


870170

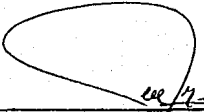
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL


Arg. José Morales González
Director Escuela Diseño
Industrial




Arg. José Morales González
Presidente Comisión Revisora
de Tesis

UNIDAD HIDROPONICA EXPERIMENTAL
PARA EL CULTIVO DE HORTALIZAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL

PRESENTA

ALFREDO HERRERA MESINO

GUADALAJARA, JAL., 1989

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

* PREFACIO.	III
* INTRODUCCION.	1
* CAPITULO I.- COMO SE DESTRUYEN LOS SUELOS.	2
El suelo, puñala de la vida.	2
Sólo parte de la tierra es cultivable.	2
La erosión ha destruído civilizaciones.	3
Las malas prácticas agrícolas favorecen la pérdida de los suelos.	4
Cómo la erosión reduce los rendimientos.	4
Cuadro Agrícola 1985	6
La Población de México	7
La Población de México en el futuro.	7
Artículo publicado por el "Heraldo de México".	8
Problemática Nacional.	8
* CAPITULO II.- HIDROPONIA: PRESENTE, PASADO Y FUTURO.	11
Principios de la Hidroponia.	14
Ventajas de la Hidroponia.	15
Cuadro comparativo de dos sistemas de cultivo.	17
Reporte de la visita realizada a los Invernaderos, de los Biólogos Alonso y Consuelo Pacheco.	20
Desventajas de la Hidroponia.	28
* CAPITULO III.- METODOS DE CULTIVO EN HIDROPONIA.	31
Estructura del sistema hidropónico.	31
Clasificación de los métodos de cultivo en Hidroponia.	32
* CAPITULO IV.- CULTIVO EN AGREGADO.	33
Métodos de cultivo en pequeña escala.	33
Irrigación superficial (Slop Culture).	33
Irrigación por goteo.	36
Sub-irrigación.	36



INDICE

Irrigación por capilaridad.	40
* CAPITULO V.- CULTIVO EN GRAVA.	41
Requisitos del drenaje.	41
Métodos de cultivo en mediana escala.	41
Métodos de alimentación por gravedad.	42
* CAPITULO VI.- TECNICAS HIDROPONICAS DIVERSAS.	45
Técnica de cultivo en macetas de Bentley.	45
Técnica de la película nutritiva (NFT).	45
Aeroponia.	49
* CAPITULO VII.- EL DEPOSITO DE LA SOLUCION.	51
Distribución de Cultivos.	52
* CAPITULO VIII.- ANALISIS Y CONCLUSION.	54
* CAPITULO IX.- ENFOQUE.	58
Perfil del usuario.	58
Resultado de encuestas.	59
Planteamiento del problema.	60
* CAPITULO X.- ANALISIS.	62
* CAPITULO XI.- Bocetos.	65
Planos, Cursogramas, Cálculo de Estructuras y Bomba, Vistas Generales, Memoria Descriptiva.	65
* BIBLIOGRAFIA	96
CREDITOS.	97



P R E F A C I O



Actualmente el problema de la explosión demográfica se agudiza día a día, afectando a todos los estratos sociales de nuestra población.

Uno de los problemas más graves que esto puede ocasionar es la escasez de alimentos, que a su vez se traduce en el incremento de sus precios, lo cual significa que quedan fuera del alcance de ciertas clases sociales y por lo regular, éstas son las que más lo necesitan.

Esta problemática plantea la necesidad de revolucionar los actuales métodos de producción de alimentos en nuestro país, de tal forma que sean capaces de satisfacer la demanda de nuestra creciente población, tanto en cantidad como en calidad.

Existe una técnica que promete ser la solución al problema de la producción de alimentos, sin embargo, dicha técnica llamada Hidroponía, ha tenido muy poca difusión en nuestro país, a pesar de que ha demostrado su eficacia en países en donde escasean las tierras de cultivo.

Debido a esta falta de información, la gran mayoría de los agricultores mexicanos continúan produciendo con métodos tradicionales y los que ya emplean esta nueva técnica, tienen que hacerlo con instalaciones poco adecuadas que tienen que fabricar ellos mismos. Es decir, no existe una industria hidropónica que pueda auxiliar a los pioneros de la Hidroponía en México.

Así, nos encontramos ante un campo que requiere la participación del diseño industrial de tal forma, que se empiecen a crear objetos que faciliten la labor a estos agricultores y a su vez, se incremente el número de estos interesados en utilizar esta técnica.

Esto se puede lograr mediante el cálculo y diseño de instalaciones hidropónicas adecuadas que cumplan con los requerimientos de este tipo de cultivo, así como aquellos planteados por el mismo usuario. De esta forma, lograremos acelerar el avance tecnológico en lo que se refiere a la producción de alimentos y una mejor difusión acerca de lo que es la Hidroponía, sus ventajas sobre otros métodos de cultivo y de lo que se puede lograr con ella si se practica debidamente.

Este es precisamente el objetivo del presente proyecto, al diseñar una unidad hidropónica experimental que permita a esos agricultores, practicar con esta técnica hasta dominarla, sin descuidar sus cultivos y cuando estén completamente seguros de ello, podrán iniciar un cultivo en gran escala con plena seguridad de éxito.

En este proceso de diseño estudiaremos las ventajas y desventajas de la Hidroponia. Analizaremos los métodos de cultivo más conocidos actualmente en México y se escogerá la técnica que resulte más apropiada para practicar en la unidad experimental.

Conoceremos a los posibles usuarios y se detectarán los requisitos y necesidades que ellos plantean respecto al cultivo hidropónico.

Por último, en base a toda esa información se determinarán los parámetros que regirán todo el proceso de diseño, de tal forma que la solución a la que se llegará estará basada en datos 100 por ciento reales.

Pasemos pues, a estudiar las razones que justifican este proyecto.



I N T R O D U C C I O N

Estudiando el problema de la alimentación mundial, Carrol P. Wilsie (1966) señala, que éste afecta directa o indirectamente a todas las personas, sea cual fuere su ocupación y situación social o económica.

Se han desarrollado tipos de distribución mundial de cultivos basados en principios naturales de la evolución biológica y ecológica, que posiblemente, pudieron haber sido influidos de manera notable por la ambición y el ingenio humano.

Sin embargo, cuando el agricultor elige las plantas que cultiva, se interesa en conocer el comportamiento de las variedades en cuanto a rendimiento y en raras ocasiones toma en cuenta el factor físico y ambiental en donde se desarrolla el cultivo, sin considerar la importancia que tiene el suelo en la productividad de la planta.

Año tras año, la fertilidad y estructura del suelo se van degradando, por lo que genera menos alimentos que en el ciclo anterior. Este mal manejo de los suelos que repiten la mayoría de los agricultores, especialmente en los países-subdesarrollados como México, provoca la escasez de alimentos y el crecimiento de las zonas áridas o zonas no productivas.

A pesar de esto, la demanda de las principales hortalizas, que forman parte de la dieta básica de los mexicanos, va en aumento día con día, lo cual hace necesario la exploración de nuevas técnicas de producción agrícola que nos permitan alcanzar la autosuficiencia alimenticia.

La Hidroponiz, que a groso modo es el cultivo de plantas en un medio diferente del suelo, ha demostrado ser una solución al problema de la improductividad agrícola y una excelente herramienta para alcanzar la autosuficiencia alimenticia en México (y en cualquier parte). Esto debido a los grandes logros obtenidos en el cultivo hidropónico de hortalizas en países como Holanda, Japón y Estados Unidos.

Este proyecto de tesis consiste en proporcionar a través del diseño industrial, los implementos necesarios para llevar a cabo el cultivo de hortalizas por Hidroponia, permitiendo a la vez el nacimiento de una nueva industria: la industria de los cultivos hidropónicos.



CAPITULO I.- COMO SE DESTRUYEN LOS SUELOS.



Los suelos tardan mucho en formarse, pero se pueden destruir en muy poco tiempo. Con la pérdida del suelo se pierde la posibilidad que tiene el hombre de cultivar alimentos y criar ganado, de producir fibras y explotar bosques.

El suelo cubre la mayor parte de la superficie terrestre con una capa delgada cuyo espesor varía de pocos centímetros a varios metros de profundidad. Están compuestos de partículas rocosas y minerales de tamaño diverso, mezcladas con agua, aire y organismos vivos de origen vegetal y animal y de sus restos.

Según el concepto del tiempo que tiene el hombre, la formación de los suelos es sumamente lenta. En lugares en que el clima es húmedo y cálido, son menester miles de años para formar unos cuantos centímetros del mismo. En los climas fríos o secos, hace falta más tiempo aún e incluso es posible que no se formen en absoluto. Si bien el suelo es prácticamente un recurso renovable, su lenta formación lo hace casi irremplazable.

Son una mezcla dinámica, siempre cambiante, a medida que las aguas llegan y se retiran y que el reino vegetal y animal vive y muere. Las partículas del suelo son desplazadas por el viento, el agua, el hielo y la gravedad, a veces lentamente y otras con rapidez.

EL SUELO, PULULA DE LA VIDA.

Todos los suelos tienen vida y los buenos la tienen abundante. Los organismos vegetales y animales contribuyen a la fertilidad del suelo. Los animales excavadores de madrigueras mezclan los suelos y sus excrementos, aportan nutrientes que mejoran su estructura.

Los buenos suelos son los que contienen las mayores poblaciones de bacterias. Casi sin excepción, las bacterias participan en las transformaciones enzimáticas básicas que propician el crecimiento de las plantas superiores, incluidos nuestros cultivos alimentarios. Desde la perspectiva del hombre, las bacterias son quizás los organismos más valiosos que contiene el suelo.

En el suelo se producen reacciones químicas a raíz del intercambio de iones positivos o cationes. Esas reacciones también son esenciales para el desarrollo vegetal y son un buen indicio de la fertilidad del suelo.

SOLO PARTE DE LA TIERRA ES CULTIVABLE.

Al hombre le interesa el suelo ante todo para la agricultura, si bien no todos los suelos se prestan a la labranza. La superficie terrestre total del mundo es de 13 000 millones de hectáreas, de las cuales menos de la mitad pueden

servir para la agricultura y el pastoreo. El obstáculo principal que impide roturar nuevas tierras para dedicarlas a la agricultura, es la falta de agua. En la actualidad, una parte mucho más reducida, cerca de 1 400 millones de hectáreas, se destina a la siembra de cultivos. El resto está compuesto por tierras demasiado secas o demasiado húmedas, de escaso espesor o excesivamente pedregosas. Algunas son tóxicas o carecen de los nutrientes que necesitan las plantas, y otras están permanentemente congeladas.



LA EROSION HA DESTRUIDO CIVILIZACIONES.

Las civilizaciones surgieron en los lugares donde la agricultura era más productiva. Cada vez que declinó la producción agrícola, en general debido al mal aprovechamiento de los suelos, decayeron también las civilizaciones y, a veces, desaparecieron del todo.

Los tres requisitos fundamentales para que prospere una civilización son: Suelos fértiles, abastecimiento de agua y terrenos relativamente llanos, dotados de precipitaciones suficientes y que no causen erosión. Es muy probable que el tercer factor sea el más importante. Por lo demás, van aumentando los testimonios que indican que la degradación de los suelos ha derribado civilizaciones con la misma seguridad que lo haría una conquista militar.

Un estudio realizado recientemente sobre el derrumbe de la civilización Maya en Guatemala, en torno al año 900 de nuestra era, civilización que contaba con 1700 años, sugiere que cayó por falta de tierras productivas. Los investigadores han hallado pruebas que señalan que, el crecimiento demográfico de los Mayas fué seguido por el desmonte de las laderas de las colinas para roturar nuevas tierras de labranza. La erosión del suelo resultante del cultivo de laderas cada vez más escarpadas menoscabó su productividad, tanto en los cerros como en los valles, hasta que las poblaciones no pudieron subsistir en esa zona. Hoy día sólo quedan allí ruinas abandonadas.

El mismo proceso de degradación de los suelos que destruyó las civilizaciones del pasado, sigue en marcha hoy día. En primer lugar, se están perdiendo miles de millones de toneladas de tierra cada año por la erosión acelerada, debido a la acción del agua y el viento y a cambios desfavorables de la estructura de los suelos.

