

1013/821

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

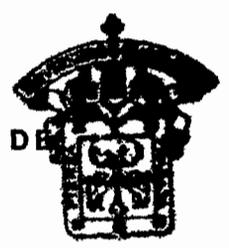


CULTIVOS HIDROPONICOS EN AZOTEAS.  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

209

## TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO



PRESENTA:

LABORATORIO  
BUSQUE LA PRIMERA  
CENTRO DE DOCUMENTACION  
E INFORMACION

JUAN PEDRO CORONA SALAZAR

LAS AGUJAS, MPIO. DE ZAPOPAN, JAL.

1982

universidad de guadalajara  
escuela de agricultura



**CULTIVOS  
HIDROPONICOS  
EN  
AZOTEAS**

BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

por: juan pedro corona s.  
tesis profesional 1982.

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 1 de Marzo de 1982

C. **ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI**  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
P R E S E N T E

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_

**JUAN PEDRO CORONA SALAZAR** \_\_\_\_\_ Titulada:

" **CULTIVOS HIDROPONICOS EN AZOTEAS.** "

Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR

\_\_\_\_\_  
**ING. ROGELIO HUERTA ROSAS**

ASESOR

ASESOR

\_\_\_\_\_  
**ING. J. JESUS SEPULVEDA MEJIA**

\_\_\_\_\_  
**ING. LUIS ALBERTO RENDON SALCIDO**

srd.

## I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	4
III. OBJETIVO	7
IV. REVISION DE LITERATURA	9
4.1. HISTORIA	10
4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS	11
4.3. TIPOS DE CULTIVO SIN SUELO	13
4.4. SUBSTRATOS	14
4.5. SOLUCION NUTRITIVA	16
4.6. RENDIMIENTOS	23
4.7. EL CULTIVO DEL JITOMATE ( <i>licopersicum</i> esculentum)	24
4.7.1. BOTANICA	24
4.7.2. SIEMBRA	26
4.7.3. TRANSPLANTE	27
4.7.4. ESPALDEADO O ENTUTOREADO	27
4.7.5. PODA	28
4.7.6. CUIDADOS	28

	PAG.
4.7.6.1. TEMPERATURA	28
4.7.6.2. HUMEDAD	29
4.7.6.3. LUMINOSIDAD	30
4.7.6.4. pH	31
4.7.6.5. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA	31
V. MATERIALES Y METODOS	32
5.1. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	33
5.1.1. UBICACION	33
5.1.2. CLIMA	33
5.1.3. VEGETACION	33
5.1.4. NIVEL ECOLOGICO	34
5.2. INSTALACIONES	34
5.2.1. INVERNADERO	34
5.3. INVERSIONES	41
5.3.1. INVERSION FIJA	41
5.3.2. INSUMOS AUXILIARES	42
5.3.3. CAPITAL DE TRABAJO	43
5.3.4. INVERSION TOTAL	43
5.4. MATERIAL INERTE	45
5.4.1. CARACTERISTICAS	45
5.5. SOLUCION NUTRITIVA	46
5.5.1. COMPOSICION	46

	PAG.
5.5.2. AGUA	50
5.6. PRACTICAS CULTURALES	51
5.6.1. SIEMBRA	51
5.6.2. TRANSPLANTE	52
5.6.3. RIEGOS	55
5.6.4. ESPALDEADO	56
5.6.5. PODA	56
5.6.6. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	57
5.6.7. COSECHA	58
5.7. FACTORES DE ESTUDIO	62
VI. CONCLUSIONES Y RESULTADOS	68
VII. BIBLIOGRAFIA	74
VIII. APENDICE	77

La hidroponia es un sistema de cultivo que en lugar de ser obtenido en el suelo, lo es en una solución nutritiva que contiene todos los elementos necesarios para la vida de la planta o bien por un medio cualquiera inerte químicamente, con tal que permita la buena circulación de los elementos nutritivos.

La palabra hidroponia proviene del griego hýdor = agua y yponos = trabajo. "Que trabaja con el agua".

La técnica hidropónica no es una novedad, ya que esta se remonta al siglo XVII hacia el año 1650, pero desde entonces su función ha sido, en su mayoría, dentro del campo de la investigación agrícola, modificando los sistemas para un mejor aprovechamiento.

Uno de los trabajos más relevantes dentro de la hidroponia, fue el efectuado en 1930, cuando Eaton instaló invernaderos para fines de producción comercial hortícola en la estación agraria de Nueva Jersey.

A partir de entonces se empezó a ver la necesidad de estudiar los problemas que implican las instalaciones con fines comerciales, ya que de esto depende el éxito del sistema.

En algunas Universidades de México, como Antonio Narro, en Saltillo, Coah. se han logrado plántulas para el trasplante de maíz enano con un rendimiento del doble del obtenido con el maíz común. Esta variedad de maíz se envía a las diversas -

zonas de temporal y permite obtener cosechas con la mitad del agua que se requiere normalmente.

Esto nos puede dar una idea de la importancia que puede tener la hidroponia en nuestro medio, ya que las ventajas que presenta son grandes, como pueden ser; un ahorro del agua, del espacio, de tiempo, mano de obra y rendimientos y calidad del producto más altos de lo normal.

Son tan alentadores los resultados con la hidroponia que a la fecha esta ha tomado una inusitada importancia en casi todas las naciones, inclusive en países donde no existen problemas de aridez, desde los altamente industrializados como Japón. E.U. y la Unión Soviética, hasta los pocos desarrollados del medio Oriente y Norte de Africa (Argelia y Abu Dhabi) han adoptado la hidroponia como un medio para paliar el problema de la producción de alimentos.

Las ventajas del sistema hidropónico abre grandemente las perspectivas de la producción, abarcando instalaciones en regiones de escasa agua, clima extremoso y poco espacio disponible.

Dado el crecimiento demográfico que se ha registrado en las últimas décadas en el mundo, la demanda de alimentos ha crecido rápidamente, causando su desigual distribución y grave crisis alimentaria.

"En el año de 1970 la población mundial era de 3 600 millones de habitantes con una tasa de crecimiento anual promedio de 2.1% siguiendo con esa tendencia en 1975 era de 4 000 millones, en 1980 de 4 400, para 1990 de 5 500 millones y para el año 2000 será de 7 000 millones de habitantes\*. Duplicándose así la población cada 33 años; tomando en cuenta la distribución de la población en las distintas áreas geográficas encontramos un alto grado de subalimentación en los países subdesarrollados con tendencia a acentuarse; se considera actualmente que hay 3 200 millones de hectáreas de tierra potencialmente cultivables, de la cual sólo la mitad es aprovechada para el cultivo, mientras que el resto tiene cada vez más costos de incorporación.

Actualmente se requieren 0.4 hectáreas de tierra por persona para cubrir sus necesidades alimentarias, si se multiplica la población estimada para el año 2 000 por esas 0.4 hectáreas cultivadas para satisfacer las necesidades de alimentación de la población del mundo, abriendo al cultivo 1 200 millones de hectáreas más de las que actualmente están en producción.

\* PLAN INDUSTRIAL; GOBIERNO DEL EDO. DE JAL.

Actualmente en México se cuentan con un poco más de 196 - millones de hectáreas, pero solamente se utilizan para explotaciones 130 millones de hectáreas, de las cuales 20 millones se emplean en agricultura, 68 millones en ganadería y 40 millones en silvicultura pero se asevera que México cuenta con:

30 millones de hectáreas aptas para cultivo.

68 millones de hectáreas aptas para ganadería.

66 millones de hectáreas de cubierta vegetal.

14 millones de hectáreas de superficie inútiles.

Muchas tierras abiertas al cultivo han sido utilizadas para ganadería, otras abandonadas debido a la falta de crédito y en el caso de las ganaderas y forestales no se ha alcanzado su total utilización.

Se sabe, así mismo, que solamente se cultivan 17 millones de hectáreas, aprovechándose como si fueran 20 millones, porque algunas zonas obtienen 2 cosechas al año.

En la mayor parte de las tierras destinadas a cultivo, no se han alcanzado los máximos rendimientos económicos, por lo que puede afirmarse que el empleo de esas tierras se ha hecho sin utilizar todo su potencial ecológico agropecuario, en el cual, sin duda posible se encuentra la clave fundamental del hambre del pueblo, de la obtención de las materias primas para nuestras industrias y de una proporción considerable de los ingresos obtenidos por exportaciones". (Plan Industrial Gobierno Estado de Jalisco 1980).

Primordialmente el objetivo de este trabajo es evaluar el rendimiento que puede ser obtenido en áreas urbanas desaprovechadas (azoteas, patios, etc.) en materia de producción de alimentos utilizando el método hidropónico con lo cual se espera:

- 1o. Generar alimento.
- 2o. Beneficio económico.
- 3o. Una fuente de trabajo.
- 4o. Actividad que personas impedidas realicen como -  
forma de sentirse útiles.
- 5o. Crear un mejor clima en las ciudades.

#### 4.1. HISTORIA.

Los primeros intentos de cultivar las plantas en un ambiente distinto al natural se remontan a fines del siglo XVII. Fue Wood Ward quien en 1699, experimentó la posibilidad de cultivar plantitas de menta en tres diferentes sustratos líquidos (agua de lluvia, agua de río y agua de conducción), a las cuales había añadido cantidades diversas de mantillo.

En 1840 Justus Von Liebig publica una obra acerca de la aplicación de la química a la agricultura, que pone en evidencia las funciones respectivas de la tierra y el agua, en cuanto a proporcionar diversos elementos químicos a las plantas.

En 1842 Wiegmann y Polstorff hacen las primeras pruebas de cultivo en medio inerte (arena silicea purísima, o recortes de platino), enriquecido con sales minerales en solución.

En 1860. Knop realiza los primeros cultivos en medio líquido. J. Von Sachs efectúa, casi simultáneamente experimentos análogos. La fórmula nutritiva de Knop es válida todavía. En cuanto al sistema de Sachs, de cultivo de plantas in vitro, con una sola solución nutritiva, señaló un importante paso en la labor precursoria de la hidroponia.

En 1921, la estación agraria experimental de Rhode Island E.U. realiza los primeros experimentos de cultivo, con fines económicos, efectuados en arena empapada con diversas solucio-

nes nutritivas. Estos experimentos fueron perfeccionados posteriormente por Eaton, en la misma estación.

En 1929 N.F. Gericke, del departamento de Nutrición de Plantas de la Universidad de Berkeley, publica sus trabajos en los que demuestra la viabilidad de la hidroponia desde el punto de vista económico. Gericke puede considerarse como el iniciador de la hidroponia moderna y quien dió la denominación con que es conocida actualmente.

#### 4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

El adoptar el sistema hidropónico representa:

- A) Obtener producciones unitarias cuantitativas y cualitativamente superiores a las obtenidas con el cultivo tradicional.
- B) Obtener cosechas en lugares que, por razones de espacio y naturaleza de suelo, sería difícil obtener beneficios cultivado tradicionalmente.
- C) Cultivar en ciclos nunca interrumpidos, productos en pequeñas instalaciones.
- D) Ahorrar gran cantidad de agua donde escasea.
- E) Anticipar las cosechas.

