

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA

***“PRODUCCIÓN DE PEPINO EN CULTIVO SIN SUELO BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO”***

CASO DE ESTUDIO

PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OBTENER EL

GRADO DE:

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA.

OPCIÓN TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA

PRESENTADO POR:

MARIA DEL SAGRARIO OYERVIDES CÁZARES

**CENTRO DE INFORMACIÓN**

07 ENE 2005

DICIEMBRE 2004.

RECIBIDO

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



HACE CONSTAR QUE EL CASO DE ESTUDIO TITULADO:

***“PRODUCCIÓN DE PEPINO EN CULTIVO SIN SUELO BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO”***

PRESENTADO POR:

MARIA DEL SAGRARIO OYERVIDES CÁZARES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

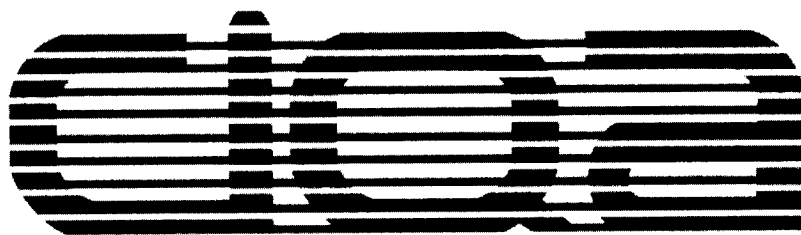
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA:

OPCION TERMINAL EN AGROPLASTICULTURA

Ha sido dirigida por:

M.C. ROSARIO QUEZADA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA



**A TRAVES DEL JURADO EXAMINADOR HACE CONSTAR QUE EL
CASO DE ESTUDIO TITULADO:**

***“PRODUCCIÓN DE PEPINO EN CULTIVO SIN SUELO BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO”***

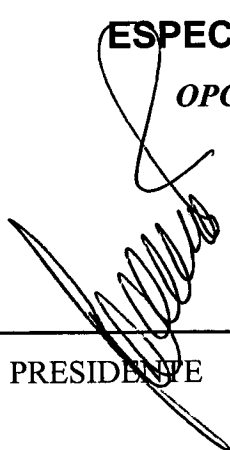
Que Presenta:

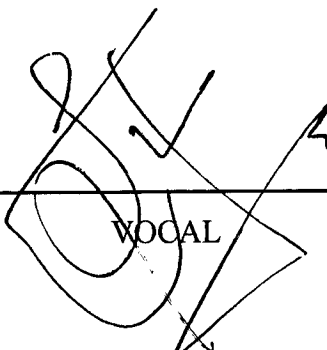
MARIA DEL SAGRARIO OYERVIDES CÁZARES

***HA SIDO ACEPTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:***

ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA.

OPCION TERMINAL AGROPLASTICULTURA



PRESIDENTE

VOCAL

Saltillo, Coahuila

Diciembre 2004



AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO CREADOR el cual nos permite vivir en este mundo para poder seguir adelante en cada aspecto importante de nuestra vida.

A mi familia, especialmente a la persona más importante de mi vida MI MADRE por su gran apoyo y ayuda incondicional en cada momento ya que gracias a ella soy alguien en la vida y a cada uno de mis hermanos.

A CIQA por darme la gran oportunidad de seguirme desarrollando en mi carrera profesional y así mismo como persona.

Al Departamento de Agroplásticos especialmente a cada uno de los maestros investigadores por su gran interés para que nosotros pudiéramos aprender y sobre todo por transmitirnos sus conocimientos y a cada una de las demás personas que forman parte del Departamento, al **Ing. Felipe, Dr. Ibarra, Ing. Boanerges y a cada uno de los señores, Don Gregorio, Jacobo y al Sr. Arturo** por su gran amistad.

A todos mis compañeros de la Especialización: **Benito, Gerardo, Omar, Felipe, Ana, Aldana, Eduardo**, por su amistad compartida e incondicional en todo el trascurso de nuestra especialización.

A las personas que contribuyeron para la realización de este trabajo, especialmente a la **M.C. Rosario Quezada, M.C. Juanita Flores y al Dr. Juan Munguía.**

A mi esposo y a mis hijos Saúl y Allison ya que gracias a ellos me inspiran para seguir adelante y poderme superar aún más.



DEDICATORIA

A toda mi familia

Mi madre

Mis hermanos

Mis dos hermosos hijos

Mi esposo



INDICE

INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Hidroponía	3
Historia de la Hidroponía	4
Importancia de la Hidroponía	5
Ventajas y Desventajas de la Hidroponía	6
Ventajas de la Hidroponía	6
Desventajas de la Hidroponía	6
Sustratos	7
Función de los Sustratos	7
Características para la Elección de un buen Sustrato.....	8
Tipos de Sustratos	8
Inorgánicos	8
Orgánicos	8
Sustratos Orgánicos	9
Turba Negra o Rubia	9
Corteza de pino	9
Fibra de coco	9
Sustratos Inorgánicos	9
Arcilla	9
Arena	10
Tierra Volcánica	10
Lana de Roca	10
Perlita	11
Vermiculita	11
Poliestireno expandido	11
Invernaderos	11



Ventajas	12
Materiales utilizados para Cubiertas de Invernaderos	12
Películas Flexibles	13
Películas Rígidas	13
Características generales de los Plásticos para Invernaderos	13
Policloruro de Vinilo Plastificado	13
Polietileno Normal	14
Polietileno de Larga Duración	14
Polietileno Térmico	14
Copolímero EVA	14
Polipropileno	15
Poliéster Fibra de Vidrio	15
Policloruro de Vinil Rígido	15
Polimetilmetacrilato de metilo	16
Policarbonato	16
Generalidades del cultivo	16
Origen	16
Taxonomía	16
Morfología de la planta	17
Raíz	17
Tallo	17
Hojas	17
Flor	17
Fruto	17
Variedades	18
Pepino corto y pepinillo (“tipo español”)	18
Pepino medio largo (“tipo francés”).....	18
Pepino largo (“tipo holandés”)	19
Híbridos	19
Requerimientos Edafoclimáticos	19



Temperatura	19
Humedad	20
Luminosidad	20
Fertilización.....	20
Suelo	20
pH	21
Labores Culturales	21
Siembra	21
Marco de Plantación	21
Poda	21
Tutorado	22
Deshojado	22
Aclareo de frutos	22
Fertirrigación	23
Plagas y Enfermedades del Cultivo de Pepino.....	25
Plagas	25
Enfermedades	26
Índices de Cosecha	26
Cosecha	27
Poscosecha	27
Calidad	27
Empaque.....	27
Almacenamiento	27
Daños por frío	28
ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	29
AREAS DE OPORTUNIDAD	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
NOMENCLATURA	38
REFERENCIAS	40



I. INTRODUCCION

En el sector agrícola, la producción de hortalizas es de gran importancia, por la contribución de divisas y generación de empleos en el área rural de nuestro país, ubicándose ésta como una de las actividades más relevantes en el campo de la agricultura.

Una de las hortalizas que más se cultivan en México es el pepino, (*Cucumis sativus* L.), este cultivo es importante tanto por su valor económico como por su valor nutrimental. El pepino se puede consumir como fruta fresca y ensaladas, aunque en algunos sitios se prefiere preparado en vinagre, principalmente el pepinillo, llamado pickle.

La producción de hortalizas en México ha tenido gran importancia, uno de los acontecimientos más notables en los últimos años, ha sido sin duda la consolidación de las exportaciones de esta hortaliza, no solo hacia los Estados Unidos sino también hacia otros países. Actualmente México es el segundo exportador mundial de esta hortaliza y el primer proveedor de los Estados Unidos de pepino durante todo el período invernal.

Con el paso de los años y el incremento cada vez mayor de la población, y la necesidad de buscar nuevas formas de satisfacer la demanda alimenticia nos lleva a producir más obligándonos a hacer un mejor uso de los recursos naturales, así como incrementar el rendimiento por unidad de superficie, con el desarrollo de nuevas técnicas de producción tales como lo es el cultivo sin suelo o en sustrato y así mismo aunado a esta técnica la producción de esta hortaliza bajo invernadero.

Una de las herramientas que han contribuido para incrementar las producciones de diversos cultivos, es sin duda alguna el uso de los plásticos, pues actualmente la aplicación de los materiales plásticos en la agricultura está contribuyendo a resolver muchos problemas que se le presentan al agricultor.



A través de los plásticos, los agricultores de diversas regiones han podido contrarrestar los efectos de fenómenos como la sequía, la evaporación de la humedad del suelo, las heladas y las enfermedades causadas por virosis que provocan enormes pérdidas en la agricultura.

