

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



PRODUCCION DE TOMATE (Lycopersicum esculentum
Mill.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JESUS HECTOR ANDRADE CASTILLO

MARIN, N. L.

JULIO DE 1989

T

SB349

A5

C.1



1080060841

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



PRODUCCION DE TOMATE (Lycopersicum esculentum
Mill.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA
PRESENTA

JESUS HECTOR ANDRADE CASTILLO

MARIN, N. L.

JULIO DE 1989

10075^m

T
SB349
A5



040.635
FA14
989
.5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA

PRODUCCION DE TOMATE (Lycopersicum esculentum
Mill.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

JESUS HECTOR ANDRADE CASTILLO

MARIN, N.L.

JULIO DE 1989.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

PRODUCCION DE TOMATE (Lycopersicum esculentum Mill.)

BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

ELABORADA POR:

JESUS HECTOR ANDRADE CASTILLO

ACEPTADA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OPTAR POR EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

COMITE SUPERVISOR DE TESIS

ING.M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES
Presidente


ING.M.C. APOLINAR AGUILLÓN G.
Secretario

ING.M.Sc. JOSE ELIAS TREVINO R.
Vocal

MARIN, N.L.

JULIO DE 1989.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Esperanza Castillo de Andrade y
Jesús Andrade Muñoz

Con todo mi respeto y amor pues con su apoyo y su ejemplo me impulsaron siempre a seguir adelante. En gratitud al estímulo y confianza que me han brindado a lo largo de mi carrera, porque a ellos les debo lo que ahora soy.

A MIS HERMANOS:

Angelica y Alberto

Por el gran cariño que nos une y por compartir conmigo gratos momentos a lo largo de mi vida.

A MIS FAMILIARES:

Con cariño.

A MI NOVIA:

SRITA. VIVIANA FUANTOS C.

Por el gran amor y confianza que siempre me brindo, porque con su paciencia y comprensión me ayudo a poder ver culminada una de las etapas mas importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

ING. M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ F. por el apoyo y asesoria que me brindó para la realización de este trabajo.

ING.M.C. APOLINAR AGUILLON G. e ING. M.Sc. JOSE ELIAS TREVIÑO por su colaboración en la revisión del presente trabajo.

A LAS FAMILIAS:

Rizo Dominguez
Cortez Quilantan y
Fuantos de la Cerda

Por la amistad y apoyo que me brindaron en todo momento.

AL LIC. RAUL S. MOYA C.

Por su ayuda brindada en la realización de este trabajo.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Antonia Castillo, Teresa Valle, Elizabeth Santollo, Hector González, Antonio Carrillo, Ricardo Reyes, J. Luis Gaona, - Adan Garza, Mario Morales, Sergio Peralta, Emilio Pioquinto, - Cayetano González, Jose R. Candanosa, Gerardo Páez.

A todos Gracias.

I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.1.1. Antecedentes históricos.....	4
2.1.2. Ventajas y desventajas.....	6
2.2. La Solución Nutritiva.....	11
2.2.1. Importancia de la solución nutritiva...	14
2.2.2. Aplicación de la solución nutritiva....	16
2.2.3. Equilibrio entre nitrógeno y el potasio	16
2.2.4. Acidez y alcalinidad de las soluciones-	
nutritivas.....	20
2.3. Cultivo Hidropónico en Agregados.....	22
2.3.1. Características generales.....	22
2.3.2. Ventajas y desventajas del cultivo en -	
agregados.....	22
2.3.3. Siembra en agregados.....	24
2.3.4. Condiciones adecuadas para el material-	
de sostén.....	25
2.3.5. Arena como elemento de sostén.....	26
2.3.6. Lavado de la arena.....	28
2.4. Factores Ecológicos.....	29
2.4.1. Temperatura.....	29
2.4.2. Termoperíodo.....	31
2.4.3. Luz.....	34
2.4.3.1. Interacción entre luz y tempe-	
ratura.....	36

	Pág.
2.4.4. Fertilización carbónica. (CO ₂).....	37
2.4.5. Humedad ambiente.....	38
III. MATERIALES Y METODOS.....	40
3.1. Ubicación del Experimento.....	40
3.2. Material Genético.....	40
3.2.1. Características de la variedad Flora— Dade.....	40
3.2.2. Características del híbrido Sommer Fla vor 5000.....	41
3.3. Método.....	41
3.3.1. Almacigo.....	41
3.3.2. Preparación del terreno.....	41
3.3.3. Transplante.....	43
3.3.4. Riegos.....	43
3.3.5. Tutorado.....	47
3.3.6. Poda.....	47
3.3.7. Plagas y enfermedades.....	47
3.3.8. Cosecha.....	49
3.4. Análisis Estadístico.....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	53
V. CONCLUSIONES.....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	61
VII. RESUMEN.....	62
VIII. SUMMARY.....	64
IX. BIBLIOGRAFIA.....	66
X. APENDICE.....	70

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADRO	Pág.
Cuadros del texto:	
1	Temperaturas mensuales que se registraron en el <u>in</u> vernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N. L. durante el desarrollo del experimento..... 42
2	Sales y fertilizantes usados en la preparación de las soluciones nutritivas, así como la concentra--ción de cada elemento..... 44
3	Costo aproximado de las sales y fertilizantes y --gramos utilizados en la formulación de las solucio <u>ne</u> s nutritivas..... 46
4	Calidad del agua de riego utilizada en el experi--mento..... 48
5	Días que transcurrieron entre la siembra, el trans <u>pl</u> ante y los 13 cortes..... 50
6	Resumen de los resultados de las comparaciones de medias entre el híbrido Sommer Flavor B. 5000 y la variedad Flora-Dade para las variables: rendimien--to, diámetro vertical, diámetro horizontal..... 54
7	Cálculo de rendimiento de fruto para 100 m ² en in--vernadero, bajo las condiciones especificadas en -el experimento..... 54

Cuadro del apéndice:

1A	Presentación de los datos obtenidos para cada planta en el experimento.....	71
----	---	----

FIGURA

Figuras del texto:

1	Concentración de Nitrógeno; tomada de Tuner (1968)	18
2	Concentración de Potasio; tomada de Tuner (1968)..	19
3	Croquis del experimento localizado en el Invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.....	52
4	Rendimiento por corte para la variedad Flora-Dade y el Híbrido Sommer Flavor 5000.....	55

LISTA DE ABREVIATURAS

Símbolo	
N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
S	Azufre
Fe	Fierro
Mn	Manganeso
B	Boro
Cu	Cobre
Zn	Zinc
Na	Sodio
Cl	Cloro
CO ₃	Carbonato
HCO ₃	Acido Carbónico
NO ₃	Nitrato
CE	Conductividad Eléctrica
RAS	Relación de Adsorción del Sodio
SE	Salinidad Efectiva
SP	Salinidad Potencial
CSR	Carbonato de Sodio Residual
PSP	Porciento de Sodio Probable
CL	Contenido de Cloruros
pH	Potencial de Iones Hidrógeno
ppm	Partes por Millón
nm	Nanómetros

I. INTRODUCCION

El tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) se encuentra entre las hortalizas más importantes del mundo. Es originario de Sudamérica, pero fué en México donde se cultivó por primera vez.

Aunque la planta es muy susceptible a las heladas, el tomate constituye una de las plantas más extensamente cultivadas y se extiende desde el Ecuador hasta más allá del norte de Canadá (65° Latitud Norte). El tomate es igualmente objeto de un intenso cultivo bajo invernadero en distintos países.

En México, el tomate se cultiva en las zonas templadas y cálidas, existiendo notables diferencias en cuanto a los sistemas y técnicas culturales empleadas por los horticultores.

Estos sistemas de cultivo se ven limitados en la mayor parte de nuestro territorio nacional por un clima predominantemente desfavorable para la producción agrícola, lo cual explica que una gran parte de las pérdidas de las cosechas se deba a causas meteorológicas básicamente relacionada con agua y temperatura.

Otro factor igualmente limitante para la actividad agrícola lo constituye el suelo, ya que existen grandes áreas de México con graves problemas de salinidad, drenaje deficiente, pedregosidad y hasta capa arable somera.

Estos factores hacen de la agricultura una actividad con riesgo, por lo cual es necesario implementar alternativas tecno

lógicas para superarlas.

Entre las alternativas usadas con gran éxito en otras partes del mundo, se encuentra la hidroponia, pues es un sistema de producción agrícola que utiliza de manera más eficiente el recurso agua y menosprecia los límites impuestos por el suelo, además de que evita indirectamente la erosión y el agotamiento de los recursos naturales.

El sistema de producción hidropónico comprende diferentes técnicas, entre las cuales se encuentran los cultivos en agregados, el cual comprende a todos aquellos métodos en los que las plantas crecen en un sustrato con propiedades de retención de humedad alimentados por una solución nutritiva.

Las técnicas de cultivo hidropónico no se han podido popularizar en México debido al alto grado de conocimiento técnico, y la experiencia práctica que se requiere para manejar económicamente el sistema.

El objetivo del presente trabajo fué la de evaluar la producción de tomate bajo condiciones de invernadero en un medio de sostén de arena y compost.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. Generalidades y Concepto

El término hidroponia deriva de los vocablos griegos "hidro o hutor", que significa agua, y "ponos", equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como "trabajo del agua" ó "actividad del agua".

Se puede definir a la hidroponia como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en el que, en vez de suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente la misma solución (Sánchez, 1981).

Se han empleado muy diversas denominaciones para designar este modo de producción de plantas, pues son varios los métodos con que puede practicarse, desde el punto de vista comercial. Entre las denominaciones mencionadas figuran las siguientes: hidropónicas, cultivo en arena, cultivo químico, agricultura en tanque, agricultura sin tierra. Las denominaciones citadas indican por sí mismas las diferencias fundamentales entre los distintos métodos a que se refiere, en la actualidad, el término hidroponia es el más extendido y se usa en varios idiomas (Tuner, 1968).

Este sistema de cultivo tiene por objeto optimizar las funciones que el suelo desempeña, es decir, proporcionarle al cultivo un sustrato con las condiciones más ideoneas desde los puntos de vista físico, químico y fitosanitario, eliminando a su vez, la acción de todos aquellos factores que en el suelo, por-

su naturaleza, lo llevan inevitablemente a modificación que se traducen en limitantes para el desarrollo de los cultivos (por ejemplo, salinización, pérdida de la textura, etc.) (Sánchez, 1981).

2.1.1. Antecedentes históricos.

Los comienzos del cultivo hidropónico se remontan al siglo XVII hacia el año 1650, se creía que las plantas formaban sustancias nutritivas a partir del agua. Esta teoría fué confirmada por Van Helmont citado por Penningsfeld (1975).

A principios del siglo XVIII, expresó Woodward, citado por García (1982), por el contrario, su teoría de que era la tierra y no el agua la que suministraba los elementos nutritivos a las plantas. Ateniéndose a los resultados de sus experimentos con hierbabuena efectuados en 1699.

La idea del cultivo en agua fué continuada por Duhamel en 1957, citado por García (1982) y Penningsfeld (1975), llegó a la conclusión de que las plantas no solamente tomaban simplemente agua, sino también otros elementos disueltos en ella necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Posteriormente, los científicos franceses de Saussure en 1804 y Boussingault en 1851, ambos citados por García (1982), demostraron que ciertas sustancias derivadas del suelo y de los gases de la atmósfera eran necesarias para el crecimiento de las plantas.

Boussingault, 1840, citado por Hwnterwal (1979) hizo cre-

cer plantas en tierras artificiales insolubles: arena, cuarzo, carbonilla, impregnadas con soluciones acuosas de fórmulas químicas conocidas. Sus resultados dieron la verificación experimental de la teoría mineral de la nutrición de las plantas según lo había previsto Liebig, y constituyeron de inmediato una posibilidad de hacer crecer las plantas en un medio distinto a la tierra natural. Este método de hacer crecer plantas en "Tierras Artificiales" insolubles, fué más tarde mejorado por Slam-Horsmart 1860, citado por Hwnterwal (1979) y utilizando desde entonces, con varias técnicas, por numerosos investigadores científicos.

Sacks 1860 y Knops 1861, citados por Sánchez (1981) fueron los que fijaron las bases para el surgimiento de la hidroponia. Descubrieron que además del bióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, las plantas requieren de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganesio y Fierro. Publicaron las primeras fórmulas de soluciones nutritivas, a partir de las cuales se han desarrollado muchas más.

En el año de 1925 se comenzó a estudiar la posibilidad del uso del método hidropónico a nivel comercial siendo la industria de producción de invernaderos la primera que utilizó esta técnica en gran escala, pero, debido a la aplicación de este sistema sin estudios previos por parte de los usuarios del mismo y al abuso que se hizo de la hidroponia como método de cultivo, sobrevino un gran fracaso económico (Hernández, 1981).