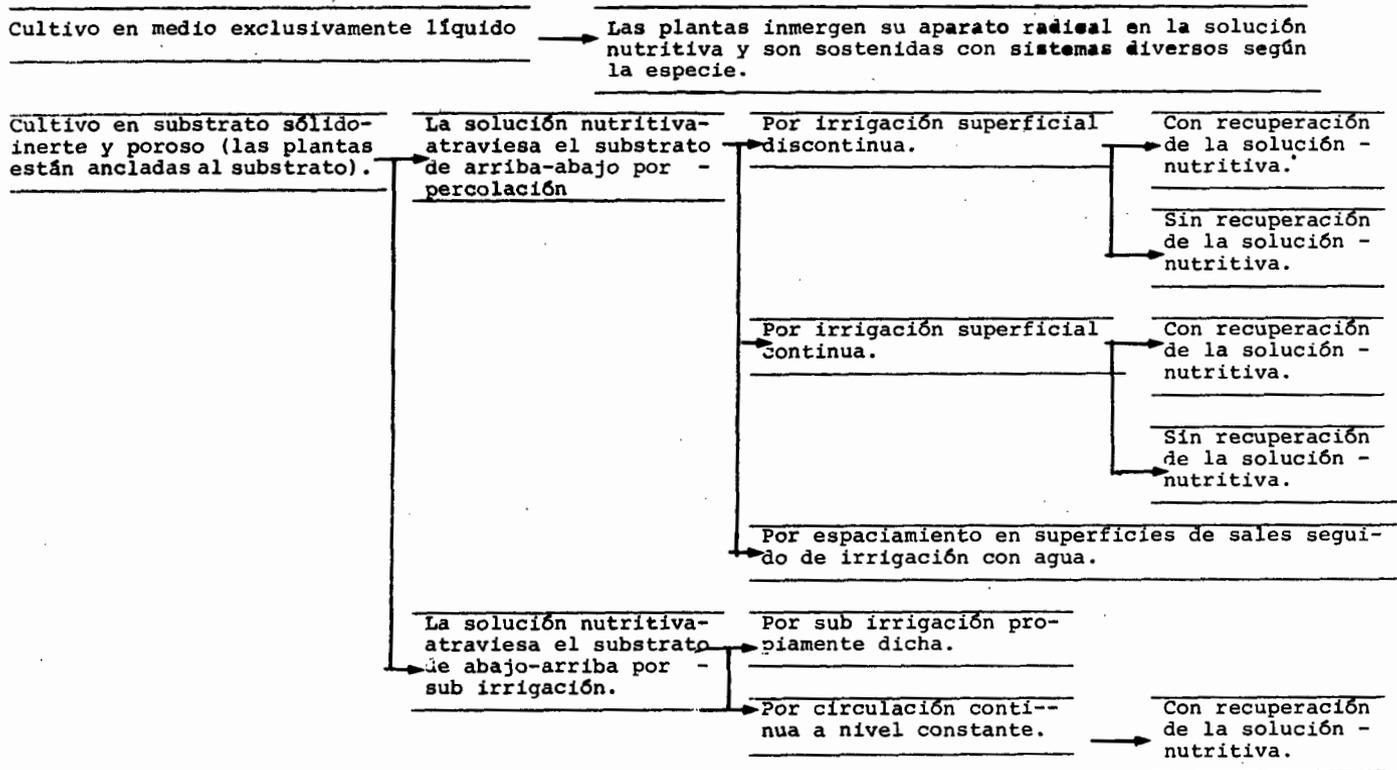
- F) Reducir la incidencia de enfermedades orgánicas y parasitarias.
- G) Disminuir los gastos de mano de obra, excluyendo todas las prácticas del cultivo en tierra.
- H) Cultivar ininterrumpidamente la misma especie, en la misma parcela sin recurrir nunca a rotaciones.

Las desventajas que puede presentar son:

- A) Los intereses del capital invertido para la construcción del invernadero, los gastos de mantenimiento y de amortización del mismo, y los gastos de la puesta en marcha del sistema.
- B) El tener ciertos conocimientos técnicos para poder resolver problemas relacionados al cultivo.

### 4.3. TIPOS DE CULTIVOS SIN SUELO

HIDROPONIA PROPIAMENTE DICHA. WOODBRIDGE (1974).



#### 4.4. SUBSTRATOS.

Las características que deben tener los substratos a usar se son:

La inercia química y la granulación.

La inercia química entendida como la incapacidad de reaccionar en presencia de sustancias contenidas en la solución nutritiva. Y la granulación que ha de ser tal que permita la circulación de la solución nutritiva y del aire.

Algunos tipos de substratos son:

- a) Material no prosa, compuesto de gránulos compactos (arena, canto rodado).
- b) Escorias volcánicas y piedras sílicas convenientemente desmenuadas, fragmentos de materiales de construcción de barro cocido y degranulados de vidrios y de cerámica (productos de desecho de industrias).
- c) Escorias de carbón y piedra pómez (material volcánico) que constituyen materiales ligeros, dotados de buena porosidad.
- d) Arcilla expansiva que procede del tratamiento de la arcilla pura a muy altas temperaturas y se presenta en forma de gránulos ligeros.

rísimos, dotados de absoluta inercia química y de gran permeabilidad al aire y al agua.

CUADRO NO. 1.  
CARACTERISTICAS DE LOS SUBSTRATOS.  
SEGUN MASSANTINI (1979)\*.

	CAPACIDAD HIDRICA MAXIMA		CAPACIDAD DE RETEN- CION HIDRICA	
	% EN PESO	% EN VOL.	% EN PESO	% EN VOL.
CASCAJO	32.3	46	4.2	6.7
GRANULADOS DE VIDRIO	30.9	43	3.0	4.8
POMEZ	206.8	60	59.1	20.4
ESCORIAS DE CARBON	274.0	276	49.7	34.7
ESCORIA VOLCANICA	87.8	65	14.5	13.0
SILICE	41.4	43	4.9	7.8
VERMICULITA	658.2	72	382.0	43.6

\*FUENTE COMPLETA. FUENTE: LOS CULTIVOS HIDROPONICOS (1979).

FAUSTA MAINARDI FAZIO

## 4.5. SOLUCION NUTRITIVA.

La solución nutritiva es el elemento más delicado e importante del sistema hidropónico, y el buen resultado del cultivo depende, en gran parte, de sus características.

La solución debe contener todos los elementos minerales - que las plantas absorben en gran cantidad (macroelementos) y - los que absorben en pequeñísimas cantidades (microelementos).

## CUADRO NO. 2.

VALORES MAXIMOS, MINIMOS Y OPTIMOS DE LA CONCENTRACION DE LOS ELEMENTOS EN LA SOLUCION NUTRITIVA. MASSANTINI (1974)\*

ELEMENTO	CONCENTRACION EN LA SOLUCION NUTRITIVA		
	MINIMA	OPTIMA	MAXIMA O EXCESIVA
N AMONICAL	-----	0- 40	100
NITROGENO			
N NITRICO	40	60-160	200
FOSFORO (P)	15	30- 90	130
POTASIO (K)	100	200-400	600
CALCIO (Ca)	75	150-400	500
MAGNESIO (Mg)	25	25-75	150
AZUFRE (S)	50	75-300	600
CLORO (Cl)	-----	-----	600
SODIO (Na)	-----	-----	400
HIERRO (Fe)	-----	2-4	10
BORO (B)	-----	0.2-1.0	5
MANGANESO (Mn)	-----	0.2-2.0	15
COBRE (Cu)	-----	0.01-1.0	5
CINC (Zn)	-----	0.01-1.0	20

\*FUENTE COMPLETA. FUENTE: LOS CULTIVOS HIDROPOMCOS (1979).

FAUSTA MAINARDI FAZIO.

Estos datos son muy indicativos, y pueden variar según la especie y fase vegetativa, además del período estacional durante el cual se cultiva.

Para el cultivo del jitomate se utilizan varias concentraciones según la época del desarrollo, como se indica a continuación:

1. Concentración a  $1/4$  de la fórmula base, primeros 15 días.
2. Concentración a  $1/2$  de la fórmula base, 30 días sucesivos.
3. Concentración a  $4/4$  de la fórmula para el período restante.

La preparación de la solución nutritiva, es decir, la disolución de las sales, puede ser efectuada con modalidades diversas según el tipo de instalación. Es por regla general, importante que al final de la preparación la solución se presente límpida, aun cuando haya quedado inevitablemente en el fondo del depósito, residuo no disuelto.

Para poder obtener fácilmente la disolución de las sales y evitar al mismo tiempo fenómenos de insolubilización es conveniente llevar con ácido sulfúrico el pH del agua aproximadamente al valor establecido, que es siempre más o menos ácido. Luego se disuelven las sales una cada vez, esperando añadir la siguiente hasta que se haya disuelto completamente la preceden

te y observando cierta sucesión que varía en relación con su naturaleza química.

Por lo que respecta a los microelementos, es conveniente preparar una solución "madre" de elevada concentración (en la práctica se preparan dos: una para el hierro y una para todos los elementos) y de éstas añadir un determinado número de centímetros cúbicos a la solución nutritiva. Por lo que respecta a las cantidades de Boro, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc que ésta debe contener, son extremadamente reducidas, como puede verse en la tabla siguiente.

CUADRO NO. 3

CONTENIDO DE MICROELEMENTOS EN LA SOLUCION NUTRITIVA.

DURANV (1979).

	Grs.DE SAL POR m3	MILIGRAMOS DE ELEMENTO X LITRO				
		B	Fe	Mn	Cu	Zn
SULFATO FERROSO	19.91	---	4.0	---	---	---
ACIDO BORICO	2.85	0.5	---	---	---	---
SULFATO MANGANOSO	2.19	---	---	0.5	---	---
SULFATO DE COBRE	0.19	---	---	---	0.05	---
SULFATO DE CINC	0.21	---	---	---	---	0.05

FUENTE: HIDROPONIA (1980).

ULISES DURANY.

Otros problemas de naturaleza química se presentan para la evaluación de las características químicas del agua para la preparación de la solución nutritiva y la elección de las sales económicamente más convenientes.

El conocimiento de las características químicas del agua empleada es esencial a los fines de la preparación de la solución nutritiva. En efecto, si el agua es de lluvia, las sales pueden ser disueltas según la fórmula elegida, pero si el agua es de manantial o de conducción, como casi siempre ocurre, ésta puede presentar un contenido más o menos elevado de sales, especialmente de calcio y magnesio, por lo cual es necesario variar oportunamente las cantidades y el tipo de aquellas a añadir, para obtener en la solución las proporciones entre los elementos y las concentraciones establecidas. (Se recomienda practicar periódicamente análisis de agua).

En la preparación de la solución nutritiva hay que tener también presente la naturaleza del substrato que puede ceder algunos elementos. El sílice, por ejemplo, puede ceder a la solución hasta 1.100 mg. de potasio por litro (Bentley, 1959).

Conocidas las características del agua, del substrato y la fórmula a emplear, no puede descuidarse el factor económico en la elección de las sales. El fósforo, por ejemplo, puede ser aportado bajo la misma forma con tipos de sales distintos que comportan costos diferentes de la unidad del elemento considerado.

Como la solución nutritiva no es taponada como la solución que circula en el terreno, el pH debe ser controlado a menudo y sus valores modificados cada vez que se aparte de los límites establecidos. Para alcalinizar la solución puede usarse hidróxido de sodio, mientras que para acidificarla se emplea generalmente ácido sulfúrico. Para las especies hortícolas el pH óptimo se halla comprendido entre los valores 5,0 - 6,5.

SINTOMAS CARENCIALES DEL JITOMATE  
(SEGUN J.C. WALKER)

	RAICES	TALLOS	HOJAS	FRUTO
NITROGENO	Color pardo	Color púrpura	Color parduzco desde verde hasta amarillo.	Color pálido en verdes color in tenso en los rojos se caen las flores.
FOSFORO	-----	Color púrpura	Color púrpura; se achaparra; aparecen manchas circulares necróticas y hundidas.	-----
POTASIO	-----	-----	Las hojas jóvenes quedan rugosas las viejas tienen los márgenes - amarillo pálido.	Maduración eruptiva.
CALCIO	Acortamiento engrosamiento y excesiva ramificaciones.	-----	Hojas Sup. amarillas yema terminal débil que llega a morir.	Podredumbre del extremo floral.
AZUFRE	-----	Duro y leñoso alargamiento anormal.	Hojas inferiores toman color amarillo lentamente.	-----
MAGNESIO	-----	-----	Quebradizas; el tejido internervial se pone clorótico empezando por las hojas Inf.	-----
BORO	Retrazadas con color amarillento parduzco	Crecimiento retardado aumento de brotes que dan aspecto de mata.	Vértice vegetativo amarillo y muere	-----
HIERRO	-----	-----	Clorosis en diversos grados.	-----
COBRE	Achaparramiento de las raíces.	Achaparramiento del ápice.	Color verde azulado, rizado y enanismo de los folíolos.	-----
ZINC	-----	Poco alargamiento.	Clorosis rizado y moteado necrótico en los folíolos.	-----
MANGANESO	-----	Achaparramiento de la planta a veces se defolia.	Intensa clorosis internervial, evoluciona a completo amarillamiento y moteado necrótico.	-----

CUADRO NO. 4  
FACTORES DE CONVERSION PARA SALES DE USO MAS COMUN EN HIDROPONIA DURANY (1979).