Durante los últimos años la aplicación de los plásticos en la agricultura se ha extendido con gran rapidez que actualmente constituyen un insumo indispensable en conjunto con numerosas técnicas de producción, tal es el caso de nuestro tema de estudio.

Por ello y otras causas, la tarea del hombre es encontrar soluciones donde no se afecte el ecosistema y donde se ocupe menor superficie para producir más, donde exista ahorro de agua y de esta manera que el productor genere más ganancias para él, y ayude a solucionar el problema de escasez de alimento.

Objetivos.

Recopilar información sobre la producción y manejo del pepino en cultivo sin suelo.

Contribuir en la búsqueda de información sobre técnicas novedosas y eficientes aplicadas en la hidroponía, sustratos e invernaderos y que son de gran utilidad en el campo de la agricultura.



II. REVISION DE LITERATURA.

Concepto de Hidroponía

Etimológicamente el concepto de hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (ponos) en agua (hydros), llamado "trabajo en agua". Cultivo hidropónico puro, sería aquel en el que, mediante un sistema adecuado de sujeción de la planta, desarrolla sus raíces en medio líquido (agua con nutrimentos disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido. Cultivo hidropónico en su concepción más amplia, engloba a todo sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo, suministrando la nutrición hídrica y mineral mediante una solución (Jensen, 2001).

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier medio de cultivo es conseguir una planta de calidad en el más corto período de tiempo, con costos de producción mínimos. En este sentido los cultivos sin suelo, también denominados cultivos hidropónicos, surgen como una alternativa a la agricultura tradicional, cuyo principal objetivo es eliminar o disminuir los factores limitantes del crecimiento vegetal asociados a las características del suelo, sustituyéndolo por otros soportes de cultivo y aplicando técnicas de fertilización alternativas. (Tecnociencia, 2003).

En algunos casos, el término "hidroponía" es usado solo para describir sistemas basados en agua, pero en el sentido de este trabajo, el término es el del cultivo sin suelo ("soilless culture" en inglés). Por lo tanto, "Un sistema hidropónico o cultivo sin suelo, es un sistema aislado del suelo utilizado para cultivar diversos tipos de plantas de importancia económica. El crecimiento de las plantas es posible por un suministro adecuado de todos sus requerimientos nutrimentales a través del agua o solución nutritiva". La hidroponía es una técnica que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo o tierra. Con la técnica de cultivo sin suelo se obtienen hortalizas de excelente calidad y sanidad, y asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad de la planta. (Rodríguez, 2001).



Historia de la Hidroponía

La palabra Hidroponía fue inventada por W. F. Gericke, profesor de la Universidad de California, quien comenzó en 1938 a realizar los primeros cultivos comerciales sin suelo. mencionan a Justus Von Liebig, con su obra Disertación sobre la fisiología de las plantas, publicada en Oxford en 1840 dio un gran impulso a los estudios experimentales sobre la teoría mineral de la nutrición de las plantas, pero el mérito fue del químico francés Jean Boussignault, a quien se le considera el precursor de los métodos modernos originarios en la hidroponía actual. En el mismo año, en 1840 confirma la posibilidad de emplear soluciones acuosas de sustancias químicas conocidas, haciendo crecer plantas en “tierras artificiales” insolubles, en diversos sustratos de tierra como: arena, cuarzo, carbonilla impregnadas de dichas soluciones. (Rodríguez, 2001).

En 1841 Polstorff y Wigmann cultivaron plantas en arena, a la cual añadían soluciones nutritivas; esta técnica fue perfeccionada por Salm Horstmar, en 1850. De 1860 a 1868 el agrónomo alemán Knop realizó cultivos en medios líquidos, utilizando una fórmula todavía hoy en uso, mientras el fisiólogo Julius Von Sachs, en el laboratorio, profundizaba el estudio de las necesidades químicas de las plantas, propuso en 1865 una fórmula de solución nutritiva que resulto ser una de las más utilizadas para el estudio de la nutrición de las plantas. (Jensen, 2001).

Otros estudiosos, entre los cuales citamos, por orden cronológico, a Tolens (1882), Schimper (1890), Pfeffer (1900), Raulin (1901), Crone (1902), Tottingham (1914), Shive (1915), Hoagland (1920), etc; estos investigadores se han ocupado de estudiar en los mínimos detalles las diversas sustancias minerales necesarias, sustituyendo a nivel experimental algunas y añadiendo otras en la búsqueda de soluciones óptimas para el desarrollo y el crecimiento de las plantas (Hoterwal, 1983).

Hay dos sistemas de realizar la hidroponía:

a) El cultivo en agua: Según Rodríguez (2001), los sistemas hidropónicos en agua son sistemas hidropónicos por excelencia; donde las raíces de las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva.



b) El cultivo en sustrato: los nutrimentos son disueltos en el agua, la cual está en contacto con las raíces de las plantas. Las raíces crecen en un material sólido (inerte y libre de nutrimentos), el cual guarda aire y humedad, y debe de tener un buen drenaje para eliminar el exceso de agua y de nutrimentos. Además este sustrato ayuda a fijar la raíz de la planta así como de sostén para la planta. Este sistema es el más recomendado por los agricultores. (Jensen, 2001).

Rodríguez (2001) comentan que en los sistemas con sustrato las raíces de las plantas crecen y se desarrollan en sustratos inertes; la solución nutritiva fluye entre las partículas del sustrato humedeciendo las raíces. En adición, los cultivos sin suelo pueden funcionar como sistemas abiertos, a solución perdida no recirculante, o como sistemas cerrados, con recirculación de las soluciones nutritivas.

Importancia de la Hidroponía

Según la FAO la importancia de la hidroponía es como una estrategia de producción para la obtención de la seguridad alimentaria e incremento de ingresos de personas de bajos ingresos en zonas urbanas y rurales. También es importante porque facilita la disponibilidad producción de hortalizas y vegetales en gran calidad y cantidad, limpios y sin residuos de plaguicidas, para la alimentación de poblaciones. (Solórzano, 2000).

Podemos mencionar que la producción a nivel mundial de pepino, los países que más se destacan son: como primer lugar se encuentra China con una producción de 22,924.218 toneladas, seguido por Turquía e Irán con 1,750.000 y 1,300.000 toneladas respectivamente, y México se encuentra en el onceavo lugar con una producción de 420.000 toneladas en el año del 2002.



Ventajas y Desventajas de la Hidroponía

Ventajas

- Permite aprovechar suelos o terrenos no adecuados para la agricultura tradicional.
- Los rendimientos obtenidos con Hidroponía superan altamente la producción en suelo hasta en un 100%.
- Menor consumo de agua y fertilizantes. La técnica es muy apropiada en zonas donde hay escasez de agua.
- No contamina el medio ambiente.
- Crecimiento más rápido y vigoroso de las plantas debido a que en un sistema hidropónico el agua y los nutrientes están más disponibles.
- La producción es más intensiva, lo que permite tener mayor número de cosechas por año.
- Se obtiene un cultivo más sano e higiénico y, por lo tanto, son buenos para la salud del ser humano.
- En la agricultura tradicional tanto en la siembra como en la cosecha se realizan en una misma fecha; en hidroponía estas labores se realizan en forma escalonada, la cual permite llevar una programación de la producción. (Rodríguez, 2001).

Desventajas

- Es necesario entrenamiento así como conocimiento para operar este sistema, ya que el desconocimiento del sistema hidropónico apropiado para producir un determinado cultivo es muy importante tener o recibir una previa capacitación.
- El desconocimiento del manejo agronómico puede reducir significativamente los rendimientos. El éxito de la producción hidropónica depende mas del conocimiento del manejo agronómico (clima apropiado para el cultivo, siembra, riego, control de plagas y enfermedades, etc.) que del conocimiento de la técnica en sí. (Jensen, 2001).
- Las enfermedades y plagas pueden propagarse más rápidamente.



- Las plantas reaccionan rápidamente tanto a buenas como a malas condiciones. (Alpi y Tognoni, 1999).
- La falta de experiencia en el manejo de las soluciones nutritivas que pueden alterar su composición y afectar la apariencia y calidad de las plantas. (Rodríguez y Chang, 2002).

Sustratos

Sustrato es todo material sólido que puede ser usado como reemplazo del suelo, y sirve como medio de crecimiento de las plantas. La función principal del sustrato es permitir el anclaje de las raíces y el soporte mecánico de la planta. El crecimiento de la raíz en sustrato es más rápido y vigoroso que en suelo. Un sustrato adecuado debe ser químicamente inerte, fácil de conseguir y de bajo costo, y que no se degrade con facilidad. (Rodríguez, 2001).

