
tes medios de cultivo. A continuación se anuncian
los resultados de la comparación de medias de Tu-
key 5%.

Cuadro 4.13 comparación de medias de Tukey - 5% para la componente días a floración el pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77, evaluando cuatro sustratos diferentes.

TUKEY	(0.05)		
X_D	52.5	I	a
X_A	51.5	I	a
X_E	47.5	I	b
X_C	49.0	I	b

* medias con la misma literal son iguales estadísticamente.

Los resultados de la comparación de los valores medios correspondiente a la componente días a floración se puede observar en el cuadro 4.13, en el cuál se aprecia que se obtuvieron 2 bloques de medias iguales entre si, pero diferentes al -- bloque contrario; el primer bloque lo componen -- los promedios de los sustratos tesontle rojo y -- gravilla, los cuales resultaron iguales para esta componente; los tratamientos del segundo bloque -- lo forman el tezontle negro y la grava, de la misma manera son iguales estadísticamente entre si -- pero diferentes al bloque contrario.

4.1.5. Días a madurez fisiológica

A continuación se muestran los resultados del análisis de varianza para esta componente.

Cuadro 4.14 análisis de varianza para la componente días a madurez fisiológica en pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v Poinsett 77, evaluando cuatro sustratos diferentes.

F.V	G.L	S.C	C.M	Fc	Ft (0.05)
Tratamientos	3	59	19.6	9.65	3.49 **
Error	12	25	2.03	2.03	
Total	15	79			

$$C.V = \frac{2.03}{40.75} \times 100 = 4.98$$

En el cuadro 4.14 se muestra los resultados del análisis de varianza, en la cuál se obtuvo una diferencia altamente significativa para esta componente.

A continuación se describe la comparación de medias de Tukey 5%, para la componente en es-

tudio (días a madurez fisiológica).

Cuadro 4.15 comparación de medias de Tukey - 5% para la componente días a madurez fisiológica en pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77, evaluando cuatro sustratos diferentes.

TUKEY	(0.05)	
X_D	43.5	I a
X_A	41.5	I a
X_C	38.5	I b
X_B	39.5	I b

* medias con la misma literal son iguales estadísticamente.

En el cuadro 4.15 se observa que los resultados derivados de la comparación de medias, fueron 2 bloques similares entre sí; conformando el bloque a la gravilla y el tezontle rojo y el bloque (b) la grava y el tezontle negro iguales entre sí; pero diferentes entre bloques.

4.2, Componentes fisiológicos del rendimiento.

4.2.1. Areafoliar

Para la determinación de esta componente, se tomaron el promedio de 5 plantas seleccionadas al azar, en cada repetición y tratamiento; realizan-

do seis observaciones durante las cuatro etapas fe
nológicas del cultivo.

Dado que el área foliar es considerado como -
uno de los principales parámetros fisiológicos que
mejor estiman el rendimiento; ya que el área fo --
liar depende en su mayor grado del largo y ancho -
de la hoja (Eik y Hanway 1966), y por lo tanto es-
ta es una medida de su eficiencia que esta dada --
por el incremento en peso seco por unidad de área
foliar; la cuál se denomina tasa de asimilación ne
ta, y esta es considerada como la fente fisiológi
ca que mejor estima el rendimiento y producción -
de los cultivos. (Eik y Hanway) (1966), Nunes y --
Kamprath (1969).

En-seguida se describen los resultados de la
componente área foliar, evaluando cuatro sustra -
tos diferentes.

Cuadro 4.16 resultados de area foliar promedio de 5 plantas por tratamiento) de pepino (*Cucumis sativus*, L.) c.v. Poinsett 77, en 6 -- observaciones durante el periodo de primavera-verano.

TIEMPO EN DIAS	cm/ planta			
	GRAVILLA	TEZ. ROJO	GRAVA	TEZ. NEGRO
30	362.5	362.8	403.5	404.7
45	4739.5	4326.1	4826.1	4919.0
51	5962.1	4909.1	6435.2	7148.3
60	7899.5	7573.9	8419.5	8997.2
70	17489.5	14001.2	26963.4	27289.5
85	17585.3	16985.7	25998.5	29896.5
TOTAL	54047.4	48158.8	73136.3	78655.2
PROMEDIO	9007.3	8026.4	12189.3	13109.2

C.V = 7.43%

Los resultados del área foliar; así como los factores de incremento en cada etapa fenológica - se observan en el cuadro 4.16. en estos resultados se aprecia que el sustrato que mejores factores de incremento obtuvo durante las etapas fenológicas, fue el tezontle negro con un incremento máximo de 14.94325 cm^2 . El segundo lugar lo obtuvo la grava con un incremento máximo de 13.4817 cm^2 . El tercer lugar le correspondió a la gravilla con 8.7926 cm^2 de incremento superior, y por último - el tezontle rojo con un incremento de 8.4928 cm^2 . El más bajo de los tratamientos en estudio.