COMPUESTOS ( A )		ELEMENTOS ( B )					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Amoníaco	(NH <sub>3</sub> )	0.822-1.216					
Nitrato	(NO <sub>3</sub> )	0.226-4.226					
Acido nítrico	(HNO <sub>3</sub> )	0.222-4.498					
Nitrato de sodio	(NaNO <sub>3</sub> )	0.165-6.017					
Nitrato de potasio	(KNO <sub>3</sub> )	0.138-7.212		0.378-2.586			
Nitrato de calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.171-5.857			0.244-4.094		
Nitrato de calcio*	N=15-16%	0.155-6.450			0.210-4.660		
Sulfato de amonio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0.212-4.716					0.243-4.122
Sulfato de amonio*	N=20-21%	0.205-4.880					0.230-4.260
Nitrato de amonio	(NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	0.350-2.857					
Nitrato de amonio*	N=26-27%	0.265-3.770					
Anhídrido fosfórico	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )		0.436-2.291				
Acido fosfórico	(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )		0.316-3.165				
Fosfato monocálcico	(Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O)		0.246-4.068		0.159-6.290		
Fosfato monopotásico	(K <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )		0.228-4.393	0.287-3.481			
Fosfato monoamónico	(NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	0.122-8.212	0.269-3.713				
Perfosfato mineral	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =18-20%)		0.083-1.206		0.150-0.660		0.080-11.94
Perfosfato triple	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =46-48%)		0.200-4.870				
Fosfato biamónico*	N=18%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> =47.5%	0.180-5.550	0.207-4.830				
Oxido de potasio	(K <sub>2</sub> O)			0.830-2.408			
Sulfato de potasio	(K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )			0.449-2.228			0.184-5.435
Sulfato de potasio*	K <sub>2</sub> O=50-52%			0.420-2.360			0.173-5.760
Oxido de calcio	(CaO)				0.715-1.399		
Sulfato de calcio	(CaSO <sub>4</sub> -2H <sub>2</sub> O)				0.233-4.296		0.186-5.370
Oxido de magnesio	(MgO)					0.603-1.658	
Sulfato de magnesio	(MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O)					0.098-1.013	0.130-7.688
Acido sulfúrico	(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )						0.327-3.059

\*USO AGRICOLA

En el cuadro No. 4 donde figura el repertorio de las sales más comúnmente usadas en hidroponía y su constitución química, se indican los factores de conversión. Así, para hallar la cantidad de un elemento (B) correspondiente a una determinada cantidad de compuesto (A), multiplicar la cantidad de (A) por la primera cifra indicada en la columna del elemento considerado. Para hallar una cantidad de compuesto (A) correspondiente a una determinada cantidad del elemento (B), multiplicar la cantidad de (B) por la segunda cifra indicada en la columna del elemento considerado.

Por ejemplo si queremos saber cuanto (N) contienen 150 kg. de amoníaco hay que multiplicar  $(150 \times 0.822) = 0.123$  kg. de nitrógeno. Para encontrar la cantidad del compuesto, teniendo la cantidad de elemento por ejemplo tengo .820 kgs. de fósforo y quiero saber cuanto ácido fosfórico necesito  $(.820 \times 3.163) = 2.593$  kg. de ácido fosfórico.

#### 4.6. RENDIMIENTOS.

Los rendimientos unitarios que se consiguen en hidroponía son netamente superiores a los obtenidos del cultivo normal. Así Durany (1979) con cultivo de jitomates obtuvo un rendimiento de  $23 \text{ kg/m}^2$ . Boca (1969) citado por Curiel (1979) refiriéndose también al cultivo del jitomate en hidroponía y la producción obtenida en Chapingo en el sistema de cultivo con arena, y empapada con una solución standar, se encontró que es muy productivo y cubre los costos favorablemente teniendo una producción

de 500 Ton./Ha.

Degussa (1949) habla del rendimiento del jitomate en cultivo mineral, cuyos resultados fueron de  $25 \text{ kg/m}^2$  en cuatro y cinco meses de duración.

En la explotación sueca de cultivo hidropónico Electroflora, los jitomates cultivados en grava diero, según (Merker - (1958) ) una cosecha media de  $16 \text{ kg/m}^2$ .

En las instalaciones de Weinhenstephan se han obtenido jitomates sobre ladrillos triturados con aumento del 44% respecto al terreno común (Ibarzabal. (1976)). De otras experiencias, Resultan producciones de  $20 \text{ kg/m}^2$  con a de  $30 \text{ kg/m}^2$  en un invernadero de Albengaese (ITALIA), y de una producción de  $22 \text{ kg/m}^2$  es una finca de San Donato (ITALIA) Massantini (1979).

#### 4.7. EL CULTIVO DEL JITOMATE (*licopersicum esculentum*).

##### 4.7.1. BOTANICA.

El jitomate pertenece a la familia de las Solanaceas cuyas características son:

-Tienen el cáliz, la corola y el androceo pentámeros, el gineceo formado por dos carpelos nada más, concrecentes en un ovario bilocular y un poco oblicuo respecto al plano mediano -

de la flor, que en raros géneros es zigomoria. Cada carpelo, - suele cerrar numerosas semillas. El fruto puede ser una baya o una cápsula, a veces, por desarrollarse falsos tabiques, con - más de dos cavidades.

El jitomate pertenece a la subfamilia de las Soláneas, la cual tienen el ovario bilocular y la semilla del embrión ar -- queado.

Raíz: La raíz principal, en plantas procedentes de transplante, es corta y débil; en cambio el sistema radicular secun dario es muy ramificado y potente. El sistema radicular se extiende superficialmente en forma de retícula.

Tallo: El tallo del jitomate es inicialmente erecto, pero al crecer y debido a su poca consistencia, quedando rastrero.- En cada axila de las hojas del tallo principal suele brotar un tallo hijo; a su vez en las axilas de las hojas de estos ta -- llos hijos brotan otros tallos nietos y así sucesivamente hasta que se detiene el desarrollo vegetativo.

Flor: Las flores del jitomate son Hermafroditas. Se reu -- nen en racimos o inflorescencias llamadas corimbos; cada racimo está formado por un número que varía entre seis y quince - flores según la variedad.

El primer racimo de flores, en la mayoría de las variedades, se encuentra después del nacimiento de la quinta hoja a - partir de los cotiledones.

Fruto: El fruto del jitomate es una baya; se considera - que el fruto del jitomate está maduro fisiológicamente, cuando por el ápice comienza a tomar brillo y color alimonado.

El tiempo que transcurre desde la plantación hasta la recolección suele ser según variedades y épocas climáticas de - producción como sigue:

CICLO CORTO DE 90 A 110 DIAS.

CICLO MEDIO DE 100 A 120 DIAS.

CICLO LARGO DE 110 A 125 DIAS.

#### 4.7.2. SIEMBRA.

Cuando el cultivo está bajo sistema hidropónico y con invernadero, la época de siembra puede ser cualquiera del año ya que los factores climáticos y atmosféricos están controlados.

La densidad de siembra en invernaderos hidroponicio aumenta por lo menos un 50% ya que la competencia entre plantas queda anulado y los recursos minerales e hídricos están disponibles ampliamente.

La siembra se recomienda hacerlo en semillero de arena lavada, con un fondo de grava, y desinfectando con una solución al 3% de formol tanto el semillero, como las camas definitivas. Una vez efectuada la siembra se agrega agua sola y, después una dilución de la solución nutritiva (250-300 p.p.m.) -

Turner (1952).

#### 4.7.3. TRANSPLANTE.

Para el cultivo del jitomate se recomienda el sistema de transplante presenta las siguientes ventajas:

-Poder seleccionar plantulas con características más uniformes respecto al tamaño, número de hojas, etc.

-Tener suficientes plantas para reponer las perdidas.

-Poder controlar mejor la incidencia de plagas y enfermedades en plantas recién brotadas.

Al efectuar el transplante de jitomate deberá observarse que la densidad en camas hidropónicas sea de 9-11 plantas/m<sup>2</sup>. Y la época de transplante será según la estación:

-Verano de 4 a 5 semanas.

-Invierno de 6 a 8 semanas.

#### 4.7.4. ESPALDEADO O ENTUTOREADO.

Cuando la planta ha cumplido aproximadamente tres semanas de haberse transplantado es necesario ponerle guías o espalderas que la sostengan verticalmente, ya que de esta manera se ahorra espacio y se aumenta la producción.

## 4.7.5. PODA.

La planta de jitomate tiene como propiedad, la formación de tallos secundarios. Esos tallos que brotan en la parte inferior del cuello de la guía principal, suelen ser chupones que florecen poco por lo tanto deben ser eliminados.

## 4.7.6. CUIDADOS.

## 4.7.6.1. TEMPERATURA.

## CUADRO NO. 5.

TEMPERATURAS AMBIENTALES CRITICAS DEL JITOMATE  
(AGRICULTURA PRACTICA NO. 27, MADRID).

SE HIELA LA PLANTA		-2°C
SE PARA EL DESARROLLO		10 a 12°C
MAYOR DESARROLLO DE LA PLANTA		29 a 24°C
DESARROLLO NORMAL (MEDIA MENSUAL)		16 a 27°C
	MINIMA	10°C
GERMINACION	OPTIMA	25 a 30°C
	MAXIMA	35°C
NASCENCIAS		18°C
PRIMERAS HOJAS		12°C
	NOCHE	13 a 16°C
DESARROLLO		
	DIA	18 a 21°C

	NOCHE	15 a 18°C
CUAJE		
	DIA	23 a 26°C
MADURACION DEL FRUTO ROJO		15 a 22°C
	AMARILLO	más de 30°C
	MINIMO	12°C
TEMPERATURA DEL SUELO		
	OPTIMO	20 a 24°C
	MAXIMO	24°C

#### 4.7.6.2. HUMEDAD.

La humedad relativa dentro de la atmósfera del invernadero tiene gran influencia en el desarrollo vegetativo de la planta de jitomate; es un vegetal que no admite demasiada humedad en el ambiente.

La humedad relativa óptima está comprendida entre el 50 y 60%. (Romano (1959) ).

La excesiva humedad en el ambiente del invernadero puede producir corrimiento del fruto por mala fecundación de las flores ya que éstas se aglutinan y al caer en el estigma de la flor no pueden llegar a fecundar los óvulos de la misma. En este medio húmedo aumenta, también el peligro de aparición de enfermedades criptogámicas.

#### 4.7.6.3. LUMINOSIDAD.

Con el fin de que el invernadero tenga una eficiencia en cuanto a la penetración de luz, el recubrimiento a usarse debe rá llenar los requisitos siguientes: Mainardi (1979).

1. Que sean mecánicamente resistentes e indeforma -- bles para garantizar las defensas contra todas las condiciones atmosféricas.

2. Que estén dotadas de alta retención térmica, es - decir, capacidad de conservar el calor producido en forma arti ficial o natural en el interior del invernadero.

3. Que permita el suficiente paso de las radiaciones infrarrojas de ondas cortas contenidas en el espectro solar y - conservar las infrarrojas de ondas largas a las que se debe, - en gran parte, el efecto térmico.

4. Que no retengan aquellas radiaciones "visibles" - necesarias para la vida y para la actividad de la planta, a ex cepción de aquellos casos en los que la absorción complementa ria es requerida para que influya en la producción.

5. Que sean económicos por el costo del material, -- por la facilidad con que puedan emplearse y por su fácil con-- servación.

#### 4.7.6.4. pH.

El pH de la solución nutritiva, o sea el grado de acidez o alcalinidad, es característico para cada especie y puede variar dentro de los límites bastante estrechos por debajo o por encima de los cuales el crecimiento se detiene y en casos extremos la planta puede morir.

El pH de la solución debe estar calibrada a los rangos que el cultivo exija, ya que en el sistema hidropónico no existe "poder trampón".

Para la familia de las Solanáceas, en especies hortícolas, su rango de pH óptimo (jitomate, Berenjena) es de 5.5 a 6.5 y para la papa de 5.4 a 6.1 Durany (1979).

#### 4.7.6.5. CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.

La conductividad eléctrica nos muestra la cantidad de cationes y aniones que se encuentran en solución en cualquier agua.

Para la solución nutritiva (Morales (1969) ) dice que con una conductividad más allá de 1.8 mmhos/cm causa una baja en los rendimientos, y cuando llega a una conductividad de 5.2 mmhos/cm la producción es abatida en un 50%, en cultivo de jitomate.

## 5.1. DESCRIPCION DEL AREA DE UBICACION.

### 5.1.1. LOCALIZACION.

La zona de estudio, está ubicada en la ciudad de Guadalajara, Jalisco a  $20^{\circ} 41'$  latitud norte, y  $103^{\circ} 26'$  longitud oeste del meridiano de Greenwich. A una altura sobre el nivel del mar de 1552 metros. La instalación está ubicada al sur de la ciudad, encontrándose el invernadero instalado en una azotea sobre una oficina, en la colonia Las Torres, en la calle Nuezo No. 1707 la cual tiene como colindantes al norte con la Colonia Morelos, al sur con Residencial Las Cruces, al este con la Colonia del Sur, y al oeste con el Mercado de Abastos.

### 5.1.2. CLIMA.

Según Koeppen modificado por E. García la clasificación del clima es: Semicálido con temperatura media anual de  $19^{\circ}\text{C}$ .

Las precipitaciones son regulares en verano con algunas lluvias aisladas en invierno. El promedio de precipitaciones anual es de 875 m.m., con vientos dominantes del oeste y con 1560 Hrs. de calma.

### 5.1.3. VEGETACION.

Dado que la zona de estudio se encuentra en un área urba-

na, el tipo de vegetación no presenta mucha variedad, teniendo en cuenta, que no existen zonas de cultivo cercanos a la instalación.

#### 5.1.4. NIVEL ECOLOGICO.

Los asentamientos urbanos, como en este caso las ciudades, crean desequilibrios al medio ambiente original. Uno de estos problemas es la falta de vegetación que regule la temperatura y la falta de suelo natural que transpire. Esos problemas aunados también a los residuos y partículas de desechos industriales que se esparcen en el aire y se depositan en las hojas de las plantas, creando problemas con sus funciones fotosintéticas.