Llurba (1997) define que el sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, o en forma pura o mezclada, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando por lo tanto un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

Función de los Sustratos

Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple con dos funciones esenciales las cuales deben ser: la de anclar las raíces para protegerlas de la luz y permitirles respirar, así mismo debe de retener el agua y los nutrimentos que las plantas necesitan. Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15 y 35% de aire y entre 20 y 60 % de agua en relación con el volumen total. (Rodríguez y Chang, 2002).



Características para la Elección de un buen Sustrato

- 1) Debe anclar a las raíces protegiéndolas de la luz.
- 2) Deben ser químicamente inertes, es decir no suministrar ni absorber ningún elemento nutritivo, ya que esto alteraría la composición de la solución nutritiva.
- 3) Debe retener adecuadamente la humedad, en forma homogénea y sin que obstruya la parte porosa ocupada por el aire.
- 4) Debe permitir una buena aireación para favorecer la respiración de las raíces.
- 5) Deben ser biológicamente inertes ya que la presencia de cualquier plaga o patógeno (insectos, hongos, bacterias) pueden afectar el desarrollo de nuestro cultivo.
- 6) Deben proporcionar un buen drenaje, para permitir una adecuada respiración de las raíces y evitar la muerte inmediata de las plantas.
- 7) Debe tener capilaridad, es decir, capacidad de absorber la solución nutritiva a través de los microporos y de transportarlas a todas las direcciones.
- 8) Debe ser liviano, de bajo costo y fácilmente disponibles. (Llurba, 1997).

Tipos de Sustratos.

Inorgánicos.

Se obtienen a partir de rocas minerales de diverso origen, no son biodegradables, arena, grava, tierra volcánica. Transformados o tratados, a partir de rocas minerales mediante tratamiento físico: perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla. (Rodríguez, 2001).

Orgánicos.

Pueden ser de origen natural como las turbas las cuales están sujetas a descomposición biológica, también pueden ser subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales tales como: cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, poliestireno expandido, el inconveniente de estos sustratos es que pueden contaminar con facilidad ya que pueden llegar a pudrirse desarrollando hongos y bacterias que afecten la planta. (Rodríguez y Chang, 2002).



Sustratos Orgánicos.

Turba (Negra o Rubia).

Las turbas son materiales de origen vegetal se pueden clasificar en dos grupos: turbas negras y rubias. Las turbas rubias tienen mayor contenido en materia orgánica (80 a 90%). Es la forma menos descompuesta, son las más frecuentes en cultivos sin suelo ya que proporciona excelentes propiedades de aireación y un buen nivel de retención de agua al sustrato, tiene un pH de 3.5 a 8. La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es de 60 a 120 meq/l, se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros. La turba negra contiene alrededor de 50% de materia orgánica, ya que están más mineralizadas, su CIC está entre 250 y 350 meq/l, aumenta la capacidad de agua, aumenta la porosidad mejorando la aireación y drenaje, facilitando el desarrollo radicular, mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta, aumenta el efecto amortiguador que permite el equilibrio entre el pH y las sales solubles. (Fernández et al, 1998).

Corteza de pino.

Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, la más empleada es la de pino, posee una gran variabilidad. Las cortezas se emplean en estado fresco, Las propiedades físicas dependen del tamaño de sus partículas se recomienda que sean inferior a los 0.8mm, es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g/cm³. (Llurba, 1997).

Fibra de coco.

Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso, un pH ligeramente ácido (6.3 y 6.5), su porosidad es bastante buena y debe ser lavada antes de su uso debido a su alto contenido de sales. (Fernández et al, 1998).

Sustratos Inorgánicos.

Arcilla.

Se obtiene tras el tratamiento de nódulos arcillosos a más de 100 °C, formándose como unas bolas de corteza dura y un diámetro, comprendido entre 2 y 10 mm. La densidad aparente es



de 400 kg/m³ y posee una baja capacidad de retención de agua y una buena capacidad de aireación. Su CIC es prácticamente nula (2-5 meq/l). Su pH está comprendido entre 5 y 7. Con relativa frecuencia se mezcla con turba, para la elaboración de sustratos. (Fernández et al, 1998).

Arena.

Las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0.5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar al de la grava, su capacidad de retención de agua es media, su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación. Su pH varía entre 4 y 8 su durabilidad es elevada. (Serrano, 1980).

Tierra volcánica.

Aumenta la aireación del sustrato, son pobres en nutrientes. Están compuestos de alúmina y óxidos de hierro. El pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido. Destaca su buena aireación y la estabilidad de su estructura, tiene una baja capacidad de retención de agua, el material es de difícil manejo. (Fernández et al, 1998).

Lana de roca.

Es un material obtenido a partir de la fundición industrial a más de 1600 °C de una mezcla de rocas basálticas y de carbón, finalmente al producto obtenido se le da una estructura fibrosa, se prensa se endurece y se corta en la forma deseada, en su composición química entran componentes como el sílice y óxidos de aluminio, calcio, magnesio, hierro, etc. Se considera con una CIC casi nula y un pH ligeramente alcalino, fácil de controlar, tiene una estructura homogénea, un buen equilibrio entre agua y aire. Es un material con una gran porosidad (96.7%) y retiene mucha agua para la planta, posee una baja densidad de 0.09gr/cm³. (Llurba, 1997).



Perlita.

Es un material obtenido como consecuencia de un tratamiento térmico a unos 1000 a 1200 °C de una roca silícea volcánica del grupo de las riolitas. Se presenta en partículas blancas cuyas dimensiones varían entre 1.5 y 6 mm, con una densidad baja de 50-60 kg/cm³. Posee una elevada porosidad del 97.8%, su C.I.C. es prácticamente nula (1.5 -2.5 meq/100 g); Su pH esta cercano a la neutralidad 7-7.5. (Serrano,1980).

Vermiculita.

Se obtiene por la exfoliación de un tipo de micas sometidas a temperaturas superiores a los 800 °C. Se presenta en escamas de 5-10 mm, posee una buena capacidad de aireación, una elevada C.I.C. (80-120 meq/l) que disminuye las pérdidas de nutrimentos por arrastre, su pH es neutro de 7 a 7.2, el inconveniente principal de este material es su elevado costo y también su frágil estructura. (Fernández et al, 1998).

Poliestireno expandido.

Es un material inerte de 4 a 12 mm de partícula de pH neutro, que mejora la aireación y el drenaje del sustrato. No retiene agua, ni nutrimentos, pero es ideal para plantas que necesitan buenas condiciones de aireación radicular. (Llurba, 1997).

Invernaderos

Se entiende por invernadero todo abrigo de construcción alta o baja, más o menos perfecta cuyo acondicionamiento puede ser controlada y bajo el cual se cultivan variedades hortícolas.

Los invernaderos son construcciones agrícolas que tiene por objeto la producción sistemática y fuera de estación de productos hortofrutícolas; convirtiéndose en instrumento de trabajo que permite controlar eficazmente los rendimientos en cantidad y calidad. (Quezada, 2001).



Alpi y Tognoni (1999), definen al invernadero como una construcción de madera, hierro u otro material, cubierta por cristales provista por lo general de calefacción, que a veces está iluminada artificialmente y en donde se pueden cultivar hortalizas tempranas, flores y plantas verdes, en épocas en las que la temperatura y la luz del lugar en donde se este cultivando serían insuficientes para su crecimiento y fructificación. La finalidad principal que se persigue al cultivar bajo invernadero ciertos productos hortícolas como es el caso del pepino, es el de conseguir cosechas en épocas fuera de estación, precocidad que se cotiza en el mercado por aparecer estos productos con anterioridad a la época normal de recolección.

Ventajas

Las principales ventajas que aportan los invernaderos para el desarrollo de los cultivos son los siguientes:

- a. Precocidad de cosecha (se acorta el ciclo vegetativo).
- b. Aumento de rendimiento (3-10 veces mayor que los obtenidos en campo abierto).
- c. Posibilidad de obtener cosechas fuera de época.
- d. Frutos de mayor calidad (limpios, sanos y de forma uniforme, etc).
- e. Ahorro de agua (la evaporación se reduce).
- f. Mejor control de plagas y enfermedades.
- g. Posibilidad de instalación de riego automático.
- h. Siembra de variedades selectas con rendimientos máximos.
- i. Posibilidad de obtener en la misma parcela de cultivo, dos o tres cosechas al año.

(Quezada, 2001).

Materiales Utilizados para Cubiertas de Invernaderos

Bretones (1991) menciona que la misión de la cubierta de invernaderos es crear un clima en el interior que permita el crecimiento y desarrollo de las plantas, y que el material ideal sería aquel que permitiera durante el día calentar lo mas posible el invernadero, por lo tanto



debería ser más permeable a las radiaciones de onda inferiores a 2.5 micras y por la noche lo más opaca a las radiaciones de longitud de onda larga superiores a 2.5 micras ya que son las encargadas de mantener caliente el recinto, tener buena transmisión de luz visible y que tenga una buena propiedad de difusión de luz.