Al comparar los resultados del área foliar - con los resultados de producto fresco de los tratamientos evaluados.

Se puede analizar que existe una gran relación entre estas dos componentes, ya que se obtuvo que entre mayor fue el área foliar producida mayor fue el rendimiento económico obtenido; esto mismo se observa en los cuadros 4.1 y 4.16.

4.2.2. Índice de Área Foliar.

Partiendo de los datos obtenidos del área foliar se determinó el índice de área foliar (IAP), ya que este último es utilizado como una medida - del desarrollo morfofisiológico que fue determinado en base a la relación área foliar $\text{cm}^2/\text{superficie cm}^2$ por planta.

Se utilizo el promedio de 5 plantas por repetición. En el cuadro 4.17 se observan los resultados de esta componente por tratamiento.

Cuadro 4.17 resultados del indice de área foliar para el cultivo de pepino (*cucumis sativus*, - L.) c.v. Poinsett 77, evaluando cuatro sustratos - diferentes (promedio de 5 plantas por repetición

TIEMPO EN DIAS	cm/ planta			
	GRAVILLA	TEZ.ROJO	GRAVA	TEZ.NEGRO
30	0.0997	0.0997	0.100	0.100
45	1.231	1.235	1.425	1.460
50	1.442	1.422	1.769	2.130
60	2.124	2.024	2.498	2.896
70	4.810	3.300	8.015	8.716
85	8.135	8.517	9.959	10.338

El indice de área foliar guarda una relación alta con el rendimiento del producto fresco hasta un valor óptimo, el cuál varia de acuerdo al autor. En el cuadro 4.17 se aprecia que los indices de área variaron en rangos de 0.0997 a 10.338 cm, el tratamiento que más alto indice de area foliar presento fue el tezontle negro, presentando este máximo, durante la etapa de fructificación - aproximadamente a los 87 días, los demás tratamientos anduvieron en rangos de dos unidades por abajo de este último.

Los resultados del análisis de varianza efectuado para las componentes del rendimiento estudiadas muestran que existió una diferencia significativa para la componente días a floración, y una diferencia altamente significativa para: producto fresco, longitud y diámetro del fruto y días a madurez fisiológica, a excepción de la altura de planta la cual no mostro diferencia estadística; esto mismo denota que la mayoría de los componentes presentaron distinto comportamiento a los sustratos evaluados.

Los resultados de la comparación de medias confirman lo observado en el análisis de varianza y muestran las diferencias estadísticas existentes entre los tratamientos para las componentes registradas.

La diferencia en cuanto al rendimiento y calidad de la producción estuvo dada por la variación en la velocidad de crecimiento y este mismo probablemente por el oxígeno presente en los sustratos; además de su capacidad de mantener la humedad adecuada para generar un buen desarrollo en las plantas.

El mejor de los rendimientos lo obtuvo el tezontle negro ya que este sustrato presenta las características de suministrar una película delgada de agua circulante a la raíces, la cual por

la absorción de esta se adelgasa más y no es consumida en tiempo corto, esto es debido al equilibrio mantenido por la solución nutritiva proveniente de los poros de las partículas del sustrato; además - también por medio de este mecanismo se tiene el -- transporte difusional de oxígeno hacia el sistema redicular, ya que entre mayor sea el adelgazamiento de la película de agua y solución mayor es el transporte del oxígeno a las raíces, y con esto - mayor es la energía generada para la entrada de - agua y nutrientes a la planta.

Se piensa que lo expuesto anteriormente fue lo que sucedió con el tezontle negro, por tal motivo fué el sustrato que mejores rendimientos presenta, con una producción de 187.04 kg. de pepino fresco. La producción más alta de todos los tratamientos en estudio; por lo tanto esta superioridad en la producción radica fundamentalmente en la obtención de los mejores promedios de todas -- las componentes evaluadas, a excepción de altura de planta la cual no mostro diferencia estadística; aunado a esto fue el tratamiento que mejor calidad de la producción obtuvo, esto generado - por la mayor cantidad de frutos de primera mismo que se observa en el cuadro 4.10 y 4.7 dados - los lineamientos de las normas oficiales de calidad mexicanas, contempladas en apartados anteriores.