Robbins 1928, citado por Sánchez (1981) indicó después de-

varios trabajos, que había muchas posibilidades de usar el sistema hidropónico de cultivo en arena a escala comercial.

Gericke 1929 citado por Sánchez (1981), fué el primero en desarrollar exitosamente un sistema práctico de cultivo hidropónico. Gericke y J.R. Travernett 1936, citados por Sánchez (1981), publicaron un trabajo en el que desarrollaron el sistema original de Gericke; reportan que en 9.2 m² de arena cultivada obtuvieron una tonelada de tomate de buena calidad al alcanzar las plantas una altura de 7.5 metros en menos de un año. Este método no pudo popularizarse debido al alto grado de conocimientos técnicos y a la experiencia práctica que se requería para manejar económicamente el sistema.

No obstante, con el paso del tiempo se ha perfeccionado bastante la técnica de la hidroponia y se han realizado profundas investigaciones que han arrojado en sus resultados promisorias expectativas para el futuro de este método de producción (García, 1982).

2.1.2. Ventajas y desventajas.

La hidroponia, como sistema de cultivo intensivo, presenta una serie de ventajas sobre el cultivo tradicional en tierra.

Dentro de las ventajas del método hidropónico tenemos las siguientes:

- 1.- Balance ideal del aire, agua y nutrientes: con algunas excepciones, al utilizar un sistema de cultivos en suelos, es sumamente difícil abastecer a las raíces simultáneamen-

te con las cantidades de agua, aire y nutrientes que requieren.

Los nutrimentos se proporcionan al cultivo hidropónico junto con el agua, listos para ser asimilados en forma de solución balanceada y con la presión osmótica adecuada (Sánchez, 1981 y García, 1982).

- 2.- Humedad uniforme: bajo un sistema hidropónico la humedad del suelo puede ser siempre uniforme y controlada. En el suelo, la falta de humedad o su exceso, constituyen causas frecuentes de pérdidas en el rendimiento o en calidad (Sánchez, 1981).
- 3.- Excelente drenaje: esta característica, sumada a que los materiales usados como sustrato generalmente no se desintegran o se parten fácilmente; da como resultado una excelente aireación para las raíces (Hwnterwal, 1979 y Sánchez, 1981).
- 4.- Permite una mayor densidad de población: ya que los nutrimentos no son limitantes, las plantas cultivadas en hidroponía pueden plantarse más cerca (entre un 10 y 30%) que sus similares en el suelo; con esto se requiere menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento que en el suelo, aquí el factor que viene a limitar la densidad es la luz (García, 1982; Martínez, 1979 y Sánchez, 1981).
- 5.- Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o exceso de un nutrimento: en el suelo, corregir una deficiencia nutricional o el efecto tóxico de un ion es cosa de meses o años, mientras que en un sistema hidropónico, -

es cosa de unos cuantos días (García, 1982 y Sánchez, ---- 1981).

- 6.- Perfecto control del pH: uno de los factores que influyen notablemente en la asimilación de nutrimentos y por lo tanto en el rendimiento de las plantas es el pH. En un cultivo sobre suelo, el pH puede estar muy desviado del rango óptimo para una planta y su corrección, en la mayoría de los casos, puede ser difícil y costosa. En hidroponia, al trabajar con sustratos inertes, es muy fácil y barato ajustar y mantener el pH al nivel deseado (Hunterwal, 1979, Turner, 1968 y Sánchez, 1981).
- 7.- No se depende tanto de los fenómenos meteorológicos: normalmente los cultivos en hidroponia se protegen contra los vientos fuertes, las granizadas, las altas y bajas temperaturas, etc. Esto permite una mayor expresión del potencial genético de las plantas y, desde luego, del rendimiento (García, 1982 y Sánchez, 1981).
- 8.- Más altos rendimientos por unidad de superficie: en los cultivos hidropónicos se obtiene una mayor producción unitaria, resultante de las ventajas anteriores (Anónimo, --- 1980 y García, 1982).
- 9.- Mayor calidad del producto: el eficiente control sobre nutrición, aireación, etc., permite que los productos de este sistema sean más uniformes en tamaño, peso, color, etc. y de más alta calidad en el comercio, que los cultivados en el suelo (Anónimo, 1980 y Sánchez, 1981).

- 10.- Mayor precocidad en los cultivos: esto se traduce en un mayor precio del producto, al salir más pronto al mercado -- (García, 1982).
- 11.- Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de plantas: la rotación de cultivos se desarrolla para mantener la fertilidad del suelo y controlar enfermedades que tienen su origen en el mismo. En hidroponia, el mantenimiento de la fertilidad es constante y esencial.
- 12.- Uniformidad en los cultivos: en hidroponia, la situación normal es que las plantas sembradas floreen y maduren al mismo tiempo: esto tiene importancia en la programación de la cosecha y la venta del producto (Sánchez, 1981).
- 13.- Gran ahorro en el consumo de agua: en el campo se requieren de 30 a 100 veces más agua para cultivar hortalizas -- (Anónimo, 1980).
- 14.- Reducción de los costos de producción: en hidroponia hay un menor empleo de mano de obra dado que no son necesarias las prácticas culturales relativas al terreno, además se reducen los gastos de fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc. (García (1981).
- 15.- Proporciona excelentes condiciones para semillero: en la germinación de bulbos, en el transplante y como revitalizador de plantas débiles.
- 16.- Se puede utilizar agua con alto contenido de sales: esto es posible por ajustarse la solución de acuerdo con las sales presentes en el agua y su reemplazo continuo (Sánchez, 1981).

- 17.- Mejores condiciones fitosanitarias: al tenerse un control eficiente de las condiciones generales del cultivo que evitan la proliferación de plagas y enfermedades (García, --- 1982).
- 18.- Posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas o minerales: esto representa una ventaja en la nutrición humana (Sánchez, 1981).
- 19.- Producción local de alimentos en áreas antes consideradas inadecuadas: eliminando así el costo de transporte y almacenamiento (Anónimo, 1980).
- 20.- Posibilidad de utilizar materiales nativos y/o desechos: es una ventaja de tipo económico realizar la construcción con materiales de desecho y utilizar como sustrato materiales abundantes y baratos de cada localidad.
- 21.- Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y los riesgos de erosión: pocos sistemas de producción de alimentos poseen esta ventaja (Sánchez, 1981).

No obstante de las numerosas ventajas, el método de cultivo hidropónico presenta una serie de desventajas con respecto al cultivo tradicional. A continuación se citan algunas:

- 1.- Requiere para su manejo a nivel comercial de conocimiento técnico: a gran escala, la hidroponía tiene márgenes estrechos de seguridad para alcanzar el éxito, además, los usuarios del sistema deben poseer un conocimiento profundo del cultivo con que se trabaja, que incluye tanto una comprensión total de su fisiología, biología, condiciones óptimas generales, etc., como un conocimiento del mercado en el --

que se pretenderá comercializarlo (García, 1982).

2.- A nivel comercial, el gasto inicial es relativamente alto: el costo para establecer un sistema de cultivo hidropónico a nivel comercial es alto, ya que por lo general, se tienen que construir camas y depósitos de concreto u otro material perdurable, comprar material a usar como: sustrato, bombas, tuberías y a veces, hasta invernaderos. Esto, según algunos autores, tiende a limitar el cultivo a nivel comercial a unas cuantas especies con un precio relativamente alto en el mercado. Otro costo adicional, es la energía necesaria para mantener las condiciones ambientales adecuadas dentro de los invernaderos, como, la temperatura, luz, humedad del ambiente, etc. (Anónimo, 1980 y Sánchez, 1981).

Estas desventajas no se aplican a instalaciones a pequeña y mediana escala, porque no requieren mucho equipo y las instalaciones se pueden hacer muy sencillas y con materiales baratos, además de que se pueden ampliar progresivamente.

2.2. La Solución Nutritiva

La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua (Sánchez, 1981). Estos líquidos proporcionan nutrientes en solución, que es la forma en que las plantas los pueden utilizar inmediatamente (Tuner, 1968).

En numerosos experimentos se ha probado que el carbono, hi

drógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, magnesio, fierro, manganeso, boro, cobre, zinc, y molibdeno, son elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Además existen evidencias de que el aluminio, el cloro, el galio y el silicio tienen marcada importancia en el crecimiento de ciertas especies vegetales (Sánchez, 1981).

Un punto decisivo para el éxito en el cultivo hidropónico es la composición de las soluciones nutritivas. Las soluciones deberán contener todos los elementos esenciales necesarios para las plantas, en las debidas condiciones y en las dosis convenientes, debiendo cumplir, junto a la misión de los elementos nutritivos, la que efectúan en el suelo los microorganismos y los coloides (Penningsfeld, 1975).

Bajo un sistema de cultivo hidropónico, con excepción del carbono e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados a través de una solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces de las plantas, por lo tanto se considera un requisito la solubilidad de los iones esenciales en el agua.

El nitrógeno, el potasio, el fósforo, el calcio, el azufre y el magnesio, denominados comunmente macroelementos, se añaden al agua usando, casi siempre como fuente fertilizantes comerciales. Los otros elementos: fierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno, denominados microelementos, van a menudo incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macroelementos, a excepción del fierro, que debe añadirse casi siempre a la solución cuando exista necesidad (Sánchez,

1981).

Penningfeld (1975) y Geissler citado por Toowey (1965) demostraron que pueden ser utilizados con éxito, para la preparación de soluciones nutritivas, diversos fertilizantes comerciales en lugar de sales químicamente puras; destacándose entre -- otros fertilizantes como utilizables el nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de amonio, sulfato de potasio magnésiano, superfosfato y urea.

Como ya sabemos, una solución nutritiva debe contener todos los elementos necesarios para el crecimiento y desarrollo de -- las plantas en las debidas condiciones y en las dosis convenientes.

Pero existen diferencias con respecto a la relación óptima de los diversos elementos, según las distintas especies vegetales, que deben tenerse muy en cuenta; este equilibrio óptimo nutricional, depende de las cantidades de fertilizantes y de los demás factores del crecimiento. Así pues una solución universal no podrá nunca satisfacer las necesidades de las distintas especies.

Para alcanzar un alto rendimiento y una correcta calidad de berán variarse las soluciones nutritivas según las correspondientes necesidades, no siendo fácil a menudo el poder determinar las proporciones adecuadas para cada uno de los cultivos en particular, de lo cual dependen de un conjunto de factores, entre los que destacan: la parte de la planta que se va a cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua y el -

estado de desarrollo de la planta (Penningsfeld, 1975).

Definitivamente el uso de una solución nutritiva determina da deberá estar superditada a una gran cantidad de factores.

Solamente se debe pensar en tratar de usar o en todo caso formular una solución nutritiva considerando la disponibilidad de los elementos que la conforman en la región, la solubilidad de estos y su calidad en general.

2.2.1. Importancia de la solución nutritiva.

La tierra resulta ser un medio complejo que incluye minera les más o menos solubles, según el grado de acidez y humedad am biente, sustancias orgánicas, microorganismos, etc., pero que no todas sirven a las plantas. Además, estos elementos no es-- tán en las proporciones adecuadas y suelen ser inconvenientes.

Por el contrario, es siempre posible establecer la composi-- ción de una solución artificial con un rigorismo tan grande como lo exigen las condiciones ideales de nutrición y desarrollo de las plantas.

Estudiando científicamente que es lo que más y mejor con-- viene a las plantas, fácil a resultado ofrecerles, prescindiendo de la tierra, la relación alimenticia que en un ambiente hidro-- pónico absorberán con un mínimo de esfuerzo, sin necesidad de -- que sus raíces se extiendan largamente, como lo hacen en el sue lo, cuando agotando el contenido de sustancias alimenticias de un área inmediata, debe esforzarse en la penetración de áreas -- cada vez más alejadas, todo lo cual implica un gasto de energía

que la planta economiza y que podrá destinar a superar su desarrollo si se le ofrece el habitáculo hidropónico (Hwnterwal, -- 1979, Penningsfeid, 1975 y Tuner, 1968).

2.2.2. Aplicación de la solución nutritiva.

Los principales factores para determinar la cantidad de solución nutritiva a aplicar son: el tamaño y clase de planta y - las condiciones climáticas. Por lo general, las plantas gran--des requieren menos nutrientes que las pequeñas un tiempo frío y nublado reduce el consumo de agua y nutrientes. También se debe tener en cuenta el tipo y la concentración de la solución; - soluciones con bajos niveles de nitratos se deben aplicar más - seguido que las que tienen niveles más altos; las soluciones diluidas deben aplicarse más frecuentemente que las concentradas, etc. (Sánchez, 1981 y Tuner, 1968).