Los materiales usados para recubrimiento de Invernaderos son los siguientes, según Bretones (1991):

Películas flexibles

- ❖ PVC plastificado
- ❖ Polietileno normal
- ❖ Polietileno de larga duración
- ❖ Polietileno térmico
- ❖ Copolímero EVA
- ❖ Polipropileno

Placas rígidas

- ❖ Poliéster estratificado con fibra de vidrio
- ❖ Policloruro de vinilo rígido(PVC)
- ❖ Polimetilmetacrilato de metilo (PMMA)
- ❖ Policarbonato (PC)

Características Generales de los Plásticos para Invernadero

Policloruro de vinilo plastificado (PVC)

Este material se puede presentar en placas rígidas o flexibles sus espesores varían entre 0.01 a 0.25 mm en placas rígidas. Las ventajas que tiene este material son: su permeabilidad a las radiaciones solares y bastante opaca a las radiaciones nocturnas del suelo provocando buen



“efecto de abrigo”, menos sensible a la oxidación que el polietileno y su duración va a depender de su plastificación ya que si ésta es incorrecta se degradará enseguida por la acción de los rayos del sol. (Enciclopedia del plástico, 1997).

Polietileno normal

Tiene buena transparencia a los rayos ultravioleta, los visibles a infrarrojo cortos por lo que el invernadero se calienta pronto durante el día, pero el polietileno normal sin tratar transmite más del 70% de la radiación infrarroja de longitud de onda larga emitida por el suelo, las plantas y la estructura del invernadero, las calorías acumuladas durante el día en el interior del invernadero se pierden con gran rapidez. Este polietileno tiene una duración no menos de un año ya que la luz ultravioleta lo degrada con facilidad. (Quezada, 2001).

Polietileno de larga duración

Este material tiene todas las características del polietileno normal mencionadas, solamente que durante su fabricación se le agregan inhibidores ultravioleta, que evita que el plástico se vea afectado por los rayos ultravioleta y así su período de duración se ve incrementado considerablemente. (Robledo, 1987).

Polietileno térmico

El polietileno térmico presenta las características de los dos tipos de polietileno mencionados anteriormente y además tiene la incorporación de aditivos termoaislantes, la que la confiere al material la característica de ser térmico. Presentando las siguientes características: gran efecto térmico, buena difusión de luz, larga duración, excelentes propiedades mecánicas, efecto antigoteo. Teniendo como ventajas la buena adaptabilidad a cualquier tipo de estructura, gran resistencia al rasgado, precio más bajo, posibilidad de utilización de películas de anchos variables hasta 12 metros. (Quezada, 2001).



Copolímero EVA

Los copolímeros EVA son materiales termoplásticos, sus propiedades dependen fundamentalmente del peso molecular y del contenido de Acetato de Vinilo (AV). Las plantas de un invernadero cubierto con película de EVA están mejor protegidas contra bajas temperaturas. Es importante que los plásticos dejen pasar el máximo porcentaje de luz y aun más en forma difusa para que la planta se encuentre iluminada en todo su contorno y produzca un mayor desarrollo en la planta. (Robledo, 1987).

Polipropileno

Este polímero presenta buenas propiedades mecánicas y resistencia térmica, es un plástico de elevada rigidez y alta cristalinidad. Como ventajas podemos mencionar que es resistente a las altas temperaturas (hasta 135 °C), impermeable, irrompible, liviano, transparente en películas. (Enciclopedia del plástico, 1997).

Poliéster fibra de vidrio

La principal propiedad del poliéster es de tener gran poder de difusión de la luz, creando en el interior del invernadero una iluminación uniforme. Son materiales bastante resistentes que le permiten tener un periodo de vida largo, su flexibilidad le permite que pueda ser adaptado a cualquier tipo de estructura, este material tiene muy buenas propiedades térmicas provocando un gran “efecto invernadero”, es poco transparente a rayos ultravioleta. Las desventajas de este material son: los rayos ultravioleta le provocan cambio en la coloración y agregado a esto, el viento, arena, lluvia, nieve y granizo, incluso el polvo desgastan la superficie dando lugar a una pérdida de transparencia y reducción del poder de difusión de luz. (Bretones, 1991).

Policloruro de vinilo rígido

Este material se puede presentar en placas rígidas o flexibles (armado o sin armar) sus espesores varían entre 0.01- 0.25 mm en placas rígidas. Las ventajas que tiene este material



son: su permeabilidad a las radiaciones solares y bastante opaca a las radiaciones nocturnas del suelo (radiación infrarroja larga) provocando un buen “efecto de abrigo” mejor que el polietileno, es menos sensible a la oxidación que el polietileno y su duración va a depender de su plastificación, si ésta es incorrecta se degradará enseguida por la acción de los rayos ultravioleta. (Robledo, 1987).

Polimetilmetacrilato de metilo

Este material tiene una elevada pureza óptica y gran transparencia a la luz, muy semejante a la del cristal, su resistencia a roturas es 7 veces mayor que la del vidrio a espesores iguales y su peso es la mitad que el vidrio común, lo que permite usar infraestructuras mas ligeras resultando mas económico, es un material muy resistente a los agentes atmosféricos, permite el paso de los rayos ultravioleta tiene gran opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo y gran transparencia a la luz. El principal inconveniente de este material es su elevado costo y susceptibilidad al rayado con cualquier instrumento. (Bretones, 1991).

Policarbonato

El policarbonato es un plástico amorfo perteneciente a las resinas de ingeniería; presenta buenas propiedades mecánicas, térmicas y ópticas. Sus principales cualidades son: elevada transparencia, se puede colorear en todas formas, ya sea transparente, traslúcido u opaco, también tiene excelente resistencia a la intemperie. (Enciclopedia del plástico, 1997)

Generalidades del Cultivo

Origen

Valadez (1998) menciona que el pepino es nativo de Asia y África, siendo usado para la alimentación humana desde hace 3000 años por lo menos. Se introdujo a China en el año 100



A. de C. y posteriormente a Francia en el siglo IX. En Inglaterra apareció en 1327, siendo después llevado hacia los Estados Unidos.

Taxonomía

Familia Cucurbitaceae

Genero *Cucumis*

Especie *sativus*

Morfología de la Planta

Raíz

La raíz principal es pivotante puede llegar hasta 1.10 m de profundidad y puede medir hasta 65 cm lateralmente, presentando la mayor concentración de raíces entre los 25 y 30 cm. De acuerdo con lo anterior puede decirse que esta hortaliza posee un sistema de raíces muy compacto, con lo cual aumenta sus requerimientos de humedad en comparación con las demás cucurbitáceas. (SEP, 1987).

Tallo

Es anguloso y espinoso, de porte rastrero y trepador. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo, en la axila de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores. (Bolaños, 1998).

Hojas

Son de largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con 3 lóbulos más o menos pronunciados de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino. (Valadez, 1998).



Flor

De corto pedúnculo y pétalos amarillos, las flores aparecen en las axilas y pueden ser hermafroditas o unisexuales, aunque los primeros cultivares conocidos eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas, y en la actualidad todas las variedades

comerciales que se cultivan son plantas ginoicas, es decir, solo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque son portadoras de un ovario ínfero. La polinización se efectúa a través de insectos (abejas): en los cultivares híbridos de tendencia ginoica, al haber cruce por abejas, pero insuficiente polinización, se producen deformaciones de los frutos. (SEP, 1987).

Fruto

Los frutos presentan una forma alargada mas o menos cilíndrica y de pesos variables, desde unos pocos gramos (pickleros) hasta cerca de 555 gramos (frescos). Externamente los frutos pueden ser de color amarillo o verde oscuro, de superficie lisa o con verrugas coronadas por tricomas o espinas que tienden a desaparecer durante el crecimiento. Internamente, la parte comestible es blanca verdosa y botánicamente corresponde al mesocarpio, endocarpio, y semillas inmaduras, tejidos derivados de la placenta. (Valadez, 1998).

Variedades

*** Pepino corto y pepinillo (“tipo español”)** . Son variedades de fruto pequeño (longitud máxima de 15 cm), de piel verde y rayada de amarillo o blanco. Se utilizan para consumo en fresco o para encurtido, en este caso recolectándolos más pequeños. Las variedades pueden ser monoicas, ginoicas con polinizador y ginoicas partenocárpicas. (Díaz, 1999).

*** Pepino medio largo (“tipo francés”)** . Variedades de longitud media (20-25 cm), monoicas y ginoicas. Dentro de estas últimas se diferencian las variedades cuyos frutos tiene espinas y las de piel lisa o minipepinos (similares al “tipo Almería”, pero más cortos), de floración totalmente partenocárpica. (Díaz, 1999).