Debido al comportamiento y a la producción - que tuvo la grava, fue el segundo sustrato que me jores rendimientos presento, con una producción de 165 kg. de pepino fresco, mismo que se observa en el cuadro 4.1 con el segundo resultado más alto en producción y calidad.

El comportamiento de este sustrato por ser - de tipo no poroso, es diferente al presentado por los tezontles, debido a que la grava tiene la característica de tener una cara exterior casi plana, con un bajo porcentaje de porosidad, lo cual genera una capa de agua y solución demasiado gruesa para permitir la difusión del oxígeno desde -- el aire a través de la capa de agua y solución; - por esto mismo la concentración al rededor de las raíces es insuficiente, y como consecuencia da -- una carencia de oxígeno, que trae un retardo en - el crecimiento, promovido por procesos de anaerobiosis que se generan. Pero probablemente cuando se le brinda una adición complementaria de oxígeno o una buena aereación tanto a la solución como al sustrato, provoco excelentes resultados en la producción.

De lo expuesto anteriormente se desprende el hecho de que los excelentes resultados obtenidos en este tratamiento, obedecieron a las características del sustrato, el cual brinda las condiciones adecuadas para generar un buen flujo de masas y difusión; así como las condiciones para que se

realice una buena absorción de los elementos de la solución nutritiva, ya que se necesita de la oxigenación para que exista energía y se genere una buena absorción de agua y nutrientes por las raíces (Torne, 1954 y Richter, G. 1972).

Otros tantos estudios se han realizado con este sustrato (grava en donde muestran que con -- 250 mg de oxígeno /día/ planta se obtienen buenos resultados en el crecimiento; además de una buena producción de flores y un excelente amarre de frutos, y en cambio plantas cultivadas en este mismo sustrato pero con deficiencias de aireación presentaron problemas en el crecimiento y producción de flores (Steiner, 1976).

Todos estos factores se conjugaron para generar el buen rendimiento obtenido en este sustrato.

Dados los resultados de la gravilla, en los cuales se obtuvo un rendimiento de 128,77 kgs. de producto fresco, como se aprecia en el cuadro 4.1, en donde se observa una producción baja en comparación a los otros sustratos mencionados.

Las características de la gravilla son similares a las de la grava en cuanto al material que las compone o en si al material que les dio origen, pero su granulometría es más pequeña; además que el sustrato con el que se trabajo presento una densidad aparente superior a la obtenida en la gr

va, por lo tanto una menor porosidad y menor capacidad de retención de humedad; contrario a lo que se esperaba. Dado que por su granulometría se pretendía resultara más porosa, ya que entre más pequeñas sean las partículas mayor capacidad de retención de humedad tendrán, mayores serán los poros y mayor la cantidad de agua que puede ser almacenada por estos. Debido a lo anterior se esperaba obtener resultados superiores a la grava o similares, pero no resultó así, por lo que las mermas en la producción de este sustrato, probablemente se debió a la gran cantidad de partículas finas de menos de 2 mm. de diámetro presentes, motivo por lo cual se generaron zonas de desigual drenaje en las camas de cultivo. Lo que promovió zonas de excesiva humedad, esto mismo provocó reacciones anaerobias y retardo en el crecimiento; esta falta de aereación y oxigenación de las raíces provocó quizá una deficiente absorción, tanto de agua como de nutrientes e impidió con esto un desarrollo normal del cultivo.

Las condiciones anaerobias retardan más del 75% el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Leninger, 1983), por lo anterior podemos decir que las mermas en la producción en este sustrato estuvieron dadas por las características que presentó este sustrato, y estas obedecieron al gran porcentaje de partículas finas lo que generó una deficiente aereación y una baja absorción de nutrientes, lo que generó un deficiente desarrollo una baja producción y consecuentemen

te una mala calidad en la producción.