Existen diferentes métodos para la aplicación o irrigación de la solución nutritiva. La más sencilla y económica es la -- irrigación superficial, esta consiste en aplicar la solución nutritiva directamente a la superficie del agregado. La mayoría de estos diseños operan sin reutilizar la solución; con ello se obtiene la ventaja de que no se requiere de recipientes o camas impermeables, ni de un tanque para recibir la solución drenada, ni tampoco de una bomba; estas características permiten que los costos de instalación sean más bajos y se utilice más mano de - obra.

El principal problema a resolver en el método de irriga--ción superficial, consiste en saber con que frecuencia debe ---

aplicarse la solución nutritiva. Los parámetros indicativos para la frecuencia de los riegos son: los factores climáticos, el tamaño y absorbencia de las partículas del sustrato y de la concentración de la solución nutritiva (Sánchez, 1981 y Hwnterwal, 1979).

2.2.3. Equilibrio entre el nitrógeno y el potasio.

Desde los principios del cultivo en soluciones nutritivas se presentaron dificultades para obtener el debido ajuste de las soluciones.

Pronto se apareció la necesidad de poner más potasio y menos nitrógeno en la solución, a medida que avanzaba la estación invernal. Se comprobó también que la adición de potasio contra restaba en cierto grado los efectos de un exceso de nitrógeno en la solución. Se comprobó así mismo que cuando se sucedían varios días consecutivos de luz intensa, las plantas absorbían mucho más nitrógeno, llegándose a la conclusión de que existía una relación definida entre la cantidad e intensidad de luz solar y la cantidad de nitrógeno requerida por las plantas (Too-wey, 1965 y Tuner, 1968).

El hecho de que las plantas estén absorbiendo un exceso de nitrógeno, se aprecia por una blandura y debilidad de los tallos. Por el contrario, si se está empleando demasiado potasio, el follaje y los tallos viejos se hacen quebradizos. La dificultad está en establecer el debido equilibrio entre el nitrógeno y el potasio. No se sabe hasta que punto esa fragilidad que se presenta con el exceso de potasio dependa del exceso o de -

la deficiencia de nitrógeno (Tuner, 1968).

El equilibrio mencionado no quiere decir que deba mantenerse en todo tiempo una relación de uno a uno o de tres a uno. -- Significa que los efectos del nitrógeno y el potasio se contrastan, y que debe mantenerse la debida relación entre ellos. Esta relación varía con la cantidad y calidad de luz que disponga la planta.

En diferentes experimentos se hicieron análisis frecuentes de una solución, durante el verano, mostraron que en una semana las plantas absorben la tercera parte de nitrógeno. Sin que -- aparezcan nitratos en las hojas. Esto prueba que el nitrógeno no se está almacenando en las hojas. Durante los días oscuros del invierno, si se conserva la solución nutritiva en una concentración de 100 ppm de nitrógeno, solo extraeran las plantas de la solución cantidades muy pequeñas de este elemento. En cambio, si se mantiene la concentración de potasio durante el mismo período de invierno en 450 ppm, se comprobó que es absorbida en una semana la cuarta parte de dicho elemento. Estos resultados se representan en la Figura 1 y 2.

Por lo tanto la solución debe contener unos 400 ppm de nitrógeno y solo 85 ppm de K, en verano; en invierno la concentración de nitrógeno debe variar de 100 a 150 ppm y la de potasio debe ser de 400 a 600 ppm; esta última en los días más oscuros (Tuner, 1968).

En la Figura 1, la línea llena indica las partes por millón de nitrógeno en la solución; la línea de trazos representa

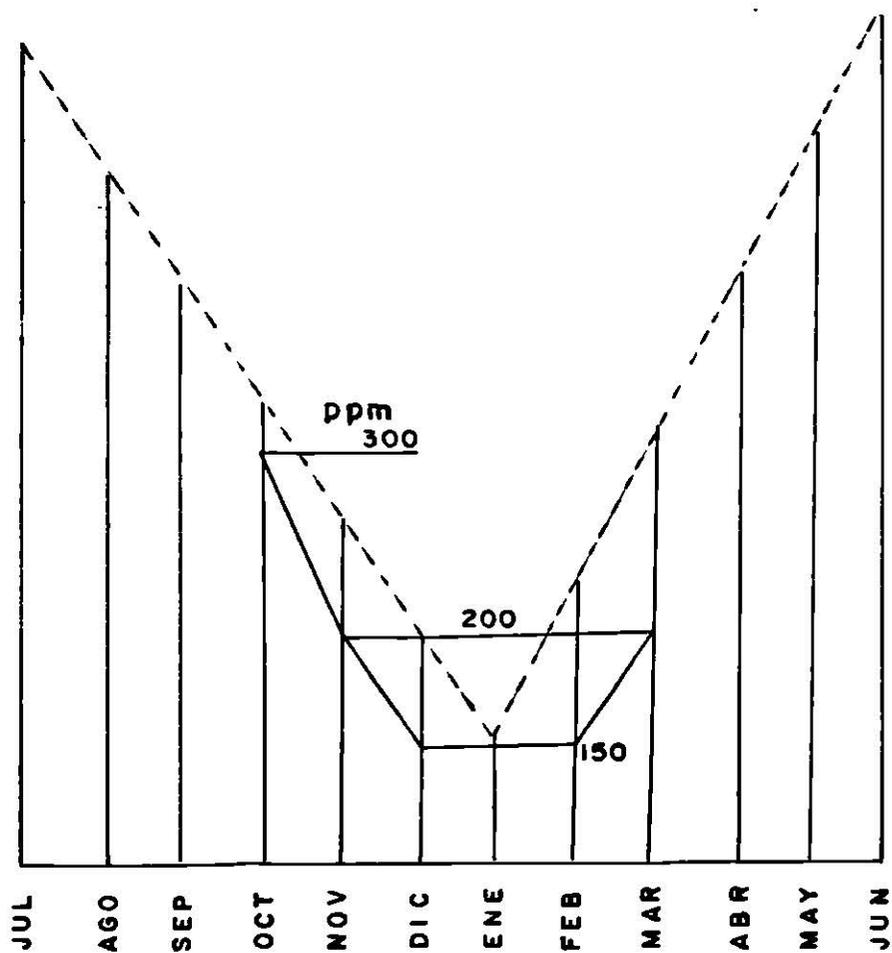


Figura 1. Concentración de nitrógeno, tomada de Tuner (1968).

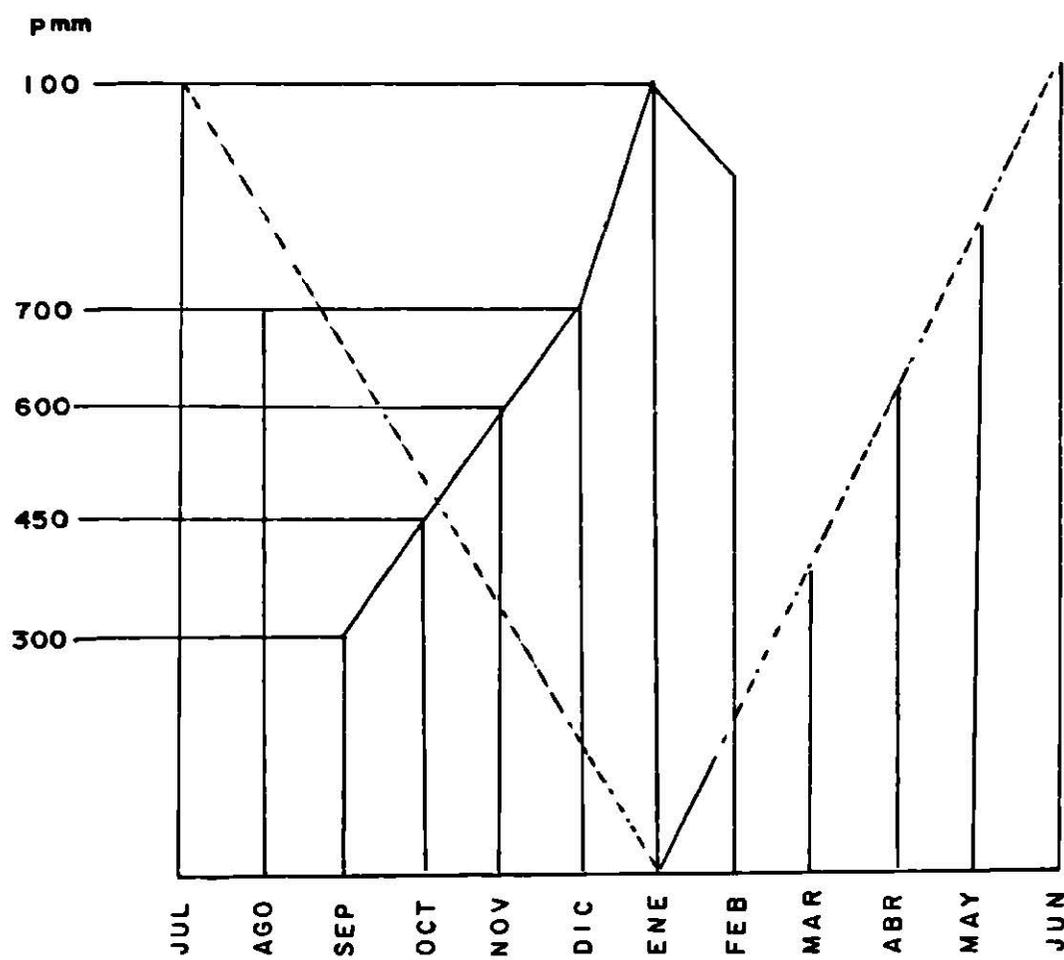


Figura 2. Concentración de Potasio, tomada de Tuner (1968).

el número de horas luz, desde el máximo teórico de quince horas, al principio del verano hasta el mínimo de nueve horas al principio del invierno. La curva de nitrógeno se adapta a la del número de horas luz. Para determinar las partes por millón que debe contener la solución en cualquier época del año, se elige el mes en cuestión, se sigue línea vertical hasta que corte a la línea llena de la gráfica, se lee en la línea horizontal que pasa por ese punto la cantidad mencionada.

(Los tomates se pusieron en septiembre y se recogieron en febrero) (Tuner, 1968).

En la Figura 2, la línea llena indica las partes por millón de potasio en la solución; la línea de trazos representa el número de horas luz solar, desde el máximo teórico de quince horas al principio del verano hasta el mínimo de nueve horas al principio del invierno. La curva de potasio es opuesta a la del número de días luz. La concentración máxima corresponde a los días más cortos (Tuner, 1968).

2.2.4. Acidez y alcalinidad de las soluciones nutritivas.

Está comprobado que la acidez o alcalinidad de la solución empleada tiene gran influencia en los resultados y que si bien al adoptar una de las fórmulas, se sobreentiende que prácticamente queda asegurado el punto aproximado de acidez o alcalinidad más conveniente (Hwnterwal, 1979).

Por lo tanto es necesario un frecuente control del valor del pH, ya que cambios bruscos de la concentración de iones hi-

drógeno podrá producir fuertes daños en las plantas, y por el contrario, reacciones neutras o ligeramente alcalinas suelen inmovilizar el fósforo, fierro, boro y manganeso, lo cual suele dar motivo a las carencias correspondientes (Penningsfeld, 1975).

Las soluciones con pH menor que 4 o mayor que 9, no deben emplearse para la producción vegetal, porque las primeras son demasiado ácidas y las segundas demasiado alcalinas (Hwnterwal, 1979 y Tuner, 1968).

La mayoría de las plantas prefieren cierto grado muy atenuado de acidez; muy pocas toleran la alcalinidad; generalmente el valor óptimo de pH se encuentra entre 5.5 y 6.5 es decir ligeramente ácida (Hwnterwal, 1979, Penningsfeld, 1975 y Tuner, 1968).

Cuando se ha comprobado que una solución es muy alcalina, puede obtenerse el punto deseado agregando unas gotas de cualquiera de estos ácidos: sulfúrico, fosfórico, nítrico o cítrico, preferentemente diluidos en una solución de agua al 10 o 20%. Por el contrario, para combatir el exceso de ácido en la solución, se incorpora a esta solución que puede ser de carbonato de sodio o de hidróxido de sodio. En ambos casos se proveerá por tanteo y controlando cuidadosamente para no excederse (Hwnterwal, 1979).

A continuación se da una lista de plantas indicando la acidez más conveniente para cada una de ellas, tomada de Tuner --- (1968).

pH 4.5	pH 5.6	pH 6.7
Papa	Frijol. melón	Tomate
Gardenia	Sandía, crisantemo	chicharo dulce

2.3. Cultivo Hidropónico en Agregados

2.3.1. Características generales.

De acuerdo con Harris citado por Messiaen (1979) y Sánchez (1981), este sistema de cultivo hidropónico comprende todos aquellos métodos en los que las plantas crecen en un sustrato -- con propiedades de retención de humedad (arena, estiércol seco, perlita, vermiculita, aserrín, entre otros).