***Pepino largo (“ tipo holandés”).** Variedades cuyos frutos superan los 25 cm de longitud de frutos totalmente partenocárpicos y de piel lisa, más o menos asurcada. El tamaño de las hojas es mucho más grande. (Díaz, 1999).

Híbridos.

Fresco	Pepinillo
Ashley	Saber
Poinsett 76	Alcazar
Sprint	Score
Jet-set	Premier
Cobra	Explorer
Lider	Pionner

Productores de Hortalizas, 1999.

Requerimientos Edafoclimáticos

Temperatura.

Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20°C y 30°C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25°C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30°C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17°C ocasionan malformaciones en hojas y frutos. El umbral mínimo crítico nocturno es de 12°C y a 1°C se produce la helada de la planta. El empleo de dobles cubiertas en invernaderos tipo parral supone un sistema útil para aumentar la temperatura y la producción del pepino. (Cárdenas, 2003).

Etapa de desarrollo	Temperatura (°C)	
	Diurna	Nocturna
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

Humedad.

Es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%. Sin embargo, los excesos de humedad durante el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y en consecuencia la fotosíntesis, aunque esta situación no es frecuente. La humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%, los excesos de humedad en el día pueden reducir la producción, al disminuir la transpiración y la fotosíntesis. (Díaz, 1999).

Luminosidad.

El pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos (con menos de 12 horas de luz), aunque también soporta elevadas intensidades luminosas y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción. Una alta intensidad de luz estimula la fecundación de las flores, mientras que una baja intensidad la reduce. (Valadez, 1998).



Fertilización.

El pepino no es una hortaliza con altos requerimientos de los principales macronutrientes, en México existe muy poca información al respecto, se tiene algunas recomendaciones para este cultivo a nivel comercial:

INIFAP 100-80-00 y 150-125-00

Campbell's México 120-80-100

Sinaloa 200-200-100 (Cárdenas, 2003).

Suelo.

El pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. Los suelos francos que posee abundante materia orgánica son

los ideales para su desarrollo. Es una planta medianamente tolerante a la salinidad (algo menos que el melón), de forma que si la concentración de sales en el suelo es demasiado elevada las plantas absorben con dificultad el agua de riego, el crecimiento es más lento, el tallo se debilita, las hojas son más pequeñas y de color oscuro y los frutos obtenidos serán torcidos. Si la concentración de sales es demasiado baja el resultado se invertirá, dando plantas más frondosas, que presentan mayor sensibilidad a diversas enfermedades. (Díaz, 1999).

pH.

En cuanto a su pH el cultivo del pepino se adapta a un pH ideal óptimo que oscila de entre los 5.5 y 7, evitándose los suelos ácidos con pH menores de 5.5.(Valadez, 1998).

Labores Culturales

Siembra.

El cultivo del pepino la siembra puede realizarse en forma directa sobre el sustrato o bien, llevar las semillas al semillero en caso de que hubiera peligro de pérdidas en nascencia por condiciones ambientales. Siendo el más recomendable el método de siembra directa. (Francis, et al 1993).



Marcos de plantación.

Para cultivos tempranos con intención de quitarlos pronto para realizar un cultivo de primavera, los marcos suelen ser más pequeños (1.5 m x 0.4 m ó 1.2 m x 0.5 m). La densidad de plantación en las condiciones del sureste español puede oscilar entre 11,000 y 13,000

plantas / hectárea. Si el cultivo es más tardío o se pretende alargar la producción cubriendo los meses de invierno, habrá que ampliar los marcos para reducir la densidad de plantación, con el fin de evitar la competencia por la luz y proporcionar aireación. (Valadez, 1998).

Poda

El sistema de soporte y el manejo de podas involucran una serie de acciones basadas en el patrón de crecimiento vegetativo, el cual es determinado por la cantidad de agua y

nutrimentos que se transforman en carbohidratos mediante la acción de la fotosíntesis. Ya que las hojas son un elemento esencial para el transporte de agua y nutrimentos, y cualquier cambio o reducción en la superficie de la misma afectará el rendimiento del cultivo, la poda puede generar un aumento del tamaño de la hoja, por lo tanto es recomendable evitar la poda excesiva, ya que se ha observado que los mayores rendimientos se alcanzan cuando la poda se limita los factores correctivos. De tal forma se recomienda que la poda se realice para lograr una recuperación de la planta, para remover tejidos muertos o dañados. (Rodríguez, 2002).

Tutorado

Es una practica necesaria para mantener la planta mejorando la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallados y recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades. La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) sujeto de un extremo a la zona basal de la planta sujetado mediante anillos y de otro alambre situado a determinada altura por encima de la planta, conforme la planta va creciendo se va sujetando al hilo tutor hasta que la planta alcance el alambre a partir



de ese momento se dirige la planta hasta otro alambre situado aproximadamente a 5 cm. dejando colgar la guía. (Cárdenas, 2003).

Deshojado

Se suprimirán las hojas viejas, amarillas o enfermas. Cuando la humedad es demasiado alta será necesario tratar con pasta fungicida tras los cortes. (Francis, et al 1993).

Aclareo de Frutos

Deben limpiarse de frutos las primeras 7-8 hojas (60-75 cm), de forma que la planta pueda desarrollar un sistema radicular fuerte antes de entrar en producción. Estos frutos bajos suelen ser de baja calidad, pues tocan el suelo, además de impedir el desarrollo normal de parte aérea y limita la producción de la parte superior de la planta. Los frutos curvados, malformados y abortados deben ser eliminados cuanto antes. (Díaz, 1999).

Fertirrigación.

En los cultivos protegidos de pepino el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado fenológico de la planta así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.). En el cultivo hidropónico del pepino el riego esta automatizado y existen diferentes sistemas para determinar las necesidades de riego del cultivo, el tiempo y el volumen de riego dependerán de las características físicas del sustrato. Los fertilizantes de uso más extendido son los abonos simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico y sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico y ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva. (Alpi y Tognoni, 1999).



Producción de Pepino en Cultivo sin Suelo bajo Condiciones de Invernadero

La fertilización nitrogenada en el cultivo del pepino debe asegurar un buen suministro a la planta, anticipadamente en los períodos de máximos requerimientos, por eso se debe aplicar en función del ritmo de crecimiento de la planta y en distintos cultivos a lo largo del cultivo. Algunos requerimientos de nitrógeno en la fertirrigación del pepino según Hartz (1994) son:

Estado fenológico	Demanda diaria, kg/ha
Crecimiento vegetativo	1.0-1.5
Floración-cuajado	1.5-3.5
Desarrollo del fruto	2.0-2.5
Primera cosecha	0.8-1.6

(Hart, 1994).

El fósforo juega un papel relevante en las etapas de enraizamiento y floración, ya que es determinante sobre la formación de raíces y sobre el tamaño de las flores. El calcio es En cuanto a la nutrición, cabe destacar la importancia de la relación de N y K a lo largo de un

elemento determinante de la calidad y favorece una mejor defensa de las plantas frente a enfermedades. (Cadahía, 1998).

A continuación se muestran algunos requerimientos de nutrimentos para el cultivo del pepino sin suelo en condiciones de invernadero:

Especie	Rendimiento ton/ha	Kg/ha				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Pepino	247	383	210	790	611	112
Pepino	300	480	216	792	304	43

(Autores: Geissler, Anstett, Chesthunt. Ministerio de Agricultura, Francia).

Fuente: (Quezada, 2001)



El pepino tiene una gran capacidad de adaptación en cultivos sin suelo, hay referencias sobre ensayos de pepino realizados en Alemania, Italia, España e Israel. Aunque se precisa de mayor experimentación para determinar las concentraciones de nutrientes más adecuadas, los autores han obtenido un buen comportamiento productivo empleando la siguiente disolución de fertilizante, utilizando como sustrato arena silicea:

Macroelementos	mg/l	Microelementos	mg/l
Nitrato de Calcio: (NO ₃) ₃ Ca	190 mg/l	Fe	2 mg/l
Nitrato de amoníaco: NO ₃ NH ₄	330 mg/l	Mn	1 mg/l
Fosfato monoipótasio: PO ₄ H ₂ K	272 mg/l	Cu	0.1 mg/l
Nitrato de potasio: NO ₃ K	250 mg/l	Zn	0.1 mg/l
Sulfato de potasio: SO ₄ K ₂	174 mg/l	B	0.5 mg/l
Sulfato de magnesio: SO ₄ Mg.7H ₂ O	370 mg/l	Mo	0.05 mg/l

(Cadahía, 1998).

Los microelementos van a incidir notoriamente en el color de la fruta, su calidad y la resistencia de la planta, principalmente el hierro y manganeso. Actualmente se emplean básicamente dos métodos para establecer las necesidades de fertilización: en función de las extracciones del cultivo, y en base a una solución nutritiva “ideal” a la que se le ajustarán los aportes previos al análisis de agua, este ultimo método es el que se emplea en los cultivos hidropónicos.