El tratamiento con tezontle rojo, fue el sustrato que más bajos rendimientos proporciono, esto se debio quiza a las características de dicho sustrato. La producción total de este tratamiento fué de 106.13 kgs de producto fresco, el más bajo de todos los sustratos evaluados, aun a pesar de que este sustrato es considerado como un sustrato de material poroso y por lo tanto con gran capacidad de retención de humedad; además es un sustrato que tiene la característica de presentar un sistema acuoso de película delgada y de promover que mas oxígeno sea transportado desde el aire hacia las raíces, lo cual genera la energía necesaria para obtener una mayor absorción de agua e iones de los nutrientes en solución.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se puede decir que las mermas en la producción obedecieron a factores del sustrato mismo. El tezontle rojo tiene la característica de absorber iones de potasio y en escala menor de fosforo (Baca, 1983), dichos iones en un sistema acuoso de película delgada, se movilizan en proporciones mayores hacia el espacio libre aparente radical, mediante fenomenos difusivos con relación al flujo de masas simple, con lo cual el comportamiento del cultivo de pepino en el tezontle rojo obedecio probablemente a un consumo excesivo de potasio lo que provoco un consumo me-

nor de otros elementos y como consecuencia deficiencias de estos mismos, esto estimulo un exceso de potasio aun mayor, debido a la gran rapidez con que se desplaza este elemento al espacio libre aparente radical, lo que impidio la entrada de otros elementos y como consecuencia deficiencias de estos mismos. Estas deficiencias se vieron reflejadas - en la cantidad y calidad de la producción.

De todo lo expuesto anteriormente se establece que la velocidad de crecimiento en el cultivo - de pepino estuvo dada por el oxígeno presente en - los sustratos, además de la capacidad de mantener la humedad necesaria para generar un buen desarrollo en el cultivo, sin perder de vista las reacciones químicas que en estos se llevaron a cabo producto de la solución nutritiva, ya que como se menciono anteriormente el potencial de rendimiento - radica en la distribución óptima de los nutrientes por medio de los sustratos hacia las raíces dado que para obtener altos rendimientos y calidad de la producción es necesario un buen balance entre - los órganos reproductivos y vegetativos y el manejo de estos depende en su mayor parte de los medios de cultivo.

5 CONCLUSIONES

De la discusión de los resultados presentados anteriormente, y bajo las condiciones en que se desarrolló este trabajo se concluye lo siguiente:

- Se determinó que las características de los sustratos intervinieron en el rendimiento y calidad del cultivo de pepino, ya que el rendimiento de cada tratamiento se vio reflejado por las características que presentaron los sustratos.

- Dados los resultados del inciso anterior se observó que el mejor rendimiento y calidad del pepino, se obtuvo con el tratamiento con tezontle negro, esto obedeció a las características de (granulometría, densidad aparente y porosidad), mismas que brindaron las condiciones adecuadas para generar un buen desarrollo y producción en el cultivo.

- El segundo lugar en cuanto a rendimiento y producción se obtuvo con el tratamiento con grava. Así lo mostraron las componentes en esta evaluados.

- Los tratamientos con gravilla y tezontle rojo quedaron relegados a segundo término dados los rendimientos que en estos sustratos se obtuvieron: la baja producción en la gravilla se piensa que se debió a la mezcla de partículas finas que provocaron un deficiente drenaje y una deficiente aireación.

- El desarrollo y producción deficiente, obtenida en el tezontle rojo se piensa que se debió a un consumo excesivo de potasio provocado por las características del sustrato.

- Se determinó que uno de los principales factores que intervienen en la producción de los cultivos hidropónicos; es la buena aereación y oxigenación de los sustratos, ya que el oxígeno presente en las raíces genera la energía necesaria por medio de la respiración, para una buena absorción de agua y nutrientes en las plantas.

Dados los resultados obtenidos anteriormente los objetivos de este trabajo se cumplieron, ya que se determinó el sustrato que mejor producción de pepino obtuvo; además de apreciar que las características de los sustratos intervienen en el rendimiento y calidad del cultivo de pepino.

Sugerencias:

- En el caso de utilizar sustratos hidropónicos, los que resultan más adecuados para el cultivo de pepino son los que por su características proporcionan una película delgada de solución circundante a las raíces y con esto una mayor aireación y oxigenación de las raíces lo cual puede promover un buen desarrollo del cultivo de pepino.

- Si se utilizan sustratos hidropónicos se deben evitar sustratos mezclados con partículas muy finas de menos de 2 mm. de diámetro con el fin de evitar problemas de drenaje y aereación; además - de excesos de humedad.

- En caso de utilizar sustratos de tipo no poroso como las gravas es recomendable trabajar con gravas cuyos diámetros oscilen entre 3/16 y 1/4 de pulgada, además que deben tener una porosidad superior a 47%, con estas características se obtiene aproximadamente 250 mg de oxígeno/ planta/ día, óptimo para un buen desarrollo y rendimiento del cultivo de pepino.

- En el caso de utilizar como sustrato el tezontle rojo se debe tener especial atención en el control de la solución nutritiva, ya que este sustrato tiene la característica de incrementar la disponibilidad de potasio y en proporción menor la de fosforo, esto puede traer una variación en el pH de la solución nutritiva, lo que puede traer problemas de los elementos en solución.

