



10
2g
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**RENDIMIENTO DE CHILE POBLANO BAJO DOS
FACTORES DE ESTUDIO EN CONDICIONES
HIDROPONICAS E INVERNADERO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA
P R E S E N T A
MONICA LUCILA CUESTA LOPEZ

**ASESOR DE TESIS: M.C. FRANCISCO CIENFUEGOS IBARRA
COASESORES: DR. GUSTAVO ADOLFO BACA CASTILLO
ING. CANDIDO LARA HERNANDEZ**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAINE KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

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

"Rendimiento de chile poblano bajo dos factores de estudio en condiciones hidropónicas e invernadero".

que presenta la pasante: Mónica Lucila Cuesta López
con número de cuentas: 7521089-7 para obtener el TITULO de:
Ingeniera Agrícola

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

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 9 de julio de 1996

PRESIDENTE	<u>M. en C. Francisco Cienfuegos Ibarra</u>	
VOCAL	<u>Ing. César Maycotte Morales</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Guillermo Basante Butrón</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Roberto Guerrero Arana</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Manuel Chávez Bravo</u>	

DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Guillermo Cuesta Martínez

Cirila López Cruz

con amor y respeto, por su cariño y confianza.

A MI ESPOSO:

Francisco Javier Ruiz Rodríguez

por su apoyo y cariño.

A MIS HERMANOS:

Sofía

Guillermo Alejandro

Lila Yuyuita

Ernesto

por su apoyo y los gratos momentos.

A MIS SOBRINOS

Mireya Yuyuita

Hazel

por ser la alegría de la casa.

DEDICATORIAS

A MIS AMIGOS:

Daniel, Rodolfo, Edmundo, Marcos, Jorge, Jesús y Mary, Miguel y Consuelo,

Carmen, Pilar y Miriam

por la amistad y el afecto compartidos.

AGRADECIMIENTOS

Al M.C. Francisco Cienfuegos Ibarra que me asesoró y ayudó en la parte final de mi carrera, orientándome en la metodología y estadística a seguir para la elaboración del presente trabajo.

Al Dr. Gustavo Adolfo Baca Castillo por su invaluable apoyo y orientación en relación a soluciones nutritivas y los resultados obtenidos en esta investigación.

Al Ing. Cándido Lara Hernández por su gran ayuda en la asesoría y revisión del presente trabajo.

Al M.C. Luis Ricardo Cázarez García por su apoyo para llevar a cabo esta investigación.

Al Ing. Salvador González Valdés por su orientación durante esta investigación y su ayuda para la elaboración de las soluciones nutritivas utilizadas en la misma.

Al Dr. Arturo Aguirre por su apreciable orientación en este trabajo de investigación.

Al Ing. Arturo Curiel por su asesoría y ayuda en la elaboración de las gráficas.

Al Dr. Margarito, a Jorge y a Lourdes por su ayuda desinteresada durante el trabajo de investigación.

INDICE

RESUMEN	1
PRIMERA PARTE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACION	2
(De la tesis académica)	
I.- INTRODUCCION	2
II.- PROBLEMA	3
III.- OBJETIVO	4
IV.- HIPOTESIS	4
V.- JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	5
VI.- MARCO DE REFERENCIA	7
VII.- ANTECEDENTES	8
7.1 CLASIFICACION TAXONOMICA DEL CHILE	8
7.2 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL CHILE ANCHO	9
7.2.1 Descripción	9
7.2.2 Chile muleto	10
7.3 CONDICIONES AMBIENTALES	10
7.3.1 Temperatura	10
7.3.2 Luz	12
7.3.3 Humedad relativa	12

7.3.4 pH	13
7.4 NUTRIMENTOS	13
7.4.1 Nitrógeno	13
7.4.2 Fósforo	14
7.4.3 Potasio	15
7.4.4 Calcio	16
7.4.5 Magnesio	16
7.4.6 Cobre	17
7.4.7 Manganeso	18
7.4.8 Boro	18
7.4.9 Zinc	19
7.4.10 Hierro	19
7.4.11 Molibdeno	19
7.4.12 Fertilizante foliar	20
7.5 DENSIDAD DE POBLACION	21
7.5.1 Distancias recomendadas de siembra	23
7.5.2 Competencia entre plantas	23
7.5.3 Factores de competencia	23
7.5.4 Potencial de producción	24
7.6 RENDIMIENTO	25
7.7 SISTEMA HIDROPONICO	26
7.7.1 Contenedores	26
7.7.2 Sustrato	26

7.7.3 Sistema de riego y drenaje	27
7.7.4 Solución nutritiva	28
7.7.5 Valor del pH	29
7.7.6 Calidad del agua	30
7.8 GENERALIDADES DE LOS INVERNADEROS	30
7.8.1 Efecto sobre la temperatura	31
7.8.2 Efecto sobre la humedad relativa	31
7.8.3 Efecto sobre la luz	32
7.8.4 Ventilación	32
7.8.5 Calidad del aire	33
SEGUNDA PARTE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACION	34
(De la tesis académica)	
VIII.- METODOLOGIA	34
8.1 DISEÑO DE INVESTIGACION	34
8.2 MODELO Y DISEÑO ESTADISTICO	35
8.3 CARACTERISTICAS O ESPECIFICACIONES DE CODIFICACION Y DE INVESTIGACION	36
8.4 CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION	37
8.5 ESPECIFICACION DE LOS TRATAMIENTOS	38
8.6 CROQUIS DE LA INVESTIGACION	39

8.7 VARIABLES	40
8.7.1 Variables independientes	40
8.7.2 Variables dependientes	40
8.8 ESCALAS DE MEDICION	41
TERCERA PARTE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACION	42
(De la tesis académica)	
IX.- RECURSOS	42
9.1 LOCALIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION	42
9.2 MATERIALES	42
9.2.1 Características del invernadero	42
9.2.2 Contenedores	43
9.2.3 Sustrato	44
9.2.4 Sistema de riego	44
9.2.5 Agua	44
9.2.6 Semilla	44
9.2.7 Fertilizantes	45
9.2.8 Insecticidas y Fungicidas	45
9.2.9 Otros materiales	46
9.3 ECONOMICOS Y FINANCIEROS	46
9.4 HUMANOS	47

9.5 METODOLOGIA OPERACIONAL CON EL CULTIVO DEL	
CHILE POBLANO	47
9.5.1 Preparación del sistema hidropónico	47
9.5.2 Establecimiento y cuidado del almíctigo	48
9.5.3 Transplante	49
9.5.4 Manejo del cultivo	49
9.5.5 Cosecha	52
9.5.6 Solución nutritiva	53
X.- RESULTADOS Y DISCUSION	57
XI.- CONCLUSIONES	80
XII.- RECOMENDACIONES	82
XIII.- BIBLIOGRAFIA	83
XIV.- ANEXO	88

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Área de Producción Agropecuaria, Módulo de Hidroponía de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, localizada en el Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México. Con el objeto de evaluar el efecto de dos concentraciones de solución nutritiva y dos densidades de siembra sobre el rendimiento del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

Las densidades de población que se evaluaron fueron 36 y 64 plantas por unidad de investigación (6 m² de superficie). Las concentraciones nutrimentales utilizadas se prepararon a partir de los requerimientos nutrimentales del chile tanto en su etapa vegetativa como productiva. Utilizando un experimento bifactorial alojado en un diseño completamente al azar.

Se llevaron a cabo cinco cortes, evaluando el rendimiento de la muestra de cada unidad de investigación.

Mediante el análisis de varianza se determinó que no hay diferencia significativa para el factor de variación concentración de solución nutritiva. En tanto que para la densidad de población, sí existió diferencia significativa, manifestando ser mejor la densidad de población baja, ya que produjo un mejor rendimiento por planta, dando en densidad baja 1.122 Kg./planta y en densidad alta 0.634 Kg./planta.

PRIMERA PARTE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACION

(De la tesis académica)

I.- INTRODUCCION

El cultivo de chile por la superficie de siembra y por su uso generalizado desde la época prehispánica en el centro y sur del país, es uno de los cultivos importantes. En 1991, ocupó el 3er lugar en cuanto a superficie cosechada (73,347 ha) siendo superado solamente por el jitomate y la papa, (SARH, 1993). Se cultiva satisfactoriamente en las costas, en los valles y sierras de México, desde los 0 a los 2500 m.s.n.m. (Laborde y Pozo, 1982).

Las condiciones tan variadas de clima permiten su producción en diferentes regiones y épocas del año. Además el hecho de que se conserve fácilmente durante largo tiempo, preparado de diferentes maneras, hace posible que se lo encuentre siempre en el mercado (Rojas, 1990).

El chile se consume en diferentes formas: en verde, deshidratado, encurtido, en salsas, en moles, en polvo, etc. Existe gran diversidad de éste, en cuanto a forma, sabor, tamaño y pungencia.

Cerca del 15 % de la producción del chile ancho (poblano) se destina a la elaboración de chile en polvo y a la extracción de colorantes, los que a su vez se utilizan en la producción de alimentos tanto humanos como en la avicultura (SARH, 1993). Por lo que esto trae nuevas perspectivas debido a la prohibición de colorantes artificiales en E.U.A., Alemania y Japón, aumentando considerablemente la demanda de colorantes naturales de este tipo.

No obstante su importancia, este cultivo no alcanza un rendimiento óptimo, por la forma de producción de carácter extensivo-tradicional con un bajo nivel tecnológico que se basa en la aparcería, en la explotación irracional de los recursos y por las inadecuadas prácticas de fertilización. Ante estas circunstancias, la hidroponía abre un panorama amplio para la explotación de este cultivo, siendo un sistema de carácter intensivo, donde podemos observar y corregir rápidamente efectos negativos de nutrición, con un buen control del pH, humedad del sustrato, riegos y condiciones fitosanitarias. Bajo condiciones de invernadero se facilita también el control de la temperatura y humedad relativa.

Lo anteriormente descrito, es lo que dió pauta a que se realizara el presente trabajo de investigación, detectándose el siguiente problema:

II.-PROBLEMA:

¿La densidad de siembra y nutrición vegetal estudiadas bajo condiciones de hidroponía e invernadero puede conducirnos hacia un incremento en la producción del chile poblano?

Este problema así detectado lleva a formular el siguiente objetivo:

III.- OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos densidades de siembra y dos concentraciones de solución nutritiva y su interacción, sobre el rendimiento del chile poblano, bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

IV.- HIPOTESIS

Si una mayor densidad de siembra y concentración nutrimental o ambas, incrementan el rendimiento de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero, entonces, bajo tales circunstancias se incrementará la probabilidad de obtener mayor rendimiento.

V.- JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

La demanda de alimento ha ido en aumento debido al continuo crecimiento de la población, por otra parte las limitantes de suelo y clima han provocado que la producción agrícola ya casi no pueda ser incrementada, por lo que ésta se ve enfocada a aumentar los rendimientos de los cultivos por unidad de superficie, valiéndose en su mayoría del avance de la generación y aplicación de nuevas tecnologías.

Sánchez, Espinosa y Mancilla (1991) señalan los principales factores que impiden ampliar la superficie de cultivo en México:

- Limitantes de suelo en el 66 % del país, por topografía accidentada (pendiente de más del 10 %), alcalinidad, salinidad o acidez entre otros.
- Limitantes de agua en el 50 % del territorio por precipitación insuficiente y/o mal distribuida estacionalmente y generalmente coincidiendo con los terrenos que son planos.
- Heladas tempranas y a veces muy tardías que limitan el calendario agrícola, las especies que pueden cultivarse, el número de cosechas que pueden lograrse y el rendimiento y calidad que pueden obtenerse.

Aunado a esto, existe el problema de la calidad de los productos agrícolas que el consumidor adquiere en el mercado, como es el hecho de que éstos son regados por aguas negras, con diferentes contenidos de metales pesados. Además, la mayoría de estos productos han sido tratados con elevadas cantidades de insecticidas, herbicidas, fungicidas, etc., muchos de los cuales no son biodegradables o están prohibidos en otros países.

Al considerar el aumento de la población rural, que ha provocado la disminución de la superficie agrícola por campesino sobre todo en el centro y sur del país, es necesario brindarles una alternativa, donde se le presenten las posibilidades de producción, no sólo de Chile poblano, sino de todos los cultivos hortícolas, haciendo productivo su tiempo libre en una empresa rentable de menor superficie, que les permita elevar su nivel de vida y que vaya avanzando de acuerdo a sus necesidades, posibilidades e inquietudes.

Debido a que la hidroponía ofrece una alternativa de solución a los problemas agrícolas al permitir altos rendimientos, mejor calidad, varias cosechas al año de hortalizas y plantas ornamentales, utilizar menos agua y pesticidas y una producción segura al utilizar una estructura adecuada de protección (invernadero). Se proyectó llevar a cabo una investigación en el cultivo de Chile poblano bajo esta técnica, del cual existe poca información al respecto.

Cabe mencionar que se propone el uso de invernaderos sencillos y relativamente baratos (para permitir la rentabilidad), diseñados de acuerdo a las condiciones ecológicas de cada región y a los factores limitantes del cultivo. No se pretende que se instalen invernaderos sofisticados, al estilo de los países nórdicos, pues además de que serían muy caros, se debe tomar muy en cuenta que las condiciones climáticas del país son mucho menos drásticas, sobre todo en lo que a bajas temperaturas se refiere (heladas o nevadas).

Sánchez, Espinosa y Mancilla (1991) mencionan que contando con un invernadero, aún rústico, pero bien diseñado se logra controlar en buena medida aquellos factores ecológicos que más limitan la obtención de altos rendimientos y calidad de los cultivos, tales como:

- 1) Las heladas y las bajas temperaturas.
- 2) La insolación, en cierto grado, las altas temperaturas.
- 3) Los vientos frío y/o intensos.
- 4) Los excesos de humedad y las enfermedades causadas como consecuencia de lo mismo.
- 5) El granizo.
- 6) Muchas plagas del suelo, transmitidas por maleza o diseminadas a través del aire.
- 7) Indirectamente, con el control de insectos vectores, se logra un mayor control de enfermedades transmitidas por éstos.

En la Universidad Autónoma de Chapingo se ha estado trabajando en el diseño y construcción de este tipo de invernaderos, para el paquete tecnológico de producción hidropónica de jitomate. Se basa en la idea de que puedan ser construidos por los mismos productores con un mínimo de equipo y herramienta sin que por ello pierdan eficiencia técnica, lográndose con ello abaratar en gran medida los costos de construcción.

VI.- MARCO DE REFERENCIA

La presente investigación puede ser aplicada en diferentes regiones del país, tomando en consideración las condiciones y características en que fue realizada. Dicha investigación está enfocada para que sea de utilidad a los productores que manejen la técnica de producción denominada hidroponía y a todos aquellos que contando con un predio pequeño, sientan la inquietud de producir bajo esta técnica en las condiciones en las cuales se llevó a cabo dicho trabajo. También puede ser de utilidad en aquellos lugares donde no es posible la agricultura tradicional sobre todo por el tipo de suelo. Además puede servir de antecedente para futuras investigaciones.

VII.- ANTECEDENTES

7.1 CLASIFICACION TAXONOMICA DEL CHILE

Clasificación taxonómica según Bailey (1977)

Reino: Vegetal

División: Spermatophyta

Subdivisión: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Tubiflorae

Familia: Solanaceae

Género: Capsicum

Especie: Annum.

Varietal Botánica: Grossum, Bailey.

Una aportación muy importante en la taxonomía del Chile es la de Bailey (1977) en relación a las variedades botánicas en donde se tiene la siguiente caracterización morfológica de las variedades Grossum: Las plantas tienen poco desarrollo (poca altura), los frutos son grandes (los más grandes de todos los chiles), menos picantes, regularmente huecos, con "cajete" en la base (generalmente), las paredes son gruesas, aurocadas o arrugadas; de forma oblonga, cuadradas o como el tomate o la manzana; de color verde oscuro a chocolateado al madurar. Pertenecen a esta variedad los chiles: Ancho, Mulato, Bell, Maxibell, Morrón o Perfecto, Mishuateco, De Ramos, De Chorro y probablemente el Jalapeño (Murillo citado por Rodríguez *et al.* 1990).

7.2 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DEL CHILE ANCHO

Probablemente el cultivo en gran escala de los chiles anchos se haya iniciado en las cercanías de la Ciudad de México o quizá en el Valle de Puebla, debido a ésto se le conoce como "chile poblano" al consumirse en estado verde. Por su forma similar se han agrupado en chiles anchos, sin embargo existen pequeñas diferencias en algunas características del cultivo, en su adaptación y en su uso (Laborde y Pozo ,1982).

7.2.1 Descripción

Existe variabilidad en cuanto a características, altura y hábito de crecimiento de la planta, tamaño y color de las hojas, así como tamaño, forma, número de lóculos y color del fruto. No se puede caracterizar morfológicamente una población específica de un determinado tipo, inclusive para cada zona o región en particular, pero sí es posible identificar varios fenotipos (Laborde y Pozo,1982).

El fruto mide de 8 a 15 cm, de forma cónica o de cono truncado; cuerpo cilíndrico o aplanado, con un hundimiento o "cajete" bien definido en la unión del pedúnculo o base; el ápice es puntiagudo o bien, un poco chato. Tiene de dos a cuatro lóculos; la superficie es más o menos surcada y una pared gruesa. Antes de la madurez, el color es verde oscuro pero, al madurar, se torna rojo (Laborde y Pozo, 1982).

7.2.2 Chile mulato

Su principal diferencia con los demás chiles anchos, es que el fruto madura con una coloración café oscuro achocolatada. También difiere en la pungencia y en el gusto de los frutos secos. Aunque existe dificultad para diferenciar el chile mulato del ancho en su estado verde, existen marcadas diferencias cuando se trata de chiles secos al momento de preparar platillos regionales, ya que ambos tienen usos específicos que son bien conocidos por las personas que los preparan. En el caso del mulato, la producción se destina básicamente al secado (Laborde y Pozo, 1982).