En segundo lugar, están degradándose muchos suelos por el aumento de su contenido salino, por encharcamiento, o bien, a raíz de la contaminación provocada por la difusión desatinada de desechos químicos e industriales.

En tercer lugar, son muchos los suelos que están perdiendo los minerales y las materias orgánicas que las hacen fértiles y, en la mayoría de los casos, tales minerales no se están reemplazando con la misma rapidez con que se van agotando.

Por último, todos los años se pierden millones de hectáreas de buenas tierras de labranza, que se destinan a otros usos, anegándolas para crear embalses o pavimentándolas para construir carreteras, aeropuertos y plazas de estacionamiento de vehículos. El resultado de ese mal aprovechamiento será una merma de la productividad de las tierras agrícolas en tiempos en que aumenta la población mundial y que todos tienen esperanzas mayores de lograr una vida mejor.



LAS MALAS PRACTICAS AGRICOLAS FAVORECEN LA PERDIDA DE SUELOS.

Por desgracia, son muchas las malas prácticas de explotación agrícola y forestal que fomentan la erosión. Esta se acelera cuando se aran tierras situadas en pendiente o se quita la cubierta herbácea de tierras semi-áridas para destinarlas al cultivo de secano (1) y cuando se permite el pastoreo excesivo de vacunos, ovinos y caprinos, o se talan o cortan los bosques de las laderas de los montes. Aunque hay casos aislados de rehabilitación de tierras desérticas mediante obras de riego y plantación de árboles, en la mayoría de los casos el hombre, cuando inicia la explotación agrícola, provoca la degradación de los suelos. Y las actividades de mayor riesgo son las que se desarrollan en las tierras de cultivo, muy propensas a la erosión, sobre todo si el sistema de explotación deja la tierra desnuda durante parte del año, expuesta a los vientos y las aguas.

Los ecólogos y muchos agricultores comprenden bien, hoy en día, la mecánica de la erosión de los suelos. La erosión causada por el agua se produce en tres etapas: 1) Las partículas de suelo se desprenden por el impacto de las gotas de lluvia o por la acción del agua de escorrentía; 2) las partículas desprendidas son arrastradas ladera abajo por la corriente de agua, y 3) las partículas de suelo quedan depositadas en nuevos lugares, ya sea encima de otros suelos, en la base de la pendiente o en charcas o cauces de agua. El suelo así acarreado cuesta abajo suele ser el más fértil y contiene la mayor parte de los nutrientes y materias orgánicas que hacen falta para el desarrollo normal de la vegetación.

COMO LA EROSION REDUCE LOS RENDIMIENTOS.

Lo peor de la erosión del suelo para el agricultor y para los consumidores, es que reduce el rendimiento de los

(1) Tierra de labor sin riego.

cultivos y aumenta el costo de producción de alimentos y fibras.

En primer lugar, la erosión merma la capacidad del suelo de retener el agua y facilitarla luego a las plantas, con lo que éstas se ven sometidas a stress de carencia de agua cada vez más frecuentes y más críticos.

En segundo lugar, la erosión contribuye a la pérdida de nutrientes vegetales, que son arrastrados junto con las partículas de suelo. Debido a que el subsuelo suele contener menos nutrientes que la capa superior, hacen falta mayores cantidades de fertilizantes para mantener el rendimiento de los cultivos, cosa que hace aumentar los costos de producción. Por otro lado, la adición de fertilizantes no puede compensar por sí sola todos los nutrientes perdidos por la erosión de la capa superior de suelo.

En tercer lugar, la erosión reduce los rendimientos degradando la estructura del suelo, aumentando su erosionabilidad cerrando los poros de la superficie y favoreciendo el encostrado. La infiltración de agua se reduce y las plantas tienen dificultades para perforar la costra que recubre el suelo.

Por último, la erosión disminuye la productividad, pues no elimina la capa superficial de manera uniforme en toda la superficie cultivada del campo. Es frecuente que en algunas partes de terreno erosionado queden varios centímetros de capa arable, mientras en otras partes la erosión ha llegado ya al subsuelo. Ello impide al agricultor explotar el terreno debidamente, aplicar fertilizantes y sustancias químicas, y obtener resultados uniformes. Tampoco puede planear la fecha oportuna para la siembra, pues las partes erosionadas del terreno estarán demasiado húmedas cuando el resto de la tierra esté seca y lista para sembrar.

Hablando particularmente de México, la pérdida de los suelos no es el único problema en la producción agrícola. También la pérdida de hectáreas de cultivo disminuye nuestra productividad.

En base a datos proporcionados por la Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial de la SARH, se ha elaborado el siguiente cuadro del año agrícola de 1985.



AÑO AGRICOLA: 1985



CULTIVO	CICLO P-V			CICLO O-I		
	SUPERFICIE SEMB.(HAS)	SUPERFICIE COSECH.(HAS)	(HAS.) PERDIDAS	SUPERFICIE SEMB.(HAS)	SUPERFICIE COSECH.(HAS)	(HAS.) PERDIDAS
Jitomate	29,501	27,148	2,353	44,377	42,181	2,196
Lechuga	1,475	1,372	103	2,748	2,646	102
Col (repollo)	1,306	1,241	65	2,686	2,554	132
Tomate verde	8,796	8,505	291	6,892	6,727	165
Calabacita	3,656	3,356	300	5,811	5,344	467
Ajo	624	587	37	5,386	5,306	80
Chile verde	52,155	45,711	6,444	38,987	33,618	5,369
Cebolla	16,657	13,157	3,500	20,540	18,906	1,634
Chícharo	5,500	5,390	110	7,732	7,352	380
Papa	46,451	33,273	13,178	26,951	26,444	507
Pepino	1,858	1,627	231	13,536	12,387	1,149
TOTAL NACIONAL:	169,979	141,365	28,614	175,646	163,465	12,181

Total de pérdidas = 40,795 has.

NOTA: A veces, y cuando las condiciones del producto lo permiten, se trata de aprovechar las cosechas que ya no se pueden vender al mercado del consumidor como forraje.

Las principales causas por las que se pierden las cosechas son:

- Temporales:
 - ° Exceso de lluvia (ahogamiento de las plantas).
 - ° Golpe de la lluvia (destroza la planta).
 - ° Vientos (arrancan la planta desde sus raíces).
- Heladas.
- Plagas y enfermedades.
- Sequías.

LA POBLACION DE MEXICO.

El siguiente cuadro nos da una idea de cómo ha aumentado la población de México en los últimos 50 años y por lo tanto, también ha aumentado la demanda de alimentos.

AÑO	POBLACION (hab)	INCREMENTO (hab)	FUENTE
1930	16'552,722		V Censo Nal. INEGI
1940	19'653,552	3'100,830	VI Censo Nal. INEGI
1950	25'791,017	6'137,465	VII Censo Nal. INEGI
1960	34'923,129	9'132,112	VIII Censo Nal. INEGI
1970	48'225,238	13'302,109	IX Censo Nal. INEGI
1980	67'395,826	19'170,588	X Censo Nal. INEGI

LA POBLACION DE MEXICO EN EL FUTURO (+).

AÑO	POBLACION	INCREMENTO	FUENTE
1990	90'100,000		INEGI (est.)
1995	100'900,000	22'100,000	INEGI (est.)
2000	112'200,000		INEGI (est.)

(+) Estas estimaciones se basan en diferentes hipótesis acerca del comportamiento que han tenido las variables demográficas (natalidad, mortalidad y migraciones).



Esta es una copia de un artículo publicado por "El Herald de México" el Sábado 25 de Julio de - 1987, en el cual podemos constatar la necesidad en nuestro país de mejorar la calidad de los productos hortícolas.

México, D. F., sábado 25 de julio de 1987

ES NECESARIO QUE LOS PRODUCTORES DE HORTALIZAS SE ACTUALICEN TECNOLOGICAMENTE

Reconoció el Gerente Regional en el DF de la Unión Nacional de Productores

Es necesario que los productores de hortalizas se actualicen tecnológicamente y procuren una mejor calidad, que permita continuar compitiendo en el mercado exterior, básicamente en el estadounidense, en el que se encuentran en desventaja con otros productos que provienen de Holanda e Israel.

Reconoció el ingeniero Marco Antonio Kelly, gerente regional en el Distrito Federal de la Unión Nacional de Productores de Hortalizas, al informar que las divisas por exportación de frutas y legumbres no rebasarán los 500 millones de dólares, pese a que incrementaron los volúmenes de exportación en casi cien mil toneladas.

En este sentido, recordó que el año pasado, de las 250 mil hectáreas que a nivel nacional se destinan para el cultivo de hortalizas, 141 mil fueron para exportación. Lográndose colocar en el exterior un total de un millón 339 mil toneladas con un valor de 500 millones de dólares.

El representante de la UNPH, dijo que aunque en este año se aumentó a 290 mil hectáreas de superficie de siembra de productos hortícolas, se exportarán únicamente, un millón 419 mil 340 toneladas.

Aclaró que los ingresos disminuyeron debido a la baja en los precios de las hortalizas en el mercado norteamericano, donde se envía casi el 100 por ciento de las legumbres y frutas.

PROBLEMATICA NACIONAL.

El crecimiento de la demanda de alimentos, debido a la explosión demográfica, hace que una hectárea de tierra de cultivo que a principios de siglo daba alimento a dos personas, en la actualidad dé alimento a cuatro y media personas por año, según Huxley, citado por Wilsie.

También hemos visto que debido al mal manejo de la tierra por parte de los agricultores y a la misma erosión, se van perdiendo las hectáreas que deberán dar alimento a cada vez más personas, y nuestra posibilidad de cubrir la demanda de alimentos es cada vez más remota.





Por otro lado, en un artículo titulado "Un perfil agrícola", publicado por la revista "Nexo Universitario" (#6, volumen III, 1987), se ha calificado a la agricultura mexicana como una agricultura "de subsistencia y probabilística en la mayoría de los casos", señalando también su baja redituabilidad.

Otro problema son los efectos del clima que sufre México. No es raro encontrarnos con años con exceso de lluvia y períodos de severa sequía. Esto para los agricultores que siembran de temporal (.75% del total) significa simplemente la supervivencia del cultivo y del bienestar de la familia.

Un ejemplo de las pérdidas de cultivos lo podemos apreciar en el cuadro que presento del Año Agrícola 1985.

Por otra parte, la topografía de nuestro país restringe mucho las áreas destinadas a la agricultura. Tamyo señala, que sólo el 36% de la superficie total mexicana tiene una pendiente menor del 10%, lo cual hace teóricamente posible su cultivo y el resto, o sea dos terceras partes, no es propicio para él. Sin embargo, el principal obstáculo que impide roturar nuevas tierras para cultivo, es la falta de agua.

Ahora bien, estudios realizados por Andrade (1975) y otros más recientes, realizados por el DETENAL (Departamento de Estudios del Territorio Nacional) en 1983, revelan que del territorio nacional un 40.5% corresponde a las zonas áridas que forman el desierto mexicano, en donde existen 502 municipios con una población global de 7'750,000 habitantes (1974). Y si a todo esto le agregamos lo dicho por el Dr. Cárdenas, citado por Andrade, que en México en 20 años más - sólo se dispondrá de un sexto de hectárea por persona para obtener sus alimentos (+), nos vemos en la necesidad de buscar nuevas tecnologías que puedan solucionar el problema de la escasez de alimentos.

Otro testimonio que tenemos de la necesidad de usar nuevas tecnologías en la producción de alimentos, es el artículo publicado por "El Heraldo de México" (página 5A), el 25 de Julio de 1987, en el cual, el Gerente Regional en el DF de la Unión Nacional de Productores de Hortalizas, reconoció que "es necesario que los productores de hortalizas se actualicen tecnológicamente y procuren una mejor calidad, que permita continuar compitiendo en el mercado exterior..".

(+) Esta predicción para México, la avala el Instituto Tecnológico de Massachusets en su libro "Los Límites del Crecimiento", que advierte para el año 2000 "una desesperada escasez de tierra de cultivo".

Después de haber leído lo anteriormente expuesto, nos hemos dado cuenta de que es sumamente necesario que se incorporen nuevas técnicas de cultivo a nuestra agricultura, técnicas que nos ayuden a satisfacer la creciente demanda de alimentos que tenemos en nuestro país.