Plagas y Enfermedades del Cultivo de Pepino

Plagas

Araña roja	Se desarrolla en el envés de las hojas, causa decoloraciones, manchas amarillentas, llega a producir desecación. Se controla eliminando malas hierbas y evitando excesos de nitrógeno.
Araña blanca	Los primeros síntomas se aprecian como rizado de los nervios en las hojas apicales y brotes. En ataques más avanzados se produce enanismo y una coloración verde intensa de las plantas.
Mosca blanca	Los daños directos (amarillamientos y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Los daños indirectos se deben a la proliferación de negrilla sobre la melaza producida en la alimentación, manchando y deprecando los frutos y dificultando el normal desarrollo de las plantas.

(Howard, 1996)



Enfermedades

Oidiopsis	Los síntomas son manchas amarillas en el haz que se necrosan y color blanco por el envés, la hoja se llega a secar y caerse.
Ceniza u oídio de las cucurbitáceas	Los síntomas que se observan son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos los cuales se vuelven de color amarillo y se secan.
Podredumbre blanca	La planta produce una podredumbre blanda acuosa al principio que se seca, los ataques al tallo pueden ocasionar la muerte de la planta rápidamente, su control puede ser mediante la eliminación de malas hierbas, mantener un manejo adecuado de la ventilación y el riego.

(Valadez, 1998).

Índices de Cosecha

Los pepinos para rebanar deben ser de tamaños medianos, de color verde oscuro, inmaduros con semillas pequeñas. Aquellos para conserva se cosechan más pronto que los que se usan para rebanar. La longitud usual de los pepinos para conserva es de 5 cm, pero algunos cosechadores dejan que lleguen a 10 cm (para encurtidos sazonados). Es conveniente que tengan un color verdoso. En general, siempre que no hayan comenzado a amarillarse. (Francis, et al 1993).

Cosecha

Castaños (1993), indica que la cosecha se realiza en forma manual y los frutos deben de tener una longitud de 15 a 20 cm, poseer una consistencia firme y ser de color verde intenso



los frutos se cortan de las guías, dejándoles una pequeña porción del pedúnculo y se colocan en cestos que se llevan al final de los surcos para su selección, las variedades para encurtir se cosechan diariamente y aquellas para rebanar con intervalo de 2 a 3 días.

Poscosecha

Calidad

La calidad del pepino fresco se basa principalmente en la uniformidad de forma, en la firmeza y en el color verde oscuro de la piel. Otros indicadores de calidad son el tamaño y la ausencia de defectos de crecimiento o manejo, pudriciones y amarillamiento. La selección se realiza bajo criterios de color, tamaño, forma, grado de madurez y frutos libres de daños tanto mecánicos como físicos causados por plagas, enfermedades o golpes. (Hernández, 1994).

Empaque

La función protectora del empaque es evitar los daños mecánicos (raspaduras o rajaduras) las cuales son una de las importantes fuentes de pérdidas. Otra función del empaque es la presentación del producto en forma mas atractiva para el consumidor. La plastificación de los pepinos consiste en recubrir con un plástico todo el fruto, la plastificación es muy útil, porque conserva el fruto, evita magulladuras por roces. Los pepinos plastificados, en un ambiente de humedad y temperatura normales, pueden conservarse en perfectas condiciones unos 15 a 20 días sin necesidad de colocarlos en cámara frigorífica. (Valadez, 1998).

Almacenamiento

Los pepinos pueden ser mantenidos de 10 a 14 días de 7.2 °C a 10 °C con humedad relativa alta 90 a 95 %. A temperaturas de 10 °C y más altas, maduran rápidamente el verde cambiando a amarillo. Este cambio de color empieza a los 10 días a 10 °C. Los pepinos son muy susceptibles a arrugarse, por lo que la humedad en el almacén debe ser mantenida alta. Los pepinos para el mercado fresco son usualmente encerados para reducir pérdidas de humedad. (SEP, 1997).



Daño por Frío

Están sujetos a daños por congelamiento si se mantienen más de 2 días a temperaturas menores de 7.2 ° C. Los síntomas del daño por congelamiento son manchas, pequeños huecos o colapso de los tejidos. La podredumbre excesiva se desarrolla en pepinos enfriados, cuando son retirados del almacenamiento a bajas temperaturas. (Francis, et al 1993).



III. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

El cultivo del pepino es muy importante, ya que tiene un elevado índice de consumo, pues sirve de alimento tanto en fresco como industrializado. El cultivo de esta hortaliza tiene una estabilidad de la superficie, con un aumento de la producción y exportación.

Los cultivos de pepino tienen importancia en varias regiones, siendo una especie cuyo valor agronómico reside en su producción estacional, para lo cual necesita desarrollarse en cultivo protegido.

Producción de Pepino a Nivel Mundial

Podemos mencionar que la producción a nivel mundial de pepino, los países que más se destacan en cuanto a su producción son: en primer lugar: China con una producción de 22,924.218 toneladas, seguido por Turquía e Irán con 1,750.000 y 1,300.000 toneladas respectivamente, y México se encuentra en el onceavo lugar con una producción de 420.000 toneladas en el año del 2002.

Principales países productores de pepino en el año del 2002

Países	Producción de pepinos año 2002	Países	Producción de pepinos
	(toneladas)		(toneladas)
China	22.924.218	Irak	215.000
Turquía	1.750.000	Belarús	206.100
Irán	1.300.000	Alemania	190.619
Estados Unidos	1.076.000	Kirguistán	180.000
Japón	740.000	Canadá	174.000
Federación de Rusia	615.000	Líbano	161.000
Indonesia	480.000	Grecia	160.000
Ucrania	470.000	Jordania	150.000



Producción de Pepino en Cultivo sin Suelo bajo Condiciones de Invernadero

España	450.000	Rumania	140.000
República de Corea	450.000	Arabia Saudita	136.000
México	420.000	Francia	134.947
Países Bajos	410.000	Bulgaria	125.000
Egipto	355.326	India	120.000
Polonia	330.000	Israel	115.000
Uzbekistán	280.000	Rep. De Azerbaiyán	110.000
Kazajstán	257.400	Hungría	100.000
Tailandia	220.000	Siria	90.000

(FAO, 2003)

Producción de Pepino a Nivel Nacional

Por lo que se refiere a la producción nacional podemos mencionar que las hortalizas en nuestro país, constituyen uno de los subsectores en la agricultura nacional que tiene una especial importancia debido los siguientes factores:

- a) El alto valor de la producción, ya que los costos de producción y la inversión son elevados.
- b) las divisas que le genera al país, ya que la mayor producción se dedica a la exportación.
- c) Asimismo su capacidad generadora de empleos.

Entre los estados más productores de nuestro país en lo que se refiere al cultivo de pepino podemos mencionar que Sinaloa ocupa el primer lugar en cuanto a producción con un total de 228,042 toneladas el año del 2001, ya que nos proporciona ciertas ventajas para la producción de pepino como son: el suelo y microclima ideal para el cultivo del pepino, la producción de empleos para la región, así mismo; la adaptabilidad de esta hortaliza en la región Noroeste del país permitió que se extendiera a diversas regiones del país como Michoacán, Baja California, Morelos, Veracruz, Guanajuato, Jalisco, cuyos estados son los que ocupan el segundo, tercero, cuarto y quinto lugar en cuanto a producción, como se puede observar en le siguiente cuadro.



Producción de Pepino en México.

(toneladas)

ESTADO	1999	2000	2001
Sinaloa	251,179	246,244	228,042
Michoacán	91,145	82,488	83,924
Baja California	39,070	40,285	37,110
Morelos	17,784	16,230	31,940
Veracruz	11,030	15,797	17,068
Otros	65,856	58,216	62,497
TOTAL	476,064	459,260	460,581

Fuente: SAGARPA

Situación actual de la producción de pepino bajo condiciones de Invernadero

La agricultura bajo condiciones de invernadero es relativamente nueva en México, de acuerdo con información de la Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en Invernadero, en 1999 se disponía de una superficie de 552 hectáreas de invernaderos, casi todas de plástico, ubicadas principalmente en las zonas norte y centro del país; los principales cultivos que se producen bajo este sistema son tomates (80% de la producción total en invernadero) y pepinos; en menor proporción se producen pimiento, melón, berenjena y calabaza. En la actualidad existen aproximadamente 1,200 hectáreas de invernaderos, de las cuales el 80% cuenta con tecnificación media y el resto está altamente tecnificada.