7.3 CONDICIONES AMBIENTALES

7.3.1 Temperatura.

La planta de chile es sensible al frío. Cuando la temperatura varía de 5 a 12 °C la germinación y el crecimiento son lentos, muriendo la planta cuando la temperatura es de 0 °C o menor (Laborde y Pozo, 1982). En cambio puede tolerar temperaturas por arriba de 35 °C como máximo (Díaz citado por Islas, 1993).

Para que la semilla del chile germine se requieren temperaturas superiores a los 15 °C, con un rango óptimo de 18.3 a 32 °C; para el desarrollo vegetativo se requiere de cuando menos temperaturas de 15 °C (con excepción del chile perón, que se desarrolla bien con temperaturas

de 5 a 15 °C) por debajo de 13 °C el crecimiento se detiene. En las fases de floración y fructificación, las temperaturas extremas (5 a 6 °C y 32 a 35 °C) ocasionan que los frutos no "cuajen" y se deformen por polinización deficiente, con temperaturas bajas el polen no se forma y en las elevadas se deshidrata perdiendo viabilidad. La temperatura óptima para estas fases es de 21 a 32 °C en temperatura diurna y 16 °C en temperatura nocturna (Murillo citado por Rodríguez *et al.*, 1990).

Iales (1993) menciona que la temperatura media mensual que debe existir para una buena cosecha comprende entre los 18 - 22 °C, con temperaturas inferiores el desarrollo de la planta es mínimo y a más altas que la máxima la planta vegeta exageradamente. La temperatura ideal para que se desarrolle perfectamente es de 20 a 25 °C durante el día y de 16 - 18 °C en la noche.

Marrero citado por Rojas (1991) señala que los abortos de flores y frutos se pueden producir por diferentes motivos, teniendo las causas de tipo ambiental una gran influencia, en particular una alta temperatura, esto provoca un desequilibrio en los procesos fisiológicos de la planta, lo cual trae como consecuencia trastornos en el desarrollo normal de ésta, pues al reducir la disponibilidad de carbohidratos la planta se ve obligada a eliminar un porcentaje considerable de flores y frutos.

Olarrewaju (1989) realizó una investigación en invernadero donde se hicieron pruebas en plantas de chile, las cuales fueron sometidas a 5, 10, 18 y 25 °C de temperatura nocturna por un periodo de 10 días, durante la apertura de floración y ligeramente después. En los primeros tratamientos que se realizaron durante la apertura de flor, el cuajado de frutos fue mayor a los

10 °C, pero en los tratamientos posteriores, es decir ligeramente después de la apertura de floración, no hubo diferencia entre los tratamientos de temperatura. En ambos casos casi todos los frutos formados entre 5 y 10 °C fueron partenocarpicos, deformes y de tamaño pequeño.

7.3.2 Luz

En cuanto a luminosidad el cultivo de chile es muy exigente durante todo su ciclo, principalmente en la floración. Con poca luz los entrenudos de los tallos se alargan mucho quedando débiles para soportar la cosecha. En estas condiciones las plantas florecen menos y las flores son más débiles, ocasionando la abscisión de éstas (Serrano citado por Rojas ,1991).

Huerres y Carballo citados por Rojas (1991) indican que cuando las plantas tienen deficiente luminosidad se afectan morfológica y fisiológicamente, hay un alargamiento del ciclo vegetativo y la producción de fruto es menor, afectando la producción de semilla.

7.3.3 Humedad relativa

En el ambiente de invernadero el chile es más exigente que el jitomate en cuanto a humedad se refiere. La humedad óptima está comprendida entre 50-70 % (Serrano citado por Islas, 1993).

Baer y Smeets (1978) probaron niveles de humedad relativa de 55, 80 y 90%, encontrando que a mayor humedad relativa se incrementa el número de semilla, el crecimiento, la caída de flor,

el peso y brillo de los frutos, y se reduce el tiempo entre la polinización y la cosecha.

7.3.4 pH

El pH óptimo para el chile oscila entre 5.5 - 7.0; a valores altos del pH elementos como el Fe, Zn, Cu y Mg son menos aprovechables (USDA citada por Islas , 1993).

El chile ha sido clasificado como una hortaliza moderadamente tolerante a la acidez y resistente a la salinidad, reportándose valores de pH de 5.5 - 6.7; y soportando contenidos de 2560 a 6400 ppm (4-10 mmhos de CE) (Richards y Maas citados por Valdez ,1992).

El pH más adecuado para el cultivo de chile bajo condiciones de hidroponía es de 5.5 - 6.5. (Schwarz citado por Sánchez y Escalante , 1988).

7.4 NUTRIMENTOS

7.4.1 Nitrógeno

La deficiencia de nitrógeno en plantas de chile se caracteriza por un achaparramiento, así como la presencia de hojas y frutos cloróticos (Miller citado por Rojas, 1991).

Osaki y Rayd citados por Maynard (1972) observaron que al aumentar el fertilizante

nitrogenado, se incrementó la pudrición apical, pero disminuyeron las quemaduras por efecto de radiación solar.

Murty citado por Martínez (1993) menciona que trabajó durante 3 años en suelos arcillosos negros y profundos, y que la adición de nitrógeno en cualquier dosis, incrementó considerablemente la altura y expansión foliar en la planta y los rendimientos en los diferentes cortes de la cosecha en comparación con el testigo. Además, señala que el porcentaje de semillas y la longitud del fruto de Chile no variaron en los tratamientos ya que son características varietales.

Joseph (1985) realizó una investigación de campo donde las plantas recibieron N: P₂O₅ : K₂O (37.5 - 112.5 : 20 - 60 : 10 - 30 Kg./ha respectivamente). La primera producción con lluvia se plantó el 30 de mayo y se cosechó el 15 de septiembre y la otra con irrigación se plantó el 21 de noviembre y se cosechó el 20 de febrero. Los mayores rendimientos de fruto seco bajo condiciones de lluvia fueron obtenidos con los niveles altos de NPK y bajo irrigación con niveles medio de N y altos de PK. De cualquier forma los niveles más económicos de NPK fueron 90:52:30 y 90:52:26 Kg./ha bajo lluvia y condiciones de irrigación respectivamente.

7.4.2 Fósforo

La deficiencia de fósforo en plantas de Chile se manifiesta por un crecimiento débil, hojas angostas, brillantes y desarrollo de color verde pardo, la coloración roja o púrpura de hojas y tallos se asocia con deficiencias de fósforo mal desarrollado. Estos síntomas fueron observados

cuando el contenido de fósforo fue de 0.09% o menor (Miller citado por Martínez, 1993).

Niranjana (1990) llevó a cabo una investigación con chile, aplicando P en dos niveles 75 y 112.5 Kg. P_2O_5 /ha y S en forma de yeso y Fosfato Sulfato de Amonio (20 N - 20 P - 0 K - 15 S), los rangos correspondieron a una quinta y décima parte de los niveles de P. Se aplicó como abono básico 150 Kg./ha de N y 75 Kg./ha de K_2O . Los rendimientos de las plantas que recibieron 75 y 112.5 Kg. P_2O_5 /ha fueron altamente significativos en relación con los testigos. Cuando se aplicó una quinta parte de S en relación al P, se incrementaron significativamente los rendimientos independientemente de los niveles del P. Las aplicaciones de P incrementaron significativamente los contenidos de ácido ascórbico del fruto. Tanto el yeso como el Fosfato Sulfato de Amonio como fuente de S también incrementaron significativamente los contenidos de ácido ascórbico. Los contenidos de proteínas y capsaicina fueron también incrementados significativamente por el P y S.

7.4.3 Potasio

Los síntomas de deficiencia empiezan con un retraso y detención del crecimiento, acompañado por un bronceado de las hojas. Después se desarrollan pequeñas lesiones necróticas a lo largo de las nervaduras, seguidas por una defoliación, observándose estos síntomas con contenidos de 1.17% de K o menores. Los niveles medios de potasio son 3.37% en tejidos vegetativos y 2.9% en fruto (Miller citado por Martínez, 1993).

Se pueden producir grandes bajas en los rendimientos y defectos en la calidad y

conservación de los productos aún cuando no hayan aparecido síntomas de deficiencia de potasio. Por el contrario, con un buen abastecimiento de potasio, la planta se desarrolla perfectamente, tiene gran vigor y resiste mejor el frío, las enfermedades y otras condiciones adversas, y los frutos son de mejor calidad (Dominguez, 1978).

La deficiencia de potasio reduce grandemente el rendimiento de los cultivos. En efecto, fuertes reducciones de rendimiento pueden aparecer sin que aparezcan síntomas de deficiencia. Este fenómeno es conocido con el nombre de hambre oculta y no es exclusivo del elemento potasio (Tisdale, 1988).

7.4.4 Calcio

La deficiencia de calcio se caracteriza por plantas achaparradas y con un color verde oscuro en las hojas, frutos de tamaño reducido y de color verde más oscuro que lo normal; además presenta pudrición apical (Miller citado por Martínez, 1993).

7.4.5 Magnesio

Los síntomas de deficiencia de magnesio son una clorosis internerval, mientras que las nervaduras y una porción adyacente permanece verde. Después se desarrollan lesiones necróticas en las áreas cloróticas. Los frutos tienen forma normal, pero su número y tamaño se reduce (Miller citado por Martínez, 1993).

El magnesio es un constituyente de la clorofila, que proporciona a las hojas su típico color verde. Las plantas necesitan magnesio, especialmente durante los primeros Estadios del desarrollo vegetal, cuando la absorción es muy rápida. Esta absorción se realiza claramente en las plantas jóvenes, siendo rápidamente translocado a todas las partes de la planta. Cuando se aproxima la madurez de la planta, cesa casi totalmente la demanda por el magnesio y por tal motivo cualquier tratamiento de una deficiencia tiene poco valor durante esta época, a excepción de aquellos casos en que la planta es joven o se encuentra en periodo activo de crecimiento (Patterson, 1967).

El magnesio se encuentra en el suelo en forma catiónica, compitiendo con el potasio y el manganeso. En esta competencia iónica, cuando hay un exceso de potasio, disminuye la absorción del magnesio, en cambio, cuando existe un exceso de magnesio disminuye la absorción de manganeso y puede llegar a ser tóxico en elevadas concentraciones (Rodríguez, 1982).

7.4.6 Cobre

Los síntomas de deficiencia se manifiestan en frutos deformes, manchados de color pardo rojizo, reducción del crecimiento en brotes jóvenes y aspecto clorótico y marchitez de las plantas (Rodríguez, 1982).

Los síntomas generales de deficiencia de cobre son clorosis general, reducción de los entrenudos, deformación de las puntas y bordes de las hojas que se tuercen, etc. En general los síntomas aparecen en las hojas nuevas de las plantas jóvenes. La toxicidad por exceso produce una inhibición rápida del desarrollo de la raíz y se observa clorosis similar a la falta de hierro,

probablemente como consecuencia de una deficiencia inducida de este elemento al reducirse por competencia la absorción de hierro (Dominguez, 1989).

Nowar citado por Solano (1984) menciona que combinaciones en nutrimentos que contenían Cobre y Boro tuvieron el efecto más benéfico sobre la acumulación de capsicina y el rendimiento del chile jalapeño.

7.4.7 Manganeso

Los síntomas de deficiencia en tomate se manifiestan por una cloración verde pálido o amarilla y rojo entre las nervaduras permaneciendo éstas verdes. El exceso de manganeso induce clorosis en las hojas y reduce el crecimiento (Willard citado por Martínez, 1993).

7.4.8 Boro

Con deficiencia de boro se observa crecimiento retardado y anormal de los brotes y zonas de crecimiento, clorosis irregular y arrosado de los brotes. En las deficiencias graves muere la yema terminal, paralizándose todo desarrollo. Con niveles ligeramente por encima de los necesarios, para el desarrollo normal, se puede producir toxicidad en la planta. Los síntomas comienzan con amarillamiento de la punta de las hojas y sigue con necrosis desde el ápice y bordes hasta el centro de la hoja (Dominguez, 1989).

7.4.9 Zinc

El síntoma más característico de deficiencia es la clorosis progresiva entre los nervios de las hojas jóvenes principalmente. Además, se reduce el desarrollo de las hojas y del tallo. Los síntomas de toxicidad por zinc son reducción del crecimiento de la raíz y desarrollo de la hoja seguido de clorosis. En algunas especies se ha comprobado una elevada tolerancia, debido a la propiedad de fijar este elemento en la pared celular (Domínguez, 1989).

7.4.10 Hierro

La deficiencia de hierro es muy similar a la de magnesio, manifestándose mediante una clorosis que, en este caso, dada la inmovilidad de este elemento, comienza en los brotes y hojas más jóvenes. La clorosis se produce entre los nervios, permaneciendo éstos verdes, si bien en los casos graves, pueden quedar también decolorados. Se puede llegar a producir toxicidad a la planta por exceso de hierro, generalmente cuando en el suelo se dan condiciones reductoras, como en el caso de suelos inundados. En estos suelos, puede elevarse la concentración de hierro desde menos de 1 ppm hasta 50-100 ppm. Los síntomas comienzan con la aparición de manchas marrones pequeñas en las hojas, que después se extienden a toda la hoja (Domínguez, 1989).

7.4.11 Molibdeno

Recientes investigaciones han demostrado que por lo menos treinta plantas de importancia económica requieren molibdeno. Estas plantas incluyen los miembros de la familia

del repollo, los de la familia de los cítricos, el tomate, el pepino y el frijol ejotero. En el tomate, el pepino y frijol ejotero, las hojas adquieren un color café o amarillo en los márgenes, los cuales se vuelven hacia arriba. En todos los casos el crecimiento es lento, las plantas llegan a atrofiarse y los rendimientos y la calidad son bajos (Edmond *et al.* citado por Rojas, 1991).

Los síntomas de deficiencia del molibdeno son similares a los del nitrógeno por su papel en la asimilación de este elemento. Generalmente, los síntomas aparecen primero en las hojas bien desarrolladas y en las más viejas, apareciendo frecuentemente, además de la clorosis típica, manchas necróticas (Domínguez, 1989).

7.4.12 Fertilizante foliar

Nowar (1986) realizó una investigación con fertilización foliar en Chile con diferente nutrición en cultivo hidropónico. Semanalmente se rociaba con una solución de multinutrientes, dando un incremento en la producción de frutos, pero tendía a reducir el contenido de capscina. Aumentando 10 veces los niveles de micronutrientes en la aspersión dió muy altos rendimientos y contenidos de capscina.

Las sales de calcio (Sulfato de Calcio o Fosfatos de Calcio) pueden precipitar a los metales Cu, Zn, Mn y Fe. Si precipitan al Calcio es muy posible que haya pérdidas de éstos en la solución. Por lo tanto para evitar la coprecipitación de los metales con el Calcio puede dividirse en dos la dosis, una parte en la solución y otra parte en forma foliar (Aguirre, 1993).

7.5 DENSIDAD DE POBLACION

La densidad óptima es el número de plantas por unidad de superficie cultivada, que produce el máximo rendimiento (Rojas, 1991).

El aprovechamiento de una determinada superficie exige una cantidad de plantas óptima para su máximo desarrollo (Dominguez, 1989).

Pozo (1983) menciona que los estudios de densidad de población han permitido elevar los rendimientos en un 30 a 40 % en la mayoría de los casos debido a que los productores acostumbran manejar bajas poblaciones. Para la región de la Mesa Central, Las Huastecas, El Bajío y Aguascalientes, se debe sembrar a 92 cm entre surcos y de 25 a 30 cm entre plantas, en hilera sencilla para todos los tipos de chile. Tomando en cuenta los datos anteriores se tiene un total de 43,200 plantas/ha y 35,964 plantas /ha , respectivamente.

En la región productora de Aguascalientes se probaron diferentes densidades en el cultivo de chile ancho cultivar verdeño, utilizando separaciones entre surco de 0.76, 0.92 y 1.52 m y distancias entre matas de 20, 40 y 60 cm. y plantando 1, 2 y 3 plantas por mata. Las mejores combinaciones de distancia entre surco, distancia entre mata y plantas por mata fueron: 0.76-20-1, 0.92-40-3 y 0.92-20-1. Con estos datos se obtienen 65,785 plantas/ha, 81,000 plantas/ha y 54,000 plantas/ha, respectivamente (Rojas, 1991).

Díaz (1968) recomienda que para el chile mulato (poblano) las mejores distancias entre surco están entre 0.8 y 1 m y que 0.9 m han dado muy buenos resultados. Cuando los suelos son muy fértiles, el clima muy favorable y es de amplio follaje la variedad que se va a cultivar, la distancia puede llegar hasta 1.5 y 2 m. En cuanto a la distancia entre planta ésta varía de 35 a 60 cm, de igual forma de acuerdo a la naturaleza del terreno, el clima y la planta con que se cuente, aunque una distancia muy recomendable es de 40 cm. Tomando en cuenta la mejor distancia recomendada 90 cm x 40 cm se tienen 27,750 plantas/ha.

Baca (1963) efectuó estudios sobre la interacción entre la fertilización y la población en chile poblano. Utilizó surcos de 0.92 m y distancias entre planta de 30, 45 y 60 cm. El mejor distanciamiento entre planta es el de 30 cm., con relación al de 60 cm y no existe diferencia significativa entre el de 45 y 60 cm, ni entre el de 30 y 45 cm y hace una observación en relación que a distancias menores de 30 cm entre plantas no darán resultados favorables, por razones del porte aéreo y desarrollo radicular de las plantas. Para las distancias entre plantas de 30 y 40 cm se tiene una población de 36 630 y 24 420 plantas/ha respectivamente.

García (1983) indica que las densidades óptimas de población para los tipos de chile ancho es de 27 a 29 mil plantas/ha.

Rojas (1991) menciona que se realizó una investigación con la variedad de chile ancho "criollo San Luis", encontrando que los mejores rendimientos totales comerciales se obtuvieron con surcos de 1.07 y 0.92 m. Al aumentar la densidad de población se incrementó la altura de planta, se redujo el diámetro del tallo y se disminuyó el rendimiento individual de las plantas.