La revolución agrícola iniciada por Norman Ernest Borlaug, vino a solucionar en parte este problema, introduciendo nuevas técnicas en la explotación del suelo. Sin embargo, dado el crecimiento demográfico, este breve respiro ha quedado atrás.

Otro intento por solucionar la escasez de alimentos es el aprovechamiento de los recursos marinos, pero dista mucho aún de llegar a ser la solución.

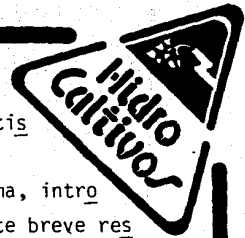
Sin embargo, una técnica que a pesar de no ser nueva ha dado excelentes resultados, es la Hidroponía, que a grandes rasgos consiste en el cultivo de plantas nutritivas en un medio diferente al suelo.

Algunas de las ventajas que nos ofrece esta técnica, con respecto a otros sistemas de cultivo en suelo, son:

- Se obtienen más altos rendimientos por unidad de superficie.
- No se depende tanto de los fenómenos meteorológicos.
- Se requiere menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento que en el suelo.
- Gran ahorro en el consumo de agua.
- Casi no hay gasto en maquinaria agrícola.

Etc.

Con estas ventajas, resulta evidente que esta técnica puede ser una solución al problema de escasez de alimentos, razón por la cual dedicaré el siguiente capítulo a su estudio, de tal forma que podamos familiarizarnos con ella y se nos facilite su comprensión.



CAPITULO II.- HIDROPONIA: PASADO, PRESENTE Y FUTURO.



La ciencia de cultivar plantas sin tierra se conoce y se usa desde hace más de 100 años. La palabra - hidroponia, sin embargo, es relativamente nueva. El Dr. W.E. Gericke, quien ha contribuido en gran medida a - que la hidroponia se practique hoy día, es a quien por lo regular, se le atribuye la invención de la palabra, la cual se deriva del griego hydros = agua, ponos = trabajo, es decir, trabajo en agua.

El verdadero cultivo hidropónico se refiere al cultivo de plantas en una solución nutriente sin usar tierra u -- otro medio para el sostenimiento de las raíces. Sin embargo, hoy día casi todos los diferentes métodos de cultivo de - plantas sin tierra emplean varios tipos de medios inertes como grava, perlita, vermiculita, arena y otros.

Introduciéndonos en la historia de la hidroponia, los famosos jardines colgantes de Babilonia -una de las siete - maravillas del mundo antiguo- fué uno de los primeros intentos por cultivar plantas hidropónicamente. Los jardines flo-- tantes de los Aztecas y los de los chinos, descritos por Marco Polo en su famoso diario, fueron, en un sentido, tam-- bién hidropónicos. Los antiguos egipcios practicaron el arte en alguna forma, así lo describieron en los jeroglíficos- que datan de varios centenares de años A.C.

En 1699 un inglés llamado Woodward, demostró que las plantas podían ser cultivadas en agua, disolviendo tierra en ella y concluyó, que la tierra por sí sola no era necesaria. Ciertos elementos que necesitan las plantas (casi todos - desconocidos) se desprendían cuando la tierra era disuelta y así los tomaban las plantas.

De Saussre teorizó en 1804, que las plantas estaban compuestas por elementos derivados del agua, la tierra y el - aire. Otro francés, Bossingault, demostró esta teoría cultivando plantas en arena y alimentándolas con varias solucio- nes químicas. En 1856 Salm-Horsmar, desarrolló técnicas usando arena y otros medios inertes, y entre 1860 y 1865, -- Sachs y Knop desarrollaron técnicas que les hicieron posible el cultivo de plantas en una solución nutriente. Sus sis- temas aún son usados hoy día por investigadores.

Sin embargo, el trabajo del Dr. Gericke en los 1920's y 1930's en California, es generalmente considerado como la base de todas las formas de hidroponia. El sistema del Dr. Gericke consistía de una serie de depósitos de agua sobre - los cuales él estiraba una fina red de alambre, la cual a su vez era cubierta con paja u otro material parecido. Las - plantas eran colocadas sobre la red con las raíces colgando en los depósitos que contenían una solución nutriente.

Una de las principales dificultades con este método era mantener suficiente oxígeno en la solución nutriente, -- pues las plantas lo agotaban rápidamente.

Por esta razón, era pues imperativo que un continuo suministro de oxígeno fresco fuera introducido en la solución por algún método de aereación. Otro problema era cómo sostener las plantas de manera que las puntas de las raíces se sostuvieran dentro de la solución adecuadamente.

Durante la década de los 40's, en la Universidad de Purdue, Robert B. y Alice P. Withrow desarrollaron otro método hidropónico llamado nutricultura. La nutricultura difería del método del Dr. Gericke en que en esta se usaba grava como medio de sostenimiento de las plantas.

Una de las más grandes granjas hidropónicas construida en la isla de Ascención, en el Atlántico sur, usó tecnología basada en trabajo de los Withrows. La isla era usada para hacer escala y cargar combustible por la fuerza aérea de los E.U. y estaba completamente árida. Puesto que era necesario mantener un contingente para que diera servicio a los aviones y toda la comida era traída por avión, había una gran necesidad de verduras frescas y por esta razón, la primera de muchas instalaciones hidropónicas fué construida ahí. Las plantas eran cultivadas sobre grava con la solución bombeada sobre la misma con un control automático que la reciclaba.

Las técnicas desarrolladas en la isla de Ascención fueron usadas después en otras instalaciones, en varias islas del Pacífico, como Iwo, Jima y Okinawa. Después, durante la ocupación, se convirtió en una necesidad el uso de la hidroponia en Japón a causa del método de fertilizar la tierra usada por los japoneses. Era una costumbre para ellos (desde hacía muchos años) usar fertilizante que contenía excremento humano. La tierra estaba altamente contaminada con varios tipos de amibas y bacterias, y aunque los japoneses eran inmunes a esos organismos las tropas de ocupación no lo eran. Las más grandes instalaciones hidropónicas de ese tiempo fueron construidas en Japón utilizando el método de cultivo en grava.

Después de la segunda guerra mundial, un gran número de instalaciones comerciales fueron construidas en los E.U.A. la mayoría localizadas en Florida. Casi todas eran a la intemperie y sujetas a las inclemencias del tiempo. Pobres técnicas de construcción y prácticas de operación causaron que muchas de ellas no tuvieran éxito y su producción fuera inconsistente.

Uno de los muchos problemas que encontraron los pioneros de la hidroponia fué causado por el concreto usado para las camas de cultivo. La cal y otros elementos soltados por el concreto se mezclaban con la solución nutriente. Además, la mayoría de los metales también se veían afectados por varios elementos de la solución. En muchos de esos primeros jardines, tubos de hierro y galvanizados fueron usados. No sólo se corroyeron rápidamente, sino que elementos dañinos o tóxicos para las plantas se desprendían del metal y se mezclaban en la solución nutriente.





Sin embargo, el interés por el cultivo hidropónico continuó por varias razones. Primero, no se necesitaba tierra y una gran población de plantas se podía cultivar en un área muy pequeña. Segundo, cuando se les alimentaba adecuadamente, se obtenía una producción óptima. Con casi todas las verduras el crecimiento era acelerado y, como regla, la calidad era mejor que en aquellas cultivadas en la tierra. Los productos cultivados hidropónicamente, tenían una vida más larga, es decir, tardaban más tiempo en pasarse.

Muchas de las compañías petroleras y mineras construyeron grandes jardines en sus instalaciones en diferentes partes del mundo donde los métodos convencionales de cultivo no eran factibles.

Además de las grandes instalaciones comerciales construídas entre 1945 y los 60's se había trabajado mucho en unidades para los departamentos, casas y jardines, tanto para cultivo de flores como de vegetales. Muchos de estos no fueron un completo éxito debido a un gran número de factores: pobres medios para crecimiento de raíces, el uso de inadecuados materiales, particularmente en la construcción de los conductos o canales usados como camas de cultivo y un pobre control del medio ambiente. Aún con la falta de éxito en muchas de estas aventuras, los agricultores hidropónicos en todo el mundo estaban convencidos de que sus problemas podían ser resueltos, también tenían una gran convicción de que la perfección de este método de cultivo de alimentos era una ayuda esencial a la declinante producción de alimentos y la explosión demográfica mundial.

Además del trabajo realizado para desarrollar sistemas hidropónicos para la producción de vegetales, entre 1930 y 1960 se habían desarrollado sistemas similares para producir forraje y alimento para aves. Los investigadores encontraron que los granos de cereales podían ser cultivados muy rápido de esta manera y usando granos como la cebada, demostraron que de 5 libras de semillas se podían obtener 35 libras de alimento en siete días.

Sin embargo, otra vez al desarrollar sistemas que producirían constantemente se encontraron un gran número de problemas. Los primeros sistemas tenían muy poco o no tenían control del medio ambiente, y sin el control de temperaturas y de la humedad, había una constante fluctuación en el porcentaje de crecimiento. Moho y hongo en la hierba era un problema siempre presente, sin embargo, a pesar de estos y otros obstáculos, algunos dedicados investigadores continuaron trabajando para perfeccionar un sistema que pudiera producir este nutritivo alimento. Con el desarrollo de nuevas técnicas, equipos y materiales, unidades virtualmente libres de problemas, están trabajando hoy en ranchos, granjas y zoológicos en todo el mundo.

Si hay algún factor al cual se le puede acreditar el éxito que son hoy las industrias hidropónicas, ese factor son los plásticos; como se mencionó anteriormente, uno de los problemas que más se encontró en casi todas las instala-

ciones era el desprendimiento de elementos dañinos del concreto, y de otros materiales en la solución. Con el advenimiento de la fibra de vidrio y otros plásticos, como los diferentes tipos de vinil, polietileno (películas) y las muchas clases de tuberías de plástico, este problema quedó prácticamente eliminado. En los sistemas de mejora de producción que se construyen actualmente en el mundo, aparte de algunas válvulas de bronce, no hay en lo absoluto ningún metal. Hasta las bombas están cubiertas de epoxi.

Otro factor de tremenda importancia para el progreso de la industria hidropónica, ha sido el desarrollo de implementos para el control del medio ambiente. Al principio, casi todos los invernaderos se calentaban a base de vapor y el costo de este equipo prácticamente impedía al agricultor el entrar a este campo. Con el desarrollo de calentadores de aire forzado que se movían con petróleo o gasolina, se pudo construir unidades más pequeñas, y con el advenimiento de gas LP, como butano y propano, los invernaderos se pudieron instalar casi en cualquier parte.

Particularmente, con la introducción de ventiladores de alta velocidad y del método de calefacción por circulación de aire caliente a través de un tubo, le dieron al agricultor un mejor control del medio ambiente en el invernadero.

Además de un mejor control del medio ambiente, el uso de nuevos materiales como polietileno, películas de polivinilo y paneles translúcidos de fibra de vidrio, se introdujeron nuevos métodos de construcción de invernaderos. Estos le dieron al agricultor una gran variedad de materiales a escoger para cubiertas de cualquier tamaño y también para cualquier forma que tuviera el invernadero. Algunos de estos materiales sólo duran unos meses, pero otros duran hasta veinte años aún en lugares donde el clima no es muy benigno.

Otro factor importante que ha hecho que la industria hidropónica tenga éxito, ha sido el desarrollo de una comida para planta completamente balanceada. En este campo todavía hay mucha investigación por hacer, aunque ya hay en E.U. muchas fórmulas listas para usarse. Casi todas son buenas, pero muy pocas, si es que las hay, dan consistentes resultados si se usan varios aditivos en diferentes etapas de la cosecha.

PRINCIPIOS DE LA HIDROPONIA.

La teoría y la práctica de la hidroponia están basadas en principios científicos comprendidos dentro de varias disciplinas básicas tales como: la física, la química y la fisiología vegetal; así como también dentro del campo de la agronomía aplicada (horticultura, combate de plagas y enfermedades, etc.).