Para confirmar la importancia del incremento de los rendimientos de pepino, el cuál es el caso de nuestro estudio, con las nuevas técnicas de cultivo sin suelo y bajo condiciones de invernadero podemos observar que los rendimientos obtenidos son mayores que en campo abierto, ya que se puede decir que las variedades de invernadero son las que alcanzan mejores



precios en el mercado y tienen una creciente demanda del producto tanto en el mercado nacional como para exportar.

Análisis de rendimientos de pepino

Sistema de producción	Productividad Rendimiento (kg/m ²)
Campo abierto	4-6
Malla sombra	9-18
Invernadero AA	35-50



IV. AREAS DE OPORTUNIDAD (APLICACIONES)

APLICACIÓN DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA.

Uno de los problemas de tipo económico-social de mas difícil solución con el que han de enfrentarse los países de todo el mundo es el relativo a la agricultura. Frente a la industria que realiza enormes progresos de todo tipo, la agricultura apenas a cambiado. Pues bien, la aplicación de los materiales plásticos en la agricultura moderna está contribuyendo a resolver muchos de los problemas que se le presentan al agricultor. Durante los últimos años estas aplicaciones se han extendido con tanta rapidez que actualmente constituyen un complemento indispensable en numerosas técnicas de cultivo. Algunas de las más importantes innovaciones en estas técnicas implican el uso de materiales plásticos que, en sus diversas formas, se encuentran más de 2000 aplicaciones útiles para las necesidades directas e indirectas de los agricultores. (Díaz, 1999).

PERSPECTIVAS Y FUTURO DE LA HIDROPONIA.

Durante años la hidroponía ha sido muy usada para la investigación en el campo de la nutrición mineral de las plantas. la primera producción efectiva a gran escala ocurrió durante la Segunda Guerra Mundial, cuando la Marina de Guerra de los EEUU estableció unidades hidropónicas con sistemas de subirrigación en varias islas de los océanos Pacíficos y Atlántico. Hoy en día la hidroponía es el método mas intensivo de producción hortícola; generalmente es de alta tecnología y de fuerte capital, y vienen siendo aplicada exitosamente con fines con fines comerciales en países desarrollados. (Rodríguez, 2001).

En los últimos 10 años, el área mundial destinada a la producción hidropónica se ha incrementado de cuatro a cinco veces. En 1996 el área mundial era de 12,000 hectáreas (ISOSC; Sociedad Internacional de Cultivo sin suelo) y, según las últimas estadísticas (2001),



habrían unas 25,000 hectáreas, de las cuales el 81% (20,200 hectáreas) son cultivadas sólo por 10 países. Holanda es el primer país hidropónico (aquel país con más de 30 hectáreas destinadas a la producción hidropónica). Los sistemas mayormente utilizados son el sistema de riego por goteo con lana de roca y el sistema NFT. Los cultivos hidropónicos más rentables son tomate, pepino, pimiento, lechuga y flores cortadas. México aparece en el puesto 17 con 120 hectáreas. (Jensen, 2001).

El crecimiento futuro de la hidroponía en Latinoamérica dependerá mucho del desarrollo y adaptación de sistemas menos sofisticados de producción que sean competitivos en costos con respecto a la tecnología sofisticada generada en países desarrollados. Una considerable disminución de las áreas de tierras agrícolas en países de vías de desarrollo, hace de la hidroponía una interesante alternativa de producción en zonas urbanas y peri urbanas. Dentro del contexto de la llamada horticultura urbana, la hidroponía puede ser muy bien aplicada en las ciudades con tecnologías más sencillas y de bajo costo, principalmente en zonas de extrema pobreza, como una manera de incentivar el autoconsumo de hortalizas y de apoyar el ingreso familiar a través del autoempleo en las propias viviendas o en los centros comunales. (Rodríguez, 2001).

La producción total que existe sobre la técnica del cultivo sin suelo se muestra en el siguiente cuadro, de lo cual podemos mencionar que actualmente se ésta teniendo mucho auge ya que para el año del 2002 a nivel mundial contamos con una superficie de 25, 000 hectáreas destinadas para el cultivo sin suelo, ocupando el primer lugar por Holanda, seguidos de España, Francia, Israel y Japón entre los más importantes. (Solórzano, 2000).

Superficie de sistemas hidropónicos. 2002.

EN EL MUNDO	25 000 Ha
ÁFRICA Y MEDIO ORIENTE	
Argelia	60
Egipto	17
Túnez	31
Israel	1 500
África del sur	300
EUROPA	
Francia	1 700
Holanda	3 000
Bélgica	1 010
Alemania	250
Italia	900
España	2 000
Hungría	100
Inglaterra	600
ASIA Y AMÉRICA	
Japón	1 500
USA	250
Canadá	300
MÉXICO	50
Chile	20
Oceanía	800

Fuente: CIPA, 2003

Comparación entre los Diferentes Sistemas de Producción

Campo Abierto e Invernadero y sus Rendimientos

Entre los países que utilizan los invernaderos para la explotación hortícola se encuentra la Isla de Gran Canaria, en donde actualmente los pepinos de invierno ocupan algo más de 350 ha de superficie, cuya producción es de unas 35,000 toneladas anuales. Los pepinos se trasplantan al invernadero en la primera quincena de octubre y se comienzan a recolectar los



frutos a los 50 días de la plantación, en un ciclo de cultivo de apenas 150 días y se consiguen rendimientos que oscilan entre las 120 y 150 ton/ha. Tienen un período de exportación limitado en los meses de Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, el 95% de su exportación va dirigido al Reino Unido y Holanda. La demanda de mano de obra directa es de unas 1,000 jornadas de 8 horas por hectárea y cosecha. (Claridades, 1998).

El pepino es de primer orden para cultivar en invernaderos de plástico en Japón, Holanda, China, Corea y Rusia y en Grecia solo el tomate lo desplaza al segundo orden. Diferentes variedades son cultivadas a lo largo de todos los países europeos, con altas producciones, cultivos de maduración temprana y con menos requerimientos que el cultivo de tomate, la producción puede llevarse durante los meses de invierno. En las costas del Mediterráneo se tienen dos cosechas por año.

Quero y Flores (1989) reportan que las máximas producciones en invernadero para pepino son de 150 a 350 ton/ha. En una evaluación realizada en pepino Sprint 440 S bajo condiciones de invernadero e intemperie se obtuvo un incremento en el rendimiento de 135%, el tratamiento en invernadero produjo 167.4 ton/ha mientras que el tratamiento a la intemperie solo tuvo 11.5 ton/ha. Las fechas de siembra fueron para el cultivo en intemperie el 1 mayo '89 y el inicio de cosecha el 12 de julio, mientras que en el invernadero se sembró en 10 de mayo y el inicio de cosecha fue el 27 de junio.

Jensen (2001) mencionan que la agricultura en invernadero involucra todos los aspectos de modificación del ambiente natural para alcanzar los crecimientos óptimos de las plantas tanto aéreo como en los niveles radiculares. Desde los inicios de los 70's se ha estudiado y se continúa investigando sobre los ambientes controlados en la agricultura en todo el mundo, teniéndose técnicas como sistemas de control ambiental y cultural en invernaderos. La principal ventaja de producir sin suelo y en condiciones de invernadero incluyen altas densidades para la obtención de los máximos rendimientos de los cultivos, producción de cultivos donde no exista suelo disponible o suelo adecuado, indiferencia completa a la temperatura ambiental y estacionalidad, uso más eficiente del agua y de los fertilizantes, un



mínimo uso de área de terreno y adaptabilidad para la mecanización y control de enfermedades. La mayor ventaja de las plantas en sustrato comparadas con las que crecen en el suelo es el aislamiento de los cultivos del suelo subyacente, el cual con frecuencia tiene problemas asociados con enfermedades, salinidad y pobre estructura o drenaje del mismo.

Jensen (2001) menciona los siguientes rendimientos de cultivos vegetales en cultivo sin suelo bajo condiciones de invernadero y a campo abierto

Cultivo	Invernadero			Campo abierto
	Rendimiento	Cultivos/año	Rend. Total	Rend. Total
	ton/ha	No.	ton/ha/año	Ton/ha/año
Brócoli	32.5	3	97.5	10.5
Repollo	57.5	3	172.5	30.0
Pepino	250.0	3	750.0	30.0
Pimiento	32.0	3	96.0	16.0
Tomate	187.5	2	375.0	100.0

La agricultura bajo condiciones de invernadero es relativamente nueva en México. De acuerdo con información de la Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en Invernadero, en 1999 se disponía de una superficie de 552 hectáreas de invernaderos, casi todas de plástico, ubicadas principalmente en las zonas norte y centro del país; los principales cultivos que se producen bajo este sistema son tomates (80% de la producción total en invernadero) y pepinos; en menor proporción se producen pimiento, melón, berenjena y calabaza. En la actualidad existen aproximadamente 1,200 hectáreas de invernaderos, de las cuales el 80% cuenta con tecnificación media y el resto está altamente tecnificada

Podemos también mencionar que la producción de pepino en cultivo sin suelo bajo condiciones de invernadero es rentable y mejor que el sistema de campo abierto en cuanto a rendimiento por lo tanto podemos observar que la producción de pepino es mayor en



invernadero, razón por la cual es recomendable para poder exportar nuestro producto con calidad y altos precios. Como a continuación se puede observar:

Cultivo de pepino en el ciclo primavera-Verano de 1989.