Además, deriva el principio general de que a medida que se mejora el nivel de fertilidad, la densidad requerida para dar el máximo rendimiento se incrementa.

7.5.1 Distancias recomendadas de siembra

Gutiérrez (1992) indica que para pimiento bajo condiciones de invernadero y de hidroponía las distancias recomendadas son 40 cm entre hilera y 40 cm entre planta, tratándose de bolsas de polietileno, canaletas, bandejas o cualquier otro contenedor.

7.5.2 Competencia entre plantas.

Rojas (1991) menciona que dos plantas sin importa que tan cerca estén, no compiten una con la otra mientras que el contenido de agua, nutrimentos, luz y calor rebasan las necesidades de ambos. Se da la competencia cuando el suministro de un factor cae debajo de las demandas de las plantas.

7.5.3 Factores de competencia.

Los factores por los cuales compiten las plantas son: agua, nutrimentos, luz, oxígeno y bóxido de carbono. Durante la fase reproductiva pueden sumarse también agentes de polinización y dispersión. Sin embargo la densidad óptima para cualquier cultivo está determinado por el genotipo y la interacción genotipo-ambiente (Rojas, 1991).

El agua, los nutrimentos y la luz son los factores más comúnmente deficientes, pero en cultivos de invernadero fotosintetizando rápidamente puede agotarse el bióxido de carbono por la competencia entre las plantas (Rojas, 1991).

Rojas (1991) menciona que la competencia por luz ocurre cuando una planta sombra a otra, o dentro de una misma planta, cuando una hoja sombra a la otra. Ocurre en todos los cultivos. Para un genotipo determinado, cuando no hay límite de agua y nutrimentos, la luz se convierte en el único factor limitante de la producción.

Maldonado (1991) menciona que cuando las hojas sombreadas permanecen por largos periodos con baja iluminación, los procesos metabólicos como la fotosíntesis y respiración son afectados, y la capacidad para producir alimentos y exportarlos a otras partes de la planta se ve drásticamente disminuida, así mismo entre plantas de una misma especie puede ocurrir el mismo fenómeno cuando la densidad de siembra es alta.

7.5.4 Potencial de producción

La capacidad máxima de producción de una determinada planta está definida por el potencial genético de la misma. El potencial de producción es una característica de cada cultivo que integra una serie de factores como la implantación y desarrollo inicial, la superficie foliar y porcentaje de luz interceptada, la duración funcional de esta superficie foliar, la tasa de fotosíntesis y asimilación de CO_2 , así como su transformación en compuestos orgánicos y la capacidad de adaptación o poder amortiguador de la planta a los cambios climatológicos, la tasa

de respiración y la utilización de los compuestos orgánicos. Por lo tanto este potencial está definido por la dotación genética de la planta (Dominguez, 1989).

El mismo autor indica que la actividad fotosintética es, por tanto, el principal factor determinante de la capacidad de producción, proceso a su vez dependiente de factores tan importantes como la luz, la temperatura, el agua y los elementos nutritivos, lo que hace que las interacciones entre todos estos factores sean de enorme importancia.

7.6 RENDIMIENTO

Haciendo una comparación del cultivo de chile en suelo con el cultivo bajo condiciones de hidroponía en invernadero, se encuentran los siguientes trabajos sobre rendimiento:

Ialas (1993) realizó una investigación de la producción de chile habanero, en hidroponía bajo condiciones de invernadero en Tocuila, Texcoco, Edo. de Méx., reportando un rendimiento promedio de 475.93 gr por planta, que equivale a 9.91 ton/ha, rendimiento superior al que se obtiene en la península de Yucatán, que es de 3 ton/ha.

Cutiérrez (1992) menciona que una planta de chile pimiento puede producir en hidroponía un mínimo de 2 Kg. En condiciones experimentales con un clima promedio de 23 grados centígrados y una humedad relativa de 75 a 80 % se han obtenido 3 Kg/planta. En Bogotá Colombia se han conseguido pesos promedio de 4.8 Kg/planta en parcelas de 100 plantas y 7.8

Kg en lotes de 10 plantas.

El rendimiento medio nacional del cultivo de chile poblano en campo es de 10 ton/ha, alcanzándose bajo el "Sistema de Alternativas Técnicas en Campo" 12 ton/ha (Rodríguez, *et al* 1990).

Aplicando la Tecnología que recomendaba la SARH (1983), se podían obtener rendimientos de 11.7 a 13 ton/ha de chile poblano en campo.

7.7 SISTEMA HIDROPONICO

7.7.1 Contenedores.

Los contenedores son recipientes que contienen el sustrato para las plantas y pueden ser de diferente forma, tamaño y material dependiendo del cultivo que se pretenda desarrollar, éstos deberán ser impermeables para evitar la pérdida de la solución nutritiva y opacos para que la acción directa de la luz no dañe las raíces y se evite el desarrollo de algas (Islas, 1993).

7.7.2 Sustratos.

Las características esenciales de los sustratos son: ser inertes, tener la granulometría adecuada, de tal forma que el tamaño de las partículas permita la circulación de la solución

nutritiva para la alimentación de las plantas y también la circulación del aire que lleva el oxígeno a las raíces. Otras características son que sean fáciles de conseguir, de bajo costo, livianos, que no sean degradables físicamente y que retengan bien la humedad sin que se encharquen (Rodríguez, 1989).

Penningsfeld y Kurzmann (1983) indican que el tezontle tiene buenas características físicas por su granulometría de 15 a 20 mm, el volumen de poros que ocupa es de aproximadamente el 85 % del total; su capacidad de absorción es del 45 % del total de materia seca, además de que es completamente estéril siempre que es extraído de las partes profundas.

Baca (1983) menciona que se llevó a cabo un ensayo sobre el comportamiento de diversos cultivos hortícolas bajo condiciones de invernadero, el empleo de sustratos (entre los cuales se incluyen tres tezontles rojos con las granulometrías siguientes: gruesa 5-12 mm; mezcla de 1-12 mm y fina 1-5 mm) y tres soluciones nutritivas en el sistema hidropónico de sub-irrigación; se encontró en general que los cultivos desarrollados en los sustratos de granulometría gruesa, mostraron una respuesta más directa a la composición nutricional de las soluciones nutritivas o sea que el efecto interactivo solución nutritiva-sustrato, fue de menor magnitud con relación a los sustratos de granulometría fina.

7.7.3 Sistema de riego y drenaje.

Resh (1992) menciona que en el cultivo hidropónico en grava, el riego se efectúa generalmente por sub-irrigación; es decir, en el fondo del recipiente, se humedece la grava por

capilaridad, manteniendo seca la superficie del sustrato. La solución nutritiva elimina del sustrato el ácido de carbono (CO_2) producto de la respiración y al drenar la solución adquiere oxígeno nuevo que es aprovechado por las plantas.

Sánchez y Escalante (1988) señalan que la frecuencia de riegos depende del tamaño de las plantas, de las características del sustrato y las condiciones climáticas. Las plantas pequeñas generalmente requieren un riego al día, conforme éstas crecen será necesario darles dos o tres riegos al día.

Epinoza (1985) menciona que un sistema de sub-irrigación con 10 a 15 minutos de riego y drenaje de 20 a 30 minutos respectivamente, es generalmente aceptable para una buena irrigación y drenaje completo.

7.7.4 Solución nutritiva.

Penningsfeld y Kurzmann (1983) indican que el éxito de un cultivo hidropónico es la composición de la solución nutritiva. La solución deberá contener los elementos necesarios para las plantas en las condiciones y dosis convenientes.

Sánchez y Escalante (1988) indican que el desbalance en la concentración de los elementos esenciales y en la presencia de iones extraños, afecta significativamente el desarrollo normal de las plantas cultivadas en hidroponía.

Los mismos autores indican que una alta concentración de iones en la solución nutritiva conduce a un incremento de la presión osmótica que retarda o anula el crecimiento vegetal y que aún la alta concentración de un sólo ion sin llegar a niveles de toxicidad eleva significativamente la presión osmótica total. Una alta concentración de uno o más elementos nutritivos pueden provocar toxicidad de las plantas y una solución muy diluida o la baja concentración de un elemento puede conducir a una deficiencia nutricional de plantas.

Reah (1992) menciona que las diferentes sales fertilizantes usadas para fabricar soluciones nutritivas tienen diferente solubilidad. En los cultivos hidropónicos, las sales fertilizantes deberán tener una alta solubilidad, puesto que deben permanecer en solución para ser absorbidas por las plantas. Algunos ejemplos son: Nitrato de Potasio, Fosfato de amonio, Fosfato diamónico, Sulfato de magnesio entre otros, Sánchez y Escalante (1988).

7.7.5 Valor del pH

Penningsfeld y Kurmann (1983) señalan que es necesario un ajuste frecuente del valor del pH, porque los cambios bruscos de la concentración de iones hidrógeno, causan daño a las plantas. La reacción neutra o ligeramente alcalina de la solución nutritiva provoca la inmovilización del fósforo, hierro, boro y manganeso, lo cual suele dar motivo a las deficiencias correspondientes.

Se recomienda un ajuste del pH entre 5.5 y 6.5, ya que en este rango la mayoría de los nutrientes se encuentran en forma disponible para los cultivos. Frecuentemente el pH se eleva

ligeramente durante el desarrollo del cultivo por lo que se utiliza ácido sulfúrico, ácido nítrico o fosfórico para ajustar al rango deseado (Isias, 1993).

7.7.6 Calidad del agua.

Penningfeld y Kurzmann (1983) indican que el agua que se utiliza en los cultivos hidropónicos, puede obtenerse de diferentes fuentes: lluvia, ríos, corrientes subterráneas, lagos, pozos, etc. En general todas las fuentes naturales contienen cantidades variables de sales en solución, y si van a ser usadas en hidroponía deben ser sometidas a un análisis químico, para determinar su contenido de sales minerales, teniendo como máximo 200 ppm de contenido total de sales.

7.8 GENERALIDADES DE LOS INVERNADEROS

El desarrollo de la tecnología ha hecho posible que el control ambiental no se limite a elevar la temperatura, sino también a bajarla, a variar la humedad, concentración de CO₂, intensidad luminosa, etc. logrando un control casi total del factor ambiente al utilizar la hidroponía, pudiendo cubrir los requerimientos de las plantas cultivadas bajo invernadero (Leal, 1985).

El invernadero modifica las condiciones del clima natural y da origen a un clima derivado o espontáneo, dependiendo del material de cobertura, la forma, orientación e inclinación del techo

(Martínez, 1978).

7.8.1 Efecto sobre la temperatura

En época de calor la ganancia durante el día puede ser excesiva y peligrosa, y durante la noche las pérdidas serán mínimas por la alta temperatura ambiental, por lo que en este caso será necesario evacuar el excesivo calor y forzar aire con menor temperatura para evitar daños al cultivo (Leal, 1985).

7.8.2 Efecto sobre la humedad relativa

La protección de los cultivos bajo invernadero reduce la pérdida de humedad, atenuando los efectos del viento así como la intensidad de radiación y temperatura del aire. Siendo la temperatura del volumen de aire contenido dentro de los invernaderos casi siempre mayor que la del exterior, origina una alta y constante evapotranspiración. No obstante, esta humedad no se pierde porque el vapor de agua emitido por las plantas y el suelo se adhiere a la capa interior del material plástico, donde posteriormente se condensa, cayendo nuevamente sobre el suelo y las plantas, formando así un pequeño círculo hidrológico (Rodríguez, 1991).

La humedad relativa dentro del invernadero es mayor que la del ambiente exterior, y varía de modo inverso a la temperatura, estando determinada por la pared más fría del mismo. Bajo plástico, es en general la humedad relativa más baja de noche debido a las condensaciones, y más alta de día que bajo cristal (Martínez, 1978).

7.8.3 Efecto sobre la luz

La intensidad de luz solar que penetra al interior del invernadero está afectada por el material de cubierta, por la orientación, por la inclinación del techo, por la armadura, por el polvo acumulado (Leal, 1985).

La mayor parte de los plásticos utilizados en invernaderos reduce en un 20 a 30 % la radiación solar incidente. Una fracción de la luz que consigue atravesar la cubierta es difundida por el plástico gracias a sus características ópticas. La difusión es una característica importante porque impide la formación de sombras y permite un mayor rendimiento luminoso de la construcción (Martínez, 1978).

7.8.4 Ventilación

La ventilación se refiere al movimiento del aire para proveer aire "fresco" al cultivo y remover al "viciado". Dentro del invernadero se puede mover el aire a través de ventiladores colocados en el techo o realizar la renovación del aire en forma natural a través de ventanas y en forma forzada utilizando ventiladores extractores.

La ventilación es uno de los factores más importantes a considerar en la construcción de un invernadero, ya que es necesario para el abastecimiento del bióxido de carbono utilizado en la fotosíntesis, además limita el exceso de temperatura del aire que se produce por el calor solar y reduce la humedad que procede de la transpiración de las plantas, principalmente se hace

necesario durante la primavera y verano, cuando la radiación solar es excesiva (Islas, 1993).

7.8.5 Calidad del aire

Leal (1985) menciona que en los invernaderos, donde las plantas consumen el CO_2 para utilizarlo en la fotosíntesis; llega un momento en que baja la concentración y entonces el aire se vicia (para las plantas), perjudicándolas al limitar su proceso fotosintético.

La asimilación del CO_2 está en función de la fotosíntesis, a mayor actividad fotosintética, mayor asimilación de CO_2 , la cual está determinada por la temperatura, la luminosidad y la humedad.

La respiración se lleva a cabo continuamente (día y noche) consumiendo el O_2 y liberando el CO_2 . La fotosíntesis sólo se realiza en presencia de la luz, y varía la velocidad del proceso según sea la intensidad y la concentración del CO_2 , la temperatura y humedad relativa óptima.

Durante la noche la concentración de CO_2 se incrementa hasta las primeras horas del día en que llega a un máximo, y conforme aumenta la luminosidad del día, aumenta la velocidad del proceso fotosintético, aumentando a su vez la asimilación de CO_2 por lo que irá bajando su concentración, y a la vez limitando la velocidad del proceso, por lo que será necesario evacuar el "aire viciado" o aportar una cantidad de CO_2 para aumentar la concentración (Leal, 1985).

SEGUNDA PARTE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACION

(De la tesis académica)

VIII.- METODOLOGIA (Parte metodológica del protocolo)

8.1 DISEÑO DE INVESTIGACION (Tipo de protocolo)

Cienfuegos (1995) menciona que de acuerdo a la clasificación de Méndez (1984) se consideran cuatro criterios dicotómicos para clasificar la presente investigación, los cuales una vez combinados de acuerdo a las características del material de investigación, definen el diseño de investigación o tipo de investigación, a saber:

COMPARATIVO: porque tenemos dos factores con sus respectivos niveles a estudiar.

LONGITUDINAL: porque las variables de interés las medimos varias veces en el transcurso de la investigación.

PROSPECTIVO: porque las mediciones las hacemos en el futuro (después de implementar la investigación en el invernadero).

EXPERIMENTAL: porque se modifica el material de investigación.

Consecuentemente, esta combinación nos determina el proyecto o protocolo tipo

EXPERIMENTO: comparativo, longitudinal, prospectivo y experimental (Cuadro 1 del anexo).

8.2 MODELO Y DISEÑO ESTADÍSTICO

El modelo estadístico corresponde a un bifactorial 2² alojado en un diseño completamente al azar, siendo el modelo correspondiente el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

con $i = 1, 2, \dots, a = 2$ niveles o tratamientos para el factor α_i

= F1 (Solución Nutritiva)

$j = 1, 2, \dots, b = 2$ niveles o tratamientos para el factor β_j

= F2 (Densidad de Población)

$$H_{01}: \alpha_i = 0$$

$$H_{02}: \beta_j = 0$$

$$H_{03}: (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

donde,

Y_{ijk} = Variable de interés o variable respuesta o variable dependiente.

μ = Media general de la población

α_i = Efecto de la concentración nutritiva o Factor 1 (F1)

β_j = Efecto de la densidad en metros cuadrados o Factor 2 (F2)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de interacción entre los factores F1 y F2 : (F1*F2)

ϵ_{ijk} = Efecto del error experimental.

A de V = Análisis de Varianza, cuyos cálculos se obtienen con el paquete estadístico "SAS".

La presente investigación quedó como un arreglo factorial en un diseño experimental completamente al azar, debido a que las parcelas o unidades de investigación (u.i.) tienden a ser homogéneas. Si hay alguna diferencia en variación (como fuente de variación) ésta no es significativa como para construir bloques, los cuales de haberse tomado en cuenta, podrían haber perjudicado la precisión experimental, de acuerdo al número de grados de libertad del error (Cienfuegos, 1995).

8.3 CARACTERÍSTICAS O ESPECIFICACIONES DE CODIFICACION Y DE LA INVESTIGACION

- Experimento factorial o diseño de tratamientos 2^2
- FACTOR 1: solución nutritiva con dos niveles.
- FACTOR 2: densidad de población con dos niveles.
- Tratamientos: cuatro
- Repeticiones: dos
- Cortes: cinco
- Unidad de investigación (u.i.)

NOTA: Tradicionalmente y hasta el momento presente, se ha usado el concepto de unidad experimental (u.e.), aun cuando el proyecto de investigación no sea un experimento. De acuerdo con la metodología actualizada y moderna el término más adecuado debe ser unidad de investigación (u.i.), que se aplica en general a todo tipo de protocolo, estudio o proyecto de investigación (Cienfuegos, 1995).

8.4 CARACTERISTICAS DE LA UNIDAD DE INVESTIGACION (u.i)

Cultivo: chile poblano criollo (*Capsicum annuum* L.)

Superficie de cada unidad de investigación: 1.20 m de ancho por 5.00 m de longitud: 1.20 m por 5.00 m = 6.00 metros cuadrados.