BIBLIOGRAFIA

Baca (1983), efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el sustrato y la densidad de siembra en los cultivos hidropónicos al aire libre en pepino, melón, jitomate. Tesis de doctor en ciencias, Chapinco, México, Colegio de Posgraduados. 172 p.

Carpena, A. O. 1978, absorción de agua e iones en el cultivo de pepino I. Consumos totales. In Revista de Agroquímica y Tecnología de alimentos (España) 18 (2): 236 - 244.

Díaz A. de A. G. (1983). Respuesta del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*, L.) desarrollado Hidroponicamente en condiciones de invernadero (C.M. D.P.E.L.A.) Guadalajara Jalisco.

Eik, K., J. J. Hanway, 1966. Leaf area in relation to yield of corn grain agron. J. 58: - 16 - 18.

García, E, 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen; para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana 3 ed México, D.F., talleres Offset Larios. 252 p.

Guenkov, G. 1974. Horticultura Cubana. La Habana Instituto Cubano del libro.

- Halfacre, R.G. y Barden, J. A 1979. Horticulture
New York, Mc Graw-Hill. pp 549-551.
- Hanan, 1969,. The use Of inert media in green --
houses Proc. Intern. Congr. Soilless Culture.
Las Palmas.
- Huang, W. T, 1968. Patología, trad. de la ed. in
glesa por Rafael García Díaz. México,. D.F.
UTEHA. pp3 - 176.
- Hunter, R.B, L.W. Kannebrq, E.E. Gamble 1970. Per
formance of five maize hybrids in varying plant
populations and rows Widths, Agron. J. 62: --
255 - 256.
- Huterwall, G. O, 198. hidroponia; cultivo de plan
tas sin tierra. Buenos Aires, Argentina, Al
batros. 251 p.
- Malpica Cárdenas, R.F. 1980. Conservación en fres
co de pepino (Cucumis sativus, L.) para expor
tación. Tesis Q.F.B. México, D.F., UNAM, Fac.
de Química. 139 h.
- Maroto Borrego, J.V. 1983. Horticultura herbacea -
especial. Madrid, España, Mundi-Prensa. pp --
409-424.
- Penningsfeld, F. y Kurzman, P. 1975. Cultivos ---
hidropónicos y en turba. Trad. de la ed. ale
mana por J. Santos Caffarena. Madrid, España
Mundi-Prensa. pp 15-109.

- Reyes, C.P, O y P. 1983. Diseños de experimentos - aplicados, Ed. Trillas, México., p 349.
- Resh, M. M. 1982. Cultivos hidropónicos. Nuevas -- técnicas de producción. Ed. Mundi-Prensa. Ma - drid España.
- Richter. G. 1972. Fisiología del metabolismo de -- las plantas: fisiología y bioquímica de meta - bolismo primario. trad, de la 2ed alemana por - Ludwig Muller, México, D.F. CECSA. pp 253-266.
- Rodríguez, C.E, 1986. El cultivo de pepino (Cucu - mis sativus, L.) en hidroponia, 5sc. Agronomia Depto. Suelos Universidad Católica de Chile. - Santiago de Chile.
- Richardson, J.G, 1980. Cimbras, juntas y aditamen-- tos. México, D.F.
- Schmitt, 1961. Tratado de construcción. Gustavo -- Gil. SA. Barcelona España.
- Schwarz, M y Vadia, 1969. Limstone gravel as growth medium in hidroponics. Plant Soil.
- Schwarz, M. 1967. Foam plastic, a. Comercial Plant- Growth medium Plant y Soil, 291 pp.

Steiner, 1976. The development of soilless culture - and an introduction to the congress. In proceedings of the fourth international congress on soilless culture, las Palmas de gran Canaria. España. Wageningen in the netherlands, secretariat of iwsc-- pp, 21-37.

Vera L.B, 1976. Evaluación de rendimiento y calidad de variedades de pepino (Cucumis sativus, L.)- en el campo agropecuario experimental. F.A.U.A.- Genral Escobedo. N.L, ciclo de primavera 1974. - Tesis de ingeniero agr. Monterrey, N.L. U.A.N.L. Facultad de Agronomia p 56.

Union Nacional de Productores de Hortalizas (UNPH), - 1982. XII. Convención anual y XXIII asamblea general ordinaria. Editado por Cruz Humberto Rubio V. Mazatlan Sinaloa, pp 25-45.