#### 5.2. INSTALACIONES.

##### 5.2.1. INVERNADERO.

Cuando se utiliza el sistema hidropónico es necesario tener instalaciones adecuadas para su correcto funcionamiento. Por tal motivo se construyeron las camas de cultivo, el semillero y una protección que aislara al cultivo. El material que se encontró más viable fue la madera de pino, ya que este material presenta las siguientes ventajas:

-Bajo peso específico (madera de pino =  $600 \text{ kg/m}^3$ ).

- No requiere productos especiales para su protección.
- Su versatilidad para los diferentes tamaños y gruesos.
- Su economía.

El tamaño de la instalación es:

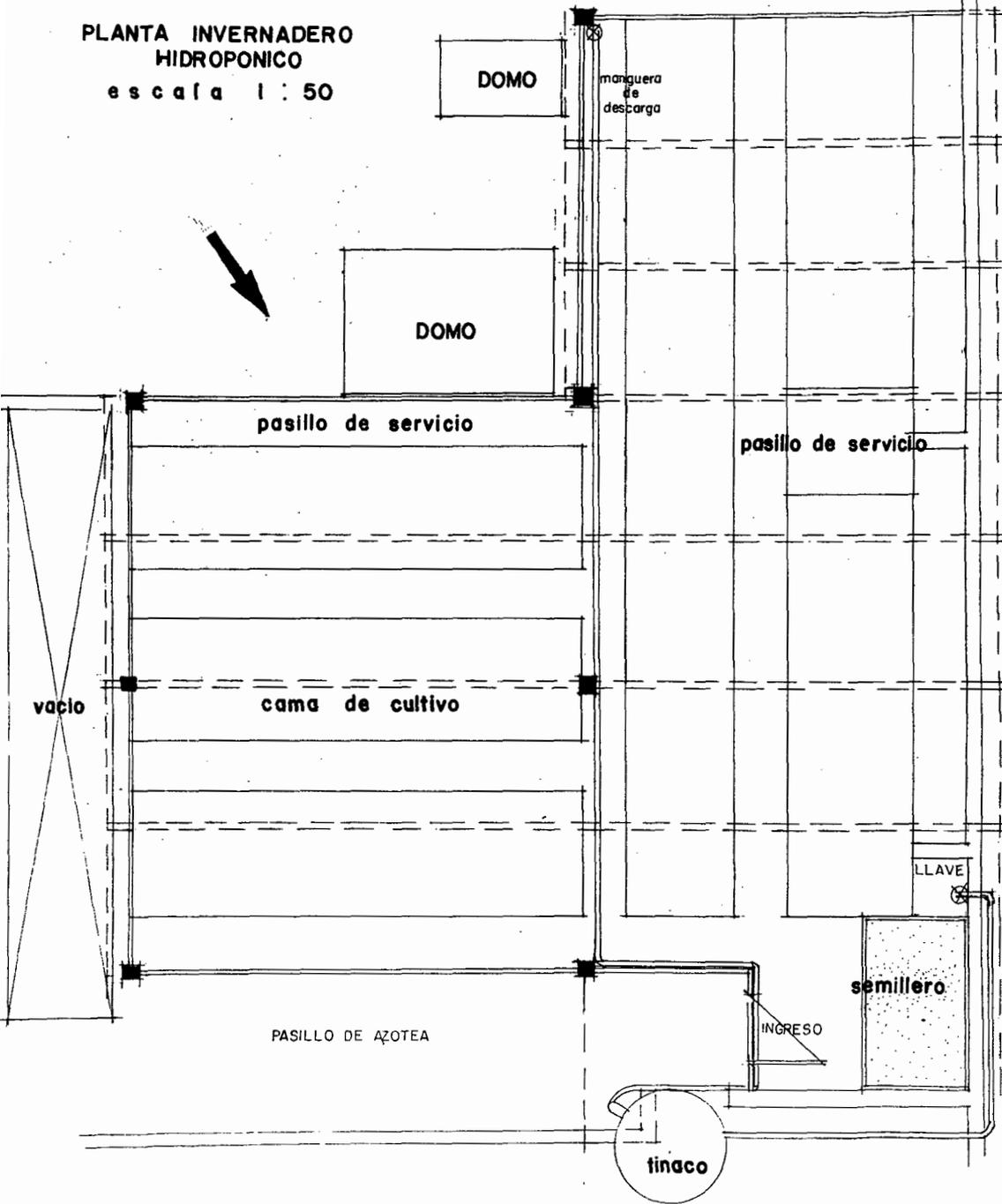
$$\begin{aligned} \text{SUPERFICIE TOTAL} &= 54.34 \text{ m}^2 & \text{SUPERFICIE UTIL} &= 30.12 \text{ m}^2 \\ \text{DIFERENCIA DE SUPERFICIES} &= 24.22 \text{ m}^2 \\ &(\text{PASILLOS, SEMILLERO}). \end{aligned}$$

El tipo de sistema hidropónico que se empleó, fue el de irrigación superficial discontinua sin recuperación de la solución nutritiva.

Las camas de cultivo se diseñaron para aprovechar el máximo espacio posible dentro del invernadero ( $30.12 \text{ m}^2$ ). Las camas son hechas de tablonces con medidas de  $3.10 \times 0.15 \times 0.008 \text{ m}$  - (36 tablonces) y con una altura del piso de  $0.40 \text{ m}$ . forradas de plástico para evitar humedecimientos en el piso de la azotea.

Para la construcción del semillero se utilizan 4 tablonces de las mismas medidas anteriores, siendo la diferencia con las camas la altura ( $0.15 \text{ m}$ ) y el tamaño, ya que para  $30.12 \text{ m}^2$  de superficie útil se requiere un semillero de aproximadamente  $1.57 \text{ m}^2$  de superficie.