Profundidad del sustrato: varía de acuerdo a la pendiente entre los 0.15 m a 0.20 m de altura en una longitud de 10 m.

Tipo de sustrato: tezontle negro, tipo granzón (sello M3A negro)

Material de estudio: semilla criolla de chile mulato .

Sistema de riego: por sub-irrigación, introducido con la potencia de una bomba de 1/2 H.P. caballo de fuerza.

Sistema de plantación: en hileras simples a distancias uniformes.

8.5 ESPECIFICACION DE LOS TRATAMIENTOS

En el cuadro 1 se especifican los factores de estudio (solución nutritiva y densidad de población) y en el cuadro 2 se especifican los tratamientos.

CUADRO 1. Especificación de los factores de estudio en la investigación de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

FACTORES DE ESTUDIO		
	FACTOR 1	FACTOR 2
	SOLUCION NUTRITIVA	DENSIDAD DE POBLACION
	1	36 plantas / u.i.
	2	64 plantas / u.i.
NO. DE NIVELES	2	2

Número de tratamientos $2^n = 2^2 = 2 \times 2 = 4$ tratamientos o combinación de tratamientos.

CUADRO 2. Especificación de los tratamientos probados en la investigación de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

TRATAMIENTOS		
NUMERO DE TRATAMIENTO	COMBINACION DE TRATAMIENTOS	
	F1	F2
1	Solución nutritiva 1	36 plantas / u.i.
2	Solución nutritiva 1	64 plantas / u.i.
3	Solución nutritiva 2	36 plantas / u.i.
4	Solución nutritiva 2	64 plantas / u.i.

clave:

F 1 : Factor 1 o solución nutritiva.

Solución nutritiva 1: concentración baja.

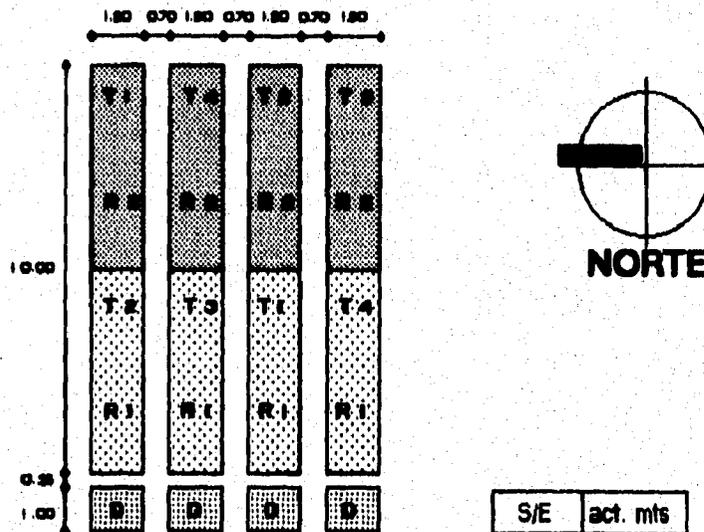
F 2 : Factor 2 o densidad de población.

Solución nutritiva 2: concentración alta.

u.i.: Unidad de investigación = 6 m²

8.6 CROQUIS DE LA INVESTIGACION EN EL INVERNADERO

Ubicación de las unidades de investigación (u.i.) del cultivo de chile poblano.



clave:

T1 = Tratamiento 1 (Solución 1, Densidad Baja)

T2 = Tratamiento 2 (Solución 1, Densidad Alta)

T3 = Tratamiento 3 (Solución 2, Densidad Baja)

T4 = Tratamiento 4 (Solución 2, Densidad Alta)

R1 = Repetición 1

R2 = Repetición 2

D = Depósito de la solución nutritiva.

8.7 VARIABLES (Independientes y dependientes)

8.7.1 Variables Independientes (Factores de diseño o de estudio).

COR = Número de corte.

REP = Número de repetición.

TRAT = Número de tratamiento: (Solución nutritiva y densidad de población)

F1 = Factor 1 : (Solución nutritiva, concentración baja y alta).

F2 = Factor 2 : (Densidad de población, plantas / u.i.)

8.7.2 Variables dependientes

V1 = 20: Tamaño de muestra dentro de cada unidad de investigación (u.i.).

V2 = Número de plantas con fruto : dentro de V1.

V3 = Número de frutos totales de V2.

V4 = Peso promedio del fruto en gramos.

V5 = Peso verde de todos los frutos en gramos: de V3 (RENDIMIENTO).

V6 = Longitud promedio del fruto en centímetros.

V7 = Ancho promedio del fruto en centímetros.

V8 = Peso seco promedio de fruto en gramos.

COV = Número de plantas con fruto dentro de V1, como COVARIABLE.

VST = Peso verde de todos los frutos transformados a Kg. (RENDIMIENTO).

8.8 ESCALAS DE MEDICION

De acuerdo al tipo de investigación: Experimento, y principalmente al hecho de que la variable respuesta V_5 , peso verde de todos los frutos, se midió en gramos, la escala de medición corresponde a la de razón, relación o proporción, que permite efectuar operaciones aritméticas para la media y para la varianza, la cual determina también las técnicas estadísticas a usar, como son análisis de varianza, análisis de regresión y de correlación, análisis de covarianza y otros dentro del campo de la estadística paramétrica.

TERCERA PARTE DEL PROTOCOLO DE INVESTIGACION

(De la tesis académica)

IX. RECURSOS

9.1 LOCALIZACION DEL AREA DE INVESTIGACION

La presente investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano 1993, en el módulo de hidroponía de la Unidad Académica de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - U.N.A.M., localizada en la carretera Cuautitlán - Teoloyucan Km. 2.5 del Municipio de Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, con una ubicación geográfica entre los 19° 37' - 19° 45' de latitud norte y 99° 07' - 99° 14' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altura sobre el nivel del mar de 2250 m.

9.2 MATERIALES

9.2.1 Características del invernadero

El invernadero es circular semicontrolado⁶¹, cubierto con película plástica PF 602, el piso

⁶¹ Oserrero y Marcial (1991). Invernadero semicontrolado.

es de concreto con los pasillos cubiertos de tezontle negro para tratar de regular la humedad relativa, en la parte posterior superior tiene una ventila en contra-posición a la puerta, las paredes laterales pueden abrirse para ventilarlo. Tiene dimensiones semicomerciales las cuales son las siguientes:

9.50 m. de ancho

14.50 m. de largo

La parte más alta mide 3 m.

La parte más baja mide 2.35 m.

El invernadero cuenta con cuatro camas o bancales construidos con block refractario, cada uno tiene un depósito al nivel del suelo con una capacidad de 750 litros, para almacenar la solución nutritiva.

9.2.2 Contenedores

Para el establecimiento del almácigo se utilizaron dos charolas de lámina galvanizada, las cuales estaban impermeabilizadas, de 1.20 m de largo y 0.30 m de ancho y un almácigo de unicol para 250 plántulas. Las camas o bancales que se utilizaron fueron construidas de block refractario, aplanadas con cemento e impermeabilizadas con impermeabilizante comercial, teniendo una longitud de 10 m y un ancho de 1.2 m.

9.2.3 Sustrato.

El sustrato que se utilizó en el almácigo fue la arena cribada de tezontle negro, con un tamaño de partículas de 0.2 a 0.5 cm. Para el establecimiento del cultivo se utilizó el tezontle negro tipo granzón (sello M3A), con granulometría de 1.5 a 2 cm.

9.2.4 Sistema de riego

El sistema de riego que se utilizó fue el de sub-irrigación, utilizando para ello un tubo conductor, colocado a lo largo y en el fondo de la cama o bancal. El agua era extraída de un depósito al nivel del suelo, con una bomba eléctrica de agua.

9.2.5 Agua

El agua utilizada para el riego se tomó de la llave, siendo de buena calidad, de acuerdo a los análisis químicos realizados en el área de química de suelos del Colegio de Postgraduados. (Cuadro 2 del anexo)

9.2.6 Semilla

El material de investigación con el que se trabajó fue la semilla criolla de chile mulato, cuya planta produce un chile verde conocido como poblano, que al madurar presenta un color oscuro achocolatado característico del chile mulato.

9.2.7 Fertilizantes

Los fertilizantes que se utilizaron para preparar las soluciones nutritivas se enumeran en el cuadro 3. También se utilizó el fertilizante foliar Grogreen.

CUADRO 3. Fertilizantes utilizados en la investigación de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

FERTILIZANTES		
	NOMBRE	FORMULA
1	Nitrato de Potasio	KNO_3
2	Nitrato de Calcio	$Ca(NO_3)_2$
3	Fosfato diamónico	$(NH_4)_2HPO_4$
4	Sulfato de Calcio	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$
5	Sulfato de Magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$
6	Sulfato ferroso	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
7	Sulfato de Manganeso	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$
8	Sulfato de Zinc	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
9	Tetraborato de Sodio	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$
10	Sulfato cúprico	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$

9.2.8 Insecticidas y fungicidas

Los insecticidas utilizados fueron: Agresor, Pirimor y Diazinón Dragón. (Cuadro 3 del anexo)

Los fungicidas que se emplearon fueron: Cupravit y Ridomil. (Cuadro 3 del anexo)

9.2.9 Otros materiales

a) Una bomba eléctrica de 1/2 H.P. de capacidad para suministrar los riegos al cultivo, un nebulizador para elevar la humedad relativa en los momentos de temperatura crítica, un hidrómetro para medir la humedad relativa, un termómetro de temperaturas máximas y mínimas para llevar el registro de temperaturas, un timer para programar y accionar el nebulizador.

b) Acido Sulfúrico para bajar el pH de la solución y tiras reactivas de papel Alkali de 0-14 para la medición del pH de la solución nutritiva.

c) Criba, carretilla, rastrillo y pala, para el cribado y lavado del sustrato

9.3 ECONOMICOS Y FINANCIEROS

Infraestructura como el invernadero, camas o bancales y depósitos de agua, son propiedad de la U.N.A.M. y las instalaciones se encuentran dentro de la F.E.S. CUAUTITLAN CAMPUS

4.

Los materiales e insumos fueron proporcionados también por la U.N.A.M. a excepción de algunos fertilizantes, insecticidas y materiales aportados por la tesista.

Para una explotación particular, es claro que habría que determinar el costo para las obras de infraestructura, materiales e insumos (Sánchez *et al*, 1991).

9.4 HUMANOS

En su mayor parte la investigación fue atendida y vigilada por la tesisista. Estando presente en todo el proceso que se llevó a cabo; desde el acondicionamiento del invernadero, preparación de los materiales, siembra, trasplante, manejo del cultivo hasta la cosecha. Llevando a cabo cada una de las mediciones para la captación de la información.

Sin embargo es necesario tomar en cuenta la ayuda de la U.N.A.M. al brindar el apoyo de dos personas durante los días hábiles, quienes realizaban las actividades matutinas, de acuerdo a instrucciones.

9.5 METODOLOGIA OPERACIONAL , CON EL CULTIVO DE CHILE POBLANO.

9.5.1 Preparación del sistema hidropónico.

Cribado y lavado del sustrato. Estas dos actividades se realizaron simultáneamente, utilizando una criba, un rastrillo y una bomba para lavar a presión con agua. El cribado se realizó con la finalidad de eliminar la gravilla y tener una homogeneidad de sustrato, así mismo con el

lavado se eliminó la tierra y las impurezas. Se impermeabilizaron y se lavaron los bancales, se colocó el tubo conductor de la solución nutritiva al centro y largo de éstos y se llenaron con el sustrato.

Nivelación del sustrato en las camas. Este procedimiento se realizó inundando las camas al raz del sustrato, pasando por arriba un nivel y dejándose ver el espejo del agua. Teniendo como finalidad que la solución nutritiva llegara al mismo nivel dentro del sustrato de tal forma que las plantas tuvieran la misma disponibilidad de ésta.

Los depósitos se impermeabilizaron y lavaron, sus tapas se trataron con aceite y se pintaron.

El sustrato se desinfectó con hipoclorito de sodio diluido en agua al 0.3 %, inundándose los bancales, cubriendo el sustrato durante 24 horas, posteriormente se lavó con agua corriente.

9.5.2 Establecimiento y cuidado del almácigo.

El sustrato que se utilizó para el almácigo fue la gravilla o arena obtenida del tezontle negro tipo granzón. Esta se lavó y desinfectó con cloro al 0.3 %, después se volvió a lavar y se dejó aerear.

Se puso a imbibir la semilla durante 24 horas con agua y un fungicida (cupravit 2 gr/lit de agua), para evitar enfermedades causadas por hongos. Para sembrar se niveló el almácigo y se

hicieron surquitos separados entre sí 3 cm. La siembra se hizo a chorrillo a lo largo de éstos y la semilla se cubrió con el mismo sustrato de tal forma que quedó a una profundidad de 1.5 cm.

Manejo y cuidado del almácigo. El almácigo se estableció bajo cubierta plástica en condiciones ambientales, manteniendo una temperatura diurna entre 22 °C y 30 °C y de 7 °C a 10 °C de temperatura nocturna, presentándose cinco heladas entre los 0 y 2 °C. Se regó todos los días con una regadera fina, manteniendo el sustrato siempre húmedo. Para el control de las enfermedades se aplicó el fungicida cupravit cada 15 días.

9.5.3 Transplante.

Este se realizó a los 45 días después de la siembra, cuando la plantas tenía dos hojas verdaderas y 8 cm de altura aproximadamente. Previamente se inundaron las camas con agua corriente y se transplantó de acuerdo a los tratamientos: en densidad alta 30 x 30 cm y en densidad baja 40 x 40 cm, en un sistema de plantación en hileras simples a distancias uniformes.

10.5.4 Manejo del cultivo.

Riego. El sistema de riego que se utilizó fue por sub-irrigación, utilizando una bomba de 1/2 H.P., con la que se bombeó el agua de los depósitos a las camas a través del tubo conductor.

Durante los primeros cuatro días después del transplante se regó con agua corriente, posteriormente se introdujo el riego con la solución nutritiva al 50 % de concentración, se

aumentó el 25 % a los cinco días y el otro 25 % igualmente a los cinco días, hasta complementar el 100 %. Con la finalidad de ir graduando la nutrición y no provocar un desbalance en las plantas, las cuales se habían estado regando con la solución al 50 %.

Se dieron tres riegos diarios (9:30, 12:30 y 15:30 horas respectivamente) la duración de éstos en los primeros 5 días fue de media hora, de 10 a 15 minutos durante los siguientes 10 días y después se dieron de entrada por salida hasta el final del cultivo. Hubo algunas excepciones durante los días de mucha insolación y cuando las plantas habían alcanzado una altura mayor de 1.20 m. Entonces el riego duraba de 20 a 30 minutos, pero sólo con el 50 % de capacidad de la solución nutritiva, con la finalidad de no inundar todo el sistema radicular, permitiendo que las raíces pudieran llevar a cabo la respiración, al mismo tiempo que absorbían el agua que necesitaban ya que se llevaba en estos momentos una alta evapotranspiración.

Dentro de los primeros 15 días después del trasplante se dieron riegos al follaje por aspersión en las horas de mayor insolación (10:00, 12:00 y 14:00 horas aproximadamente) con la finalidad de evitar marchitamiento de hojas, bajar la temperatura del tezontle, facilitando en cierta forma la adaptación de las plántulas.

Control de temperatura y humedad relativa. La temperatura se controló abriendo y cerrando las ventanas, considerando el rango de temperatura indicada para el cultivo (18.3 a 26.6 °C) de temperatura diurna, teniendo como auxiliar un termómetro de temperaturas máxima y mínimas. Durante los primeros dos meses (60 días) para elevar la humedad relativa y bajar la temperatura se regaban los pasillos. Posteriormente se instaló un nebulizador, que fue de gran

ayuda para elevar la humedad relativa hasta un 80% o más. Este se accionaba a través de un timer el cual se programaba de acuerdo a las condiciones climáticas del día, cada 1 o 2 horas con una duración de 15 minutos, durante las horas de mayor insolación. La humedad relativa se medía con un hidrómetro. (Figuras 1, 2 y 3 del anexo)

Red de sombra. En los primeros 5 días después del trasplante se colocó la red de sombra con la finalidad de disminuir la incidencia de los rayos solares sobre las plántulas y evitar su deshidratación.

Red de protección. Se colocó a los 45 días después del trasplante utilizando el sistema de colgado. Se colocó a 1.30 m aproximadamente, teniendo utilidad en un principio, pero cuando las plantas alcanzaron una mayor altura fue necesario colocar el sistema de colgado más arriba, a los 2 m aproximadamente.

Defoliación. Se eliminaron hojas viejas en la parte basal, de acuerdo con Toovey citado por Guerrero y Marcial (1991) para favorecer la aireación en la parte interna del cultivo y como medida de saneamiento para evitar posible diseminación de enfermedades.

Control fitosanitario. Para prevención de enfermedades se hicieron aplicaciones de fungicida. Para el caso de insectos se hicieron aplicaciones cuando se detectó su presencia (Cuadro 2 del anexo). Durante los primeros 4.5 meses (135 días) las plagas estuvieron controladas y a partir de los 5 meses (150 días) fue difícil controlar el pulgón, debido a la abundancia del follaje y al final del ciclo del cultivo se presentó en forma persistente la mosquita blanca, estas dos

plagas provocaron daños al fruto ya que sirvieron de medio o vector para el desarrollo de la enfermedad oomicia polvorienta, que no fue importante económicamente, pero se presentó. Otra enfermedad que se presentó al final del cultivo fue la antracnosis sin causar daños económicos, ya que se vieron afectadas las plantas en un 1 %.

Aplicaciones foliares. Las aplicaciones foliares se iniciaron a partir de los 18 días, realizándose desde entonces cada 15 días aproximadamente hasta el final del ciclo del cultivo. El fertilizante que se utilizó fue Grogreen y el total de producto que se aplicó fue de 320 ml. Dicho fertilizante foliar se aplicó con el propósito de que los microelementos se encontraran en más alto nivel pudiendo obtener mejores rendimientos y previniendo la coopcipitación de los mismos en la solución.