Las plantas, así como los seres vivos, están expuestas desde el mismo momento que nacen, e inclusive antes, a





las diversas y cambiantes condiciones que el medio les impone. Si se siembran semillas del mismo geno tipo en varios ambientes, se notarán diferencias en el fenotipo de las mismas, de un ambiente a otro; de manera similar, si se siembran plantas con distinto genotipo en el mismo medio, se obtendrán diferentes fenotipos de acuerdo a las diferencias genéticas existentes entre una planta y otra.

Ahora bien, una de las expresiones del fenotipo de una planta que más interesa al agrónomo y al campesino, es el rendimiento en cualquier forma que éste se exprese (peso seco, peso fresco, grano, fibra, forraje, aceite, pro--ducto biactivo, etc.). Es el rendimiento de una planta, el indicador final de las relaciones tanto favorables como desfavorables, que sostuvo el genotipo de dicha planta con el medio ambiente durante todo su ciclo de vida. Este rendi---miento está representado por la suma de las influencias de su genotipo, más la del medio ambiente que la rodea, más la influencia de la interacción de las dos anteriores; y podemos decir, que entre menos factores ambientales sean críti--cos, el rendimiento tenderá a aumentar.

Cuando se compara el rendimiento de un cultivo al aire libre con el del mismo cultivo, pero bajo condiciones de -invernadero y usando el mismo sustrato, es de esperarse un rendimiento mucho más alto en el segundo caso, ya que casi--siempre las condiciones de clima se acercan más al óptimo del cultivo (pudiendo incluso ser controladas en cierta medida).

Lo mismo se puede decir de dos poblaciones homogéneas de plantas sometidas a distinto tipo de suelo pero bajo un--mismo clima y complejo biótico. El mejor rendimiento se logrará en el suelo que reúna las características más adecua--das para que el genotipo de las plantas se exprese con mayor intensidad.

La hidroponía es un sistema de cultivo que tiene por objeto optimizar las funciones que el suelo desempeña, es de cir, proporcionarle al cultivo un sustrato con las condiciones más idóneas 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 modificaciones que se traducen en limitantes para el desarrollo de los cultivos (por ejemplo: salinización, pérdida de la textura, etc.).

VENTAJAS DE LA HIDROPONIA.

La hidroponia, considerada como un sistema de producción agrícola, presenta un gran número de ventajas, tanto desde el punto de vista técnico como del económico, con respecto a otros sistemas del mismo género pero bajo cultivo en -



suelo; entre las que más sobresalen se pueden mencionar las siguientes:

Balance ideal de aire, agua y nutrientes: Con algunas excepciones, al utilizar un sistema de cultivo en suelos, es sumamente difícil abastecer a las raíces simultáneamente con las cantidades de agua, - aire y nutrientes que requieren.

Cuando el suelo se satura (irrigación o lluvia), el agua se encuentra disponible para las raíces en grandes cantidades pero el oxígeno del suelo tiende a ser limitante; a medida que el suelo va perdiendo agua, la cantidad de oxígeno va en aumento. Después de pasar por un intervalo en que las proporciones de agua y oxígeno son óptimas, el agua tenderá a ser el factor limitante para el desarrollo de las plantas.

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 (1) adecuada. Las inconsistencias en la fertilización y las pérdidas de los fertilizantes en el suelo desaparecen con un sistema de cultivo hidropónico.

Humedad Uniforme.

Bajo un sistema hidropónico, la humedad del sustrato 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.

Excelente drenaje.

Esta característica, sumada a que los materiales usados como sustrato generalmente no se desintegran o parten fácilmente, da como resultado una excelente aireación para las raíces.

Permite una mayor densidad de población.

Ya que los nutrimentos no son limitantes, las plantas cultivadas en hidroponia pueden plantarse más cerca que sus similares en el suelo; aquí el factor que viene a limitar la densidad es la luz.

Se puede corregir fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutrimento.

En el suelo, corregir una deficiencia nutricional o el efecto tóxico de un ión, es cosa de meses o años, mientras en un sistema hidropónico, es cosa de unos cuantos días.

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

(1) Presión que ejercen las partículas de un cuerpo disuelto en un líquido, sobre las paredes del recipiente que contiene la solución.



su corrección, en la mayoría de los casos, puede ser difícil y costosa. En hidroponía, al trabajar con sustratos inertes, es muy fácil y barato ajustar y mantener el Ph a nivel deseado.

No se depende tanto de los fenómenos meteorológicos.

Los cultivos en hidroponía, normalmente se protegen contra los vientos fuertes, las granizadas, las altas y bajas temperaturas, sequías, etc. Esto permite una mayor expresión del potencial genético de las plantas y, desde luego, del rendimiento, por lo que incluso se puede predecir con más seguridad el monto de la cosecha para planear su venta con anticipación.

Más altos rendimientos por unidad de superficie.

Esto resulta evidente si conjugamos las ventajas anteriores; algunos ejemplos se pueden apreciar en el Cuadro 2.1.

CUADRO 2.1
RENDIMIENTO DE DOS SISTEMAS DE CULTIVO

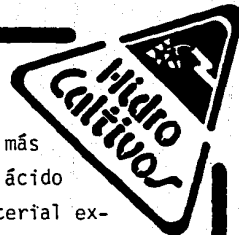
CULTIVO	RENDIMIENTO MEDIO EN SUELO (ton/ha/cosecha)		RENDIMIENTO MEDIO EN HIDROPONIA (ton/ha/cosecha)
Jitomate	30	- 40	100-200
Pepino	10	- 30	100-200
Zanahoria	15	- 20	55-75
Remolacha		56	105
Papa	20	- 40	120
Chile	20	- 30	60-80
Tabaco (hojas al 17% de humedad)	1.5	- 2.0	4-7

Mayor calidad del producto.

El eficiente control sobre nutrición, aireación, etc., permite que los productos del sistema hidropónico sean -- más uniformes en tamaño, peso, color, etc., y de más alta calidad en el comercio que los productos de cultivo en suelo. Por ejemplo, los jitomates en hidroponía son, por lo general, de forma más regular y de tamaño más uniforme, me--

nos acuosos y de pulpa más consistente, con altos porcentajes de azúcares y grasas y menos cantidad - de fibra bruta.

En general, los contenidos de materia seca y de azúcar en hidroponia, se han encontrado iguales o más grandes que los testigos en el suelo. Además, se localizaron marcados incrementos en los contenidos de ácido ascórbico, carótenos y tocoferoles. El material cosechado es siempre limpio y libre de suelo u otro material extraño.



Posibilidad de cultivar repetidamente la misma especie de planta.

La rotación de cultivos se desarrolla para mantener la fertilidad del suelo y controlar enfermedades que tienen origen en el mismo. En hidroponia, el mantenimiento constante de la fertilidad es la esencia del sistema y dado que -- los organismos causantes de muchas enfermedades en las plantas necesitan materia orgánica presente en el sustrato, el sistema puede mantenerse libre de ellas; por otro lado, cabe recordar que los agregados usados en hidroponia son generalmente fáciles de esterilizar.

Se pueden producir varias cosechas al año.

Esto implica desde luego, un clima en el cual el cultivo pueda crecer durante todo el año o bien, el uso de invernaaderos, que sólo los altos rendimientos de algunos cultivos y el hecho de producir cosechas fuera de estación, pueden pagarlos. La ventaja estriba en la posibilidad de capturar mejores mercados o abastecer a uno solo durante todo el -- año.

Uniformidad en los cultivos.

En hidroponia, la situación normal es que las plantas sembradas floreen y maduren a un mismo tiempo; esto tiene importancia desde luego, en la programación de la cosecha y la venta del producto.

Se requiere mucho menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento que en el suelo.

Este hecho es importante desde el punto de vista económico, por requerir de menor cantidad de terreno para trabajar con hidroponia; también es importante ecológicamente. Como un ejemplo: en una selva habría que desmontar menos terrenos, o bien, en lugar con pendientes fuertes se podría trabajar haciendo una terraza, situaciones que favorecen la conservación del suelo y de otros recursos.

Gran ahorro en el consumo de agua.

En hidroponia generalmente se recircula el agua y se riega por métodos de sub-irrigación en lechos impermeables.-

De esta manera, casi todo el gasto de agua es debido a la transpiración. Se requiere mucho menos agua para lograr iguales rendimientos. Se considera que se gasta aproximadamente 20 veces menos agua con un sistema hidropónico.

Reducción de los costos de producción.

Debido a menores gastos de fertilizantes, insecticidas, fungicidas, etc., y a que no existen barbechos, escaradas, etc., se ahorra tiempo y dinero. La eficiencia del sistema se logra mantener año con año a bajo costo.

Posibilidad de una automatización casi completa.

En hidroponía, muchas labores como riego, luz artificial, etc., pueden automatizarse.

Proporciona excelentes condiciones para semillero.

En la germinación de bulbos, en el trasplante y como revitalizador de plantas débiles creciendo en el suelo.

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. En los últimos años se trabajó con agua a concentración de sales semejante a la del mar, obteniéndose buenos resultados, siempre y cuando el paso del agua por la raíz sea suficientemente rápido.

Mayor limpieza e higiene.

Mediante el cultivo hidropónico se elimina el riesgo de contraer enfermedades infecciosas, como la disentería, -- que tiene su origen en el consumo de vegetales cuyo suelo ha sido enriquecido con "aguas negras" o excrementos animales. El hecho de poder garantizar algunas hortalizas --la lechuga-- como libres de organismos infecciosos, facilita su comercialización en el mercado.

Posibilidad de enriquecer los productos alimenticios con sustancias como vitaminas o minerales.

Esto puede representar una ventaja en la alimentación infantil o de hospitales.

Posibilidad de utilizar materiales nativos y/o de desecho.

Es una ventaja (en la alimentación infantil) de tipo económico, realizar la construcción con materiales de desecho y utilizar como sustrato materiales abundantes y baratos en cada localidad en la que se desee establecer el cultivo hidropónico.



Posibilidad de usar mano de obra no calificada.

Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y los riesgos de erosión.

Casi no hay gasto en maquinaria agrícola.

Ya que no se requiere de tractor, arado u otros implementos semejantes.



CUADRO COMPARATIVO DE RENDIMIENTO DE DOS SISTEMAS DE CULTIVO

CUADRO 2.2

CULTIVO	RENDIMIENTO EN SUELO (ton/ha)	RENDIMIENTO MEDIO EN HIDROPONIA (ton/ha)
Jitomate	58.151	100 - 200
Pepino	21.222	100 - 200
Papa	26.282	120

NOTA: Para los rendimientos de cultivo en suelo, se ha tomado el del Estado que mayor rendimiento ton/ha. haya tenido en el año de 1985, (Veracruz). (Estadísticas proporcionadas por la Dirección General de Estudios, Información y Estadística Sectorial de la SARH).

REPORTE DE LA VISITA REALIZADA A LOS INVERNADEROS, DE LOS BIÓLOGOS ALONSO Y CONSUELO PACHECO.

Los Biólogos, Alonso y Consuelo Pacheco, egresados de la Universidad Autónoma de Guadalajara, se dedican al cultivo de lechuga. Ellos utilizan un sistema de cultivo hidropónico y lo dividen en dos etapas: 1) El de la germinación de la plántula, que se lleva a cabo en un invernadero construido por ellos mismos en su domicilio, y 2) el de producción, que se realiza en un vivero localizado en el fraccionamiento "Agua Escondida", en las afueras de la Ciudad de Guadalajara. Primero haremos referencia del invernadero en el que se lleva a cabo la etapa de la germinación de la plántula.

Dimensiones: 4 x 12 m.

Estructura: Solera cortada a la medida y soldada. Como pilotes se han usado tubos de acero galvanizado-anclados.

Iluminación: El techo es translúcido. Paneles corrugados de fibra de vidrio transparente. (Con el tiempo y debido al sol, se han puesto color amarillo). Han colocado también malla de vivero del 30.

Control del medio ambiente.

Enfriamiento: En la pared frontal hay dos ventiladores detrás de los cuales hay una malla de asbesto, que se mantiene húmeda por una leve cascada de agua. El aire succionado por los ventiladores se enfría al pasar por la malla y se introduce en el invernadero a través de dos tubos de polietileno con perforaciones, y que corren a lo largo del invernadero.

Calefacción: No tiene.

Humedad: Se mantiene por el suministro de aire húmedo. Si la humedad es poca, se riegan los pasillos. Si es demasiada, se abren las puertas para que se ventile.