El cultivo en agregado es el sistema más simple de cultivo hidropónico. Las raíces se desarrollan y crecen en un medio inerte, generalmente con partículas de tamaño pequeño y capacidad de retención de humedad (Penningsfeld, 1975 y Sánchez, 1981).

El sustrato en el que las raíces crecen debe ser lo suficientemente fino para mantener un adecuado nivel de humedad; pero a la vez no tan fino que interfiera con un eficiente aereación. La circulación del aire tiene lugar a través de las partículas del agregado en forma semejante al suelo (Sánchez, ---- 1981).

2.3.2. Ventajas y desventajas del cultivo en agregados.

El cultivo en agregados es el sistema más simple de cultivo, por lo tanto presenta una serie de ventajas ante los otros sistemas hidropónicos.

- 1.- Es el sistema que menos conocimiento técnico y experiencia previa requiere para poder ser practicado con éxito; los resultados son iguales en promedio a los obtenidos con --- otros sistemas de cultivo hidropónico.
- 2.- Gran ahorro en la inversión inicial; aunque hay métodos de cultivo en agregados cuyos costos de instalación son elevados, en general es el sistema hidropónico más barato, ya que requiere equipo menos caro y menos instalaciones.
- 3.- La arena es uno de los sustratos más fáciles de conseguir.
- 4.- La absorción de los agregados permite métodos de riego a base de capilaridad (Sánchez, 1981).
- 5.- No requiere la necesidad de tutorar cada planta para darles el sostén, que no pueden procurar las raíces en un medio totalmente líquido. Los agregados sustituyen a la tierra permitiendo a las plantas fijarse en él convenientemente. La planta se enraiza en el material empleado y se apoya sensiblemente como si fuera en la tierra, aunque no con tanta firmeza como en esta.
- 6.- El aire atmosférico penetra en el material de sosten o --- agregado como en la tierra en las condiciones naturales facilitando así la presencia del oxígeno. Con esto no hay necesidad de aerar frecuentemente la solución nutritiva (Hwnterwal, 1979).
- 7.- Se puede obtener una porosidad óptima para el material de sostén o agregado, mezclando de forma apropiada los materiales compactos con otros porosos y de granulos gruesos; también se pueden obtener los mismos resultados utilizando

materias orgánicas (Penningsfeld, 1975).

No obstante de ser un sistema de cultivo hidropónico simple presenta las siguientes desventajas:

- 1.- En regiones lluviosas hay tendencia al anegamiento cuando se trabaja al aire libre debido a la absorbencia de los -- agregados; no obstante, si el drenaje es eficiente y se -- controla adecuadamente el suministro de la solución, el -- problema no es muy serio.
- 2.- En aquellos métodos donde no se recircula la solución hay un mayor gasto de fertilizantes y agua.
- 3.- Algunos métodos requieren más mano de obra que para otras categorías de cultivo hidropónico.
- 4.- No existe un control tan estricto de los elementos nutritivos debido a que ocurre una paulatina acumulación de los -- mismos en el agregado (Sánchez, 1981).

2.3.3. Siembra en agregados.

En los agregados, las semillas se siembran tal como en el suelo. La profundidad es la misma o quizá ligeramente mayor -- que en el suelo.

Se considera que la arena, perlita, vermiculita y aserrín, son ideales como enraizadores y para semilleros debido a un mejor control de la humedad y de la nutrición (Sánchez, 1981).

En cuanto a la densidad de plantas, existen una infinidad -- de criterios y opiniones a cerca de este punto y, en realidad, -- lo mejor es que para cada caso particular se establezca un va-- -- lor óptimo.

Ellis y Swaney citados por García (1982), mencionan al respecto que la densidad en invernaderos hidropónicos es mucho mayor comparada a la que se utiliza en los invernaderos que emplean suelo, ya que en los primeros se tiene un control nutricional que elimina por completo el fenómeno de la "competencia". Además existe un control ambiental que permite el mejor desarrollo de un mayor número de plantas por unidad de área. Hablando en términos generales, se puede sembrar a un 20% más cerca que bajo cultivo en suelo; el factor que impide una mayor densidad es la luz.

Harris, citado por García (1982) menciona que, para el caso de la producción en hidroponia, una densidad de 29,652 a 39,536 plantas de tomate por hectárea, que en números redondos equivale a una superficie de 0.26 a 0.33 metros cuadrados por planta, esto significa un espaciamiento de 35.56 por 55.88 centímetros entre plantas y entre hileras.

En México, el Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego, ha encontrado en sus investigaciones de cultivos hidropónicos con tomate, que una distancia entre plantas e hileras de 30 por 30 centímetros que equivale a una densidad de 8 plantas por metro cuadrado es bastante adecuada (Martínez, 1979).

2.3.4. Condiciones adecuadas para el material de sostén.

Para que el material de sostén sea apropiado para establecer un sistema de cultivo hidropónico en agregado, debe reunir las siguientes características:

- a) No reaccionar con la solución, lo que elimina a los materiales calcáreos y hace adoptar las arenas y pedregullos silíceos.
- b) Para los sistemas de sub-irrigación, a nivel constante o no, debe poseer diámetros de porosidad suficiente para permitir simultáneamente la fácil impregnación y corrimiento del líquido.
- c) Para los cultivos en sub-irrigación ordinaria debe retener bastante solución para evitar el secamiento de las raíces durante los periodos de drenaje.
- d) No debe presentar aristas agudas para evitar que las raíces se lastimen al hacer los repicados (Hwnterwal, 1979).

2.3.5. Arena como elemento de sostén.

Para que las plantas al desarrollarse encuentren sosten, pudiendo sus raíces fijarse sin desplazarse, es conveniente utilizar algún elemento neutro de suficiente consistencia. A este efecto se emplea arena, canto rodado, perlita, vermiculita, u otras sustancias similares (Hwnterwal, 1979).

Considerando que la arena es uno de los sustratos más fáciles de conseguir nos abocaremos a esta.

Se considera como arena, todo material inorgánico natural cuyo diámetro quede comprendido entre 0.2 y 2.5 mm.

El diámetro de las partículas de arena más adecuado para la hidroponia depende de varios factores como: tipo de clima, método de cultivo, etc.; pero en general varía entre 0.5 y 2.5-

mm ya que una arena más fina interferiría con aereación y drenaje adecuados y una más gruesa pasaría a la categoría de cultivo en grava (Sánchez, 1981).

La arena no es aquí un sustituto de la tierra, como que no contiene los elementos nutritivos naturales de esta. La arena es un material inerte, neutro, al que se le recurre en hidroponia con la única finalidad antes señalada.

No todos los tipos de arena sirven a nuestro objetivo, en primer término, la arena debe estar libre de cualquier elemento químico tóxico sin excluir la sal. Por lo tanto no sirve la arena de la costa oceánica. Tampoco sirve la arena de ríos y arroyos donde aparecen mezcladas aguas impuras debidas a desechos y desperdicios de la industria que comunmente contienen elementos químicos inconvenientes para la vida vegetal (Hwnterwal, 1979).

Tampoco son convenientes las arenas con alto contenido de cal (más del 20%) presentan la desventaja de fijar el fósforo y elevar el pH de la solución nutritiva afectando el desarrollo de las plantas (Sánchez, 1981).

Según Ellis y Swaney, citados por Penningsfeld (1975), la arena corriente de río es utilizable cuando su contenido en cal es inferior al 20%; como ya se dijo, las arenas ricas en cal no son recomendables por su capacidad para motivar cambios en las soluciones nutritivas.

La arena común, empleada habitualmente en las construcciones, obtenida de lagunas, ríos y arroyos de agua dulce y en las

condiciones ya señaladas, es preferentemente apta para la hidroponia (Hwnterwal, 1979).

Antes de emplear la arena es conveniente hacer una prueba para determinar si posee o no material calcáreo; esta consiste en colocar una cucharada de arena en un vaso y añadir un volumen suficiente de ácido clorhídrico 0.1 N como para cubrirla. Si cuando se añade el ácido se produce una efervescencia, la arena tendrá material calizo, y entre más violeta es la reacción - más calcarea es la arena; si no hay reacción la arena no tendrá material calcareo.

Si no se cuenta más que con arena caliza y si el material calcáreo no excede el 50% la arena podrá ser utilizada si se efectua un tratamiento de lavado para eliminar al máximo el material calcáreo (Sánchez, 1981).

2.3.6. Lavado de la arena.

Antes de emplear la arena como material de sosten es prudente lavarla dejando correr agua en el recipiente que la contenga (Hwnterwal, 1979).

Si la arena es caliza y el material calcareo no excede del 50% la arena podrá ser utilizada si se efectua el siguiente tratamiento:

Se lava la arena con una solución concentrada de superfosfato (aproximadamente 200 ppm) durante 24 horas con el objeto de inactivar la caliza para evitar que reaccione con la solución nutritiva durante algunos meses. Después de 24 horas, se

llena una jarra hasta la mitad con muestra de la arena y se aña de agua destilada hasta llenar la jarra; se deja así varias horas y luego se toma al pH del agua, si el valor del pH es de 7- o menos ya no hay necesidad de otro lavado (Hwnterwal, 1979 y - Sánchez, 1981).

Una vez establecido el cultivo, es necesario lavar la arena periódicamente para prevenir la excesiva acumulación de salaes en la misma y en la base del tallo de las plantas. Se sugiere que la arena sea lavada con abundante agua una vez a la - semana, o al menos cada quince días; sin embargo, esta práctica conduce a un injustificado desperdicio de agua, nutrientes y labaor. El análisis de la arena mediante técnicas comunes de análisis de suelo es el mejor sistema de checar la acumulación de sales (Sánchez, 1981).

2.4. Factores Ecológicos

2.4.1. Temperatura.

La temperatura media mensual óptima para obtener una buena producción en el cultivo del tomate, debe de estar comprendida entre 16° y 27°C; con temperaturas medias mensuales más elevadas o más bajas que estas, la planta de tomate no desarrollo bien - su vegetación e incluso, puede verse seriamente perjudicada si se extreman mucho tales medidas.

La temperatura óptima ideal para el desarrollo vegetativo de este cultivo es de 18° a 24°C (Serrano, 1978).

Con temperaturas superiores a 35°C si la humedad relativa-

es escasa, ocasiona un exceso de actividad transpiratoria, provocando deshidratación a las plantas; con esas mismas temperaturas y una humedad relativa alta no llegará la deshidratación, pero si las plantas están en floración se dificulta la fecundación. Si la temperatura es demasiado elevada se produce polen estéril y pobres inflorescencias (Meyer, 1972; Serrano, 1978 y Toowey, 1965).

Por otra parte, las temperaturas altas a menudo producen alternaciones metabólicas en detrimento de las plantas. Cuando aumenta la temperatura, el aumento de la fotosíntesis diaria de un individuo no consigue ponerse a tono con el aumento de su respiración diaria. Por consiguiente, las temperaturas relativamente altas pueden ocasionar frecuentemente un subdesarrollo de las plantas, puesto que en la respiración se consume una cantidad desproporcionada de las sustancias nutritivas elaboradas (Meyer, 1972).

Por el contrario, cuando las temperaturas máximas oscilan alrededor de los 10°C no se producirá polen de buena clase ni las flores adecuadas. Si ya se han formado los frutos, estos no tomarán el color rojo, quedándose en tonalidades amarillo-anaranjadas (Serrano, 1978).

Estas bajas temperaturas (alrededor de los 10°C) influyen en el número y precocidad de los frutos, además de una malformación de estos, ya que se puede originar la producción de un elevado número de frutos multiloculares defectuosos, sobre todo en las variedades que naturalmente producen frutos de gran tamaño (Toowey, 1965).

Muchos horticultores dedicados a la obtención de cosechas tempranas, siembran en octubre y noviembre, estimándose que las temperaturas de 15-13°C, según las condiciones atmosféricas pre_uvalecientes, mantenida hasta mediados de enero dan por lo general buenos resultados. Pero desde mediados de enero en adelante, son beneficiosas más altas temperaturas nocturnas, siempre que la cantidad de luz recibida por la planta sea la adecuada. Las mejoras que se han observado son mayor peso de los frutos tempranos y superior calidad para la categorización por la forma (Toowey, 1965).

2.4.2. Termoperíodo.

Se ha comprobado que las plantas de tomate responden con gran sensibilidad a las variaciones de temperatura y que el aumento o la disminución de unos cuantos grados en la temperatura nocturna afectan de manera sustancial a la calidad del fruto, su carácter más o menos temprano y el volumen total de la cosecha. A esta variación de la temperatura diurna y nocturna es llamada generalmente termoperíodo diurno y termoperíodo nocturno respectivamente (Toowey, 1965).