9.5.5 Cosecha.

Los indicadores que se tomaron en cuenta para cosechar los chiles fueron: tamaño y color de fruto, así como la facilidad con que éstos se desprendían de las plantas.

La cosecha fue manual, realizándose cinco cortes con un tiempo promedio de 15 días entre cada uno. El primer corte se hizo a los 113 días después del trasplante, los otros cuatro a los 127, 141, 157 y 170 días después del trasplante.

Para el estudio del presente trabajo sólo se consideraron los chiles de las plantas seleccionadas al azar en cada uno de los tratamientos, 20 plantas por unidad de investigación (u.i.)

= 6m²

9.5.6 Solución Nutritiva.

Las soluciones nutritivas que se utilizaron se prepararon a partir de las relaciones existentes entre los nutrimentos que requiere el chile tanto en su etapa vegetativa como productiva, basado en el estudio bromatológico de los nutrimentos que extrae el cultivo de chile del suelo (Valadez, 1992), (Cuadro 13 del anexo). Ajustándose además a los rangos que deben guardar entre si los elementos en una solución hidropónica (Schwarz y Douglas citados por Sánchez, 1988). (Cuadros 11 y 12 del anexo)

Para la presente investigación se utilizaron dos soluciones diferentes una para la etapa vegetativa y otra a partir de la etapa de floración probándose dos concentraciones de cada solución nutritiva, una concentración baja y una concentración alta. La concentración baja se obtuvo a partir de los requerimientos del cultivo del chile como se indica en el párrafo anterior y la concentración alta tiene una concentración mayor del 30 % aproximadamente, con la finalidad de observar mejores resultados en el rendimientos. (Cuadros 4 y 5)

Las soluciones nutritivas se prepararon cada una en el depósito correspondiente al tratamiento, de la siguiente manera: Se llenaban de agua los depósitos a su capacidad y se acidificaba con ácido sulfúrico industrial hasta un pH de 5. Posteriormente se agregaban las sales fertilizantes en el siguiente orden, empezando por los más solubles: primero nitratos, después sulfatos, en seguida fosfatos y por último los micronutrimentos, todos previamente diluidos en

agua y por separado. Después se volvía a checar el pH utilizando tiras de papel Alkali 0-14 y si era necesario se agregaba más ácido sulfúrico para dejarlo en un pH de 5.5

Dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo, de sus necesidades de agua y gasto por evapotranspiración se aforaban los depósitos a su capacidad, diario o cada tercer día. Al mismo tiempo se controlaba el pH agregando ácido sulfúrico industrial (7 ml/100 lt de agua), manteniendo el pH adecuado que permitiera la absorción de los nutrimentos para el desarrollo y crecimiento de las plantas de chile.

CUADRO 4. Composición de la solución nutritiva en sus dos concentraciones (baja y alta) que se utilizaron en la etapa vegetativa de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero

SOLUCION NUTRITIVA PARA LA ETAPA VEGETATIVA				
	CONCENTRACION BAJA		CONCENTRACION ALTA	
	meq/l	ppm	meq/l	ppm
MACROELEMENTOS				
N	12.80		18.23	
P	1.17		1.69	
K	4.12		5.85	
Ca	9.68		13.81	
Mg	4.07		5.82	
SO₄	6.24		8.94	
MICROELEMENTOS				
Fe		4.0		6.0
Mn		1.5		1.5
Zn		0.1		0.1
B		1.0		1.0
Cu		0.25		0.25
Mo		0.001		0.00

Solución para cultivo de chile durante la etapa de desarrollo. González (1993) F.E.S. CUAUTITLAN

CUADRO 5. Composición de la solución nutritiva en sus dos concentraciones (baja y alta) que se utilizaron en la etapa productiva de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

SOLUCION NUTRITIVA PARA LA ETAPA PRODUCTIVA				
	CONCENTRACION BAJA		CONCENTRACION ALTA	
	meq/l	ppm	meq/l	ppm
MACROELEMENTOS				
N	8.02		11.45	
P	1.80		2.59	
K	5.20		7.43	
Ca	8.17		11.43	
Mg	2.92		4.15	
SO ₄	10.07		14.15	
MICROELEMENTOS				
Fe		4.0		6.0
Mn		1.5		1.5
Zn		0.1		0.1
B		1.0		1.0
Cu		0.25		0.25
Mo		0.001		0.001

Solución nutritiva para chile durante su etapa de producción. González (1993) F.E.S. CUAUTITLAN

Nota: En el cuadro 5 y 6 del apéndice se presentan las cantidades de fertilizantes que se requieren para preparar las soluciones en sus dos concentraciones. Y en los cuadros 7, 8, 9 y 10 se presentan las cantidades de meq/l o mmol (+) (milimoles de carga) que aportan dichos fertilizantes.X-

X- RESULTADOS Y DISCUSION

10.1 Resultados obtenidos en la investigación. (Cuadro 6)

Cuadro 6. Resultados obtenidos en la investigación de chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

OBS	COR	REP	TRAT	F1	F2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
1	1	1	2	2	64	17	11	11	74.227	816.50	12.75	5.63	11.57	2681.50
2	1	1	3	1	36	16	10	31	64.919	2012.50	11.50	5.17	8.57	3954.00
3	1	1	1	2	36	17	6	11	83.500	918.50	10.64	6.09	11.12	2087.00
4	1	1	4	1	64	18	3	6	77.900	467.50	11.25	5.00	10.03	1920.00
5	1	2	1	2	36	16	11	22	72.377	1592.30	12.16	5.76	9.61	3127.80
6	1	2	4	1	64	19	2	2	62.500	125.00	11.50	4.65	12.45	1949.50
7	1	2	2	2	64	18	6	9	70.666	636.00	11.56	5.09	11.30	3072.50
8	1	2	3	1	36	16	8	14	54.753	766.55	10.89	5.22	9.83	2077.00
9	2	1	2	2	64	17	11	31	65.208	2021.45	12.50	5.40	10.05	4701.60
10	2	1	3	1	36	16	8	33	60.015	1980.50	11.25	5.03	8.67	3919.40
11	2	1	1	2	36	17	6	19	74.778	1420.80	10.84	5.77	10.84	1901.50
12	2	1	4	1	64	18	4	11	60.900	669.90	12.03	5.10	8.35	5993.20
13	2	2	1	2	36	16	13	31	68.609	2126.90	12.15	5.48	8.93	3722.00
14	2	2	4	1	64	19	3	3	55.200	165.60	11.30	4.97	12.00	502.60
15	2	2	2	2	64	18	4	11	73.500	808.50	14.32	5.16	9.52	3004.50
16	2	2	3	1	36	16	10	36	60.200	2167.20	11.41	5.34	7.53	6078.40
17	3	1	2	2	64	17	15	46	61.230	2816.60	11.72	5.23	6.97	14578.10
18	3	1	3	1	36	16	8	54	59.581	3217.40	11.69	5.00	7.01	7995.60

OBS	COR	REP	TRAT	F1	F2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
19	3	1	1	2	36	17	12	78	60.187	4694.60	10.92	5.62	6.82	9655.50
20	3	1	4	1	64	18	8	34	63.764	2168.00	12.06	5.38	6.91	6911.10
21	3	2	1	2	36	16	13	67	61.692	4133.80	11.70	5.37	6.54	10027.60
22	3	2	4	1	64	19	4	12	50.025	600.30	9.93	4.89	6.35	12829.80
23	3	2	2	2	64	18	13	49	60.875	2982.90	11.64	5.31	7.11	11432.90
24	3	2	3	1	36	16	14	61	55.211	3367.90	11.71	5.03	6.09	8985.40
25	4	1	2	2	64	17	13	48	54.121	2597.80	11.14	4.95	6.67	13295.70
26	4	1	3	1	36	16	14	151	53.037	8008.70	10.52	4.96	6.76	18434.90
27	4	1	1	2	36	17	16	138	55.744	7692.70	10.51	5.01	7.28	19910.90
28	4	1	4	1	64	18	12	71	45.591	3237.00	10.56	4.77	4.94	21373.90
29	4	2	1	2	36	16	10	53	49.909	2645.20	10.48	4.81	6.59	12748.20
30	4	2	4	1	64	19	13	104	51.503	5356.40	11.07	4.79	5.94	17855.70
31	4	2	2	2	64	18	10	53	55.720	2953.20	10.01	5.40	6.33	14127.10
32	4	2	3	1	36	16	13	79	51.326	4054.80	11.22	4.78	5.74	15250.20
33	4	1	2	2	64	17	11	44	44.372	1952.40	9.90	4.60	5.70	5892.90
34	5	1	3	1	36	16	16	72	48.523	3493.70	10.31	4.74	6.74	9346.20
35	5	1	1	2	36	17	13	83	42.539	3530.80	9.74	4.59	6.35	7489.30
36	5	1	4	1	64	18	7	37	35.743	1322.50	10.45	4.20	4.67	4109.80
37	5	2	1	2	36	16	15	94	38.240	3594.60	9.63	4.30	5.38	9650.10
38	5	2	4	1	64	19	15	62	44.714	2772.30	10.19	4.34	5.87	8165.80
39	5	2	2	2	64	18	9	31	42.532	1318.50	9.73	4.65	5.57	7979.30
40	5	2	3	1	36	16	12	86	39.970	3437.50	10.00	4.52	5.49	5339.00

Clave:**COR = Número de corte.****REP = Número de repetición.****TRAT = Número de tratamiento.****F1 = Solución nutritiva (concentración baja).****F2 = Densidad de población (plantas/u.i.)****V1 = Tamaño de la muestra de cada unidad de investigación (u.i.)****V2 = Número de plantas con fruto.****V3 = Número de frutos de V2.****V4 = Peso promedio del fruto en gramos.****V5 = Peso verde de todos los frutos en gramos de V3.****V6 = Longitud promedio del fruto en centímetros.****V7 = Ancho promedio del fruto en centímetros.****V8 = Peso seco promedio de fruto en gramos.****V9 = Peso verde total de los frutos de cada unidad de investigación, en gramos.**

Para el objetivo de la tesis, los valores del rendimiento codificados como variables V5T son los que realmente interesan. No obstante también se hace una breve alusión a las variables V4 (peso de fruto), V6 (largo de fruto), V7 (ancho de fruto) y V8 (peso seco del fruto), a fin de tener una visión de cómo influyeron los factores de estudio F1 (solución nutritiva) y F2 (densidad de población) en estas variables, que son las que determinan la calidad del fruto. Debido a que la semilla no fue certificada, sino criolla, no fue posible determinar con precisión las características

de calidad del fruto resultante, porque éstas son específicas de cada variedad, por ejemplo para la variedad mejorada V-2 el fruto mide de 12 a 18 cm. de largo y de 6 a 8 cm de ancho, a diferencia de ésta la variedad Roque mide 11 cm. de largo y 8 cm de ancho SARH (1982) según Laborde (1982), por lo que sólo pudo observarse cómo fueron comportándose éstas variables durante las cosechas y al final hacer una comparación con los valores de las categorías de calidad para chiles anchos.

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando el paquete estadístico "SAS".

10.2 TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA

DISEÑO: Bifactorial en un diseño Completamente al Azar.

MODELO: $Y_{ij} = \mu + F1_i + F2_j + (F1 \cdot F2)_{ij} + \xi_{ij}$

$$i = 1, 2, 3, \dots, t$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, r$$

$$\xi_{ij} \sim NI(\mu, \sigma^2)$$

10.2.1 Analisis de varianza para la variable V5T (rendimiento) en relación a los factores F1 (solución nutritiva) y F2 (densidad de población). Tabla 1

TABLA I

TABLA DE ANALISIS DE VARIANZA					
F.V	GL.	S.C.	C.M.	Fc	PROB.
				N.S.	
F1	1	0.08675060	0.08675060	0.03	0.8632
				*	
F2	1	21.12458765	21.12458765	7.34	0.0103
				N.S.	
F1*F2	1	0.11836352	0.11836352	0.04	0.8405
Error	36	103.63623040	2.87878418		
Total	39	124.96559320			

clave:

F1 = Concentración nutricional

F2 = Densidad de población

F1*F2 = Interacción F1*F2

F.V. = Factores de variación

G.L. = Grados de libertad

S.C. = Suma de cuadrados

C.M. = Cuadrados medios

Fc = F calculada

PROB. = Probabilidad

N.S. = No significativo

* = Significativo

10.2.1 Interpretación del Análisis de Varianza.

El Análisis de Varianza determina que el factor F1 (Solución nutritiva) no presentó

diferencia significativa; es decir, el rendimiento no fue afectado por las concentraciones nutrimentales F1. Obsérvese que la Fc de F1 = $0.03 < 1$, lo que se confirma con la prueba de Tukey en la tabla 2.

El factor F2 (densidad de población), sí presentó diferencia significativa con una Fc (F calculada) de 7.34, con una probabilidad de 0.0103. Por lo que existe una diferencia significativa al 0.05, casi altamente significativa y digna de tomarse en cuenta en esta investigación. Observándose una diferencia entre tratamientos determinada por las densidades de población probadas, influyendo en los resultados del rendimiento, lo cual se confirma con la prueba de Tukey en la tabla 3.

En relación a la interacción solución nutritiva-densidad de población, se observa en el análisis de varianza que no hubo efecto interactivo como lo muestra la Fc = $0.04 < 1$.

10.3 PRUEBA DE TUKEY

10.3.1 Prueba de Tukey para la variable VST (rendimiento) en relación con el factor F1 (solución nutritiva). Tabla 2

TABLA 2

PRUEBA DE TUKEY			
TUKEY	MEDIA	N	F1
a	2.563	20	2
a	2.470	20	1

$\alpha = 0.05$

Diferencia Media Significativa = 1.0882

En las medias con la misma letra no existe diferencia significativa.

10.3.1.1 Interpretación de la prueba de Tukey.

De acuerdo a la prueba de Tukey se comprueba que no existe diferencia significativa entre las dos concentraciones de la solución nutritiva probadas en la investigación, ya que la diferencia entre medias fue de 0.093 siendo menor que 1.0882, que es la diferencia mínima significativa.

10.3.2 Prueba de Tukey para la variable V5T (rendimiento) en relación al factor F2 (densidad de población). Tabla 3

TABLA 3

PRUEBA DE TUKEY			
TUKEY	MEDIA	N	F2
a	3.243	20	36
b	1.789	20	64

$\alpha = 0,05$

Diferencia Mínima Significativa = 1.0882

En las medias con diferente letra existe diferencia significativa.

10.3.2.1 La prueba de Tukey nos confirma que existe diferencia significativa entre las dos densidades de población probadas, puesto que la diferencia entre medias es de $1.454 > 1.0882$. Siendo la densidad baja la que mejores resultados reportó.

10.4 CORRELACION

La tabla 4 son correlaciones entre pares de variables y cada una de ellas obedece a una hipótesis, que podemos formular en general de la manera siguiente:

Hipótesis del investigador ,

Hipótesis Nula H_0 : que no hay correlación contra

Hipótesis Alternativa H_1 : que sí hay correlación

TABLA 4

Análisis de correlación entre los factores F1 y F2 y variables de estudio en la investigación del cultivo de chile poblano bajo condiciones de hidroponía e invernadero.										
	COR	F1	F2	V2	V3	V4	V6	V7	V8	VST
COR	1	0	0	0.565	0.6699	-0.8606	-0.6482	-0.6869	-0.4258	0.5336
	0	1	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0062	0.0004
F1		1	0	0.2191	-0.0214	0.2537	0.084	0.382	-0.1176	0.0263
		0	1	0.1743	0.8957	0.1141	0.606	0.015	0.4697	0.8718
F2			1	-0.348	-0.3838	-0.0106	0.1665	-0.1836	0.1672	-0.4111
			0	0.0278	0.0145	0.9479	0.3043	0.2515	0.3023	0.0084
V2				1	0.7602	-0.3971	-0.2506	-0.1471	-0.4164	0.7497
				0	0.0001	0.0112	0.1188	0.3647	0.0075	0.0001
V3					1	-0.5161	-0.4166	-0.3354	-0.3353	0.9709
					0	0.0007	0.0075	0.0344	0.0344	0.0001
V4						1	0.6819	0.8378	0.4604	-0.3447
						0	0.0001	0.0001	0.0028	0.0294
V6							1	0.5022	0.1494	-0.2797
							0	0.001	0.3575	0.0804
V7								1	0.1188	-0.1486
								0	0.465	0.36
V8									1	-0.3099
									0	0.0516
VST										1
										0

clave:

COR = Número de corte.

F1 = Factor 1: (solución nutritiva 1 y 2).

F2 = Factor 2: (densidad de población, plantas /m²).

V2 = Número de plantas con fruto.

V3 = Número de frutos totales de V2.

V4 = Peso promedio del fruto.

V6 = Longitud promedio del fruto.

V7 = Ancho promedio del fruto.

V8 = Peso seco promedio del fruto.

VST = Peso verde de todos los frutos

de V3 (rendimiento).

Las hipótesis estadísticas se pueden simbolizar de la manera siguiente:

$$H_0 : r = 0 \quad \text{vs} \quad H_1 : r \neq 0$$

y todas con cierta probabilidad de ocurrencia; es decir, que la eficiencia de la correlación se establece en términos de la magnitud de la misma y en términos probabilísticos, para poder efectuar una buena interpretación.