Electricidad: No tiene más que un foco incandescente para alumbrar en la noche si se desea entrar al invernadero.

Agua: El suministro es el de la misma casa.

Drenaje: Se usa la pendiente del terreno.

Diseño del interior: Obedece al plan pasillo.

Mesas: Diseñadas al tamaño de las charolas.

El método hidropónico utilizado por los Biólogos, es el del Dr. Bentley, que consiste en llenar las charolas con el sustrato previamente mezclado con los nutrientes. Enseguida se siembra una semilla en cada cavidad de las charolas-rellena con sustrato.

La germinación de la plántula consiste en mantener la semilla hasta obtener una plantita de determinado tamaño, - que resista el trasplante en el medio donde se desarrollará.

Para la especie de lechuga que ellos cultivan, el período de germinación dura 15 días. Al término de este período





se trasplanta al otro vivero, en el cual crece y se desarrolla hasta que esté lista para su venta.

El objetivo de germinar la plántula en el invernadero, es obtenerla fuerte para que tenga los menos problemas posibles durante su desarrollo, que soporte los cambios bruscos de temperatura, si es que los hubiera, y que toda la siembra se desarrolle uniformemente.

El propósito de usar un método de cultivo hidropónico es obtener un producto de alta calidad, que pueda competir en el mercado; proteger la siembra de posibles enfermedades (por lo regular la lechuga se cultiva con agua negra), pues usan como sustrato materia inerte; poder producir en una área pequeña lo que en un cultivo en suelo se produciría en un espacio grande; gastar mucho menos en fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, etc., de lo que se gastaría cultivando en suelo; recuperar su inversión en la mitad del tiempo en que lo recuperarían sembrando en suelo, porque una vez que empiezan a producir, lo harán diario sin parar (esto es, de 500 a 1000 lechugas diarias).

Ahora hablaremos del vivero localizado en el fraccionamiento "Agua Escondida".

Dimensiones: 31.5 x 50 m.

Iluminación: El techo es de malla de vivero del 30. Es decir, reduce la luz solar a un 70%.

Estructura: Son vigas de madera tratada, lo que sostiene la malla.

Agua: Tienen un pozo natural del cual sustraen el agua para el riego. Este último es por aspersión, dos veces al día y con timer.

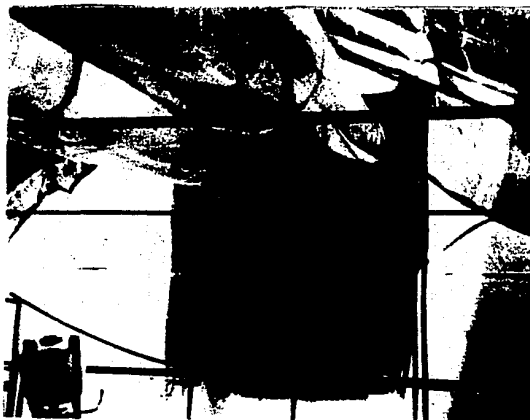
Control del medio ambiente: No se tiene. Sólo la malla del techo protege el cultivo del golpeteo del agua de lluvia - (más no impide su paso), también retiene la escarcha de hielo cuando baja la temperatura.

Electricidad: Sólo para hechar a andar las bombas del riego.

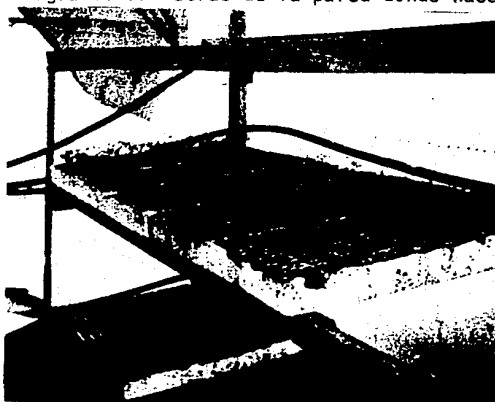
Diseño del interior: Obedece al plan península. El cultivo se hace en bloque de concreto para construcción.

Drenaje: Se aprovecha la pendiente del terreno.

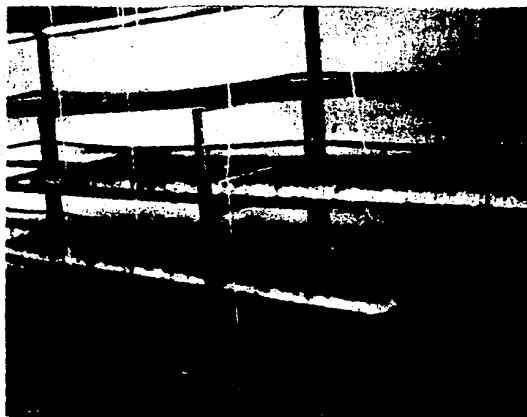
La mezcla de los nutrientes con el sustrato se hace con una revolvedora de concreto; los bloques y las charolas se llenan a mano.



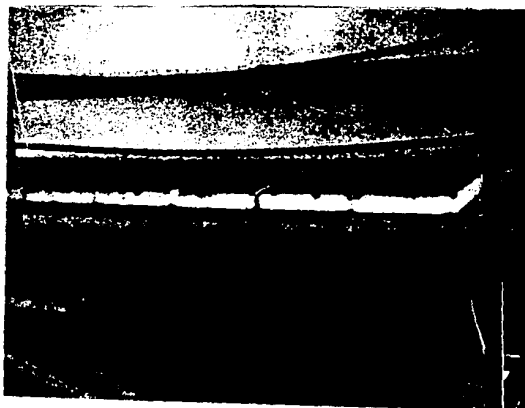
Sistema de enfriamiento en el invernadero para plántula. Los ventiladores y la cascada de agua están detrás de la pared donde nacen los tubos de po lietileno.



Plántulas de pimiento verde y otras flores exhuberantes, que se tienen en etapa de experimentación.



Diferentes etapas de la siembra de la lechuga,
en el invernadero para plántula.





Aquí se puede apreciar la instalación del sistema de riego por aspersión y la densidad de "población" que se puede tener en un cultivo hidropónico.

Esto es en el invernadero del Fraccionamiento "Agua Escondida".

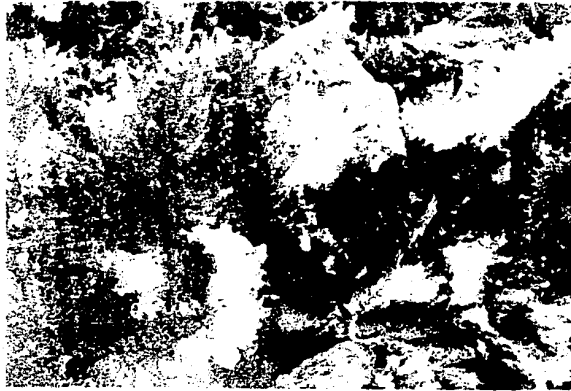


El diseño del interior obedece al plan península. El cultivo se hace en bloques de concreto para construcción.

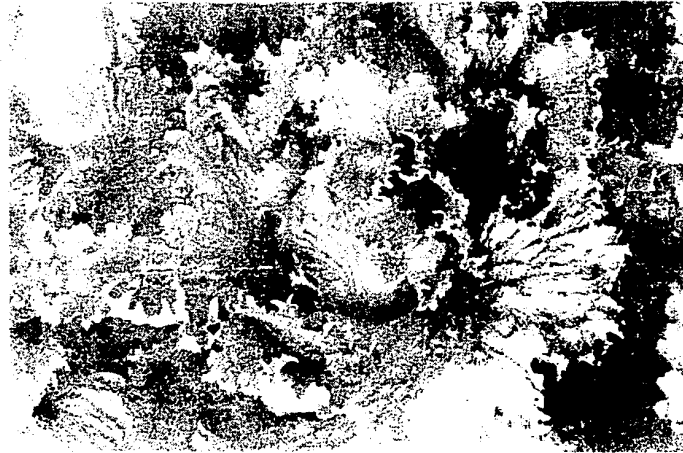
El sustrato usado es turba vegetal (Peat Moss).



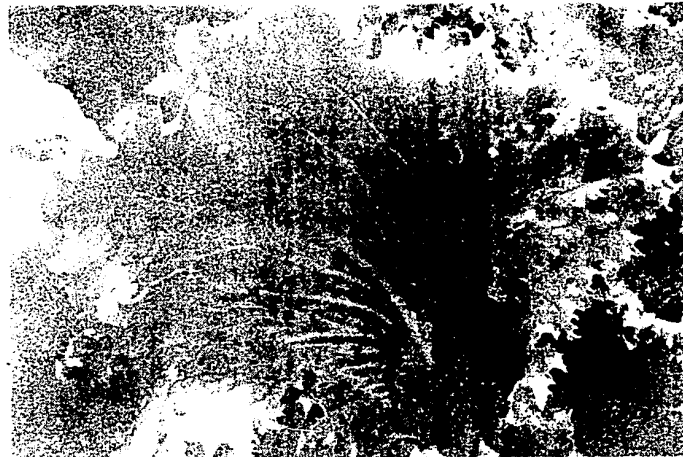
En esta foto se aprecia el ciclo de siembra de la lechuga. Una vez que se empieza a cosechar, no se detendrá la producción (a menos que se desee), pues se está sembrando diario. En un sistema de cultivo hidropónico esto es posible por la uniformidad del cultivo.



Un close-up de la densidad de población en este sistema de cultivo hidropónico.



En estos close-ups se puede apreciar la calidad del producto que se obtiene en este sistema de cultivo hidropónico.





DESVENTAJAS DE LA HIDROPONIA.

Después de señalar varias de las múltiples ventajas que presenta la hidroponia sobre los sistemas de cultivo en suelo, es lógico que surja la siguiente pregunta: ¿Porqué siendo la hidroponia tan ventajosa no ha alcanzado una popularidad más amplia? Esta interrogante se resuelve si se considera la poca difusión que se da y los argumentos vertidos en contra de la hidroponia, que enseguida se discuten como desventajas del sistema hidropónico:

Requiere para su manejo a nivel comercial, de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de Fisiología Vegetal y de Química Inorgánica.

A gran escala, la hidroponia tiene márgenes estrechos de seguridad para alcanzar el éxito y es peligroso ignorar este hecho (+). Se requiere de cierta destreza técnica, conocimiento hortícola y control científico, por lo que, si alguien intenta trabajar a este nivel, deberá proveerse de un asesor que posea estas cualidades (por ejemplo, un agrónomo especialista en hidroponia, o un profesionalista similar, con conocimientos en hidroponia), o bien, adquirir por su propia cuenta experiencia en la hidroponia, primero en pequeña escala.

Si bien es cierto que para trabajar con cultivos bajo el sistema hidropónico a nivel comercial, se requiere de cierta habilidad técnica, también lo es cuando se habla de sistemas intensivos de cultivo en suelo. Cualquier persona que intente trabajar a nivel comercial en hidroponia o en suelo, debe estar completamente seguro de que su nivel técnico es el adecuado.

Por otro lado, aunque para trabajar a nivel comercial se considera útil tener conocimientos básicos de química inorgánica y fisiología vegetal, éstos no son esenciales, ya que las carencias de conocimientos de este tipo se pueden suplir siguiendo al pie de la letra recomendaciones prácticas, como por ejemplo: comprar los fertilizantes ya mezclados, o bien, determinar una deficiencia en base a claves ilustradas, etc.

En los últimos años se han creado nuevos tipos de hidroponia y se simplificaron otros, de tal manera que se han

(+) Cualquiera que se involucre con cultivos hidropónicos deberá empezar con algo pequeño y perfeccionar sus técnicas antes de expandirse a operaciones a gran escala.- The Texas Agricultural Extension Service (Julio, 1987).

puesto al alcance de gentes menos preparadas; sin embargo, a gran escala los riesgos a que se somete a una persona sin conocimientos son bastante altos, sobre todo por la inversión erogada.

Las argumentaciones anteriores no son válidas si hablamos a pequeña y mediana escala, en donde para tener éxito en el manejo del sistema hidropónico, sólo se requiere seguir al pie de la letra ciertas recomendaciones sencillas.

A nivel comercial el gasto inicial es relativamente alto.