**PLANTA INVERNADERO  
HIDROPONICO**  
escala 1 : 50



DOMO

manguera de descarga

DOMO

pasillo de servicio

pasillo de servicio

vacio

cama de cultivo

LLAVE

semillero

PASILLO DE AZOTEA

INGRESO

tinaco

DETALLE CAMAS Y  
SEMILLERO HIDROPONICO  
ESCALA 1:4

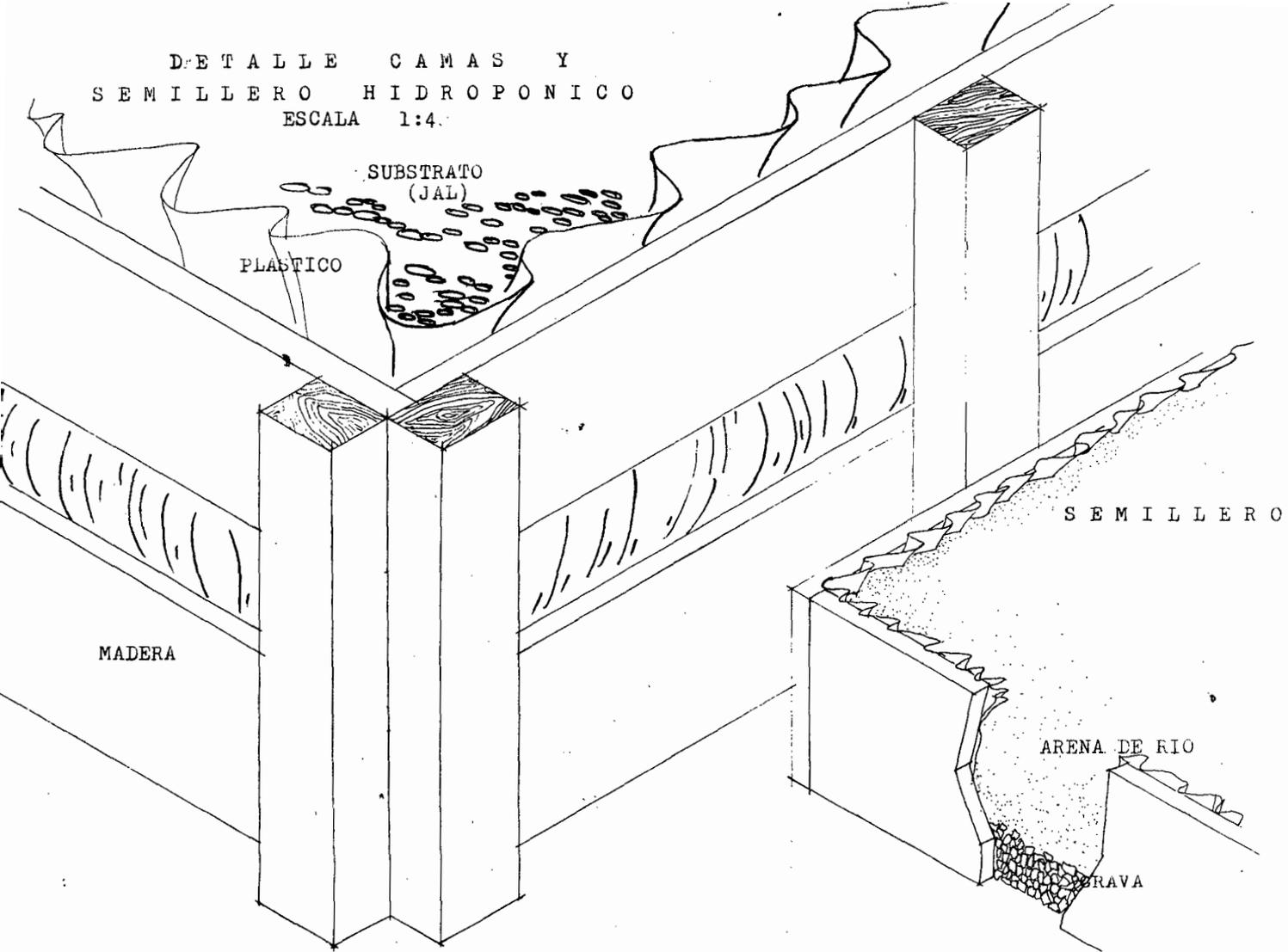


lámina acanalada de  
fibra de vidrio translúcida

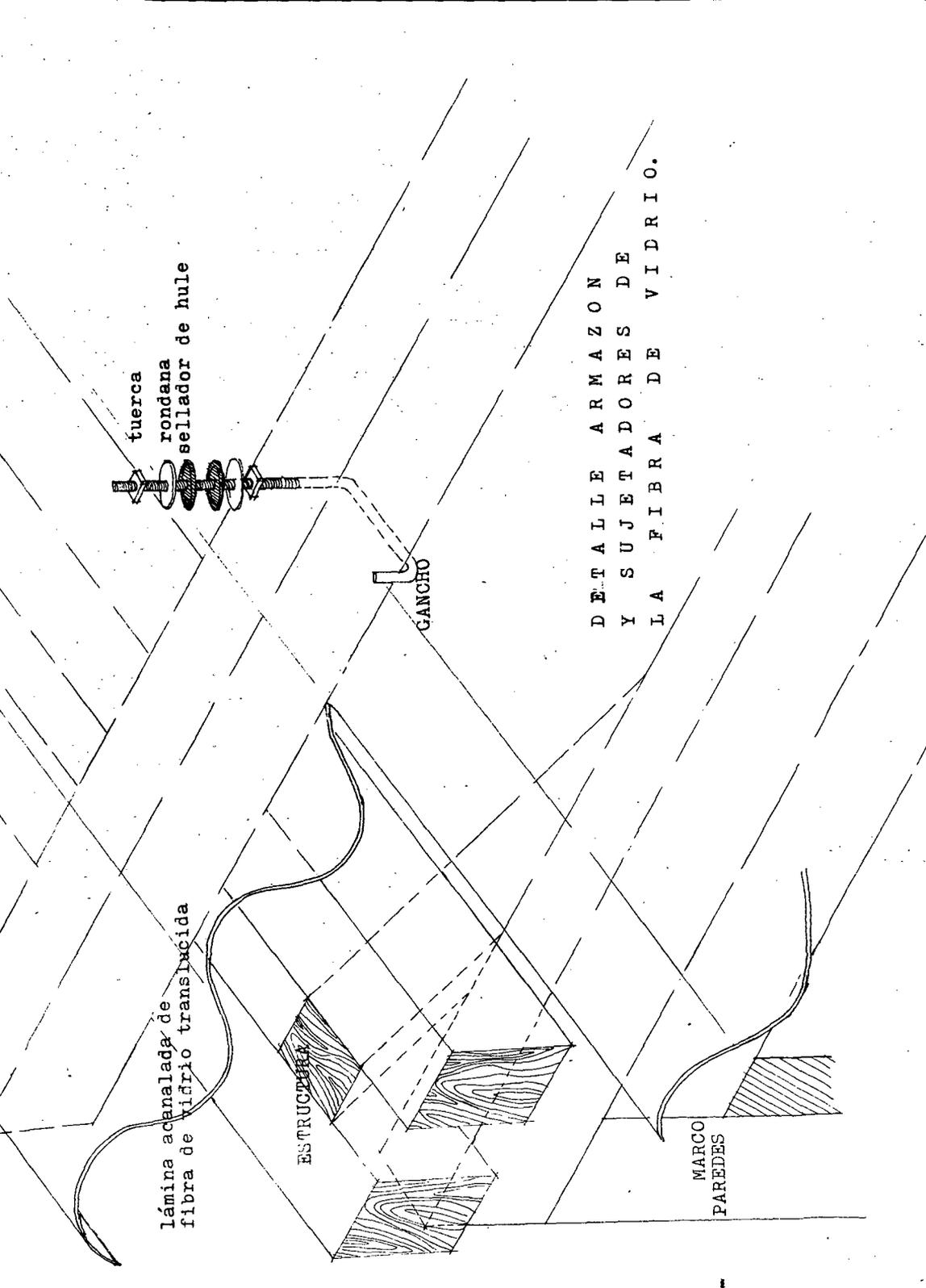
tuerca  
rondana  
sellador de hule

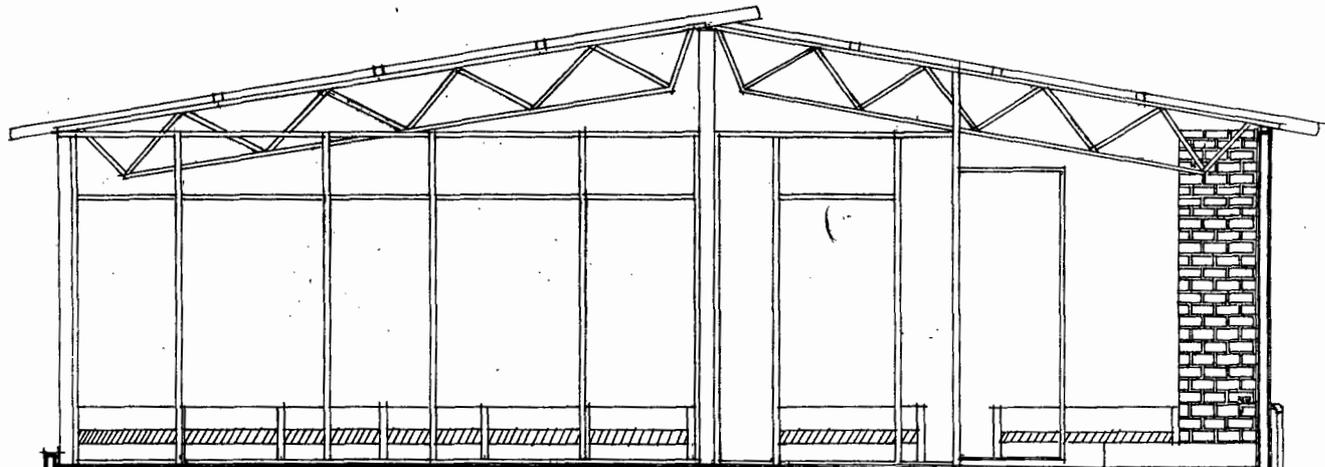
ESTRUCTURA

GANCHO

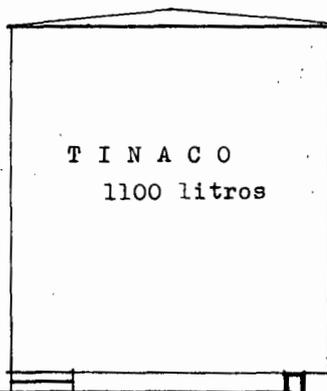
MARCO  
PAREDES

DETALLE ARMAZON  
Y SUJETADORES DE  
LA FIBRA DE VIDRIO.





CORTE TRANSVERSAL INVERNADERO HIDROPONICO ESCALA 1:40



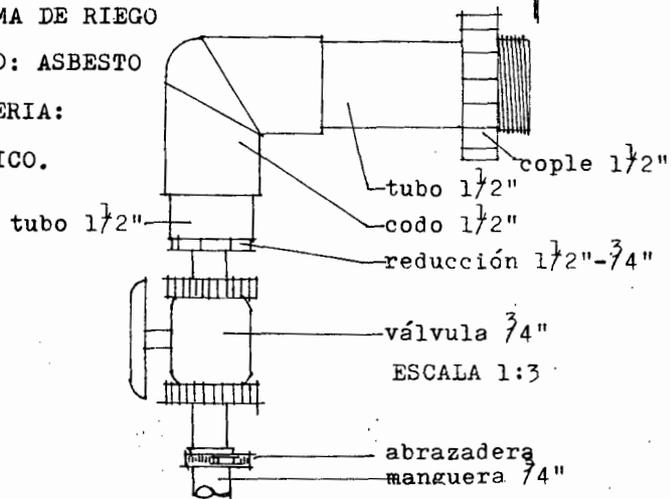
AZOTEA  
ESCALA 1:20

DETALLES DEL SISTEMA DE RIEGO

MATERIAL DEL TINACO: ASBESTO

MATERIAL DE LA TUBERIA:

P . V . C. HIDRAULICO.



ESCALA 1:3

El material con que fue cubierto el invernadero, es de fibra de vidrio, en forma de láminas acanaladas de 1.20 x 4.30 m. Las ventajas que presenta este material son:

- Una buena difusión de luz.
- Buena inercia química.
- Escasa conductividad térmica.
- Buena resistencia mecánica y excelente duración (10 años).

Las paredes del invernadero fueron de plástico transparente. Dejándoles ventajas para la recirculación del aire dentro del invernadero.

Como requisito indispensable para el funcionamiento de la instalación es que exista en la azotea una fuente para provisionarse de agua (toma o llave).

CUADRO NO. 6.

5.3. INVERSIONES.

5.3.1. INVERSION FIJA.

	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. U.	COSTO
1. ESTRUCTURA.				
INVERNADERO	Polines 3.10 x 0.10 m.	8	\$ 26.00 Pie.	\$ 1,122.00
	Tira de madera 3/4"	100	26.00 Pie.	1,567.00
	Plástico paredes	20.1 m.	40.00 m.	<u>1,190.00</u>
			SUB TOTAL	\$ 3,879.00
2. CAMAS HIDROPONICAS	Tablones de madera 3.10x0.15x0.008 m.	36	\$ 26.00 Pie.	\$ 2,340.00
	Plástico	32 m.	40.00 m.	<u>1,280.00</u>
			SUB TOTAL	\$ 3,620.00
3. CUBIERTA INVERNADERO	Fibra de vidrio 1.20x4.30 m.	15 Lám.	\$ 180.00 m <sup>2</sup>	\$ 13,932.00
			SUB TOTAL	\$ 13,932.00
4. SISTEMA DE RIEGO	Tinaco asbesto 1100 lts.	1	\$ 3,665.00	\$ 3,665.00
	Tubería de P.V.C.	5 Pza.	57.00 Pza.	284.00
	Válvula de P.V.C.	1 Pza.	628.00 Pza.	628.00
	Manguera de 3/4"	15 m.	32.00 m.	528.00
	Bomba para aereación	1	750.00	750.00
			SUB TOTAL	\$ 5,875.00
5. MATERIAL INERTE	Viaje de jal (7m <sup>3</sup> )	1	\$ 800.00	\$ 800.00
			SUB TOTAL	\$ 800.00
6. EQUIPO Y HERRAMIENTA	Palas	1	\$ 120.00	\$ 120.00

	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. U.	COSTO
	Asadones	1	\$ 60.00	\$ 60.00
	Equipo de protección	-	600.00	600.00
	Engrapadora industrial	1	700.00	700.00
	Grapas	4 ks.	25.00	100.00
	Aspersora manual	1	2,200.00	2,200.00
			<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 3,780.00</b>
7. SEMILLAS	Dos variedades/año	151 g.	\$ 1.32	\$ 200.00
	Cuatro ciclos jitomate	151 g.	1.32	200.00
			<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 400.00</b>
8. MATERIAL DE APOYO	Básculas 5 kg. 100 g.	2	\$ 650.00	\$ 1,300.00
	Medidor de pH	1	60.00	60.00
	Proveta 1000 ml.	1	536.00	536.00
	Bidón de 20 lts.	1	200.00	200.00
	Medidor de Temp. y Hum.	1	500.00	500.00
	Guacales (cosecha)	6	30.00	180.00
			<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 2,776.00</b>
9. VARIOS	Instalación eléctrica	-	-	\$ 1,313.00
	Cintas velcro, estopa ixtle, clavos, bisagras, tensores, chapopote, etc.			
			<b>SUB TOTAL</b>	<b>\$ 1,313.00</b>

#### 5.3.2. INSUMOS AUXILIARES.

1. SOLUCION NUTRITIVA	Sales nutritivas cantidad- para 4 meses.	18.3 k	\$ 38.19	\$ 699.00
2. PLAGAS Y ENFERMEDA DES	Insecticida Nuvacron	60.1 L.	\$ 580.00	\$ 580.00
	Funcicida Zineb 80%	1 Caja	180.00	180.00

	DESCRIPCION	CANTIDAD	P. U.	COSTO
	Desinfección formol	3 Lts.	\$ 27.00	\$ 81.00
4. AGUA	Pago bimestral SIAPA	2 Bim.	\$ 300.00	\$ <u>600.00</u>
			SUB TOTAL	\$ 2,140.00

### 5.3.3. CAPITAL DE TRABAJO.

	ACTIVIDAD	HORAS/HOM	P. U./H.	COSTO
1. Construcción invernadero.				
	Estructura y paredes	60	\$ 50.00	\$ 3,000.00
	TECHO	16	50.00	800.00
	Camas de cultivo	48	40.00	1,920.00
2. Labores culturales.				
	Siembra	4	\$ 40.00	\$ 160.00
	Transplante	16	40.00	640.00
	Riegos	60	40.00	2,400.00
	Poda	4	40.00	160.00
	Espaldeado	24	40.00	960.00
	Aplicación prod. químicos	8	40.00	320.00
	Prep. Solución Nutritiva	8	60.00	480.00
	Cosecha	80	40.00	3,200.00
	Empacado y limpieza	16	40.00	640.00
			SUB TOTAL	\$ <u>14,680.00</u>

### 5.3.4. INVERSION TOTAL.

C O N C E P T O	C A P I T A L
1. INVERSION FIJA	\$ 36,375.00

CONCEPTO	CAPITAL
2. INSUMOS AUXILIARES	\$ 2,140.00
3. CAPITAL DE TRABAJO	14,680.00
	<hr/>
INVERSION TOTAL.	\$ 53,195.00

#### 5.4. MATERIAL INERTE.

##### 5.4.1. CARACTERISTICAS.

El tipo de substrato que se encontró más conveniente para el tipo de sistema hidropónico que se adoptó, fue un vidrio - volcánico llamado JAL. Este material se escogió por sus propiedades, las que pueden ser; su porosidad, bajo peso específico, gran capacidad de absorción de agua y su inercia química lo - que lo hacen ideal para este tipo de sistema hidropónico. Otra de las ventajas que podemos mencionar es la de su abundancia - dentro del estado de Jalisco y parte de Nayarit.

La composición química del Jal es:

Si	O <sub>2</sub>	FeO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	NaO <sub>2</sub>	CaO	MgO
50%	75%	2-3%	4-7%	3-6%	1-2%	.3-0-5%

Otra de sus propiedades químicas del JAL es respecto al - pH, su tendencia hacia la neutralidad ya que los análisis que - se obtuvieron indicaron los valores entre 7.4 y 7.6.

Con relación a las características físicas del JAL se ob - tuvieron los siguientes datos:

DENSIDAD = 0.841 grs./c.c.

CAPACIDAD DE AB-

SORCION = 31.7% a 43%.

ESPACIOS POROSOS = 75% a 85%.

Con el fin de obtener los datos de la carga que soporta la azotea, con respecto al peso total de la instalación. Fue preciso el cálculo del peso del substrato en seco y a saturación y el peso en sí del invernadero.

VOLUMEN DEL SUBSTRATO	= (30.12 m <sup>2</sup> área de camas x 0.25 m- altura del substrato) = 7.53 m <sup>3</sup>
PESO SECO SUBSTRATO	= 6.33 toneladas.
PESO A SATURACION	= 8.34 toneladas.
VOLUMEN LIQUIDO	= 2.01 m <sup>3</sup> (solución nutritiva).
PESO INSTALACION	= 971.57 kg. (madera estructura, ca- mas fibra de vidrio).
PESO MATERIAL VIVO	= 17-25 kg/m <sup>2</sup> (jitomate).
PESO TOTAL INSTALACION	= 8,340 kg + 971.57 kg. = 9,311.57- kg.
PESO TOTAL MATERIAL VIVO	= (25 kg/m <sup>2</sup> x 30.12 m <sup>2</sup> ) = 753 kg.
PESO TOTAL INSTALACIONES Y MATERIAL VIVO	= 10,064.57 kg.
PESO M <sup>2</sup>	= $\frac{10,064.57 \text{ kg. (peso total)}}{54.34 \text{ m}^2 \text{ (área total)}} = 185.21 \text{ kg/m}^2$

El peso resultante (185,21 kg/m<sup>2</sup>) no sobrepasa los límites establecidos para carga de azoteas (550.00 kg/m<sup>2</sup>) más 150-kg/m<sup>2</sup> para carga viva.