Cienfuegos (1995) indica que el criterio del investigador en este caso, desde el punto de vista agronómico es determinante para decidir para cada par de variables, si una correlación es alta, mediana o baja de acuerdo con el fenómeno que se está estudiando, y desde luego en términos probabilísticos, tomando como base por ejemplo un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

10.4.1 Interpretación de las correlaciones

a) La correlación que existe entre COR (número de corte) y V2 (número de plantas con fruto) es una correlación positiva alta del 57 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001. Lo que nos indica que a medida que se hicieron más cortes, dentro de la muestra; más plantas dieron fruto. Esto se debe a que en los primeros cortes no todas las plantas de la muestra dieron fruto, sino que fueron pocas, ya que sus frutos aún no tenían las características para ser cosechados, es así que a medida que avanzó el tiempo y se hicieron más cortes, se incrementó el número de plantas con fruto con características para ser cosechados.

b) La correlación que existe entre COR (número de corte) y V3 (número de frutos) es una correlación positiva alta de 67 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001. Esto lo podemos

interpretar de la siguiente manera: que a medida que se realizaron más cortes, naturalmente se incrementó el número de frutos cosechados.

c) La correlación que existe entre COR (número de corte) y V4 (peso de fruto) es una correlación negativa alta del 86 % con una probabilidad que ocurra de 0.0001. Por lo que podemos decir: que en los primeros cortes, los frutos tuvieron un mayor peso, pero; al realizar un mayor número de cortes, los frutos fueron disminuyendo de peso, por consiguiente de calidad.

d) La correlación que existe entre COR (número de corte) y V6 (longitud de fruto) es una correlación negativa alta de 65 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001. Lo cual indica que a medida que se realizaron más cortes, la longitud del fruto disminuyó, siendo éste un parámetro para medir la calidad, ésta fue bajando.

e) La correlación que existe entre COR (número de corte) y V7 (ancho del fruto) también es una correlación negativa alta de 69 %, con una probabilidad que ocurra del 0.0001. A medida que se hicieron más cortes, el ancho del fruto fue disminuyendo, siendo ésta otro parámetro para medir la calidad, trajo como consecuencia que ésta fuera bajando. Nótese la consistencia que existe entre las variables V4, V6 y V7 características morfológicas del fruto, con COR (número de cortes) y también la variable V8 (peso seco promedio del fruto) lo cual es razonable agrónomicamente y además porque la correlación entre la variable V8 con las variables V4, V6 y V7 es alta, como se puede observar en los incisos s), t) y v).

f) La correlación que existe entre COR (número de cortes) y V5T (rendimiento) es una

correlación positiva alta del 53 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0004. Esto quiere decir: que al realizar más cortes, fue en aumento el rendimiento.

g) La correlación que existe de F1 (Solución nutritiva) con respecto a todas las variables es muy baja y además las correspondientes probabilidades muy altas, por lo que no es estimable estadísticamente. Existiendo sólo una correlación con posibilidades de tomarse en cuenta entre F1 (solución nutritiva) y V7 (ancho del fruto), ya que la probabilidad es < 0.05 , siendo ésta de 0.015 y una correlación positiva de 38 %, que puede tomarse como regular e interpretándose de la siguiente manera: que a medida que la concentración de la solución nutritiva es más alta, el fruto podrá ser afectado, pudiendo ser éste más ancho.

h) La correlación que existe entre F2 (densidad de población) y V2 (número de plantas con fruto) es una correlación negativa baja de 35 %, pero con una probabilidad que ocurra de 0.0278 (< 0.05). Se interpreta de la siguiente manera: mientras la densidad de población se incrementa, el número de plantas que dan fruto, serán menor; ésto se debe a que se establece una mayor competencia.

i) La correlación que existe entre F2 (densidad de población) y V3 (número de frutos) es una correlación negativa de 38 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0145. Esta correlación es una consecuencia de la anterior; ya que a una mayor densidad, hubo menos plantas con fruto, por lo tanto hubo menos frutos.

j) La correlación que existe entre F2 (densidad de población) y V5T (rendimiento) es una

correlación negativa de 41 %, pero con una probabilidad que ocurra de 0.0084 (< 0.05). Se puede expresar que la densidad de población alta, bajó el rendimiento y que la densidad baja dió mejor rendimiento.

k) La correlación que existe entre V2 (número de plantas con fruto) y V3 (número de frutos) es una correlación positiva alta de 76 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001. La variable V3 es consecuencia de V2, por lo tanto, en donde hubo mayor número de plantas con fruto, consecuentemente hubo más frutos, y donde hubo menos plantas con fruto, hubo menos frutos. Ver incisos a) y b).

l) La correlación que existe entre V2 (número de plantas con fruto) y V4 (peso del fruto) es una correlación negativa de 40 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0112 (< 0.05). Lo cual indica que a medida que hubo más plantas con fruto, el peso de éste fue menor.

m) La correlación que existe entre V2 (número de plantas con fruto) y V8 (peso seco del fruto) es una correlación negativa de 42 %, pero con una probabilidad que ocurra del 0.0075 (< 0.01). Esto nos indica que cuanto mayor número de plantas con fruto existió, el peso seco del fruto bajó.

n) La correlación que existe entre V2 (número de plantas con fruto) y V5T (rendimiento) es una correlación positiva alta de 75 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001 ($<<< 0.01$). Se puede decir: que a medida que hubo mayor número de plantas con fruto, el rendimiento fue mayor, y por el contrario donde hubo menor número de plantas con fruto el rendimiento fue menor.

n) La correlación que existe entre V3 (número de frutos) y V4 (peso del fruto) es una correlación alta negativa de 52 % con una probabilidad que ocurra de 0.0007 ($\lll 0.01$). A medida que una variable aumenta, la otra disminuye, o viceversa; si una disminuye, la otra aumenta. En esta investigación, a mayor número de frutos, menor fue el peso de los mismos.

o) La correlación que existe entre V3 (número de frutos) y V6 (largo del fruto) es una correlación negativa de 42 % con una probabilidad que ocurra de 0.0075 (< 0.01). Esto nos determina que cuando el número de frutos fue menor, el largo de éstos fue mayor y viceversa; cuando mayor fue el número de frutos, éstos fueron menos largos.

p) La correlación que existe entre V3 (número de frutos) y V7 (ancho del fruto), es una correlación negativa de 34 %, pero con una probabilidad que ocurra de 0.0344 (< 0.05). Indicándonos que cuando se tuvieron menor número de frutos éstos fueron más anchos y cuando aumento la producción de frutos, tendieron a ser menos anchos.

q) La correlación que existe entre V3 (número de frutos) y V8 (peso seco del fruto) es una correlación negativa de 34 %, pero con una probabilidad que ocurra de 0.0344 (< 0.05). Este resultado nos indica que cuando menos frutos se obtuvieron, mayor fue el peso seco de éstos, y que al aumentar el número de frutos o rendimiento, el peso seco fue menor.

r) La correlación que existe entre V3 (número de frutos) y V5T (rendimiento) es una correlación positiva alta de 97 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001 ($\lll 0.01$). Esto nos indica que a medida que hubo un mayor número de frutos, se tuvo un mayor rendimiento.

Las correlaciones ñ), o), p) q) y r), se explican porque las variables V4, V6, V7 y V8, están a la vez altamente correlacionadas.

s) La correlación que existe entre V4 (peso del fruto) y V6 (largo del fruto) es una correlación positiva alta de 68 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0001 ($\lll 0.01$). Indicándonos esto: que en un principio, en los primeros cortes, mientras mayor fue el largo del fruto, mayor fue el peso, pero; posteriormente, mientras más corto fue el fruto, el peso tendió a disminuir.

t) La correlación que existe entre V4 (peso del fruto) y V7 (ancho del fruto) es una correlación positiva alta de 50 %, con una probabilidad que ocurra 0.0001 ($\lll 0.01$). Eso nos muestra que cuando el fruto fue más largo, también fue más ancho, y a medida que disminuyó de largo, también disminuyó de ancho.

u) La correlación que existe entre V4 (peso del fruto) y V8 (peso seco del fruto) es una correlación positiva de 46 %, con una probabilidad que ocurra del 0.0028 (< 0.05). Lo que nos muestra que el peso del fruto va muy relacionado con el peso seco del mismo. Si fue mayor el peso fresco del fruto, también fue mayor el peso seco de éste, y viceversa, cuando el fruto fresco pesó menos, su peso seco fue menor. Aunque la correlación debió haber sido alta, ésta no se presentó así, debido probablemente a que los frutos, no contenían en sus tejidos el mismo porcentaje de agua, por lo que al ser secados varió el porcentaje de pérdida de peso.

v) La correlación que existe entre V4 (peso del fruto) y V5T (rendimiento) es una

correlación negativa de 34 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0294 (0.05). Interpretándose de la siguiente manera: que cuando el rendimiento fue menor, el peso del fruto fue mayor, y cuando el rendimiento aumentó, el peso del fruto tendió a bajar .

w) La correlación que, existe entre V6 (largo del fruto) y V7 (ancho del fruto) es una correlación positiva alta de 50 %, con una probabilidad que ocurra de 0.001 ($\ll 0.01$). Esto nos muestra que cuando el fruto fue más largo, también fue más ancho, y a medida que disminuyó de largo, también disminuyó de ancho.

x) La correlación que existe entre V8 (peso seco del fruto) y V5T (rendimiento) es una correlación negativa de 31 %, con una probabilidad que ocurra de 0.0516. Indiciendo con esto que cuando el rendimiento fue menor, el peso seco del fruto fue mayor y cuando aumentó el rendimiento, el peso seco del fruto tendió a bajar.

10.5 INTERPRETACION AGRONOMICA

10.5.1 Solución nutritiva

En el análisis de varianza, se determinó que no hubo diferencia significativa, respecto a las dos concentraciones de soluciones nutritivas utilizadas, no observándose efectos diferentes. Aunque se esperaba en un principio, que con una concentración más alta de nutrientes, se tendría una mejor respuesta en cuanto a rendimiento, ésta no se manifestó. Presentándose estos resultados

debido a que la diferencia de concentraciones no fueron lo suficientemente grandes y porque cambia la preferencia de las plantas en cuanto a nutrimentos se refiere en función de la época del año (Baca, 1996).

En el análisis de correlación se observa que F1 (solución nutritiva) tuvo una correlación muy baja con todas las variables, no significativa estadísticamente. Aunque se esperaba que en cuanto al largo, ancho y peso del fruto que son los parámetros que en un momento dado determinan la calidad, existiera una correlación alta positiva, es decir, que a mayor concentración de nutrimentos fuera mejor la calidad, esta no se manifestó como tal. Wiertz (1987) en una investigación que realizó indica que la calidad de los frutos fue mejor con suministro de agua continua y mayor concentración de nutrimentos.

10.5.2 Densidad de población

El análisis de varianza nos dice que F2 (densidad de población), presentó una F calculada de 7.34, con una probabilidad que ocurra de 0.0103, entonces; hay diferencia significativa en tratamientos respecto a densidad de población, por lo que este factor si manifestó una diferencia entre densidades, siendo mejor la baja densidad de población lo cual se confirmó con la prueba de Tukey. Es claro que para las dos densidades de población probadas la que mejores resultados tuvo fue la baja, esto fue debido a que las plantas tuvieron menor grado de competencia por espacio, luz y bióxido de carbono. En tanto que para la densidad de población alta, éstos factores fueron limitantes, influyendo para que los procesos fotosintéticos de la planta no se llevaran a cabo en forma eficiente, manifestándose en un menor rendimiento (Donal citado por Rojas, 1991, Leal 1985

y Domínguez, 1989).

La correlaciones que se presentaron entre F2 (densidad de población) con V2 (número de plantas con fruto) y V3 (número de frutos totales), fueron dos correlaciones negativas bajas con cierta significancia, lo cual nos indica que la alta densidad de población fue la que influyó para que algunas plantas no dieran frutos o fueran escasos en éstas, y que en la densidad de población baja, mayor número de plantas dieron fruto y a la vez el número de frutos por planta fue mayor.

En cuanto a la correlación de F2 (densidad de población) con las variable V4 (peso promedio del fruto) se presentó una correlación negativa muy baja y aunque no es significativa, se puede interpretar de la siguiente forma: que una densidad de población baja para estas condiciones de cultivo puede conducirnos a obtener frutos de mayor peso, en tanto que una densidad de población alta puede bajar el peso de los mismos.

Las correlaciones que existe entre F2 (densidad de población) con V6 (largo del fruto) y V8 (peso seco del fruto) son dos correlaciones positivas bajas no significativas, en tanto que con V7 (ancho del fruto) existe una correlación negativa baja, no significativa también. Siendo estas variables las que determinan la calidad del fruto, se manifiesta que no hay congruencia con los resultados de las correlaciones, ya que mientras dos son negativas, la otra es positiva, y no siendo significativa, se observa que con las dos densidades de población probadas no fue posible determinar el efecto de densidad de población en la calidad del fruto.

La correlación que se obtuvo entre F2 (densidad de población) y V5T (rendimiento) fue una

correlación negativa baja, que nos está indicando también que la densidad de población baja dió un mejor rendimiento/ planta y que la densidad de población alta, bajó el rendimiento/planta.

10.5.3 Rendimiento

No encontrándose antecedentes sobre investigaciones acerca de este cultivo (chile poblano) bajo condiciones hidropónicas e invernadero. Se realiza una comparación entre el rendimiento en campo y éste sistema. Considerando la producción media nacional de chile poblano de 10 ton/ha en campo, en hidroponía se pueden obtener 23.47 ton/ha en densidad baja y 23.57 ton/ha en densidad alta, bajo invernadero o superficie cubierta, considerando las condiciones de este invernadero cuya área no es aprovechada eficientemente por el diseño interior.

En general el cultivo se vió afectado en primer lugar por el desbalance en la concentración del Sulfato de Magnesio $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, motivado por el manejo de un porcentaje de pureza equivocado. Corrigiéndose dicho desbalance hasta los 83 d.d.t. (días después del trasplante), el cual se había estado usando al 45 %, estando en realidad al 90 % de pureza.^{*2} Por lo que su concentración estuvo muy alta, al doble. No se manifestaron síntomas visibles característicos por toxicidad. Los síntomas observados fueron verde oscuro de las hojas y caída de flores y frutos. Después que se corrigió este desbalance se observó que hubo menor caída de flores y los frutos empezaron a cuajar.

*2 Para saber con exactitud el porcentaje de pureza de los fertilizantes se recurrió a la química responsable de la droguería donde se adquirieron (Mercado, 1993).

Por otra parte la temperatura a lo largo del ciclo de cultivo de chile poblano, varió de los 15 °C a los 30 °C, teniendo algunas variaciones por arriba de este rango entre los 40 y 90 días después del trasplante (d.d.t.), cuando se encontraba en plena floración y fructificación dicho cultivo. (Cuadro 4 y Figura 1 del anexo). Por lo que las fases de floración y fructificación se vieron afectadas por la gran oscilación entre temperaturas, registrándose temperaturas diurnas arriba de los 30 °C, así como temperaturas nocturnas de 10 y 11 °C. "En la fase de floración y fructificación, las temperaturas de 5 a 6 °C y 32 a 35 °C hacen que los frutos no "cuajen" y se deformen por polinización deficiente, en las temperaturas bajas el polen no se forma y en las elevadas se deshidrata perdiendo la viabilidad. La temperatura óptima para estas fases es de 21 a 32 °C en temperatura diurna y de 16 °C en temperatura nocturna" (Murillo citado por Rodríguez *et al*, 1990). Es otro factor que probablemente influyó en la caída de flores y bajo amarre de frutos durante el lapso de tiempo en que se elevó la temperatura.

Durante esta fase la luminosidad tuvo un papel importante, ya que por una alta densidad y exceso de follaje, se ejerció una competencia por luz. "En cuanto a luminosidad el cultivo de chile es muy exigente durante todo su ciclo, principalmente en la floración. Con poca luz los entrenudos de los tallos se alargan mucho quedando débiles para soportar la cosecha. En estas condiciones las plantas florecen menos y las flores son más débiles, ocasionando la abscisión de éstas" (Serrano citado por Rojas, 1993). Probablemente esto contribuyó a la caída de un alto porcentaje de flores. Además Hurrez citado por Rojas (1989) "Cuando las plantas tienen deficiente luminosidad se afectan morfológica y fisiológicamente, hay un alargamiento del ciclo vegetativo y la producción de fruto es menor". Este es otro indicativo que conduce a determinar por qué la producción de frutos por planta en la densidad alta fue menor que en la densidad baja, es decir; que la abundancia

de follaje no permitió que las plantas tuvieran buena luminosidad.

Las condiciones de humedad relativa, también afectaron al cultivo de chile poblano, desde el inicio hasta los 55 d.d.t. (días después del transplante) ya que ésta fue muy baja del 10 al 30 %. A partir de los 55 d.d.t. la humedad relativa se mejoró, debido a la instalación de un nebulizador, registrándose una humedad relativa entre 65 y 95 %. La humedad relativa óptima del chile para ambiente de invernadero está comprendida entre 50 y 70 %. (Serrano citado por Islas, 1993). La baja humedad relativa y alta temperatura en el inicio de la floración bien pudo haber provocado que el polen se deshidrata. La alta humedad relativa registrada de la mitad del cultivo en adelante empezó a provocar algunos problemas de antracnosis en el fruto, enfermedad que sólo se manifestó en algunos frutos, presentándose en un 1% aproximadamente, no siendo significativa económicamente.

Además de la luz, se ejerció una alta competencia entre plantas, por espacio y bióxido de carbono. "La parte aérea o las raíces de las plantas raramente compiten por espacio físico en sentido literal, ya que otros factores limitan el crecimiento mucho antes de que todo el espacio sea ocupado". Sin embargo en esta investigación se dió la competencia por espacio. "En los Invernaderos, donde las plantas consumen el CO₂ para utilizarlo en la fotosíntesis: llega un momento en que baja la concentración y entonces el aire estará viciado (para las plantas), perjudicándolas al limitar su proceso fotosintético. Más aún puede agotarse por la competencia entre las plantas al existir una población muy alta" (Leal, 1985).

Todo esto llevó a que se presentara un alto porcentaje de flores caídas, un bajo porcentaje

de frutos cuajados y por lo tanto un bajo rendimiento. Produciendo 1.122 Kg/planta en densidad baja (6 plantas/m²) dando 6.732 Kg./m² y 0.634 Kg/planta en densidad alta (10.66 plantas/m²) dando 6.758 Kg./m², siendo bajo este rendimiento a lo que se esperaba, 2 Kg/planta, bajo este sistema hidropónico.