Tratamientos	Variedad	Fecha de siembra	Inicio de cosecha	Producción Ton/ha
Intemperie	Sprint 440 S	1 Mayo	12 julio	11.47
Invernadero	Sprint 440	10 Mayo	27 de Junio	167.42

CIQA, Saltillo, Coahuila

(Quezada, 2001)

E

Plantación de pepino. Invernadero AGRICO, en Cd. Obregón, Sonora con rendimientos de 18 kg/m².

El crecimiento vertical y el gran desarrollo foliar del pepino sin semilla en invernadero, también llamado pepino holandés, hacen que la intensidad luminosa y la radiación nunca fallen. De acuerdo con los reportes obtenidos de esta variedad, debe plantarse a una densidad promedio de 1.3 plantas/m²; que puede ir desde 1.5 en las cimbras tempranas del otoño y de 1.0 plantas/m² en las siembras tardías de invierno y de primavera –verano. Su período de producción es de 160-180 días y en algunas variedades se pueden obtener hasta 200 días. De acuerdo con estudio realizados en plantaciones de primavera-verano, en una planta con una altura de 1.93 m se deben encontrar 19.7 hojas por planta y de 7-8 frutos por promedio. La relación entre el área foliar y la producción de frutos es muy importante, ya que con un buen manejo se pueden obtener finalmente hasta 43 frutos con pesos de 500 a 700 gramos. Para obtener estos rendimientos, la temperatura del invernadero en verano deberá mantenerse durante el día entre los 22 y 28° C y por la noche entre los 18 y 20°C, con una humedad relativa de 80 a 84%. En las siembras de otoño-invierno, la densidad se puede llevar de 1.3 a 1.5 plntas/m; de esta manera se puede compensar mejor la diferencia de temperaturas, las cuales durante el día se deben mantener entre los 20 y los 26°C y por la noche se recomienda sobre los 16 y 18°C. Un mayor diferencial de temperaturas, hará que los rendimientos de frutos sean menores.



V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión podemos mencionar que el cultivo del pepino se encuentra entre las hortalizas más importantes de México por su producción y exportación hacia otros países y respecto a las técnicas de cultivo sin suelo e invernadero se puede decir que nos proporcionan grandes ventajas y beneficios, así como altos rendimientos y productos de mayor y mejor calidad lo cual ayuda a la alimentación de la población.

Como recomendaciones podemos mencionar que el cultivo del pepino sin suelo bajo condiciones de invernadero si es recomendable para llevarse a cabo en México ya que es una buena alternativa para intensificar la producción y así mismo poder exportar nuestros productos a otros países y generar más divisas para nuestro país ayudando a su vez a mejorar el nivel de vida de los agricultores y sobre todo obtener productos de mayor y mejor calidad.

VI. NOMENCLATURA

A. de C.	Antes de Cristo
CO ₂	Bióxido de carbono
CIC	Capacidad de Intercambio Catiónico
C.E.	Conductividad eléctrica
cm	Centímetros
EEUU	Estados Unidos
EVA	Ethyl Vinil Acetato
°C	Grados centígrados
g	Gramos
meq/l	Miliequivalentes por litro
m	Metros
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
N	Nitrógeno
NFT	Nutrient Film Technique “la técnica de la película nutriente”
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
O ₂	Oxígeno
PC	Policarbonato
PMMA	Polimetilmetacrilato de metilo
PVC	Policloruro de vinilo
%	Porcentaje
pH	Potencial de Hidrógeno
Siglo IX	Siglo Nueve
ISOSC	Sociedad Internacional del Cultivo sin Suelo
UV	Ultravioleta
kg/m ³	Kilogramos por metro cúbico



Producción de Pepino en Cultivo sin Suelo bajo Condiciones de Invernadero

ppm	Partes por millón
MAP	Fosfato monoamonico
MPK	Fosfato monopotasico
NPK	Nitrógeno, Fósforo y Potasio
NA	Nitrato de amonio
P ₂ O ₂	Fósforo asimilable
K ₂ O	Potasio asimilable
CaO	Calcio asimilable
MgO	Magnesio asimilable



VII. REFERENCIAS

- Alpi, A y F. Tognoni, 1999. Cultivo en Invernadero. Tercer Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Bolaños, H. A. 1998. Introducción a la Olericultura. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Bretones, C. F. Producción de Hortalizas en Invernadero. Conferencia Internacional sobre plásticos en Agricultura; proyección y usos en las zonas áridas. Saltillo, Coahuila; México. Junio 1991.
- Bringas, L. Diferentes cultivares de pepino. Revista de Productores de Hortalizas. Publicaciones de Meister Publishing. Enero del 2004. Ohio, U. S. A.
- Cárdenas, L. B. Mayo 1993. Análisis del crecimiento de Cuatro Híbridos de Pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de Invernadero con Acolchado y Fertirriego. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cadhía, C. 1998. FERTILIZACIÓN. Cultivos Horticolas y Hormanementales. Edición Mundi-Prensa.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura, manejo simplificado. Primera edición en español. Editado por la UACH, Chapingo, México.
- Díaz, G. E. Junio 1999. Evaluación de tres Híbridos de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo acolchado de suelos y fertirrigación. Tesis profesional UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Enciclopedia del plástico. 1997. Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. México, D.F.
- Fernández, M. .M.; Aguilar, M. I., Carrique, J.R; Tortosa, J., García, C.; López, M. Pérez, J. M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería d Agricultura y pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.



FAOSTAT, FAO. Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de pepino. Marzo 31 del 2003.

Hernández, D. J. 1994. Apuntes de Fisiología de Hortalizas. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Hoterwal, G.O. 1983. Hidroponia Cultivo de plantas sin tierra. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina.

Howard, M. R. 1996. Cultivos Hidroponicos. Editorial Mundi-Prensa. 4ª. Edición. España, Madrid.

Jensen, M. 2001. Publicación Trimestral de Red Hidropónica. Boletín Informativo No. 12 Julio /Agosto Año 2001. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición. Mineral, Depto. De Biología. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.

Llurba, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura No. 125. Diciembre de 1997.

Francis, et al. 1993. Inhibition of auxin-induced ethylene production in cucumber fruit discs by carbon dioxide. Laboratory of post harvest horticulture, faculty of agriculture, Okayama University, Tsushima, Okayama, Japan.

Memorias: Curso Internacional de : Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la producción Intensiva de Hortalizas. Guadalajara, Jalisco. Agosto 21-26, 2000. INCAPA, S.C.

Productores de Hortalizas. 1999. Publicación Mensual. Año 8. No. 1, Pág. 80

Quero, G. E; Flores, V. J. Desarrollo de la Agricultura con plásticos en México. CIQA, Saltillo, Coahuila. México. 1989.

Quezada, R. Manual de Producción en Invernadero. CIQA. Año 2001.



- Rodríguez D. A. 2001. HIDROPONIA: PERSPECTIVAS Y FUTURO. Centro de investigación de Hidroponía: UNALM: Lima, Perú. Rodríguez, D. A, Chang, M; Hoyos, M; Falcón, F. 2002. Manual Practico de Hidroponía. 3era. Ed. CIHNM. UNALM. Lima, Perú. 100 p.
- Rodríguez, J. L. 2002. Productores de Hortalizas. Una publicación de Meister Publishing. Publicación Mensual. Año11, No.2 Febrero 2002.
- SEP. 1987. Cucurbitáceas, Editorial Trillas, 2ª Edición, México, Pág. 46.
- Solórzano, J. 2000. Notas Técnicas. Huertos Hidropónicos como una alternativa de Producción de hortalizas y vegetales en las escuelas. INCAP. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala, Guatemala.
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP, SIACON, SAGARPA. Consulta de Indicadores de producción Nacional de Pepino.
- Serrano, C.Z. 1980. Invernaderos, instalación y manejo. Publicaciones de Extensión Agraria. S. L. España.
- Tecnociencia, 2003. Cultivos Hidropónicos. Fundación Española Ciencia y Tecnología (FECYT). http://www.tecnociencia.es/especiales/cultivos_hidroponicos/1.htm
- Valadez L. A. 1998. Producción de Hortalizas. Editorial Noriega. México DF.