## 5.5. SOLUCION NUTRITIVA.

### 5.5.1. COMPOSICION.

El trabajo de selección de los productos químicos para la preparación de una solución nutritiva eficiente, requiere de los conocimientos básicos de las reacciones entre estos, y la adaptabilidad al sistema y cultivo.

La fórmula que sirvió de base para la fórmula final fue la siguiente:

Fórmula usada por Dubany (1980) en jitomate.

SALES	GRAMOS DE SAL POR mc. o p.p.m.	MG.ELEM.POR			LIT.O.P.P.M.	
		N	P	K	Ca	Mg
Fosfato monoamónico (uso industrial)	262	31	70			
Nitrato de calcio (uso agrícola)	645	100			136	
Sulfato de magnesio (uso industrial)	506					50
Sulfato de potasio (uso agrícola)	591			250		
<b>TOTAL</b>	<b>2004</b>	<b>131</b>	<b>70</b>	<b>250</b>	<b>136</b>	<b>50</b>

Esta fórmula ha sido repetidamente experimentada, y para las comunes especies hortícolas de invernadero ha podido demostrar excelentes resultados.

El problema que se presentó con esta fórmula fue el Nitrato de Calcio, ya que este producto no se pudo conseguir con facilidad. La solución para el abastecimiento del Nitrógeno nítrico y calcio, fueron dos productos; el Acido Nítrico y el Hidróxido de Calcio, quedando la fórmula como sigue:

	mg/lit. o p.p.m.
( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ) Fosfato monoamónico	262
( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) Sulfato de magnesio	506
( $\text{HNO}_3$ ) Acido Nítrico	495
( $\text{KSO}_4$ ) Sulfato de Potasio	591
( $\text{CaOH}$ ) Hidróxido de Calcio	220
TOTAL	2074

Cada compuesto químico contiene los siguientes elementos y en la siguiente cantidad:

	N	P	p. p. m.		Mg
			X	Ca	
Fosfato monoamónico	31.96	70.47			
Sulfato de magnesio					49.58
Acido nítrico	109.89				
Sulfato de potasio			265.35		
Hidróxido de calcio				157.30	
	141.85	70.47	265.35	157.30	49.58

Esta solución nutritiva se llevó a 1080 litros de agua - (volumen del tinaco). La cantidad de compuestos químicos se hallan indicadas en la siguiente tabla, así mismo están las cantidades que se requieren en las diferentes concentraciones según etapas vegetativas.

	mg/lit.	GRAMOS 1080 lit.	1080 lit. 25%	1080 lit. 50%
1. Fosfato monoamónico	262	282.96	70.74	141.48
2. Sulfato de magnesio	506	546.48	136.62	237.24
3. Acido nítrico	495	536.60	134.15	268.30
4. Sulfato de potasio	591	638.28	159.57	319.14
5. Hidróxido de calcio	220	237.60	59.40	118.80
	2074	2239.92	560.48	1120.96

La secuencia de dilución de las sales es como está en la -  
pasada tabla. Esta secuencia se conserva a través de todo el ci  
clo del cultivo para evitar precipitaciones y cambios bruscos -  
del pH.

En la dilución de microelementos. El hierro se mezcla por-  
separado de los otros elementos, ya que su sensibilidad a las -  
variaciones del pH puede precipitar fácilmente apenas la reac-  
ción de la solución se desplaza hacia la neutralidad.

La lectura del pH se realiza una vez que se ha llevado a -  
la solución al nivel o volumen calculado.

Relación N, P, K = 1 : 0.49 : 1.87

Las cantidades de microelementos en la solución nutritiva-  
están indicadas a continuación, así mismo la secuencia para el-  
Cobre, Manganeso y Zinc.

	mg/lit.	GRAMOS 1080 lit.	1080 lit. 25%	1080 lit. 50%
1. sulfato ferroso	4	20.50	5.125	10.25
2. Sulfato de cobre	0.2	1.08	0.27	0.54
3. Sulfato de manganeso	0.5	2.36	0.59	1.18
4. Sulfato de zinc	0.2	1.08	0.27	0.54
	4.9	24.02	6.255	12.51

Para mantener la solución nutritiva oxigenada se introducía aire por medio de una bomba eléctrica unos momentos antes de efectuarse el riego.

#### 5.5.2. AGUA.

El agua que se empleó para la preparación de la solución nutritiva, pertenece a las tomas domiciliarias de la ciudad. Para tener conocimiento de su composición química se realizó un análisis cuyos datos fueron:

pH	7.45
Conductividad eléctrica en micro-mhos/cm a 25°C	630
Conductividad eléctrica en mili-mhos/cm a 25°C	0.63
Cationes totales en meq/l	6.0
Iones (Ca + Mg) en meq/l (EDTA)	3.1
Calcio en meq/l (EDTA)	2.0
Magnesio en meq/l (EDTA)	1.1
Potasio en meq/l (flamometría)	0.2
Sodio en meq/l (flamometría)	2.7

Relación de adsorción de sodio (RAS)	2.2
Aniones totales en meq/l = B	6.6
Cloruros en meq/l (mhor-argentometría)	0.8
Sulfato en meq/l (turbidimetría)	1.2
Carbonatos en meq/l (Warder-fenofaleína)	0.0
Bicarbonatos en meq/l (Warder-anaranjado de metilo)	4.6
Hidróxilos en meq/l (Warder-cálculo)	0.0
Iones ( $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$ ) en meq/l (cálculo)	4.6
Boro p.p.m. (titulacion potenciométrica)	0.79

## 5.6. PRACTICAS CULTURALES.

### 5.6.1. SIEMBRA.

Para el cultivo de jitomate en forma hidróponica, la siembra se efectuó en semillero de arena y grava. Este semillero consta de dos capas de substratos inertes, el substrato inferior es de grava pequeña ( $\varnothing$  5 mm) dejando esta capa a 4 cm. de altura, y en la capa superior se tamiza arena lavada de río dejando esta capa de 6 cm. de gruesa.

Antes de efectuar la siembra se desinfectó el semillero con formol 37.7% evitando así la contaminación por bacterias y hongos que pudieran contener los substratos. Una vez que se ha desinfectado se dejaron pasar 4 días para que se desalojaran los gases del formol.

La fecha de siembra fue el 29 de junio de 1981. La siembra se realizó a chorrillo dejando 10 cm. entre hileras.

Se sembraron dos variedades de jitomate:

ACE 55 VF (2811085).

4351083

Estas variedades se sembraron en la misma proporción; -  
37.75 gramos / variedad.

Las primeras plántulas aparecieron 6 días después de la siembra teniendo un 90% de germinación en la variedad ACE 55-VF, y un 85% de germinación en la variedad 4351083.

#### 5.6.2. TRANSPLANTE.

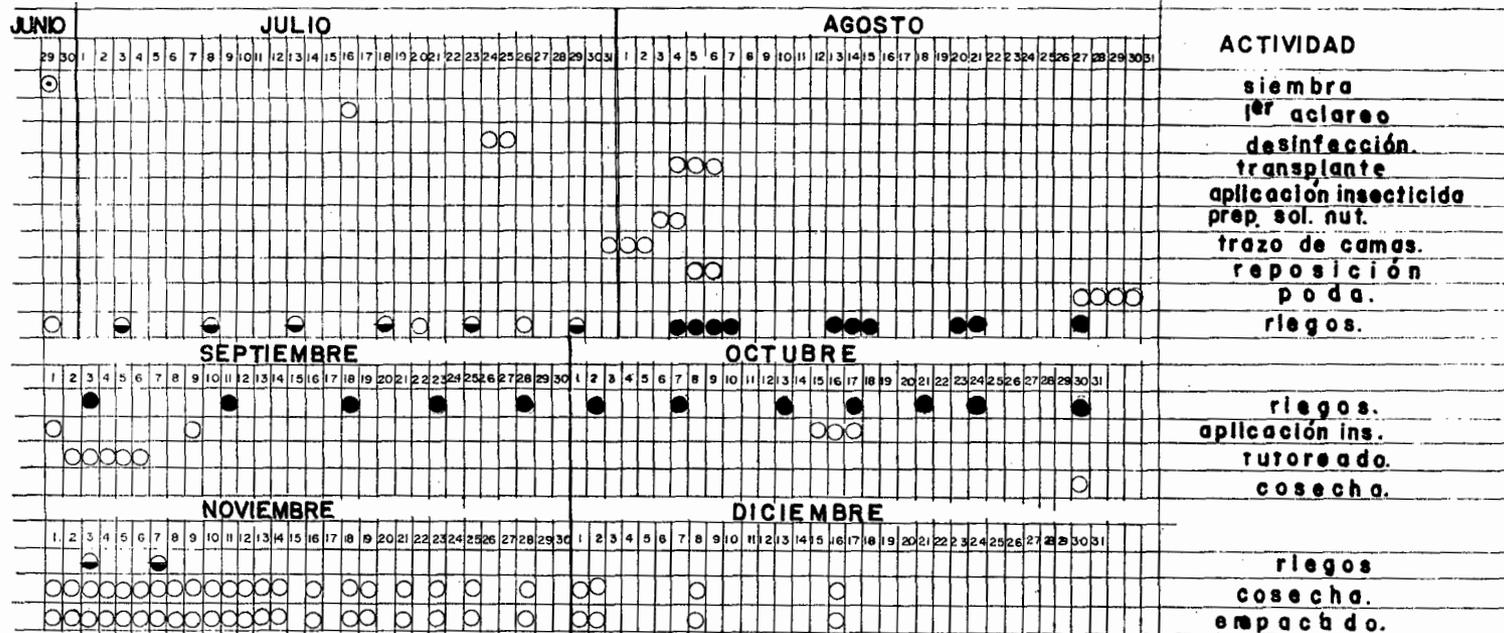
Una vez transcurridos 36 días aproximadamente a partir -  
de la siembra, se procede a transplantar las plantas a su lugar definitivo.

En el trabajo de transplante se seleccionaron plantas -  
con buen desarrollo tanto foliar y radical, así mismo su buen estado sanitario.

La densidad de siembra en las camas definitivas fue de -  
285 plantas en un área de  $30.12 \text{ m}^2$ . Habiendo quedado las plantas a una distancia simétrica de 26 cm. entre hileras y planta. Se separaron las variedades de jitomate.

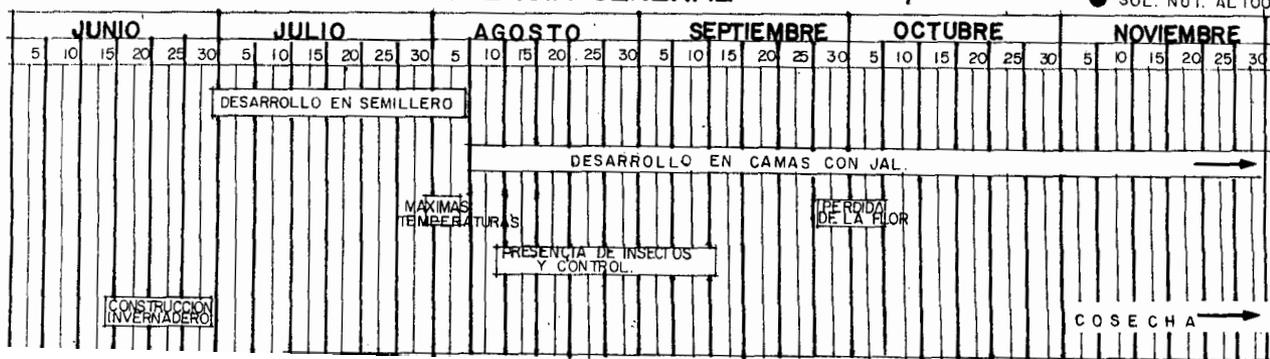
# CULTIVO DEL TOMATE PROGRAMA DE ACTIVIDADES.

1981



- SOLUCION NUTRITIVA AL 25 Y 50 %
- SOL. NUT. AL 100 %

## SECUENCIA GENERAL



143 plantas de jitomate de la variedad ACE 55 VF -  
(2811085).

142 plantas de jitomate de la variedad 4351083.

El modo de efectuar el transplante fue como sigue:

-Se riega el semillero con agua pura.

-Se marcan los lugares donde se pondrán las plantas (lugar definitivo).

-Se humedece el lugar donde se plantará con la solución nutritiva.

-Se procede a escoger las plantas más desarrolladas, -  
que tengan su tercer meristemo en formación y la tercera rama completa.

-Se cuentan el número de plantas según el número que -  
contenga la hilera.

-Se sumerge la pala de jardinero hasta la profundidad -  
correspondiente y se coloca la planta en el hueco formado -  
por la pala y el esustrato.