Por otra parte el cambio de solución para la etapa productiva que debía haberse realizado al inicio de la floración, se realizó hasta la fructificación. Esto bien pudo contribuir a que aún cuando no se presentaron síntomas claros de deficiencia de Potasio bien pudo presentarse un hambre oculta, manifestada en un bajo rendimiento.

Otro factor que influyó en los resultados obtenidos fue que la semilla traía impurezas, ya que venía mezclada con semillas de otros tipos de chile, y ésto sólo pudo observarse hasta que las plantas fructificaron, lo cual se tradujo en pérdidas de plantas muestreadas, como puede observarse en el cuadro de variables (V1 = tamaño de muestra). Esto también llevó a que hubiera expresión de la variabilidad genética, presentándose diferentes características en el chile.

Aún cuando apenas se logró el 50 % de lo esperado por las inconsistencias antes mencionadas y no optimizando todo el espacio útil del invernadero debido al diseño interior de los bancales y depósitos, se logró duplicar la media nacional.

Además, rendimiento y calidad fueron semejantes, no lográndose una buena calidad de frutos, ya que sólo se obtuvo un bajo porcentaje de fruto de 1a. del 10 % aproximadamente. En general durante los cuatro primeros cortes los frutos fueron de 2a. y en el quinto corte la existencia de un

porcentaje aproximado de 15 a 20 % de frutos de 3a. provoca que los promedios de calidad de fruto se ubique dentro de una calidad de 3a. Esto puede observarse en el Cuadro 6 de resultados y en el Cuadro 14 del anexo. No obstante, los frutos presentaron buen aspecto a la vista y sabor al gusto.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

XI.- CONCLUSIONES

El análisis de la variabilidad determinó que no hubo diferencia significativa respecto a F1 (solución nutritiva), no manifestándose efectos entre tratamientos por este factor.

El factor F2 (densidad de población) sí manifestó diferentes efectos, observándose que la densidad de población baja produjo mayor rendimiento por planta que la densidad de población alta. No obstante, la alta densidad de población dió una leve producción mayor por metro cuadrado que la baja densidad de población.

No existió efecto interactivo entre solución nutritiva y densidad de población.

No siendo grande la diferencia de producción por metro cuadrado entre densidades, puede considerarse la densidad de población baja como la mejor, porque se utiliza menor número de plantas, traduciéndose en un menor costo.

La elevada concentración de $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, fue un factor que intervino negativamente en el rendimiento del cultivo de chile poblano.

La alta competencia entre plantas por espacio, luz, oxígeno y bióxido de carbono, fue otra limitante en el rendimiento de chile poblano sobre todo en la alta densidad de población.

El rendimiento de chile poblano, bajo este sistema de producción, se vió afectado

principalmente por la baja luminosidad durante todo el ciclo del cultivo, debido a la alta densidad de población y a la baja humedad relativa durante los primeros 55 d.d.t. (días después del transplante).

Bajo este sistema de producción en esta investigación con todas sus limitantes se logra incrementar 2 veces más la media nacional. Además el fruto conserva sus propiedades de color y sabor, presentando un agradable aspecto a la vista.

La calidad de los frutos en general fue de 2a, obteniéndose frutos medianos, un 10 % de frutos de 1a. calidad y entre un 15 a 20 % de frutos pequeños los cuales generalmente no tienen aceptación en el mercado para consumirse en verde. Sin embargo este tipo de chile generalmente se destina para el secado, por lo que sería más conveniente secarlo.

XII. - RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo anterior, se recomienda a los productores de Chile de invernadero bajo el sistema de producción hidropónico, o bien para futuras investigaciones lo siguiente:

Probar densidades de población más bajas, con el objeto de que exista menor competencia por espacio, luz y bióxido de carbono.

Hacer podas de ramas secundarias, así como raleo de frutos para favorecer la calidad de los mismos.

En otro trabajo de investigación primero deberán probarse las preferencias del cultivo en cuanto a presión osmótica o concentración total de sales en relación a la época del año.

Posteriormente en otro trabajo deberá incluirse un tercer tratamiento de concentración de sales y ampliar el rango.

XIII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aguirre, G. A. 1993. Consulta personal. F.E.S CUAUTITLAN, U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México.
- 2.- Baca, C.G. 1963. Estudio sobre la interacción entre la fertilización y la población para el cultivo del chile poblano (*Capsicum annuum* L.) en el Valle de México. Tesis. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.
- 3.- Baca, C.G. 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de los riegos, el sustrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino, melón y jitomate. Tesis. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- 4.- Baca, C.G. 1996. Consulta personal. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- 5.- Baer, J. y L. Smets. 1978. Effect of relative humidity on fruit set and seed set in pepper (*Capsicum annuum* L.) *Netherlands Journal of Agricultural Science* 26(1) 59-63 Res. en Hort. Abstr. 48:7327.
- 6.- Bailey, L.H. 1977. *Manual of cultivated plants*. 2a. ed. Mac Millan Publishing Co. New York, U.S.A.
- 7.- Cienfuegos, I. F. 1995. Apuntes sobre Investigación Científica. Protocolo, Metodología, Diseño, Investigación Estadística. Conceptos Modernos y Actualizados de Aplicación General F.E.S. Cuautitlán, U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México. pp. 15-24.
- 8.- Díaz del, P. A. 1968. Estudio Teórico y Práctico del Cultivo del Chile. 1a. Colección de Folletos de Divulgación Agrícola. Editor Manuel Canaseco, México, D.F. pp. 9-50.
- 9.- Domínguez, V. A. 1978. Abonos minerales, Editorial Ministerio de Agricultura, España. pp. 169-172

- 10.- Domínguez, V.A. 1989. Tratado de fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 36, 56-59
- 11.- Espinosa, R. P. 1985. Estudio Valorativo del Establecimiento de Huertos Familiares en Hidroponía Bajo Invernadero. Tesis. U.A.CH. Departamento de Fitotecnia, Chapingo, México. pp. 2, 33, 43.
- 12.- García, C. R. 1983. Tipos y Variedades de Chiles en Aguascalientes, Folleto Técnico No. 5, S.A.R.H. Campo Agrícola Experimental Pabellón, Pabellón, Aguascalientes, México. pp. 13, 10, 14.
- 13.- González, V. S. 1993. Consulta personal. F.E.S. Cuautitlán, U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México.
- 14.- Guerrero, A. J. y E. V. Marcial 1991. Efecto de la poda en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) bajo un sistema hidropónico de producción. Tesis. F.E.C. Cuautitlán, U.N.A.M. México. pp. 30, 31
- 15.- Gutiérrez, I. I. 1992. Cultivos Hidropónicos. Semilleros en Sustrato y El Pimiento. Revista. Ediciones Culturales. VER. LTDA. Bogotá, Colombia. pp. 345-360.
- 16.- Islas, A.C.H. 1993. Producción de chile habanero (*Capsicum sinense* Jacq.) en hidroponía bajo condiciones de invernadero, en Tocuila Texcoco, Edo. de Méx., Tesis. Chapingo México. pp. 70-74
- 17.- Joseph, P. A. y P. B. Pillai 1985. Effect of N, P, and K on the grown and yield of chilli Variety Pant CL. Agricultural Research Journal of Kerala 23 (1) 75-82 College of Horticulture, Vellani KKara, Trichur, Kerala, India.
- 18.- Laborde, A. J. y C. O. Pozo 1982. Presente y Pasado del Chile en México, INIFAP, México.

- 19.- Leal, Ch. M. 1985 Seminario: El invernadero. U.A.N.L. Marín, Nuevo León. pp. 5, 33, 34, 41.
- 20.- Maldonado, T. R. 1991. Efectos de cultivos y poda sobre la composición mineral de las hojas de árboles frutales. U.A.CH. Chapingo, México. pp. 13-14
- 21.- Martínez, E. A. 1993. Respuesta de Tres Fertilizantes Foliare en el Cultivo de Chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L.) en el Ejido "El Cabellal" Municipio de Martínez de la Torre, Veracruz. Tesis. F.E.C. Cuautitlán, U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México. pp. 18, 19, 20, 22-25.
- 22.- Martínez, G. P. 1978. Características climáticas de los invernaderos de plástico. INIA, Madrid, España.
- 23.- Maynard, D. N., W. H. Lanchman, R. M. Check and H. F. Vernell. 1972. The influence of nitrogen levels of flowering and fruit set of peppers. Proc. Amer. Soc. Hort Sci. 81:386-389.
- 24.- Méndez, R. I. 1984. El protocolo de investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. Editorial Trillas. México.
- 25.- Mercado, P. 1993. Consulta personal. Droguería Cosmopolita, S.A. de C.V. México.
- 26.- Niranjana, K.V. y L. S. Devi. 1990. Influence of P and S on yield and quality of chillies. Current Research - University of Agricultural Sciences (Bangalore) 19 (6) 93-94. Department of Chemistry Soils, College of Agriculture, University of Agricultural Sciences GKUL, Bangalore 560 065, India.
- 27.- Nowar, T. J. 1986. Foliar fertilizing in pepper with different nutrition in hydroponic cultures. Foliar fertilization. Edited by Alexander, A. Development in Plant and Soil Sciences Vol. 22. 335-342. Dordrecht, Netherlands.

- 28.- Olarewaju, J. D. 1989. Effect of nith temperature on fruit set and developmet in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Haryana Journal of Horticultural Scienes. 1989 18:3 285-288.
- 29.- Patterson, J. B. et al 1967. Fertilizantes Agricolas, Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 55-56
- 30.- Penningfeld F. y P. Kurzmann. 1983. Cultivos Hidropónicos y en Turba. Ediciones Mundi Prensas. Madrid, España. pp 23, 49, 50, 56, 57.
- 31.- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del chile. S.A.R.H., I.N.I.A. México. pp. 17-18
- 32.- Reeh, H. M. 1992. Cultivos Hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa, 3a. Edición, España. pp. 27, 42, 49, 59.
- 33.- Rodríguez, G. E. 1989. Cultivos Hidropónicos. Revista, ICA-INFORMA, Bogotá, Colombia. pp. 5-14.
- 34.- Rodríguez, G. J. , G. G. Dorantes y T. M. García. 1990. Análisis de las Características Edafológicas del Ejido Tecamachico, Municipio de Cultzingo, Veracruz. Su Relación con el cultivo de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) y Alternativa en su manejo. Tesis. F.E.S. Cuautitlán U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México. pp 73-75, 88-93.
- 35.- Rodríguez, P. A. 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Editorial Limusa, México, pp. 15-18.
- 36.- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes (Nutrición Vegetal) Editorial A.G.T. Editor S.A. México. pp. 53-98.
- 37.- Rojas, D. J. 1991. Evaluación de Cuatro Cultivares de Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) bajo dos densidades de población en Marín, Nuevo León, en el ciclo primavera-verano

- 28.- Olarewaju, J. D. 1989. Effect of nith temperature on fruit set and developmet in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Haryana Journal of Horticultural Sciences. 1989 18:3 285-288.
- 29.- Patterson, J. B. et al 1967. Fertilizantes Agrícolas, Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp. 55-56
- 30.- Penningafél F. y P. Kurzmann. 1983. Cultivos Hidropónicos y en Turba. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp 23, 49, 50, 56, 57.
- 31.- Pozo, C. O. 1983. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el cultivo del chile. S.A.R.H., I.N.I.A.. México. pp. 17-18
- 32.- Rash, H. M. 1992. Cultivos Hidropónicos. Ediciones Mundi-Prensa, 3a. Edición, España. pp. 27, 42, 49, 59.
- 33.- Rodríguez, G. E. 1989. Cultivos Hidropónicos. Revista, ICA-INFORMA, Bogotá, Colombia. pp. 5-14.
- 34.- Rodríguez, G. J. , G. G. Dorantes y T. M. García. 1990. Análisis de las Características Edafológicas del Ejido Tecamachalco, Municipio de Cultzingo, Veracruz. Su Relación con el cultivo de chile poblano (*Capsicum annuum* L.) y Alternativa en su manejo. Tesis. F.E.S. Cuautitlán U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, México. pp 73-75, 88-93.
- 35.- Rodríguez, P. A. 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Editorial Limusa, México, pp. 15-18.
- 36.- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes (Nutrición Vegetal) Editorial A.G.T. Editor S.A. México. pp. 53-98.
- 37.- Rojas, D. J. 1991. Evaluación de Cuatro Cultivares de Chile Serrano (*Capsicum annuum* L.) bajo dos densidades de población en Marín, Nuevo León, en el ciclo primavera-verano

1989. Tesis. U.A.N.L. Nuevo León, México. pp. 6-11, 17, 23, 40, 41, 44, 46.
- 38.- Sánchez, del C. F. y R. E. Escalante. 1988. Hidroponia. U.A.CH. Chapingo, México. pp. 14, 15, 37, 119, 140-145, 155-160.
- 39.- Sánchez, del C. F. , R. P. Espinosa y V. M. Mancilla. 1991. Análisis del Beneficio económico potencial para el uso de un paquete tecnológico de producción de hortalizas y flores en hidroponia bajo invernadero. Investigación. Departamento de fitotecnia. U.A.CH. Chapingo México.
- 40.- S.A.R.H. 1983. Guía para cultivar en el Valle de Valsequillo, Puebla. Folleto para productores No. 1 Tecamachalco, Puebla, México. pp 17-18.
- 41.- S.A.R.H. 1993. Sistema-Producto. Chile (Datos Básicos). Subsecretaría de Agricultura, Dirección General de Política Agrícola. INIA, México.
- 42.- Solano, G. J. 1984. Ensayo de Variedades y Densidades de Población de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) en la Región de General Terán, Nuevo León. Tesis. Facultad de Agronomía. U.N.L. México. pp 1, 15, 21, 42.
- 43.- Tisdale, S. L. y W. L. Nelson 1988. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTEHA, S.A. de C.V. México.
- 44.- Valdez, L. A. 1992. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa, 2a. reimpresión, México. pp. 185-197.
- 45.- Wiertz, R. and F. Lenz, 1987. Growth and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) depending on water and nutrient supply. Gartenbauwissenschaft. 1978, 52:1, 39-45

XIV.- ANEXOS

Cuadro 1. Matriz de clasificación de los diferentes tipos de estudio.

Instructivo	Características del estudio			Nombre común		Protocolo
1	Observacional	Prospectivo o	Transversal	Descriptivo	Encuesta descriptiva	1
		Retrospectivo		Comparativo	Encuesta comparativa	2
2	Observacional	Retrospectivo	Longitudinal	Descriptivo	Revisión de casos	3
3	Observacional	Retrospectivo	Longitudinal	Comparativo de causa-efecto	Casos y controles	4
4	Observacional	Retrospectivo	Longitudinal	Comparativo de causa-efecto	Perspectiva histórica	5
5	Observacional	Prospectivo	Longitudinal	Descriptivo	Estudio de una cohorte	6
				Comparativo	Estudio de varias cohorte	7
6	Experimental	Prospectivo	Longitudinal	Comparativo	Experimento	8

ANALISIS QUIMICO DEL AGUA

Cuadro 2. Resultados de una muestra de agua utilizada para el riego en el cultivo de chile poblano bajo condiciones de hidropónia e invernadero.

Elementos	Resultados		Interpretación
	$\mu\text{mhos/cm}$	mg/l	
pH	7.0		normal
CE	350		buena
Ca		24.600	buena
Mg		26.500	buena
Na		16.100	buena
K		7.400	----
CO_3^{2-}		----	----
HCO_3^-		279.400	media
Cl^-		132.800	media
SO_4^{2-}		5.300	buena
Fe		tr	----
Cu		0.062	----
Mn		0.003	----
Zn		0.025	----

Cuadro 3. Agroquímicos utilizados durante el ciclo de cultivo del chile poblano bajo condiciones hidropónica e invernadero.

	AGROQUIMICOS	DOSES/SUP.	CONTROL
INSECTICIDAS	AGRESOR	5.55 ml.	TRIPS Y PULGON
	PIRIMOR	39.50 g	PULGON
	DIAZINON DRAGON	100 ml	PULGON Y MOSQUITA
			BLANCA
FUNGICIDAS	CUPRAVIT	8 g	PREVENTIVO
	RIDOMIL	137 g	PREVENTIVO

Cuadro 4. Fenología del ciclo de cultivo del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero. Ciclo primavera-verano, 1993.

FECHA	CICLO (d.d.t.)	FENOLOGIA
16 abril	0	transplante
4 mayo	18	inicia brotación de yemas axilares
18 mayo	32	inicia brotación de botones florales
11 junio	51	inicia la fructificación
7 julio	82	verdeo
7 agosto	113	1er corte
21 agosto	127	2º corte
4 septiembre	141	3er corte
20 septiembre	157	4º corte
3 octubre	170	5º corte

clave:

d.d.t. = días después del transplante.

Cuadro 5. Cantidades de fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva en sus dos concentraciones (baja y alta), probadas en la etapa vegetativa del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

SOLUCION NUTRITIVA PARA LA ETAPA VEGETATIVA			
		CONCENTRACION BAJA	CONCENTRACION ALTA
		g./1000 lt. de agua	g./1000 lt. de agua
Nitrato de Potasio	KNO₃	453	644
Nitrato de Calcio	Ca(NO₃)₂	171	247
Fosfato diamónico	(NH₄)₂HPO₄	676	962
Sulfato de Calcio	CaSO₄·2H₂O	217	312
Sulfato de Magnesio	MgSO₄·7H₂O	529	757
Sulfato ferroso	FeSO₄·7H₂O	21	32
Sulfato de Manganeso	MnSO₄·4H₂O	19	19
Sulfato de Zinc	ZnSO₄·7H₂O	1.25	1.25
Tetraborato de Sodio	Na₂B₄O₇·10H₂O	23.20	23.30
Sulfato cúprico	CuSO₄·5H₂O	4	4

Cuadro 6. Cantidades de fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva en sus dos concentraciones (baja y alta), probadas en la etapa productiva del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

SOLUCION NUTRITIVA PARA LA ETAPA PRODUCTIVA			
		CONCENTRACION BAJA	CONCENTRACION ALTA
		g./1000 lt. de agua	g./1000 lt. de agua
Nitrato de Potasio	KNO_3	572	817
Nitrato de Calcio	$Ca(NO_3)_2$	265	379
Fosfato diamónico	$(NH_4)_2HPO_4$	92	129
Sulfato de Calcio	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	715	1000
Sulfato de Magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	379	540
Sulfato ferroso	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	21	28
Sulfato de Manganeso	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	19	19
Sulfato de Zinc	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	13	13
Tetraborato de sodio	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	23	23
Sulfato cúprico	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	4	

Cuadro 6. Cantidades de fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva en sus dos concentraciones (baja y alta), probadas en la etapa productiva del chile poblano bajo condiciones hidroponicas e invernadero.