Hudson (1967), comprobó que una temperatura constante día y noche, comparada con una temperatura diurna elevada y a una temperatura nocturna baja, conduce a un crecimiento menor, con prolongación del tallo y análogo desarrollo del fruto. El óptimo durante el día es de 26.5°C y durante el período nocturno es de 13°C a 18°C a medida que las plantas se desarrollan.

Meyer (1972), con resultados similares dice que una alteración diaria entre temperaturas nocturnas relativamente frías y temperaturas diurnas moderadamente altas, dará por lo general una ganancia neta de material fotosintetizado mayor que si las temperaturas nocturnas fueran también relativamente altas.

Una baja ganancia diaria neta de material fotosintetizado no solo retardará la acumulación de sustancias nutritivas, sino que también disminuirá la asimilación y el crecimiento de las plantas.

Por otra parte, Messiaen (1979), encontró que las plantas de tomate adultas presentan un crecimiento más rápido y una floración más abundante cuando hay una diferencia de 10 a 12 grados entre la temperatura de la noche y la del día. Una alterancia entre 16 y 28 grados es mucho más favorable que una temperatura constante de 22°, o lo que es peor aún de 28°C.

Edmond (1967), publicó los óptimos para la variación de temperatura diurna y nocturna. La temperatura nocturna óptima para tomate y en general para todas las plantas de temporada cálida, es de 15.5-24°C y la temperatura diurna puede ser de 5.5 a 11°C más elevada.

Por otro lado, Calvert (1980), encontró en sus investigaciones, que en los meses de invierno debe procurarse el mantenimiento de una temperatura de 10°C en la noche y de 15.6°C en el día.

Como una explicación de la termoperiodicidad diurna, Went -- citado por Hudson (1967), ha indicado que la transformación de-

la azúcar disminuye a temperaturas elevadas y aumenta a medida que la temperatura desciende. Otros creen que la respiración es relativamente muy elevada con temperaturas nocturnas elevadas, Verkent citado por Hernández (1967).

En otras investigaciones para explicar el termoperíodo se encontró que temperaturas nocturnas arriba de la variación óptima; la fotosíntesis se mantiene en un nivel elevado, pero la respiración aumenta notablemente. Como resultado, la cantidad de carbohidratos utilizable para el crecimiento y rendimiento de cualquier planta dada llega a ser cada vez menor. Así pues, cuando más elevada es la temperatura nocturna por arriba de la variación óptima, menores serán los rendimientos (Edmond, 1967).

Por otro lado, en experimentos realizados con plantas de tomate a temperaturas permanentes de 13°, 21° y 35°C. Se encontró que en las dos primeras temperaturas, las plantas sobrevivieron, se desarrollaron y acumularon carbohidratos, lo que indicaba que en estos casos la fotosíntesis diaria excedía a la respiración diaria. En cambio, a 25°C, el contenido en carbohidratos de la planta disminuía rápidamente, indicando que la respiración total diaria excedía de la fotosíntesis total, diaria, y muchas de estas plantas morían a plazo relativamente corto (Meyer, 1972).

Estas variaciones óptimas de temperatura solamente se obtendrán cuando las condiciones ambientales sean favorables para éstas, o bien, si el cultivo se realiza en un invernadero con sistema de control de temperatura.

2.4.3. Luz.

Se ha comprobado que, en condiciones estándar de cultivo, el rendimiento de tomates depende de la insolación habida durante el período de abril a septiembre. En investigaciones se ha demostrado que la luz solar de pobre intensidad y escasa duración que llega a los invernaderos es el factor que más limita el crecimiento de las tomateras durante el período de octubre a febrero. Una buena iluminación invernal es de fundamental importancia para el satisfactorio desarrollo de las tomateras jóvenes destinadas a una plantación temprana (Toowey, 1965).

En opinión de otros autores, dicen que el empleo de luz artificial es bastante factible durante los meses de invierno y en los períodos de baja insolación, pero esta suplementación de luz artificial es generalmente impráctica en términos económicos (Calvert, 1980 y García, 1982).

Sin embargo, las bajas radiaciones pueden causar desórdenes fisiológicos.

Sagi (1980), reporta que una baja radiación solar causa una excesiva elongación del estilo y un anormal desarrollo de varias partes florales; se reduce la cantidad de polen viable, se disminuye la fecundación, se causa la caída de las flores y se reduce el amarre de fruto. Por el contrario, una alta intensidad solar incrementa la precocidad y el rendimiento.

Meyer (1972), menciona que muchas especies, las irradiaciones relativamente altas producen entrenudos más cortos, plantas de estatura más baja y de hojas más chicas, pero con un peso se

co, tamaño del sistema radical y producción de flores y frutos mayor que en el caso de irradiaciones más débiles.

Con respecto a los frutos, cuando estos están expuestos a la luz, tienen más ácido ascórbico, sustancias sólidas y azúcares, que los que se desarrollan en la sombra. Pero si la luz es muy intensa baja el contenido de carotenoides, en particular cuando la temperatura es elevada. El contenido de vitamina C aumenta con la edad de la planta independientemente del fotoperíodo (Sarli, 1975).

Los efectos de la intensidad de luz en el crecimiento de las plantas ha sido objeto de numerosos experimentos Edmond, reporta un estudio hecho en la estación experimental de Muchigan con tomate Gran Rapids, una variedad de fortalecimiento adaptada al cultivo de invernadero. Las plantas se cultivaron en un invernadero desde febrero hasta junio, y al iniciar la prueba se dividieron en 3 grupos: el primero se mantuvo a pleno sol, el segundo bajo una capa de tela de algodón que admitía 50.4% de luz y el tercero bajo dos capas de la misma tela que admitió 25.0% de luz. Se observó que las plantas en plena luz tuvieron mayor contenido de clorofila y produjeron mayor rendimiento que las que estuvieron bajo una capa de tela y estas a su vez obtuvieron mayor contenido de clorofila y mayores rendimientos que las que se encontraron bajo dos capas (Edmond, 1967).

Por el contrario, en otros estudios sobre el efecto del -- exceso de intensidad lumínica en el rendimiento de tomate, se experimentó con 3 niveles de intensidad luminosa que se obtuvie

ron cultivando las plantas en pleno sol, bajo nylon y bajo muse lina sin blanquear. Se observó que el rendimiento de las plantas en pleno sol es relativamente bajo.

Existen tres explicaciones con respecto a los rendimientos bajos en excesivas intensidades luminosas.

- a) En ciertas plantas, el exceso de luz reduce el contenido de clorofila y las hojas se vuelven verde-amarillentas. Como resultado, el grado de absorción de la luz es bajo y la foto síntesis es correspondientemente baja.
- b) La excesiva intensidad luminosa aumenta notablemente la temperatura de las hojas. Esto induce a una elevada transpiración y la absorción de agua no conserva la misma proporción. Así pues la fotosíntesis se retarda mientras que la respiración continua, y la provisión de carbohidratos aprovechables para el crecimiento y desarrollo es baja.
- c) El exceso de luz aumenta la temperatura de las hojas, esto, en cambio, inactiva el sistema enzimático que convierte los azúcares en almidón. Como resultado, los azúcares se acumulan y, de acuerdo con la ley de las masas, la fotosíntesis se retarda (Edmond, 1967).

2.4.3.1. Interacción entre luz y temperatura.

La interacción de la luz y la temperatura en el tomate ha sido estudiada por Went y más tarde por Verkerk, ambos citados por Hudson (1967). El último determinó que la luz de baja intensidad tiene relativamente el mismo efecto que la temperatura

elevada, produciendo tallos más delgados, color de hojas más -- claro, ramos menores con menos capullos y frutos más pequeños - con menos almidón y azúcar. El balanza entre el crecimiento reproductivo y vegetativo varía hacia el lado vegetativo.

Una comparación entre dos intensidades de luz con combinaciones diferentes de temperaturas mostraron que la longitud del tallo no queda muy influida por la intensidad de la luz, y lo mismo ocurre con el peso de la hoja; por el contrario, el peso-seco total, el área de la hoja, la robustez del tallo (peso del tallo dividido por la longitud) y peso fresco del primer ramo - de frutos son más reducidos a menor intensidad de la luz, siendo la reducción diferente a distintas temperaturas (Hudson, --- 1967).

2.4.4. Fertilización carbónica (CO₂).

Además de los dos grandes factores del clima, temperaura y luz. El invernadero posibilita el control de la humedad relativa, y sobre todo, el control de la concentración de CO₂ en la atmósfera. A menudo la fotosíntesis, que es el proceso fundamental para la vida y producción del vegetal, está limitada por la concentración del CO₂ en la atmósfera que es de 0.03%; Mo---lich, a principios del siglo, ya había demostrado que la fertilización que más eleva el rendimiento es la fertilización con CO₂ en invernadero (Edmond, 1967; Meyer, 1972 y Rojas, 1972).

El contenido natural de CO₂ en el ambiente del invernadero suele ser en muchas ocasiones insuficiente para alcanzar una --

elevada asimilación y crecimiento. Ocurre esto principalmente en plantas con mucho follaje y de rápido crecimiento, cuando -- los meses de invierno no es posible aerear suficientemente el -- invernadero (Penningsfeld, 1975).

En general, por lo menos durante períodos cortos, un aumento en la concentración del dióxido de carbono atmosférico con-- cuerda con un aumento en la actividad fotosintética, hasta que-- otro factor, frecuentemente la luz, resulte limitante.

Por lo tanto, de no existir otro factor limitante, la actividad fotosintética aumenta en la mayor parte de las especies,-- por lo menos durante un momento, cuando se produce un aumento -- en la concentración de dióxido de carbono no menos de 15 a 20 -- veces la concentración usual. Concretaciones relativamente altas, en general, retardan la fotosíntesis (Meyer, 1972).

En experimentos con tomate donde se aumentaron las concen-- traciones de dióxido de carbono mostraron aumentos significati-- vos en el crecimiento. En general, los aumentos en la concen-- tración de dióxido de carbono de 0.03% a 0.3% en volumen aumen-- taron el grado de fotosíntesis hasta que algún otro factor lle-- gó a ser limitante del crecimiento (Edmond, 1967 y Meyer, 1972).

2.4.5. Humedad ambiente.

Todas las plantas, en el acto de la transpiración, pierden agua a través de sus hojas. Esta pérdida es efectuada directa-- mente por la humedad relativa de la atmósfera y, por esto, el -- control de este factor ambiental en un invernadero es muy impor--

tante (García, 1982).

La humedad relativa de la atmósfera del invernadero tiene gran influencia en el desarrollo vegetativo de la planta del tomate; es un vegetal que no admite demasiada humedad en el ambiente. La humedad relativa óptima está comprendida entre 50 y 60% (Serrano, 1978).

Es de gran importancia el sostenimiento de una humedad ambiental óptima, puesto que esta ejerce una influencia directa en el trabajo que desempeñan los estomas. En caso de no existir suficiente humedad ambiente no sería posible la absorción de CO_2 y, por lo tanto, no tendría lugar la asimilación (Penningsfeld, 1975).

Ellis y Swaney citados por García (1982), indican que una baja humedad relativa de la atmósfera conduce a un difícil crecimiento de las plantas, las cuales se muestran más duras y secas debido a las grandes pérdidas de agua que el bajo contenido de humedad ambiental ocasiona.

Por el contrario, una excesiva humedad en el ambiente del invernadero produce corrimiento del fruto por mala fecundación de las flores, en el caso de que no se utilicen hormonas. Esto se debe a que los granos de polen se aglutinan y al caer en el estigma de la flor no puede llegar a fecundar los óvulos de la misma. En ambientes húmedos aumenta también el peligro de aparición de enfermedades. (Anónimo, 1980 y Hernández, 1981).

En ambos casos, la calidad del producto a obtener se ve enormemente mermada.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del Experimento

El presente trabajo se llevó a cabo en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en Marín, N.L. localizado a la altura del km. 17 de la carretera Zuazua-Marín, corresponde a los 25°53' latitud norte y 100°03' longitud oeste del Meridiano de Greenwich con una elevación de 367 msnm. Realizado durante el período de octubre 1987 a junio de 1988.

Las temperaturas medias mensuales dentro del invernadero, que se presentaron durante el ciclo de cultivo figuran en el Cuadro 1.

3.2. Material Genético

En el experimento se usó semilla de la variedad Floradade y del híbrido Sommer Flavor B. 5000.