-Estando la planta sembrada en su lugar definitivo, se-  
riega con solución nutritiva cuidando que se empape toda la-  
zona radicular.

-Se colocan las marcas con el número de planta y varie-  
dad.

### 5.6.3. RIEGOS.

El método que se utilizó para proporcionar a las plantas de jitomate los nutrientes fue el llamado riego superficial - por percolación. Este método se seleccionó ya que las ventajas más importantes que presenta como pueden ser la economía en los materiales de conducción y el aprovechamiento en sí de la solución nutritiva.

Este tipo de riego requiere de un depósito o tinaco para mantener a la solución nutritiva. Este tinaco cuya capacidad es de 1100 litros está hecho de asbesto, este material no interfiere en lo absoluto con la naturaleza de la solución nutritiva.

Todos los conductos y válvulas son de P.V.C. debido a que fue el material que se encontró más adecuado en cuanto a su inercia química y economía.

Los primeros días de sembrada la semilla se regó con agua pura por medio de un bidón de 20 litros hasta que las plantas desarrollaran su raíz. Una vez aparecida la raíz se regó con la solución al 25% con el bidón, pasados 15 días se regó a una concentración al 50% con el mismo recipiente de 20 litros hasta el transplante de la planta la cual se regó con la concentración al 100% con la solución puesta en el tinaco.

El total de agua usada tanto para regar el semillero co-

mo las camas, fue de 8865 litros, o sean 31.10 litros por -  
planta promedio en 131 días de desarrollo, habiéndose consumi-  
do un promedio de 0.229 litros diarios planta. La frecuencia-  
del riego se determinó por medio del Tensiómetro.

#### 5.6.4. ESPALDEADO.

Como al desarrollarse la planta de jitomate se le forma -  
un tallo débil, es necesario sostenerla con algún tipo de so-  
porte que la mantenga vertical. Este soporte o espaldera fue-  
hecho de alambre galvanizado para los soportes principales y-  
tramos de ixtle como sujetadores en cada una de las plantas.

Las ventajas que presenta el tener la planta vertical -  
son el tener espacio disponible dentro del invernadero y que-  
la planta aumente su producción y se maltrate menos.

Esta labor se llevó a cabo una vez terminada la práctica  
del trasplante.

#### 5.6.5. PODA.

La planta de jitomate tiene como característica la forma-  
ción de tallos secundarios debajo de la guía principal que -  
suelen florear poco y no forman suficientes frutos por lo tan-  
to tienen que eliminarse. La poda de estos tallos se realizó-  
a los 60 días de sembrado el cultivo.

#### 5.6.6. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Las plagas que se presentaron aun estando el cultivo en invernadero fueron el gusano del fruto (*Eliothis zea*) y la mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

El gusano del fruto apareció a los 72 días de sembrado el cultivo, ya que en ese momento no se contaba con protección en las ventanas y el lepidóptero de esta larva pudo introducirse en el invernadero.

La mosquita blanca apareció a los 90 días de sembrado el cultivo.

El insecticida que se empleó para su combate fue uno con características sistémicas y de contacto NUVACRON 60 en una dosis de 3 ml. por cada 600 ml. de agua para  $30.12 \text{ m}^2$  de superficie. Este tipo de insecticida se escogió por su espectro en el control de plagas, ya que este insecticida controla también la chicharrita (*Empoasca* spp), pulgones, pulga saltona (*epitrix* spp), gusano del cuerno (*Manduca* spp), gusano soldado (*Spodoptera* spp).

Este insecticida se dejó de aplicar 21 días antes de la cosecha.

Para el control de las enfermedades sobre todo las fungosas se aplicó ZINEB 80% a las plantas en el semillero previéndose así cualquier indicio de enfermedad causada por el po

sible exceso de humedad y temperatura.

Con la finalidad de desinfectar el substrato y eliminar posibles plagas o enfermedades se aplicó FORMOL 37.7% por aspersión.

#### 5.6.7. COSECHA.

La maduración del jitomate comenzó aproximadamente a los 114 días de establecido el cultivo. Las etapas de maduración que se seleccionó para su corte fue el de tipo verde sazón o 3/4 y del tipo rosado o rayado, el primer jitomate se madura en una semana y del segundo tipo tarda tres días en madurar.

La cosecha se realizó escalonada comenzando el día 30 de octubre de 1981 y terminando el día 16 de diciembre de 1981, abarcando la cosecha 48 días.

Los días efectivos de la cosecha fueron 26 realizándose los cortes según la maduración del fruto. La temperatura del invernadero influyó en la maduración del jitomate ya que en algunos casos la temperatura oscilaba entre los 27 y 30°C lo cual afecta la maduración quedándose el fruto con tonalidades amarillas.

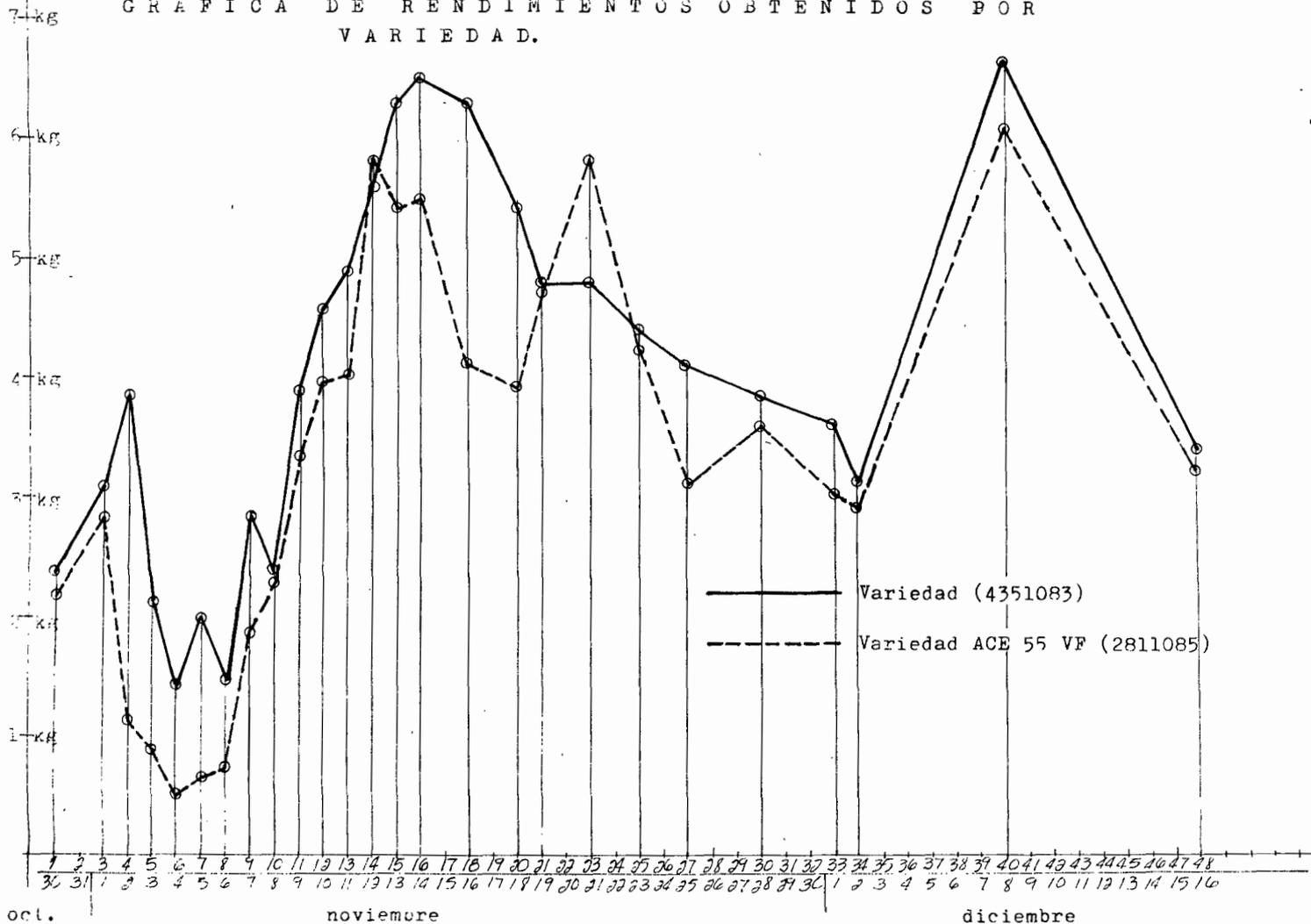
RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN LA COSECHA DEL JITOMATE.  
(GRAMOS)

ACE	VARIEDAD 55 VF (2811085)	DIA	VARIEDAD (4351083)
1.	2 168	30 octubre	2 362
2.	2 816	1 noviembre	3 083
3.	1 120	2 noviembre	3 830
4.	890	3 noviembre	2 106
5.	495	4 noviembre	1 040
6.	642	5 noviembre	980
7.	720	6 noviembre	1 560
8.	1 860	7 noviembre	2 817
9.	2 260	8 noviembre	2 386
10.	3 320	9 noviembre	3 888
11.	3 950	10 noviembre	4 565
12.	4 015	11 noviembre	4 890
13.	5 815 $\bar{x}=3 293.76$	12 noviembre	5 605 $x=3 934.69$
14.	5 410	13 noviembre	6 310
15.	5 500	14 noviembre	6 506
16.	4 105	16 noviembre	6 318
17.	3 916	18 noviembre	5 410
18.	4 706	19 noviembre	4 781
19.	5 816	21 noviembre	4 810
20.	4 232	23 noviembre	4 390
21.	3 102	25 noviembre	4 080
22.	3 570	28 noviembre	3 855
23.	3 018	1 diciembre	3 615
24.	2 896	2 diciembre	3 107

ACE	VARIEDAD 55 VF (2811085)	DIA	VARIEDAD (4351083)
25.	6 086	8 diciembre	6 669
26	3 210	16 diciembre	3 419
	<hr/>		<hr/>
	85 638	T O T A L	102 382

G R A N T O T A L	=	188.02	kg.
RENDIMIENTO POR m <sup>2</sup>	=	6.24	kg/m <sup>2</sup>
RENDIMIENTO POR ha.	=	62.42	Ton/Ha.
DENSIDAD DE PLANTAS	=	$\frac{285}{30.12}$	= 9.46 PLAN- <sub>2</sub> TAS/m
RENDIMIENTO POR PLAN- TA	=	$\frac{6.242}{9.46}$	= 659 GRAMOS
JITOMATES PROMEDIO POR PLANTA	=	7	
PESO PROMEDIO JITOMA- TE	=	$\frac{659}{7}$	= 94.14 GRA- MOS/JITOMA TE

GRAFICA DE RENDIMIENTOS OBTENIDOS POR  
VARIEDAD.



### 5.7. FACTORES DE ESTUDIO.

Los factores de estudio que se consideraron más importantes fueron:

1o. La interacción que existe entre el material inerte y la solución nutritiva empleada.

2o. Los factores ambientales que influyeron en el desarrollo del cultivo.

Para el estudio del primer factor habría que considerar la naturaleza del substrato que se empleó, este material cuya evolución o recristalización forma parte de vidrios volcánicos, estos vidrios volcánicos -básicos, neutros y ácidos- son componentes de las cenizas volcánicas de amplia distribución en América Latina a través de las erupciones de los volcanes. Su composición química es muy variable; las proporciones variables de Si y Al y a falta de estructuras cristalizadas les dan un carácter amorfo, sus propiedades químicas y físicas denotan una gran superficie externa e interna, elevada porosidad y alta permeabilidad y una escasa o alta reactividad química en función de las propiedades indicadas.