En efecto, el costo para establecer un sistema de cultivo hidropónico a nivel comercial es alto, ya que por lo general, se tiene que construir camas y depósitos de un material perdurable, comprar el 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; mientras otros señalan que, si bien los gastos iniciales son elevados, se pueden comparar a los gastos en maquinaria agrícola como tractores, arados, etc., y al mayor terreno virgen que se necesita --- transformar para cultivar en el suelo, etc., y que además, como los costos de producción y mantenimiento son más bajos en hidroponia, resulta más económico; es decir, se obtienen más beneficios monetarios (entre 25 y 40% de lo invertido) después de la amortización normal de capital. Desde luego que existen muchos cultivos (cereales, leguminosas de grano, etc.) que definitivamente no desquitan su presencia en las instalaciones hidropónicas.

Las instalaciones se modificaron en los últimos años, de tal manera que sin perder su eficiencia, resultan ser muy económicas.

Esta desventaja no se aplica, desde luego, a instalaciones a pequeña y mediana escala, porque no requieren de mucho equipo y las instalaciones se pueden hacer muy sencillas, además de que se pueden ampliar progresivamente.

Se requiere cuidado con los detalles.

Muchos de los fracasos en hidroponia a nivel comercial, se han debido al descuido de algunos detalles, como el de no mezclar correctamente la solución nutritiva, usar tubería o depósitos galvanizados, lo que ocasiona toxicidad por zinc, darle demasiada o muy poca pendiente a las camas provocando asfixia en las raíces por humedad constante, no usar las cantidades adecuadas de micronutrientes, el no mantener el PH de la solución dentro de cierto rango, no analizar el agua utilizada para preparar la solución, etc.

Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.

Como en cualquier método de cultivo, el desconocimiento de la planta y de su manejo, es uno de los principales -



factores que ocasiona fracasos o pingües rendimientos.

Requiere de un abastecimiento continuo de agua.

Desde luego que esta situación limita hasta cierto punto el cultivo hidropónico, pero es necesario resaltar, que limita mucho más la agricultura de riego, ya que en esta última se necesita más agua que la indispensable para mantener a un sistema hidropónico de las mismas dimensiones.



CAPITULO III.- METODOS DE CULTIVO EN HIDROPONIA.



ESTRUCTURA DEL SISTEMA HIDROPONICO.

Cualquier método de cultivo en hidroponia, consta de los siguientes componentes: solución nutritiva, tinas o macetas, sustrato, sistema de riego y drenaje.

Solución nutritiva: Es la disolución de diversos fertilizantes (o nutrimentos) en el agua, con la que se riegan las plantas, y proporciona los nutrimentos requeridos por ellas en las proporciones adecuadas.

Camas de Cultivo: Las tinas son recipientes de distinto tamaño y material, que contienen el sustrato en el que se cultivan las plantas. Generalmente se construyen de forma rectangular con una profundidad de 20 a 30 cm y con un ancho que oscila entre los 120 y 120 cm dependiendo de la planta, el método de cultivo y el sistema de riego. Con camas de más de 120 cm de ancho se dificulta mucho el trabajo. El largo de las camas es muy variable, ya que pueden ser desde un metro para huertos familiares o cultivos especiales, hasta 50 m o más en escala comercial. Schwarz (1975) menciona entre 25 y 50 mts. lo más adecuado.

Algunos autores mencionan que de acuerdo con el método que se emplee, las camas se pueden construir de materiales como: cemento, asbesto, madera, lámina de fierro galvanizado, etc. Sin embargo, la mayoría de los materiales, con la excepción de los plásticos, por estar en contacto con la solución pueden soltar sustancias que alteren la composición de la solución nutriente e incluso que puedan ser nocivas para las plantas, por lo que deberán ser cubiertos con un impermeabilizante que sea químicamente inerte. Si las camas de cultivo no son impermeables, la solución no será recirculada.

Sustrato: Su función es la de sustituir al suelo agrícola proporcionando a las plantas las más adecuadas condiciones edáficas para su desarrollo. Existe una gran variedad de sustratos que se pueden utilizar en hidroponia, entre los más usados se encuentran: arena, grava, tezontle, confitillo, ladrillos quebrados y/o molidos, agrolita, vermiculita, turba vegetal (peat-moss), lignito, aserrín, etc., también se ha usado como sustrato la mezcla de dos o más de ellos.- Puede también usarse la solución nutritiva como sustrato, proporcionando a la planta algún tipo de soporte.

Sistema de Riego: El sistema de riego en hidroponia puede ser por:

- Inundación o vertido.
- Subirrigación.
- Aspersión.

- Goteo.
- Capilaridad.
- Atomización a las raíces (aeroponía).



Cada uno de estos sistemas de riego tiene su propio tipo de drenaje.

A continuación vamos a conocer la clasificación de los métodos de cultivo en hidroponía, pero antes, quiero hacer la aclaración de que sólo hablaremos de los métodos en pequeña y mediana escala. Esto, debido a que, como vimos en el capítulo anterior, la hidroponía a gran escala tiene márgenes estrechos de seguridad, sobre todo si no se tiene experiencia; por lo tanto, los expertos recomiendan que se empiece con algo pequeño y se perfeccionen las técnicas antes de expandirse a operaciones a gran escala.

CLASIFICACION DE LOS METODOS DE CULTIVO EN HIDROPONIA.

Existe una gran cantidad de métodos diferentes para realizar un cultivo en hidroponía. Ahora bien, aunque algunos autores difieren en cuanto a cuál es el método más apropiado para las personas que se inician en ella, esta diferencia de opiniones se refiere sólo al tipo de sustrato que deberá usarse, y siendo que éste último no es un problema de diseño industrial, así como tampoco lo son las características nutricionales de las plantas y los niveles de PH de la solución nutritiva, sólo se hará referencia a las instalaciones de aquellos métodos que, tanto unos como otros autores, mencionan como aptos para principiantes.

Cultivo en Agregado.- Comprende a todos aquellos métodos que utilizan como sustrato materiales absorbentes, como la arena, perlita, vermiculita, etc.

Cultivo en Grava.- Esta categoría comprende, además de los tipos de grava comunes, a otros sustratos semejantes (de más de dos milímetros de diámetro), como por ejemplo: ladrillo quebrado, carbón, tezontle y otros tipos de grava volcánica, etc.

Técnicas Hidropónicas diversas.- En este grupo se pueden mencionar el de riego automático de macetas, la técnica de la película nutritiva y la aeroponía.

CAPITULO IV.- CULTIVO EN AGREGADO.



En este capítulo conoceremos las instalaciones y aplicaciones de los diferentes métodos de cultivo que utilizan como sustrato materiales absorbentes.

El cultivo en agregado, es el sistema de cultivo hidropónico más parecido al convencional cultivo en suelo, sólo que las raíces se desarrollan y crecen en un medio inerte que debe ser lo suficiente fino para mantener un adecuado nivel de humedad; pero a la vez no tan fino, que interfiera con una eficiente aireación. La circulación del aire tiene lugar a través de las partículas del agregado en forma semejante al suelo.

MÉTODOS DE CULTIVO EN PEQUEÑA ESCALA.

Existe una gran variedad de diseños para llevar a cabo el cultivo en agregado en pequeña escala. Cada uno de ellos está basado en alguno de los métodos que a continuación se exponen y cuya clasificación se basa en la forma en que la solución es aplicada.

IRRIGACION SUPERFICIAL (SLOP CULTURE).

Se le da este nombre a las instalaciones en las que la solución se aplica directamente a la superficie del agregado. Cualquiera que sea el diseño, lo esencial es proveer al recipiente con un eficiente sistema de drenaje.

Para almacenar la solución se puede utilizar una gran cantidad de recipientes diferentes: desde botellas de vidrio (opacas o pintadas de negro) hasta tambos de 50, 100 y 200 litros (también asfaltados o forrados con polietileno por dentro, etc.).

El riego con la solución nutritiva se realiza generalmente con una jardinera o cubeta con pequeñas perforaciones en la base, aunque también se puede realizar a través de un tubo o una manguera. La solución generalmente no se recircula, por lo que los recipientes no tienen que ser impermeables; sólo se debe evitar que sus paredes reaccionen con la solución para no alterar la composición de ésta última.

Las figuras 4.1, 4.2 y 4.3, muestran tres diferentes diseños basados en el método de irrigación superficial, propios para plantas ornamentales o para el cultivo de hortalizas en el hogar. Dos de ellos permiten reciclar la solución.

Otro diseño para cultivo en agregado con irrigación superficial es el desarrollado por el Dr. Schippers, de la Universidad D'Cornell, y que se muestra en la figura 4.4.

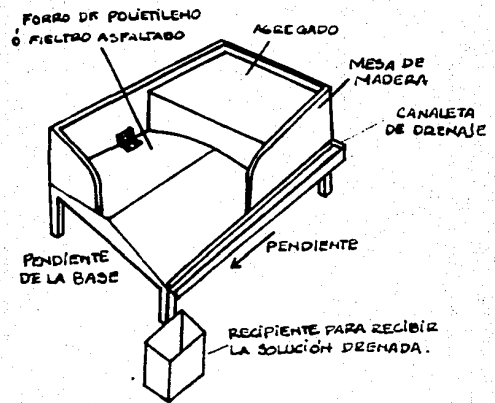


FIG. 4.1 DISEÑO DE CAMA CON SISTEMA PARA CULTIVO EN AGREGADO CON IRRIGACIÓN SUPERFICIAL. ADAPTADO DE HOLLIS (1964)

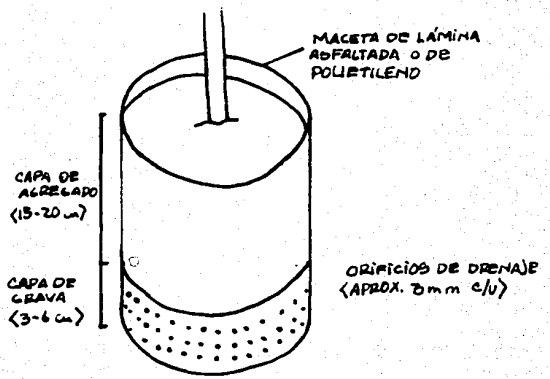


FIG. 4.2 DISEÑO DE MACETA PARA CULTIVO EN AGREGADO CON IRRIGACIÓN SUPERFICIAL. ADAPTADO DE HARRIS (1974)

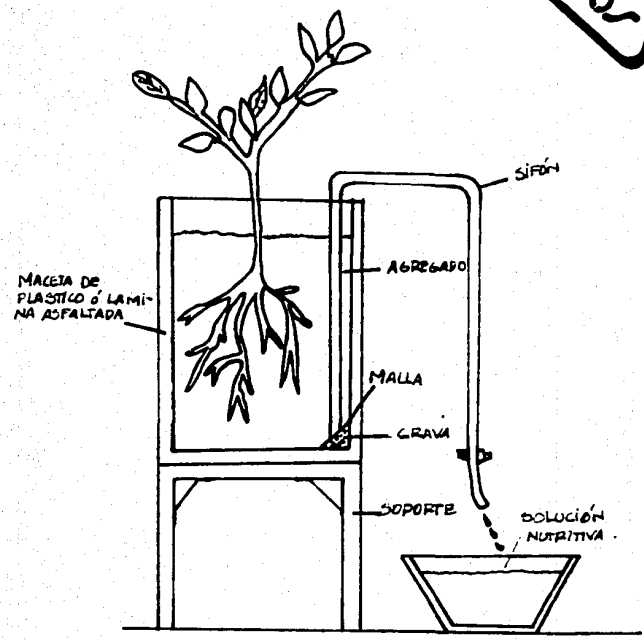


FIG. 4.3 DISEÑO DE RECIPIENTE CON DRENAJE A TRAVÉS DE SIFÓN AUTOMÁTICO PARA CULTIVO EN AGREGADO CON IRRIGACIÓN SUPERFICIAL. EL SIFÓN FUNCIONA INDEFINIDAMENTE DESPUÉS DEL SUCCIONAMIENTO INICIAL. ADAPTADO DE ELLIS Y SWANEY (1963)

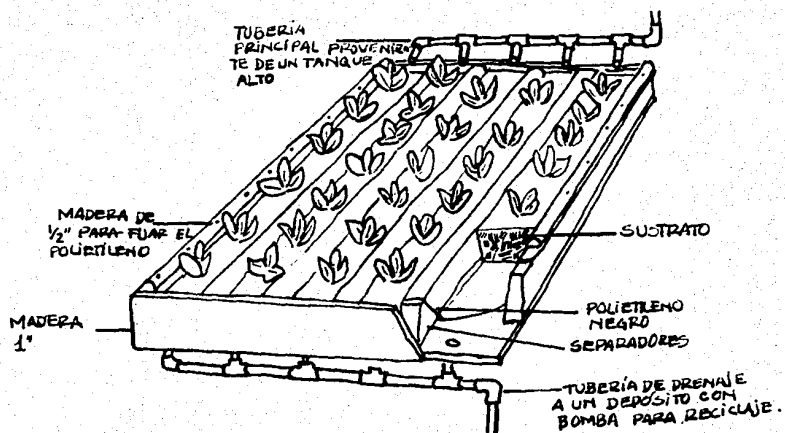


FIG. 4.4.