3.2.1. Características de la variedad Floradade:

Es una variedad de fructificación abierta para mercado fresco, fué desarrollado por la Universidad de Florida para usarla en suelos infestados de Verticillium. Es de buen rendimiento, su madurez es mediana, tiene un crecimiento medio determinado, la forma del fruto es globular, el tamaño del fruto es medio grande, el color del fruto con el hombro verde, es resistente a Verticillium, Fusarium y Stemphylium y canchros del tallo por Alternaria.

Cuadro 1. Temperaturas mensuales que se registraron en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. durante el desarrollo del experimento.

Mes	Temperatura promedio °C			
	Máxima	Rango	Mínima	Rango
Diciembre	27.8	38	18.1	16
Enero	29.8	35	15	10
Febrero	32.5	38	17.2	13
Marzo	35.3	42	19.6	15
Abril	36.8	45	20.5	15
Mayo	40.7	46	21.2	20
Junio	44.3	48	22.4	20

3.2.2. Características del híbrido Sommer Flavor 5000(Axc5x5):

Plantas que poseen un alto potencial de rendimiento, madurez media, tamaño aproximado de fruto de grande a extragrande, de forma redonda achatada de los polos, es tolerante o resistente a Fusarium, Verticillium y al nemátodo del nudo de la raíz - (Anónimo, 1988).

3.3. Método

3.3.1. Almácigo.

Las semillas de la variedad Floradade se sembraron en charolas de propagación con tierra de hoja previamente esterilizada con vapor de agua; usando un marcador de madera se hicieron hileras cada 10 cm a una profundidad de 1 a 1.5 cm y se sembró a chorrillo, el 15 de octubre.

La semilla del híbrido Sommer Flavor 5000 fueron sembradas en cubos de cartón comprimido el día 21 de octubre. Ambas fueron regadas con Captán 1 g por litro en forma preventiva, para evitar enfermedades, las plántulas se regaron cada 4 días. La emergencia de estas fué a los ocho días de sembradas.

A los 15 días se aclareó y se dejó a las plantas más vigorosas.

3.3.2. Preparación del terreno.

Dentro del invernadero, días antes del transplante, se preparó la cama de siembra con talache y azadón para posteriormente nivelarse. Consistiendo en una mezcla de arena y compost a

una proporción de 70 y 30% respectivamente y con un espesor aproximado de 20 cm, esta mezcla sirvió para dar soporte a las plantas. Sobre esta mezcla se trazaron 5 surcos de 8.5 m de largo y 0.7 m entre surcos, teniéndose una superficie total de 37.7 m².

3.3.3. Transplante.

Se efectuó el día 27 de noviembre de 1987 cuando las plantas alcanzaron de 10 a 15 cm de altura, previamente fueron seleccionadas por su vigor. En una mitad del área se transplantaron 40 plantas del híbrido y en la otra 40 de la variedad, ambas con una separación entre plantas de 0.5 m y entre surcos de 0.7 m.

3.3.4. Riegos.

Los riegos se hicieron con una solución nutritiva de la fórmula estándar para cultivos en grava formulada por Douglas, para aportar elementos mayores, más una solución de elementos menores, adaptada de Ellis y Swaney, ambos citados por Sánchez (1981).

De ésta última se preparó 1 litro y se agregó 1 ml por cada 10 litros de la solución de elementos mayores.

Las sales y fertilizantes usadas para la preparación de las soluciones nutritivas, así como la concentración de cada elemento se muestra en el Cuadro 2.

Los costos aproximados de las sales y fertilizantes y los-

Cuadro 2. Sales y fertilizantes usados en la preparación de las soluciones nutritivas, así como la concentración de cada elemento.

ELEMENTOS MAYORES*	g/1000 litros de agua	Concentración de elementos (ppm)	
Producto			
1.- KNO_3	777	K= 300	N=107.14
2.- NaNO_3	530	N= 92.86	
3.- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	500	S= 65	Mg= 48.6
4.- $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \text{H}_2\text{O}$	406	P= 40	Ca= 51.6

*Fórmula para aportar una concentración de 300 ppm de K y 200ppm de N.

ELEMENTOS MAYORES*	g/1000 litros de agua	Concentración de elementos (ppm)	
Producto			
1.- KNO_3	518	K= 200	N= 71.5
2.- $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	974.4	N= 228.5	
3.- $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	500	S= 65	Mg= 48.6
4.- $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \text{H}_2\text{O}$	406	P= 40	Ca= 51.6

*Fórmula para aportar una concentración de 200 ppm de K y 300 ppm de N.

ELEMENTOS MENORES	g/litro de*	Concentración de elementos (ppm)	
Producto	agua		
1.- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50	1	Fe
2.- $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20	0.5	Mn
3.- H_3BO_4	28	0.5	B
4.- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2	0.05	Cu
5.- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	0.05	Zn

*Para preparar la solución se deben disolver en el orden señalado, agregando 10 ml de H_2SO_4 para evitar la precipitación de elementos metálicos.

El volumen final de solución será de 1 litro.

gramos utilizados para la formulación de la solución nutritiva se muestran en el Cuadro 3.

Los riegos se hicieron directamente en la base de la planta.

La frecuencia de los riegos se controló mediante tensiómetros, los cuales se distribuyeron 3 en el experimento efectuándose el riego cuando estos aumentaron de 30 a 50 centibares, -- con la finalidad de mantener la mezcla arena-compost a capacidad de campo.

Se dieron un total de 21 riegos durante el desarrollo del cultivo, de los cuales 17 fueron con solución nutritiva y 4 con agua del invernadero (ver Cuadro 4 calidad del agua), estos últimos para prevenir la excesiva acumulación de sales en la mezcla de arena-compost y en la base de los tallos de la planta.

De los 17 riegos con solución nutritiva, 9 se efectuaron durante el período de octubre a febrero, en los que se mantuvo una concentración de 200 ppm de nitrógeno y 300 ppm de potasio. De marzo a junio se aumentó la concentración de nitrógeno a 300 ppm y se disminuyó la de potasio a 200 ppm. En este período se efectuaron 8 riegos. Los demás elementos se mantuvieron constantes en todos los riegos.

Del total de riegos con solución nutritiva, en los 5 primeros se prepararon 50 l y 100 l en los 12 restantes.

El volumen total aproximado de agua utilizado en el experimento fué de 3850 litros.

Cuadro 3. Costo aproximado de las sales y fertilizantes y gramos utilizados en la formulación de las soluciones nutritivas.

Producto	Gramos gastados durante el experimento	Costo aproximado por kg de producto*
KNO_3	919.9	\$ 1850
NaNO_3	344	193.5
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	1412.8	239.5
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	725	770
$\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	588.7	288.5
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	50	690
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20	2500
H_3BO_4	28	3670
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	2	3800
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2	1800

*Tomados al 15 de Abril de 1989.
Fuente: Casa Holck y Fertimex

3.3.5. Tutorado.

Cuando las plantas alcanzaron una altura de 20-30 cm fueron tutoradas con el sistema de espalderas, que consisten en una estructura vertical, utilizándose varas o estacas de 2 m de longitud aproximadamente y alambre galvanizado. Se utilizaron 5 líneas a una distancia de 0.2-0.3 m una de la otra a partir del suelo, estos sirvieron para detener los tallos evitando el contacto de los frutos con el suelo facilitando mayor control sanitario.

3.3.6. Poda.

A los 60 días se eliminaron los tallos laterales que se forman a partir de las yemas axilares de las hojas, dejándose 2 tallos principales. Estas se hicieron por la mañana para que la herida cicatrizara más pronto. La poda facilitó el guiado o acomodo en el sistema de tutoraje.

3.3.7. Plagas y enfermedades.

Las principales plagas detectadas fueron el pulgón Myzus persicae y la mosca blanca Trialeurodes vaporariorum, presentándose a finales del mes de abril, para el control de estas plagas se hicieron aplicaciones de diazinón 25% i.a. (0.0 dietil-0-(2 isopropil-6 metil 4-pirimidil-fosforotioato)% en peso 250) a una dosis de 2 cc/l, pero estas plagas no se controlaron totalmente, ya que las condiciones ambientales que se presentaron en el invernadero favorecían su rápida proliferación.

Cuadro 4. Calidad del agua de riego utilizada en el experimento*.

Análisis	Datos	Observaciones
1. $CEx10^6$ a 25°C	1.600	Altamente salina
2. pH	7.3	
3. Ca en me/l	4.8	
4. Mg en me/l	3.2	
5. Na en me/l	8.0	
6. H en me/l	-	
7. Σ de cationes en me/l	16.0	
8. CO_3 en me/l	0.0	
9. HCO_3 en me/l	6.4	
10. Cl en me/l	6.0	No recomendable
11. SO_4 en me/l	3.6	
12. RO_3 en me/l	-	
13. Σ de aniones en me/l	16.0	
14. SE en me/l	9.6	Condicionada
15. SP en me/l	7.8	Condicionada
16. RAS	4.0	Baja en sodio
17. CRS en me/l	0.0	Buena
18. PSP en me/l	83.33	Condicionada
19. B en ppm	-	
20. Clasificación	C_3S_1	Agua altamente salina Baja en sodio

*Realizado en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L. (Fecha: 12-Abril-1988).

3.3.8. Cosecha.

Esta se realizó manualmente dándose 13 cortes en total, -- cuando los frutos mostraban un color "pinto" a rojo (20 a 100% de color).

Las fechas de los cortes fueron:

22 de marzo, 29 de marzo, 7 de abril, 15 de abril, 21 de abril, 3 de mayo, 11 de mayo, 17 de mayo, 26 de mayo, 1 de junio, 7 de junio y 13 de junio.

Los días que transcurrieron entre la siembra, el transplante y los 13 cortes se presentan en el Cuadro 5.

3.4. Análisis Estadístico

El análisis estadístico se realizó por comparación de medias, con el método t de student, ya que la muestra a analizar (n) es pequeña ($n < 50$) y la desviación estándar se desconoce porque para muestras pequeñas la aproximación de la desviación estándar estimada de la muestra (\hat{s}) a desviación estándar poblacional (σ) es muy pobre. Esta falta de aproximación se debe al hecho de que con muestras pequeñas \hat{s} tenderá a subestimar a σ más de la mitad de las veces. Por lo tanto se hace necesario estimar la desviación estándar a partir de los datos de la muestra, y realizar una prueba. Esta prueba es conocida como distribución t de "student", fué descubierto por W.S. Gosset en 1908 y perfeccionado por R.A. Fisher en 1926. Esta distribución se utiliza ampliamente en la estadística de pequeñas muestras.

Cuadro 5. Días que transcurrieron entre la siembra, el transplante y los 13 cortes.

Epoca	Días
De la siembra al transplante	43
Del transplante al 1er. corte	116
Del 1er al último corte	83
De la siembra al último corte	242
Del transplante al último corte	199

Las pruebas relativas a la diferencia de dos medias que se distribuyen normalmente pero σ_1 y σ_2 son desconocidas, se establece generalmente de la siguiente manera:

Hipótesis nula H_0 : $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis alternativa H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\hat{\sigma}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

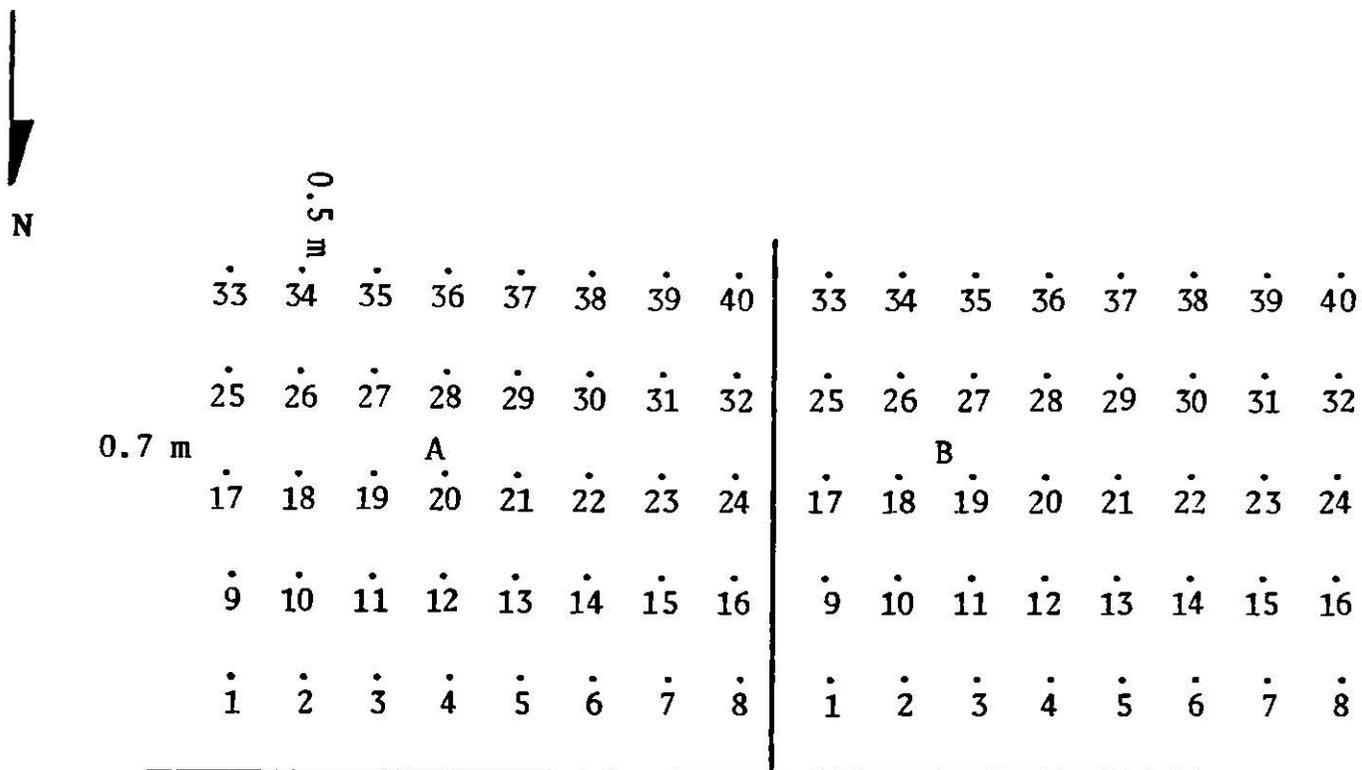
Esta tiene una distribución t con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad.