SOLUCION NUTRITIVA PARA LA ETAPA PRODUCTIVA			
		CONCENTRACION BAJA	CONCENTRACION ALTA
		g./1000 lt. de agua	g./1000 lt. de agua
Nitrato de Potasio	KNO_3	572	817
Nitrato de Calcio	$Ca(NO_3)_2$	265	379
Fosfato diamónico	$(NH_4)_2HPO_4$	92	129
Sulfato de Calcio	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	715	1000
Sulfato de Magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	379	540
Sulfato ferroso	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	21	28
Sulfato de Manganeso	$MnSO_4 \cdot 4H_2O$	19	19
Sulfato de Zinc	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	13	13
Tetraborato de sodio	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	23	23
Sulfato cúprico	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	4	

Cuadro 7. Fertilizantes y aporte de miliequivalentes de macroelementos en la concentración baja de la solución nutritiva utilizada en la etapa vegetativa del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

CONCENTRACION meq/l BAJA						
FERTILIZANTE	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄
KNO ₃	4.12	-	4.12	-	-	-
(NH ₄) ₂ · HPO ₄	1.17	1.17	-	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂	7.51	-	-	7.51	-	-
CaSO ₄ · 2H ₂ O	-	-	-	2.17	-	2.17
MgSO ₄ · 7H ₂ O	-	-	-	-	4.07	4.07
TOTAL meq/l *3	12.80	1.17	4.12	9.68	4.07	6.24

Cuadro 8. Fertilizantes y aporte de miliequivalentes de macroelementos en la concentración alta de la solución nutritiva utilizada en la etapa vegetativa del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

CONCENTRACION meq/l ALTA						
FERTILIZANTE	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄
KNO ₃	5.85	-	5.85	-	-	-
(NH ₄) ₂ · HPO ₄	1.69	1.69	-	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂	10.69	-	-	10.69	-	-
CaSO ₄ · 2H ₂ O	-	-	-	3.12	-	3.12
MgSO ₄ · 7H ₂ O	-	-	-	-	5.82	5.82
TOTAL meq/l *3	18.23	1.69	5.85	13.81	5.82	8.94

Cuadro 9. Fertilizantes y aporte de miliequivalentes de macroelementos en la concentración baja de la solución nutritiva utilizada en la etapa productiva del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

CONCENTRACION meq/l BAJA						
FERTILIZANTE	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄
KNO ₃	5.20	-	5.2	-	-	-
(NH ₄) ₂ - HPO ₄	1.80	1.8	-	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂	1.02	-	-	1.02	-	-
CaSO ₄ · 2H ₂ O	-	-	-	7.15	-	7.15
MgSO ₄ · 7H ₂ O	-	-	-	-	2.92	2.92
TOTAL meq/l *³	8.02	1.8	5.2	8.17	2.92	10.07

Cuadro 10. Fertilizantes y aporte de miliequivalentes de macroelementos en la concentración alta de la solución nutritiva utilizada en la etapa productiva del chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero.

CONCENTRACION meq/l ALTA						
FERTILIZANTE	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄
KNO ₃	7.43	-	7.43	-	-	-
(NH ₄) ₂ - HPO ₄	2.59	2.59	-	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂	1.43	-	-	1.43	-	-
CaSO ₄ · 2H ₂ O	-	-	-	10.00	-	1.00
MgSO ₄ · 7H ₂ O	-	-	-	-	4.15	4.15
TOTAL meq/l *³	11.45	2.59	7.43	11.43	4.15	14.15

Cuadro 11. Rangos mínimos, óptimos y máximos de elementos y los iones presentes en las soluciones nutritivas según Schwarz (1975), (Sánchez y Escalante, 1988)

Elemento radical	Mínimo (ppm)	Óptimo (ppm)	Máximo (ppm)
Nitrato (NO ₃) ⁻	200	300 - 900	1 000
Amonio (NH ₄) ⁺	-	0 - 40	100
Fósforo (P)	30	30 - 90	100
Potasio (K) ⁺	150	200 - 400	600
Calcio (Ca) ⁺²	100	150 - 400	600
Magnesio (Mg) ⁺²	25	25 - 75	150
Sulfato (SO ₄) ⁻²	150	200 - 1000	1 000
Cloro (Cl) ⁻	30	- - 350	600
Sodio (Na) ⁺	-	-	400
Hierro (Fe) ⁺³		0.5 - 2	
Acido Bórico (H ₃ BO ₃)		0.2 - 1	5
Zinc (Zn) ⁺²		0.2 - 2	20
Cobre (Cu) ⁺²		0.1 - 2	5
Manganeso (Mn) ⁺²		1 - 5	15
Cobalto (Co) ⁺²			
Fluor (F) ⁻			
Molibdeno (Mo) ⁺			

Nota: El guión indica que el elemento no está presente y el espacio en blanco significa falta de información.

*³ meq = mmol (+)

Cuadro 12. Rangos mínimos, óptimos y máximos de elementos presentes en soluciones hidropónicas según douglas (1976), (Sánchez y Escalante, 1988).

Elemento	Mínimo (ppm)	Óptimo (ppm)	Máximo (ppm)
Nitrógeno	150	300	1000
Calcio	300	400	500
Magnesio	50	75	100
Fósforo	50	80	100
Potasio	100	250	400
Azufre	200	400	1000
Cobre	0.1	0.5	0.5
Boro	0.5	1	5
Fierro	2	5	10
Manganeso	0.5	2	5
Molibdono	0.001	0.001	0.002
Zinc	0.5	00.5	1

Cuadro 13. Nutrientes que extrae el cultivo de chile poblano del suelo.

Parte de la planta	Rendimiento x (ton/ha)	N	P	K	Ca	Mg
		(Kg/ha)				
1. Frutos	4.48	6.72	11.20	6.72	1.12	3.36
Hojas y tallos	6.72	20.16	19.04	14.56	20.16	22.40
2. Frutos	1.35	34.72	10.08	24.64	4.48	3.36
Hojas y tallos	2.02	57.12	8.96	38.08	53.76	36.96

Fuentes: 1) Hester y Sheldon; 2) Cochran y Olson, citados por Knott y Valadez (1992)

Cuadro 14. Características de calidad de fruto de chile ancho.

CATEGORIAS	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	PESO SECO (g)
1a.	14-18	8.0	16.0
2a.	9-12	6.0	10.0
3a.	6-8	4.5	7.0
REZAGA	<5	3.0	-

Fuente: SARH, INIA. Folleto Técnico No. 5 del Campo Agrícola Experimental Pabellón. Pabellón Aguascalientes, México. Junio 1983. García (1983)

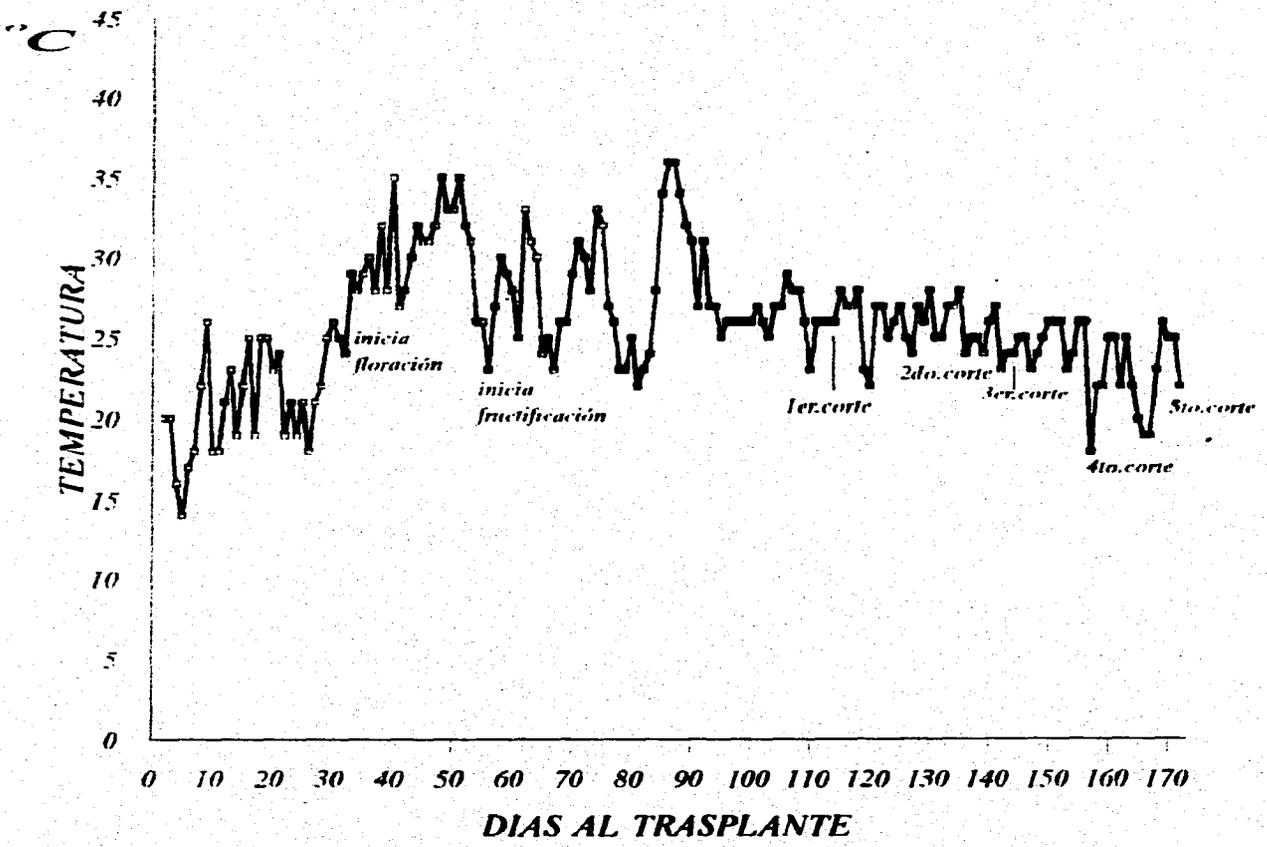


Figura 1. Temperatura media (TMEDIA) en chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero en 1993.

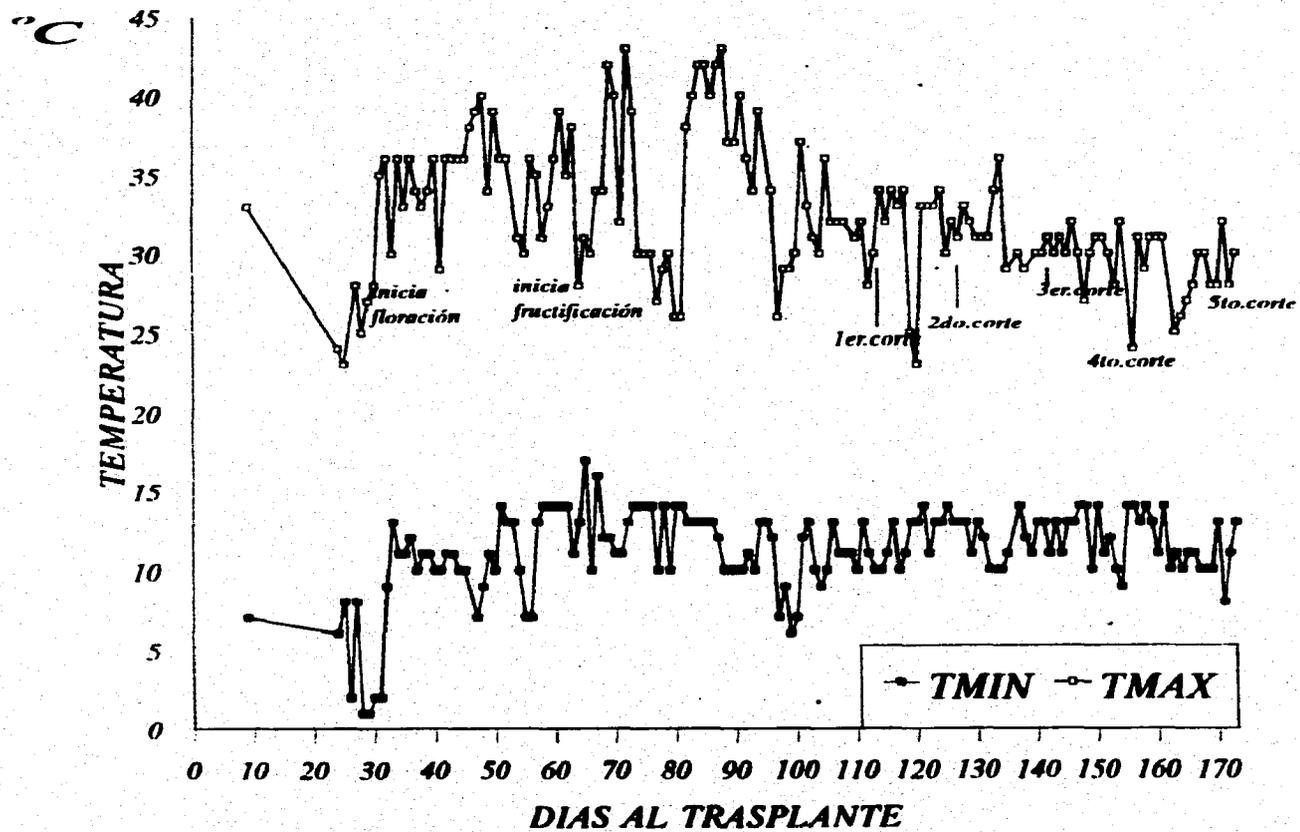


Figura 2. Temperaturas mínimas (TMIN) y máximas (TMAX) en Chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero 1993.

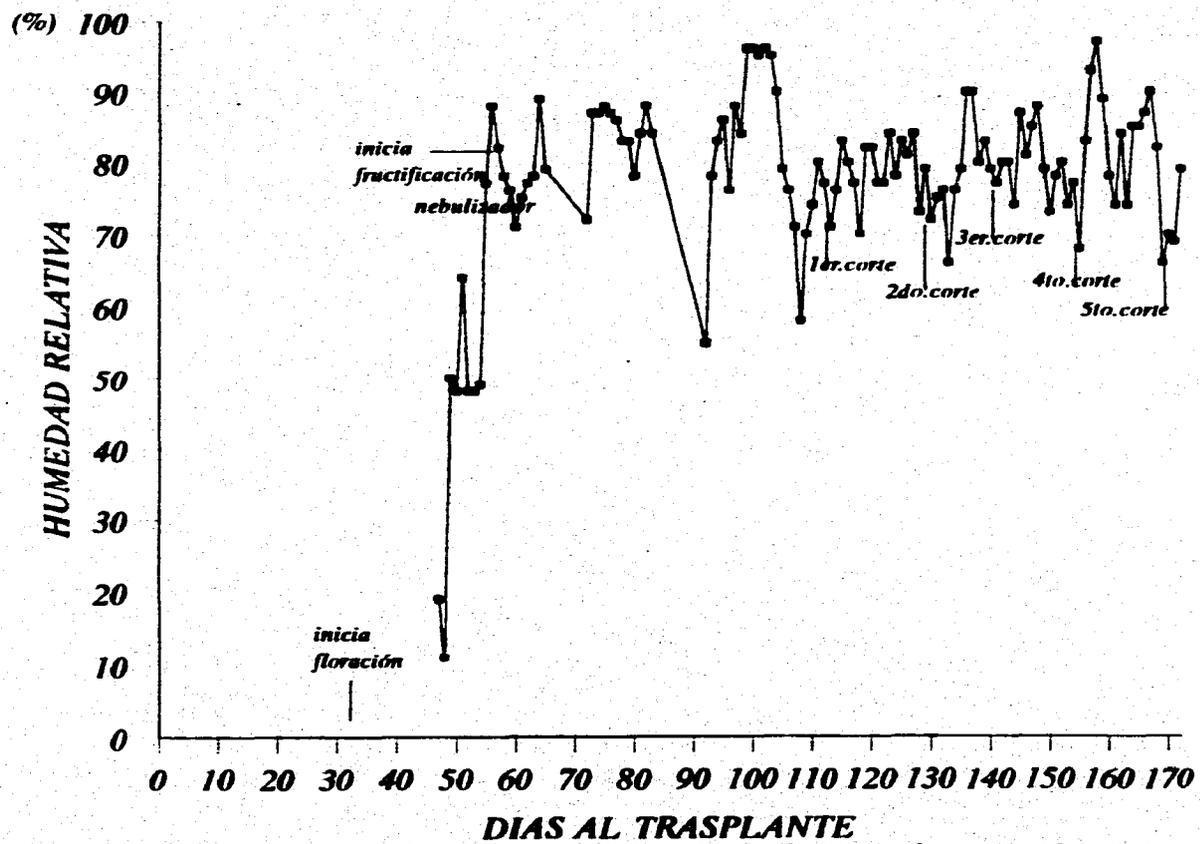


Figura 3. Humedad relativa promedio diario en chile poblano bajo condiciones hidropónicas e invernadero en 1993.