IRRIGACION POR GOTEO.

El equipo necesario para este método de cultivo es semejante al anterior, excepto en el mecanismo de riego, ya que aquí se adopta un sistema automático que haga gotear la solución nutritiva.

Normalmente se utiliza un recipiente de plástico, vidrio (opaco o pintado de negro), o lámina impermeabilizada como depósito continente de la solución. A este recipiente se le conecta una manguerita de plástico o hule, o un tubo capilar de vidrio, de modo que haga un sifón para forzar el goteo. Cuando se utiliza un tubo capilar, el goteo se gradúa inclinando en mayor o menor medida el extremo que gotea; mientras que si se usan mangueritas de plástico el goteo se puede graduar presionándolas con laminitas dobladas o con dispositivos para apretarlas, como los de los equipos para aplicar suero.

Un diseño que se puede comprar hecho en los E.U. es el "Tube-0-Ponic" que se muestra en la figura 4.5. En este sistema, la solución nutritiva se almacena en un tanque cilíndrico que encierra a la base del tubo. Una pequeña bombamanda la solución a la parte alta del tubo, donde una regadera está goteando constantemente la solución en las raíces de las plantas, las cuales se sostienen en las aberturas de la superficie del tubo.

Las figuras 4.6 y 4.7, muestran dos diferentes diseños de irrigación por goteo para instalaciones caseras.

SUB-IRRIGACION.

Uno de los diseños más comunes de este método, con propósitos de investigación, se esquematiza en la figura 4.8.- La tina se construye generalmente de madera o lámina asfaltada o forrada con polietileno. Los niples en los que se ajusta la manguera son usualmente de cobre. El niple que va conectado a la tina, debe ir colocado en la parte más baja de ésta para que el drenaje sea completo. Antes de sembrar se satura el agregado con solución nutritiva y después se abre el drenaje para dejar escurrir el agua sobrante (es decir, se deja el agregado a capacidad de campo). Posteriormente se siembra y se aplica la solución normalmente (de acuerdo a las necesidades de las plantas).

Para regar, la cubeta o recipiente se coloca a mayor altura que la tina, y para drenar, se coloca a menor altura.

El método de riego por sub-irrigación presenta la ventaja de mantener seca la superficie del agregado, lo que dificulta la incidencia de enfermedades, sobre todo las fungosas.

Otros diseños basados en el método de sub-irrigación se muestran en las figuras 4.9 a 4.11.



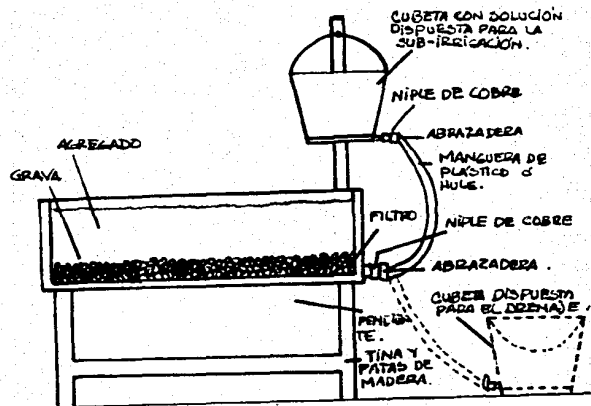


FIG. 4.9 DISEÑO POR SUB-IRRIGACIÓN PARA CULTIVO EN AGREGADO MODIFICADO DE DOUGLAS (1976).

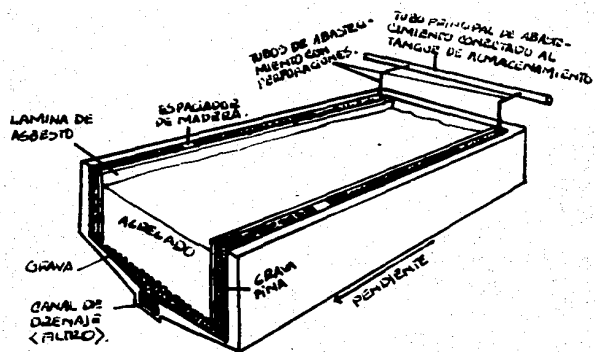


FIG 4.9 DISEÑO DE SUB-IRRIGACIÓN PARA CULTIVO EN AGREGADO HOWLS (1954).

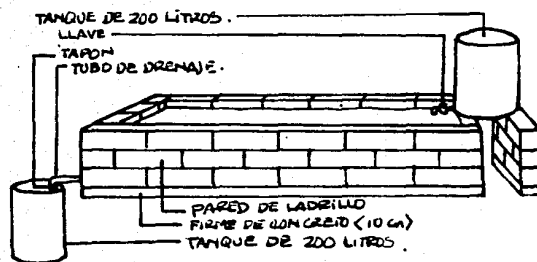
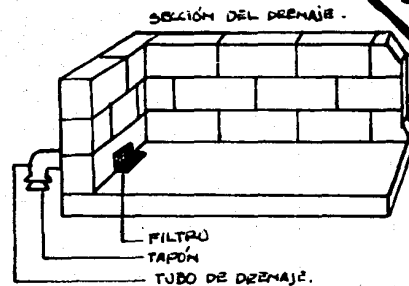


FIG. 4.10 DISEÑO DE SUB-IRRIGACIÓN PARA CULTIVO EN AGREGADO (VERMICULITA) BENTLEY (1955).

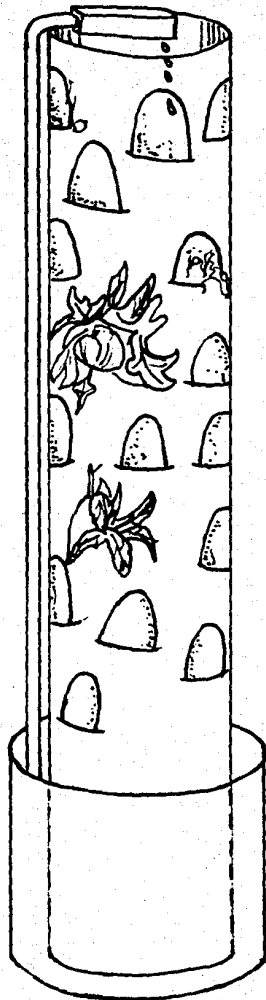


FIG. 4-5 SISTEMA "TUBE-O-PONIC".

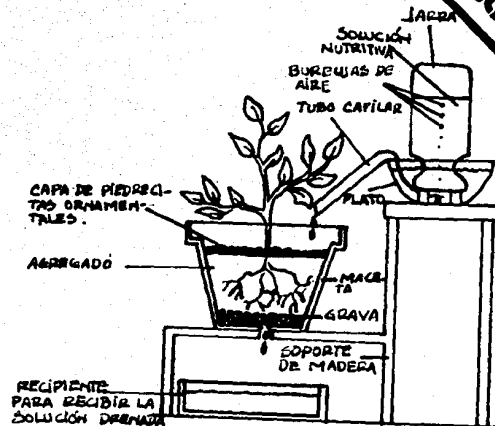


FIG. 4.6 DISEÑO CASERO DE IRRIGACIÓN POR GOTEADO PARA CULTIVO HIDROPÓNICO EN AGREGADO ADAPTADO DE HOWLS (1964).

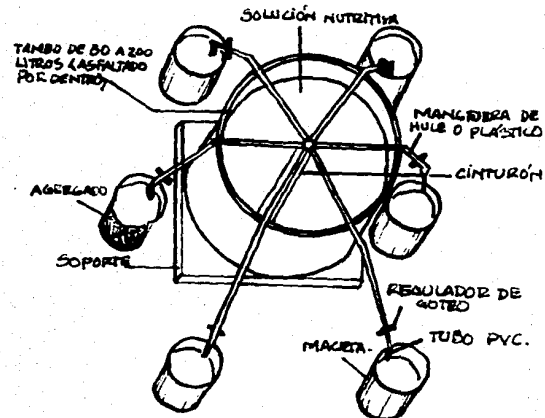


FIG. 4.7 DISEÑO PARA HUERTO FAMILIAR CULTIVO EN AGREGADO CON RIEGO POR GOTEADO SIN RECUPERAR LA SOLUCIÓN PARA VARIAS MACETAS.



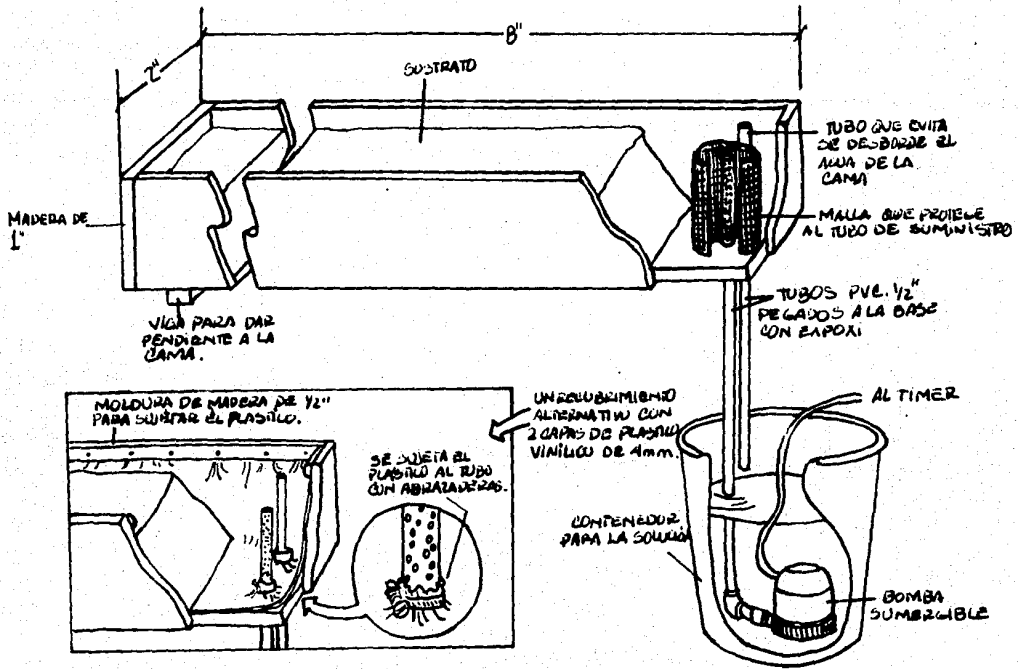


FIG 4.11

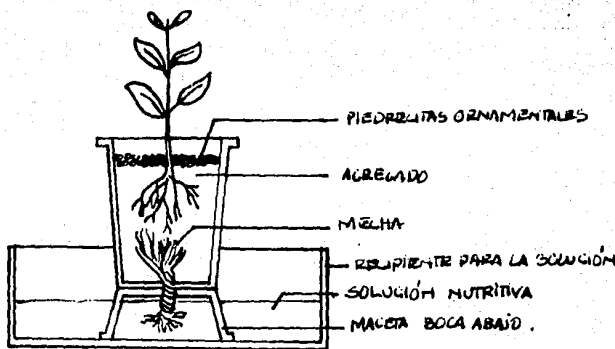
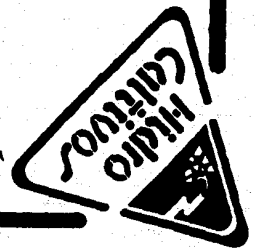


FIG. 4.12

DISEÑO CASERO DE IRRIGACIÓN POR CAPILARIDAD PARA CULTIVO EN AGRICULTIVO HOLLIS (1964)



IRRIGACION POR CAPILARIDAD.