Cada término del estadístico se obtiene de la muestra y es conocido (Haber 1973, Snedecor, 1971 y Yamane, 1974).

Las variables a considerar fueron:

1. Rendimiento de fruto.
2. Diámetro horizontal de fruto.
3. Diámetro vertical de fruto.

En la Figura 3 se puede observar el croquis del experimento localizado en el Invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.



A = Híbrido Sommer Flavor B. 5000

B = Variedad Flora-Dade

*Los números corresponden a las plantas citadas en el apéndice 1A.

Figura 3. Croquis del experimento localizado en el Invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

El resumen de los resultados de las comparaciones de medias de las variables del experimento se presentan en el Cuadro 6.

Se puede observar que en cuanto al rendimiento promedio hubo una diferencia mínima, no siendo esta significativa estadísticamente, por lo tanto se consideran los rendimientos como iguales.

En la Figura 4 se muestra el rendimiento promedio por corte.

No obstante de que los rendimientos fueron iguales, estos fueron relativamente muy bajos, en comparación con los rendimientos de estas mismas en condiciones normales de cultivo. En el Cuadro 7 se presenta el rendimiento calculado, obtenido para 100 m² de invernadero.

En lo que se refiere a tamaño de fruto este fué muy heterogéneo, tanto en el híbrido Sommer Flavor 5000 como en la variedad Flora-Dade; en general se observó que en cuanto al diámetro vertical no hubo una diferencia significativa estadísticamente, no siendo así en el diámetro horizontal, en el que se observó una diferencia altamente significativa, encontrándose que los frutos del híbrido fueron más anchos, tomando en consideración que el híbrido presenta frutos de forma achatada de los polos y un tamaño aproximado de fruto de grande a extragrande. Estos resultados se pueden observar en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resumen de los resultados de las comparaciones de medias entre el híbrido Sommer Flavor B. 5000 y la variedad Flora-Dade para las variables: rendimiento, diámetro vertical, diámetro horizontal.

\bar{x}	Rendimiento (g/planta)	Diámetro Horizontal (cm/planta)	Diámetro vertical (cm/planta)
V. Flora-Dade	706.29	4.76	4.41
H. Sommer Flavor Brand 5000	551.71	5.24	4.57
Error estándar	106.81	0.1184	0.1015
t calculada	1.45 ^{NS}	4.04 ^{**}	1.57 ^{NS}

NS = No Significativo

* = Significativo ($\alpha=0.05$)

** = Altamente Significativo ($\alpha=0.01$)

Cuadro 7. Cálculo de rendimiento de fruto para 100 m² en invernadero, bajo las condiciones especificadas en el experimento.

	Rendimiento Acumulado (mg/100 m ²)	Rendimiento/corte Máximo Mínimo (kg/100m ²)
V. Flora-Dade	158.27	13.44 0.64
H. Sommer Flavor B.5000	123.63	13.52 0.58

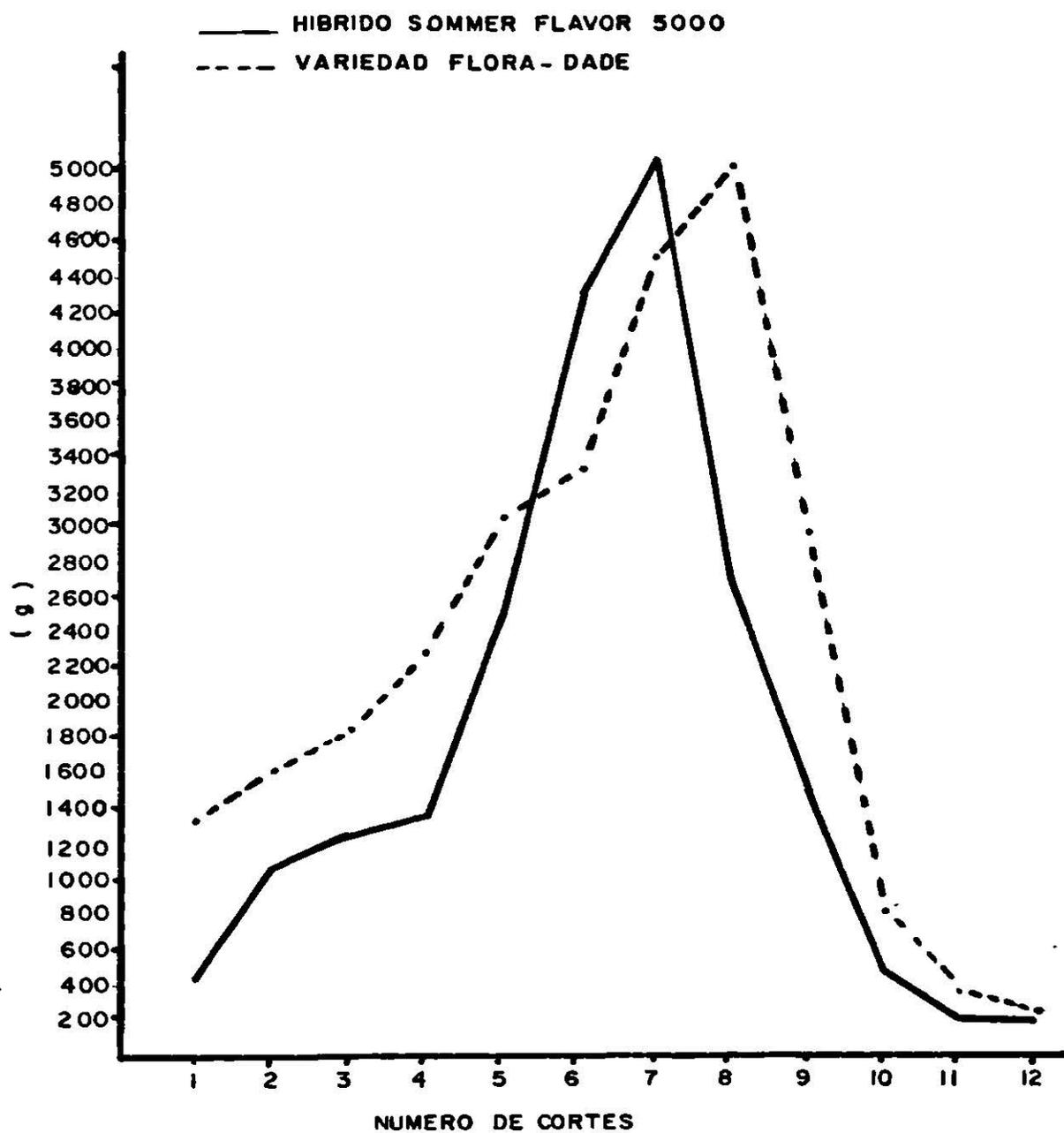


Figura 4. Rendimiento por corte para la variedad Flora-Dade y el híbrido Sommer Flavor 5000.

Se encontró además que la variedad presentó mayor número - de frutos.

Los resultados obtenidos en el experimento fueron influenciados por las condiciones ambientales desfavorables que actuaron como factores limitantes para el desarrollo de las plantas. Se presentó en el invernadero una baja irradiación de luz, además de una pobre calidad de esta. Esto se debió a que el ---- techo del invernadero está construido de fibra de vidrio y tiene un tiempo de vida útil para este propósito de aproximadamente 8 años, el cual ya pasó. Además, se presentaron temperaturas medias mensuales superiores a los 33°C las cuales no pudieron ser reducidas debido a desperfectos en el sistema de ventilación con humedad.

Estas condiciones propiciaron que las plantas desarrollaran tallos delgados, entrenudos alargados, hojas grandes, ramos con pocas flores y frutos pequeños, por consecuencia bajos rendimientos. Además, se pudo observar que las plantas más cercanas a la pared poniente del invernadero produjeron más, al recibir estas una mayor irradiación y calidad de luz, ya que esta pared no está tan intemperizada. Se observó también que las hojas de estas tendieron a buscar la luz.

En investigaciones se ha demostrado que la luz solar de pobre intensidad y escasa duración que llega a los invernaderos es el factor que más limita el crecimiento de los tomates durante el período de octubre a febrero (Toowey, 1965).

Se reporta también que una baja radiación solar provoca --

desordenes fisiológicos, causando una excesiva elongación del estilo y un anormal desarrollo de varias partes florales. Asimismo se reduce la cantidad de polen viable, se disminuye la fecundación, se causa la caída de las flores y se reduce el amarrre del fruto (Sagi, 1980).

En otras investigaciones se ha estudiado la interacción de la luz y la temperatura en el tomate. Se determinó que la luz de baja intensidad tiene relativamente el mismo efecto que la temperatura elevada, produciendo tallos más delgados, color de hoja más claro, ramos menores con menos capullos y frutos más pequeños con menos almidón y azúcar. El balance entre el crecimiento reproductivo y vegetativo varía hacia el lado vegetativo (Hudson, 1967).

Por el contrario Meyer (1972), menciona que en muchas especies, las irradiaciones relativamente altas producen entrenudos más cortos, plantas de estatura más baja, hojas más chicas y producción de flores y frutos mayor que en el caso de irradiaciones más débiles.

En cuando a la calidad de luz, se sabe que en el desarro--llo completo de una planta y el aumento de su peso seco se producen con mayor efectividad con todo el espectro de la luz visible, aunque no todo el espectro de la luz es fotosintéticamente activo. Existe en forma general una pronunciada absorción por la clorofila en dos partes del espectro: en la región azul-violeta comprendida entre los 400 a 470 nm y al final del rojo, entre los 640 y 700 nm, esta última, por lo general produce menor alargamiento de los tallos que la luz de otras zonas del espec-

tro (Meyer, 1972).

Aunque no se pudo cuantificar hasta que punto las paredes del invernadero bajaron o modificaron la calidad de luz en lo que se refiere a las longitudes de onda efectivas para un buen desarrollo de las plantas, esto se puede explicar en parte por las características que presentaron las plantas y su bajo rendimiento.

El otro factor limitante que no se pudo controlar dadas -- las condiciones en que se encontraba el invernadero fué la temperatura.

La temperatura óptima ideal para el desarrollo vegetativo y reproductivo de este cultivo es de 18° a 24°C (Serrano, 1978).

Las temperaturas medias mensuales que se registraron en el interior del invernadero durante los meses de abril, mayo y junio, cuando las plantas se encontraban en floración y fructificación, fueron de 36.8°, 40.7° y 44.3°C respectivamente.

Se ha demostrado que con temperaturas superiores a 35°C y una humedad relativa alta se dificulta la fecundación (Meyer, 1972).

Además se reporta en la literatura que las altas temperaturas ocasionan también desórdenes fisiológicos. Si la temperatura es demasiado elevada se produce polen estéril y pobres inflorescencias (Meyer, 1972; Serrano, 1978 y Toowey, 1965).

Por otra parte, se reporta que las temperaturas altas producen alternaciones metabólicas que reducen el crecimiento y -- afectan el desarrollo de las plantas. Cuando aumenta la tempe-

ratura, el aumento de la fotosíntesis diaria es menor que el au
mento de respiración diaria (Meyer, 1972).