La intemperización de las cenizas volcánicas puede conducir a la formación de diversos materiales secundarios, pero por regla general, en los suelos jóvenes predominan los minerales amorfos: la alófana y la haloisita (metahaloisita en los

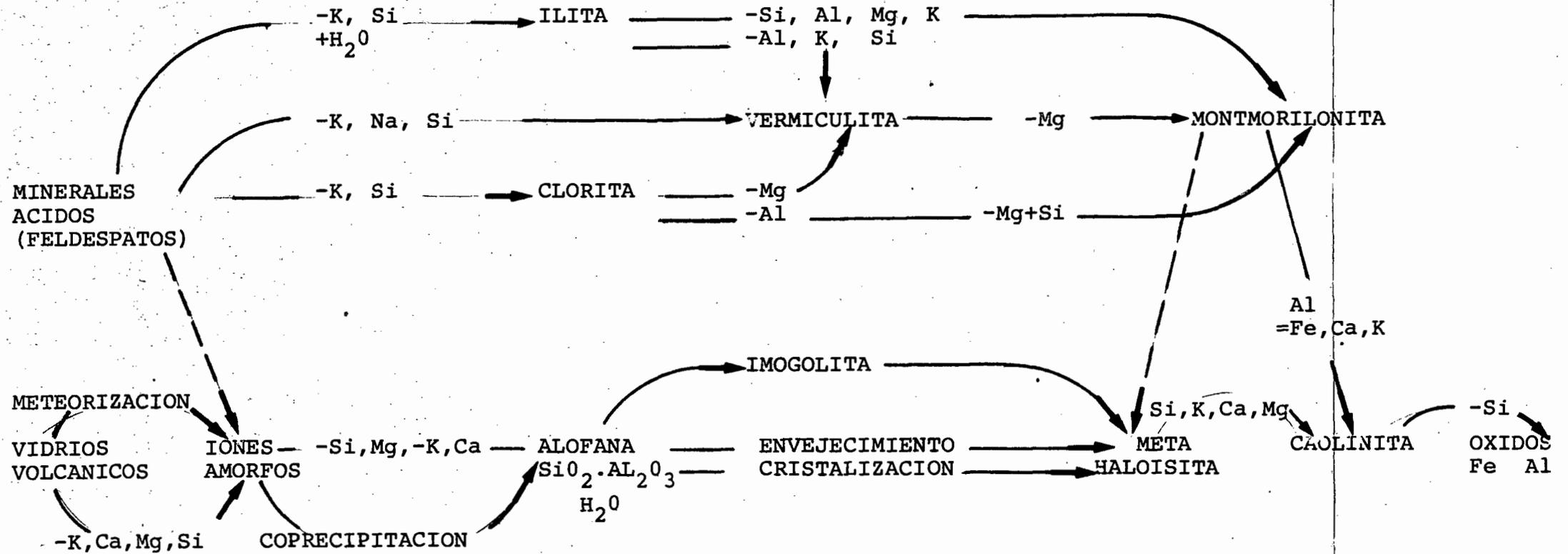
suelos maduros). Las condiciones de intemperización en ambientes húmedos determinan que las cenizas volcánicas, bajo condiciones adecuadas de drenaje, desarrollen con el tiempo, casi invariablemente, una serie mineralógica que comienza con la alófana y concluye con la caolinita.

Algunos autores han sugerido secuencias de intemperización que seguirían las cenizas volcánicas, siendo éstas, en general, más o menos semejantes.

CICLO UNICO DE INTEMPERIZACION DE LAS CENIZAS VOLCANICAS.

GELES AMORFOS → ALOFANA → HALOISITA/METAHALOISITA → CAOLINITA

REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS PROCESOS DE FORMACION DE ARCILLAS: CAMBIOS ESTRUCTURALES A PARTIR DE FELDESPATOS Y DISOLUCION Y RECRISTALIZACION A PARTIR DE VIDRIOS VOLCANICOS.

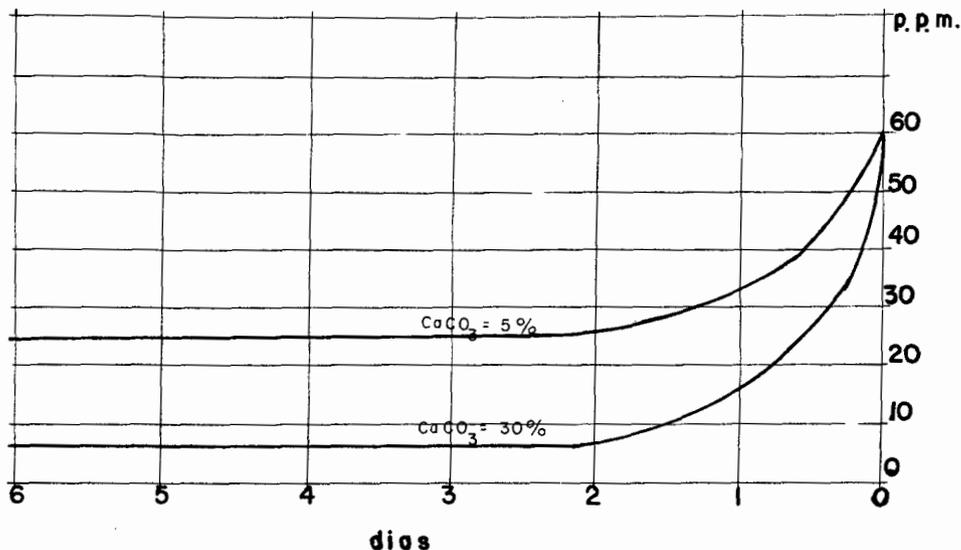


Desde el punto de vista químico, el sustrato no debe -- reaccionar con la solución nutritiva, ni solubilizarse parcialmente, ni ensalzarse en proceso de transformación. El vidrio - volcánico (Jal) que se empleó como sustrato no interfirió con la naturaleza de la solución nutritiva ya que las cantidades - de calcio presentes en el sustrato no fueron de considera -- ción.

La presencia de calcio en el sustrato determina la movilidad y la inmovilidad del fósforo de la solución nutritiva se gún la cantidad de calcio que se encuentre presente. Esta relación que existe entre el calcio-fósforo repercute en la forma como la planta pueda aprovechar el fósforo, por ese motivo el material inerte no deberá ser de origen calcáreo.

Con el fin de tener más información respecto a este tipo de intracciones entre los diferentes sustratos y las diferentes soluciones nutritivas harían falta más estudios e investigación.

MARCA DE LA INSOLUBILIZACION DEL FOSFORO CON RELACION  
AL CONTENIDO CALCAREO DEL SUBSTRATO. (DURANY)



En lo que se refiere a los factores que afectan al cultivo de manera ambiental podemos citar los que más incidieron en la producción, estos son la temperatura y la aereación del invernadero.

Las condiciones en las que instaló el invernadero y el tipo de lugar específico propició una elevada temperatura dentro del invernadero, esto aunado también a la fecha en que fue sembrado el jitomate (verano), dando por resultado la caída de la flor en algunas plantas del jitomate o escasa plinización en otras flores alterando así el normal desarrollo del cultivo.

La elevada temperatura se creó en parte por la falta de circulación de aire fresco por las camas de cultivo, debido a que la azotea tiene bardas altas que impiden la circulación del aire.

La conveniencia del método hidropónico de cultivo puede desprenderse de la evaluación de las ventajas económicas que presenta respecto al cultivo tradicional, ventajas cuya entidad compensa adecuadamente los gastos que requiere.

El trabajo aquí expuesto contempla la factibilidad del cultivo hidropónico en áreas urbanas, específicamente en azoteas, las cuales permanecen como un espacio desaprovechado que potencialmente podría ser utilizado para la producción de alimentos.

Las ventajas que proporciona el sistema hidropónico se ven reflejadas en los rendimientos obtenidos (6.24 kg/m<sup>2</sup> o sean 62.4 Ton/Ha. Los rendimientos de jitomate a nivel nacional se encuentran entre los 22 y 60 Ton/Ha.) El rendimiento obtenido se vió limitado a causa del exceso de temperatura en el invernadero, propiciando la caída de la flor. Este rendimiento podría no verse limitado en condiciones más favorables de aereación y así poder controlar más adecuadamente la temperatura.

Dentro del aspecto económico, la instalación e insumos tuvieron un costo por metro cuadrado de \$ 708.77 este costo no incluye el capital de trabajo ya que este concepto quedaría condicionado al tipo de mano de obra que lo ejecute.

El valor de la producción tuvo variables en cuestión de mercadeo y comercialización, encontrándose el jitomate en época

ca de cosecha (1981) a \$ 14.00 Kg. venta al comerciante, y - \$ 23.00 Kg. venta al consumidor. Parte de esta producción podría destinarse al consumo de la familia o sociedad que administre el cultivo.

En cuanto a la rentabilidad del sistema se encontró que -  
i venta del jitomate a precio de comerciante los costos -  
se amortizan en 5 años sembrándose tres cultivos de jitomate -  
al año. Y en la venta al consumidor el costo se amortiza en 3  
años sembrándose en las mismas condiciones y obteniendo el -  
rendimiento antes indicado.

Con el fin de elevar la rentabilidad de la instalación y abaratar los costos en materiales y explotación se pueden considerar las siguientes posibilidades:

-La fabricación de soluciones nutritivas con ayuda de -  
abonos comerciales baratos, en lugar de productos químicos pu  
ros.

-Construcción de instalaciones medianas (arriba de 100 -  
m<sup>2</sup>) con el fin de abaratar los costos de instalación por me-  
tro cuadrado.

-El cultivo de una serie de hortalizas determinadas en -  
forma programada continua.

-Utilización de substratos baratos como espumas plásti--  
cas, azerrín, etc.

El cultivo hidropónico de jitomates en las condiciones como se utilizó, representó un ahorro considerable en el agua, ya que para producir una tonelada de jitomates en tierra son necesarios 80 a 90 metros cúbicos de agua dulce, y en forma hidropónica el mismo cultivo necesitó solamente 47.14 metros cúbicos de agua con cierta cantidad de sales ( $C_2S_1$ ) para lograr una tonelada de producto.

La calidad del producto presentó desde el punto de vista bromatológico, netamente mejores a otros cultivados en tierra. En igual fase de maduración, menos acuosas que los cultivados en tierra. En igual fase de maduración, menos acuosas que los cultivados en tierra y con unas proporciones más elevadas en azúcar, en grasas, y mejor contenido de fibra bruta. Solamente las cenizas aparecieron mayor en los frutos procedentes de plantas crecidas en tierra. Además resultaron libres de bacterias y parásitos.

La hidroponia está basada en principios científicos, y debe ser aplicada usando criterios adecuados. Este sistema presupone algunos conocimientos de fisiología vegetal y de química. Eso podría resolverse con una eficiente asistencia técnica a las personas interesadas en este tipo de cultivo y así poder detectar eventuales anomalías.

Las conclusiones antes expuestas nos pueden dar una idea de la importancia que puede tener el tipo de cultivo hidropónico en nuestro medio. Las superficies de azoteas serían

áreas de cultivo con una producción constante de alimentos - creando un mejor clima en las ciudades, una fuente de trabajo para muchas personas entre ellas a jubilados, inválidos, y la ventaja del capital que pueda generar.

Ejemplificando. Según los datos de la SAHOP (1981) la - ciudad de Guadalajara cuenta con aproximadamente 7 000 Has. - de azoteas, suponiendo que esta superficie se empleara en la producción de jitomates, generaría con el rendimiento obtenido en este trabajo (62.4 Ton/Ha.) una cantidad de 1'310,400 - toneladas de jitomate. En un año de cultivo cuyo valor esti-- mándose de \$ 10.00 kg. se obtendría una cantidad de - - \$ 13,104'000,000.00 anual. Esta cantidad de jitomate se em -- plearía para consumo interno, abastecer la industria y para - exportación.

Las superficies con instalaciones hidropónicas bien po-- drían especializarse en hortalizas, mientras que los terrenos arables destinarían su producción a otros tipos de cultivo como leguminosas, gramíneas, etc., ampliando así la zona de cultivo de estas familias.

Es importante mencionar el hecho de que en caso que el - propietario solicite un crédito bancario para habilitar la - instalación, el valor de la finca respaldaría ese crédito am- pliamente.

El éxito y difusión del sistema hidropónico depende de -

los recursos con que se cuente y el tipo de tecnología que se adopte.

Este tipo de tecnología iría encaminada a solucionar el mayor problema de la humanidad en este siglo y el siguiente: alimentarse.

- Curiel Ballesteros- PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO SIN SUELO A NIVEL FAMILIAR, ENSAYO CON JITOMATE (*Lycopersicon esculentum*) (Tesis Profesional, Universidad de Guadalajara, México). 1979.
- Douglas S.- HYDROPONICS (Oxford University Press, London England). 1959.
- Fassbender Hans W.- QUIMICA DE SUELOS CON ENFASIS EN SUELOS DE AMERICA LATINA. (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Costa Rica) 1978.
- F. Penningsfeld y P. Kurzmann-CULTIVOS HIDROPONICOS Y EN TURBA (Ed. Mundi-Prensa, España). 1975.
- Mainardi Fazio Fausta- LOS CULTIVOS HIDROPONICOS (Ed. de Vecchi, S.A. Barcelona, España). 1979.
- Raymond Bridwell- HYDROPONIC GARDENING (Woodgridge Press Publishing Company, Santa Bárbara California, U.S.A.),- 1974.
- Schwarz M. and Szakely- SIMPLIFIED ANALYSIS OF HYDROPONIC SOLUTIONS (The Negev Inst. Arid Zone Research, Beer Sheba, Israel). 1966.
- Turner W.I. and Henry V.M.- GROWING PLANTS IN NUTRIENT-SOLUTION (John Wiley, N.Y. U.S.A.) 1952.

-Ulises Durany- HIDROPONIA, CULTIVO DE PLANTAS SIN TIERRA (Ed. Sintesis S.A. Barcelona, España). 1980.

-Woodman, R.M.- THE EFFECT OF THE CONCENTRATION OF THE CULTURE SOLUTION ON VEGETABLE GROWN IN SAND. (Appl. Biol 31, 22-30 U.S.A.) 1940.