V. CONCLUSIONES

- 1.- La producción del híbrido Sommer Flavor B 5000 y la variedad Flora-Dade fué estadísticamente igual. El rendimiento promedio total en 100 m² fué de 123.63 kg para el híbrido y de 158.27 kg para la variedad.
- 2.- El rendimiento promedio por planta fué muy variable, presentando mayores rendimientos, las plantas que por su posición, recibieron una mayor irradiación y mejor calidad de luz.
- 3.- El tamaño de los frutos tanto del H. Sommer Flavor 5000 como de la V. Flora-Dade fueron muy heterogéneos, pero en general se observó una diferencia altamente significativa estadísticamente en cuanto al diámetro horizontal, encontrando que los frutos del híbrido fueron más anchos, en cuanto al diámetro vertical no hubo diferencia significativa.

Se encontró además que la V. Flora-Dade presentó un mayor número de frutos.
- 4.- Los últimos 3 cortes para la variedad y el híbrido presentaron los frutos más pequeños.
- 5.- La irradiación y la calidad de luz que recibieron las plantas dentro del invernadero no fué suficiente para un buen desarrollo de éstas.
- 6.- Bajo las condiciones físicas del invernadero, se considera que los cultivares no expresaron su rendimiento potencial.

VI. RECOMENDACIONES

1.- Debido a las condiciones del invernadero, esta no deja pasar una irradiación de luz suficiente ni una buena calidad de esta para un buen desarrollo de las plantas, por lo que se recomienda proporcionar luz artificial para controlar este factor, o en todo caso cambiar el techo de esta sección.

Además, es recomendable hacer más eficiente el sistema de ventilación húmeda para reducir la temperatura.

2.- Se sugiere evaluar y probar diferentes soluciones nutritivas, o en todo caso formular una, considerando la disponibilidad de los elementos en la región, la solubilidad de estos y la calidad en general.

3.- Se sugiere además probar diferentes materiales de sostén como aserrín, arena, perlita, etc., o mezclas de estas para obtener una porosidad óptima.

4.- Se recomienda experimentar con diversas especies que permitan utilizar el invernadero durante todo el año.

VII. RESUMEN

El trabajo fué realizado en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., en el Municipio de Marín, N.L. durante el período de octubre de 1987 a junio de 1988.

El objetivo fué evaluar la producción de dos cultivares de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) bajo condiciones de invernadero en un medio de sostén de arena y compost, regados con una solución nutritiva.

El análisis estadístico se realizó por comparación de medias, con el método "t" de Student, con una distancia entre plantas de 0.5 m y entre surco de 0.7 m. Se tuvieron 40 plantas de cada cultivar ocupándose una superficie total de 37.7 m².

Las variables analizadas fueron las siguientes: peso (kg) y tamaño de fruto, considerándose para éste el diámetro horizontal y vertical.

Los rendimientos obtenidos transformados a kg/100 m² del total de los cortes fueron los siguientes: híbrido Summer Flavor 5000 123.63, variedad Flora-Dade 158.27.

La diferencia entre los rendimientos no fué significativa-estadísticamente, por lo tanto se consideraron como iguales. No obstante, estos fueron relativamente muy bajos en comparación con los rendimientos de estas mismas en condiciones normales de cultivo.

El tamaño de los frutos tanto del híbrido como de la variedad fueron muy heterogéneos, pero en general se observó una di-

ferencia altamente significativa estadísticamente en cuanto al diámetro horizontal, encontrándose que los frutos del híbrido fueron más anchos, en cuanto al diámetro vertical no hubo diferencia significativa.

Se consideró que los resultados obtenidos fueron influenciados por las condiciones ambientales desfavorables que actuaron como factores limitantes para el desarrollo de las plantas. Se tuvieron irradiaciones de luz relativamente bajas y una mala calidad de ésta, además se presentaron temperaturas medias mensuales superiores a los 35°C debido al deficiente sistema de ventilación húmedo.

VIII. SUMMARY

This work was made in the conservatory of the College of - Agronomy belongs to U.A.N.L., in the Marin, N.L., municipality during a period of october 1987 to june 1988.

The objetive was evaluate the production of two tomato cul- tivation (Lycopersicum esculentum Mill.) under conservatory con- ditions, in an environment of sand and compost support, irriga- ted with a nutritious solution.

The statistic analysis was realized by average comparison, by "t" of student method, with a distance between plants of --- 0.5 m and between row of 0.7 m it had 40 plants of each evalua- tion, occupying a complete surface of 37.7 m^2 .

All the variables analyzed were the next: weight (kg) and- fruit size, taking in consideration for this, the horizontal -- and vertical diameter.

The yield taken, transformed to $\text{kg}/100 \text{ m}^2$ from the total - of the cut were the next: hybrid Summer Flavor 5000 was 123.63; variety Flora-Dade was 158.27.

The difference between the profits were'nt significant in- statistics, for this reason, they were taken like the some. Ne- vertheless, this were relatively very low in comparison with -- the profits of this same, in normal conditions of cultivation.

The fruit size was watched a significant difference for -- the horizontal diameter. The fruits hybrid was larger that the variety Flora-Dade.

Was considerate that the final result were influence for - the unfavorable environment conditions, that octed like a limitant element for the plants development.

Were lights irradiation relatively low and the bad quality light, moreover were average temperature monthly superior to -- 35°C owing to the deficient humid ventilation system.

IX. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Anónimo. 1980. Hidroponia. Agricultura de las Américas. 29 (8): 6-7.
- 2.- Anónimo. 1988. Summer Flavor Brand 5000. Hybrid seeds a---bbott and cobb, inc. Mac Allen, Texas. EE.UU. pp. 63.
- 3.- Calvent, A. y G. Slack. 1980. Effects of lighth-dependent - control of day temperatura en the yields of early sown to- matoes. Journal of Horitculture Science. 1(55): 7-13.
- 4.- Edmond, J.B., T.L. Sen, y F.S. Andrews. 1967. Principios - de Horitcultura, Tercera Edición. Ed. Compañía Editorial - Continental, S.A. Méx-España. pp. 98,99,102,122-125, 136 y 137.
- 5.- García Fuentes, A.J. 1982. Estudio de factibilidad económi ca de la producción de tomate (Lycopersicum esculentum --- Mill.) por medios hidropónicos y en condiciones ambienta-- les controladas, en el Estado de Nuevo León. Tesis Institu to Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. pp. 8-10, 12, 13, 16-18 y 38-40.
- 6.- Haber, A. y R.P. Runyon. 1973. Estadística General. Fondo- Educativo Interamericano, S.A. México. pp. 208.
- 7.- Hernández Herrera, N.J. 1981. Estudio de Factibilidad eco-

- nómica para la producción de forrajes en cultivo hidropónico, en una cámara comercial. Tesis sin publicar. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México. pp. 10-15.
- 8.- Hudson, J.P. 1967. Control del medio ambiente de la planta. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. pp. 22, 27.
- 9.- Hwnterwal, G.O. 1979. Hidroponia. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. pp. 25,26,32,46,53,54,107,108,111-115.
- 10.- Martínez, C.M. 1979. El riego por goteo en la producción de cultivos hidropónicos en invernadero y a la interperie. Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego. Boletín No. 2. pp. 4-5.
- 11.- Messiaen, C.M. 1979. Las hortalizas. Ed. Blumes, Distribuidora, S.A. México. pp. 34, 35, 50, 160.
- 12.- Meyer, B.S., D.S. Anderson. y R.H. Bohning. 1972. Introducción a la fisiología vegetal. Tercera Edición. Ed. Universitaria de Buenos Aires, Argentina. pp. 220,221,225,227, - 465,466, 471, 473.
- 13.- Penningsfeld, F.y P. Kuremann. 1975. Cultivos hidropónicos y en turba. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 16,- 17,20,27,31-33, 37, 48-49, 60.

- 14.- Sagi, A. 1980. Influence of solar radiation intensity ---- (sri) on flowering, fruit set and fruit development in tomatoes. Horticultural Abstract 1(50):224.
- 15.- Sánchez del Castillo, F. y E.R. Escalante Rebolledo. 1981. Hidroponia. Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp. 11-20,21,32,53,55-58,65,66,74,75,111,112,
- 16.- Sarli, A.E. 1975. Horticultura. Ed. ACME. SACI. Buenos Aires, Argentina. pp. 337-339.
- 17.- Serrano Cermeño, Z. 1978. Tomate, pimiento y berenjena en invernadero. Publicaciones de Extensión Agraria. Madrid, - España. pp. 84-88.
- 18.- Snedecor, G.W. y W.G. Cochran. 1971. Métodos Estadísticos. Cía. Editorial Continental, S.A. México. pp. 86.
- 19.- Rojas Garcidueñas, M. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. Ed. Mc Graw-Hill de México, S.A. de C.V. pp. 136, 137.
- 20.- Toowey, E.W. 1965. Producción comercial de tomates. Ed. -- Acribia. Zaragoza, España. pp. 25-35, 50,51,69,76-94.
- 21.- Tuner, I.W. y M.V. Henry. 1968. Horticultura y floricultura sin tierra. Ed. Hispano Americana. México. pp. 1,82-89.

- 22.- Yamane, T. 1974. Estadística. Ed. Harla, S.A. de C.V. -
Tercera Edición. México. pp. 344-345.

X. APENDICE

Cuadro 1A. Presentación de los datos obtenidos para cada planta en el experimento.

Nº de planta	Rendimiento g/planta		Diámetro vertical \bar{x} cm/planta		Diámetro horizontal \bar{x} cm/planta	
	H.S.F. 5000*	V.F.D.**	H.S.F. 5000	V.F.D.	H.S.F. 5000	V.F.D.
1	603.0	1557.8	5.0	4.8	5.8	5.8
2	478.6	1245.1	4.9	4.7	5.5	5.2
3	293.8	936.3	4.1	4.5	4.8	5.0
4	379.5	276.3	4.4	4.4	4.8	4.3
5	759.5	793.8	4.8	4.0	5.6	4.0
6	207.5	1553.3	4.3	4.1	5.0	4.6
7	627.7	884.2	4.9	4.7	4.7	5.4
8	1858.7	2281.7	5.1	4.7	5.7	5.2
9	226.8	318.6	3.9	3.7	4.7	3.8
10	241.3	597.5	3.7	4.0	4.5	4.2
11	338.0	916.9	4.8	4.6	5.0	5.0
12	237.4	320.4	4.3	4.8	4.7	4.8
13	348.4	317.2	4.4	3.9	5.0	4.0
14	318.7	544.5	4.4	4.3	5.0	4.5
15	334.8	577.9	4.9	4.6	6.2	4.8
16	343.3	1912.5	4.3	5.0	4.6	5.5
17	402.4	455.3	4.2	4.5	4.8	4.6
18	687.4	180.7	5.0	4.3	5.8	4.8
19	72.4	156.8	2.9	4.0	4.2	4.2
20	605.6	547.3	5.1	4.2	5.6	4.7
21	1297.3	467.8	5.2	4.4	5.7	4.7
22	582.6	792.6	4.5	4.7	5.4	5.0
23	366.1	437.9	4.8	4.5	5.7	4.8
24	71.5	1252.2	4.0	4.6	3.9	5.3
25	1217.4	336.0	5.0	4.2	5.9	4.4
26	211.3	471.1	4.8	4.1	5.0	4.6
27	516.2	426.0	4.8	4.3	5.4	4.5
28	873.4	323.5	5.0	3.9	6.0	4.0
29	437.9	710.6	4.2	4.2	5.6	4.6
30	256.2	514.1	4.6	4.6	5.5	5.0
31	632.8	268.0	4.2	5.0	4.8	5.4
32	545.9	2209.8	4.3	5.5	5.4	6.0
33	825.8	468.2	4.6	4.0	5.4	4.3
34	256.3	355.0	4.4	4.4	5.0	4.4
35	288.4	218.5	4.9	4.0	5.8	4.7
36	325.7	547.6	5.3	4.7	5.9	4.9
37	1109.1	251.2	4.8	3.2	5.6	3.8
38	1169.2	467.1	5.0	4.5	5.3	4.9
39	1218.7	191.5	4.6	3.4	5.6	5.7
40	422.8	1463.8	4.4	4.7	5.0	5.3

* Híbrido Sommer Flavor 5000

** Variedad Flora-Dade

FE DE ERRATAS

PAGINA	DICE	DEBE DECIR
10	comercila	comercial
12	manudo	menudo
14	ofreceres	ofrece
15	timpo	tiempo
19	100	1000
20	pusideron	pusieron
29	llenvar	llevar
35	Muchigan	Michigan
54	mg	kg
61	difernetes	diferentes

"SERPAC"
ENCUADERNACIONES
TAMA 148 OTE TEL 74-78-4
MONTERREY, N. L.