Este método se usa generalmente para instalaciones caseras, siendo muy adecuado para plantas decorativas de interior.

Para conducir la solución al agregado se usa una mecha para lámpara de alcohol o petróleo. La maceta que contiene al agregado se puede sostener con otra maceta vacía, colocada boca abajo, de tal manera que se deje un espacio de dos o tres centímetros entre la solución y el agregado. La mecha pasa del recipiente con la solución, a la maceta con el agregado a través de los orificios de drenaje de las dos macetas. La parte superior de la mecha se desenreda y distribuye entre el agregado para favorecer el humedecimiento adecuado del mismo.

Un diseño más o menos simple de este método se puede apreciar en la figura 4.12.



CAPITULO V.- CULTIVO EN GRAVA.



Se puede definir al cultivo en grava como aquel sistema hidropónico que comprende a los métodos en que las plantas crecen en un sustrato generalmente no absorbente, y cuyas partículas quedan comprendidas entre los 2 mm y 2 cm de diámetro.

La solución nutritiva se suministra casi exclusivamente mediante sub-irrigación. El cultivo en grava requiere el uso de tinas impermeables.

AIREACION DE LAS RAICES.

Este factor está estrechamente relacionado con las características de la grava que se utilice, así como del intervalo de riego (ciclo de bombeo). Una irrigación frecuente, un llenado muy tardado de las tinas o un drenaje lento, reducen drásticamente el nivel de oxígeno alrededor de las raíces, ya que los espacios entre las partículas de grava están casi siempre saturados de solución en vez de estarlo de aire cargado de humedad.

REQUISITOS DEL DRENAJE.

La rapidez del drenaje está relacionada con la eficiente aireación de las raíces y se puede justificar brevemente de la siguiente manera: tan pronto como la solución es forzada dentro de las tinas y circula de abajo hacia arriba, el bióxido de carbono, producto de la respiración radical, es expulsado de la grava; al drenar la solución rápidamente, el sustrato succiona aire nuevo que es aprovechado por las raíces de las plantas.

METODOS DE CULTIVO EN MEDIANA ESCALA.

Aunque existe una gran variedad de diseños para el cultivo hidropónico en grava, éstos se pueden agrupar en dos métodos generales llamados: irrigación o alimentación directa, en donde la solución se bombea directamente a las tinas; e irrigación o alimentación por gravedad.

METODO DE ALIMENTACION DIRECTA.

La solución se almacena en un depósito impermeable subterráneo y es forzada por una bomba, que a su vez, alimenta-



a las tinas por sub-irrigación, hasta saturarlas a unos 2 a 5 cm por debajo del nivel de la grava. - Cuando se tiene el nivel deseado de solución en las tinas, la bomba se desconecta manual o automáticamente y la solución drena por gravedad, de regreso al depósito subterráneo. La solución nutritiva entra y sale de las tinas a través del canal de drenaje que se encuentra en el fondo de cada una de ellas. Este canal se cubre con tejas de barro o madera, formando una U ó V invertida.

Se unen una con otra a lo largo de la tina, sin encimarse, lo que permite el paso del líquido a través de las --- uniones sin que quede espacio suficiente para que la grava penetre al canal. El propósito de construir el canal en las tejas de este modo es, simplemente, el de propiciar el llenado y vaciado más rápido y uniforme de las tinas. La figura 5.1 nos muestra un diseño de este método de cultivo en grava.

METODOS DE ALIMENTACION POR GRAVEDAD.

Cuando se tienen muchas tinas, para poder irrigarlas todas en 15 a 30 minutos, se requiere el suministro de una-- gran cantidad de solución por minuto. Con el método de alimentación directa se tiene que contar con varias bombas o pocas, pero de gran capacidad, situación que eleva los costos de instalación. Por ello se ha optado, con más frecuencia-- para instalaciones grandes, en utilizar diseños basados en el método de irrigación por gravedad, el cual consiste en - construir el depósito de la solución arriba del nivel de las tinas. La solución drenada es captada por un tanque de -- descarga, desde el cual se bombea la solución de regreso al depósito. Un diseño sencillo de este sistema es el que se muestra en la figura 5.2. Cabe hacer la aclaración, que aunque en esa figura sólo se representa una tina, la situa--- ción normal es que ellas sean varias trabajando con un solo depósito y una sola bomba.

Otro tipo de diseño es el que se muestra en la figura 5.3. La diferencia con respecto al anterior diseño, es que al final de cada tina hay una llave de paso, que al abrirla permite el flujo de la solución a otra tina que se encuentra a un nivel inferior; al final de esta tina hay otra llave de paso que la conecta con otra; finalmente, la solución llega a un pequeño depósito de donde se bombea al depósito principal, dejándola lista para que recircule. Para compensar las pérdidas de líquido por evaporación, transpiración y retención, cada tina se construye 20% menor que la antecedente. Las cadenas son generalmente de tres tinas.

En vez de llaves de paso puede adaptarse un mecanismo de sifón automático, como el de la figura 5.4.

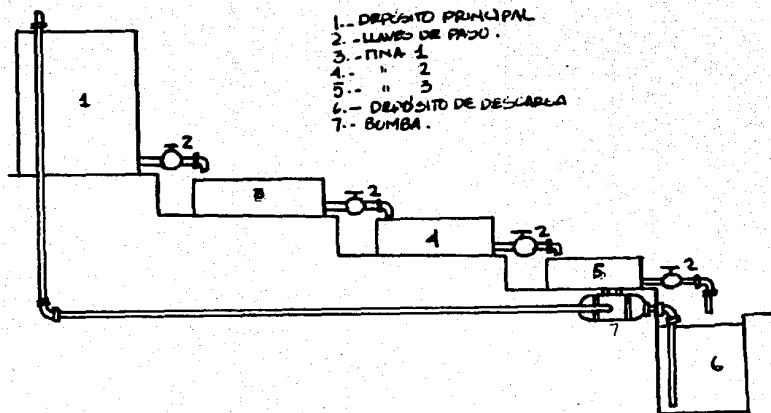


Fig. 5.3 PERFIL DE UN DISEÑO DE CULTIVO EN GRANA CON ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD CON TINAS CONECTADAS EN SERIE. CADA TINA MIDE APROXIMADAMENTE 20% MENOS QUE LA QUE LE ANTECEDE; POR EJEMPLO SI LA TINA 1 MIDE 50 MTS LA 2 MEDIRÁ 40 Y LA 3 UNOS 32 MTS.



PARA AGITAR EL AGUA AL HACER LA SOLUCIÓN SE CIERRAN LAS VÁLVULAS 1 Y 3 Y SE ABRE LA 2. AL SUB-IRRIGAR LA TINA, SE ABRE LA VÁLVULA 4 Y SE CIERRAN LA 2 Y 3. SI SE DESECHA LA SOLUCIÓN VIEJA, SE ABRE LA VÁLVULA 3 Y SE CIERRA LA 1 Y 2.

1.- DEPÓSITO
2.- BOMBA
3.- CONEXIONES EN T
4.- CODO
5.- VÁLVULA 1
6.- " " 2
7.- " " 3

8.- TUBERÍA PARA DESCARGAR LA SOLUCIÓN
9.- NIPLE DE COBRE
10.- CANAL
11.- TEJAS
12.- TINA

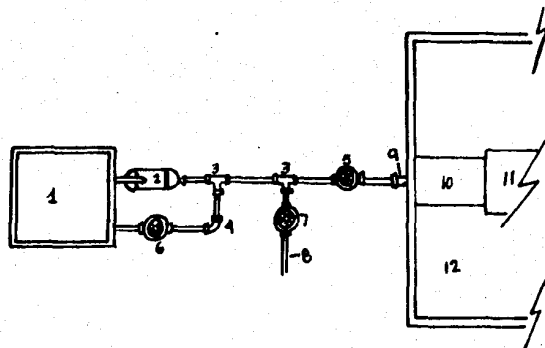


FIG. 5.1 DISEÑO PARA CULTIVO EN GRAVA MEDIANTE EL MÉTODO DE ALIMENTACIÓN DIRECTA Y PARA UNA TINA (1974).

1.- ABASTECIMIENTO DE AGUA
2.- DEPÓSITO PRINCIPAL
3.- DRENAJE PARA LIMPIEZA
4.- VÁLVULA PARA IRRIGAR
5.- CANAL CON TEJAS
6.- GRAVA

7.- VÁLVULA DE DRENAJE
8.- TANQUE DE DESCARGA
9.- BASE PARA LA BOMBA
10.- BOMBA
11.- VÁLVULA PARA DISOCIAR LA SOLUCIÓN
12.- TUBO DE RETORNO
13.- TINA.

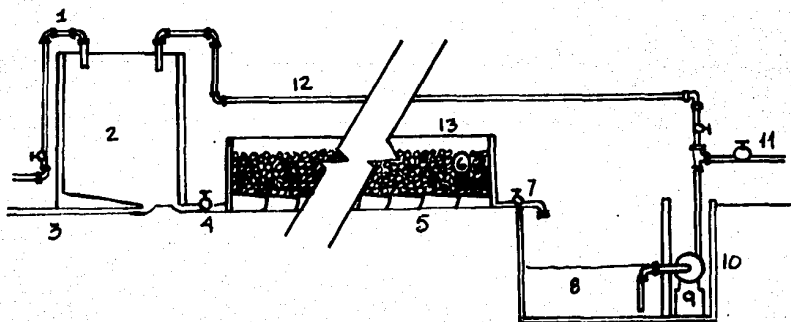


FIG. 5.2 PERAL DE UN DISEÑO SENCILLO DEL MÉTODO DE ALIMENTACIÓN POR GRAVEDAD. HOLLIS (1964)
EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE GRANDE PARA ABASTECER A TODAS LAS TINAS EN MENOS DE 30 MINUTOS.

CAPITULO VI.- TECNICAS HIDROPONICAS DIVERSAS.



Además de las categorías principales de cultivo hidropónico, existe una serie de técnicas que, por -- ciertas consideraciones específicas, deben estudiarse aparte.

De entre estas técnicas se describirán brevemente las siguientes: Técnica de cultivo en macetas de Bentley, Técnica de la película nutritiva y Técnica de la aeroponía.

TECNICA DE CULTIVO EN MACETAS DE BENTLEY (BENTLEY CONTAINERS SYSTEM).

Esta técnica de cultivo hidropónico desarrollada por el Dr. Maxwell Bentley, se publicó por primera vez en 1974, en su libro "Hydroponics Plus".

En vez de tinas, se utilizan macetas de polietileno negro y grueso, rellenas con un sustrato especial, en donde crecen las plantas (generalmente grandes, como jitomate o pepino). Las bolsas se sostienen por ladrillos huecos de hormigón, cuyas cavidades también se rellenan con sustrato, permitiendo el crecimiento de plantas más pequeñas (por ejemplo lechuga).

El sistema de irrigación es parecido al riego por goteo, sólo que en vez de goteros tiene boquillas que rocían de solución a la superficie del agregado, a intervalos regulares de tiempo, durante el cual, el reloj acciona el interruptor que prende y apaga la bomba. Por ejemplo, si se determina que a cada maceta se va a administrar un litro de solución al día (situación que depende fundamentalmente de las características de las plantas y de las condiciones climáticas), se podrá administrar tres irrigaciones al día de 333 mililitros cada una, o cuatro de 250, controladas por el reloj automático.

En la figura 6.1 se puede apreciar esquemáticamente, la distribución de las macetas y el sistema de irrigación. Como se puede apreciar, la solución no se recupera.

TECNICA DE LA PELICULA NUTRITIVA (NFT).

Esta comprende una serie de diseños, cuyo principio básico es la continua circulación de una película muy delgada de solución a través de las raíces de las plantas. Las tinas son sustituidas por tubos de polietileno negro doblados de manera especial; por zanjas forradas y recubiertas con polietileno negro, o por canalitos hechos con polietileno negro engrapado adecuadamente. La solución puede hacerse circular directamente por el polietileno, o bien, a través de mangueras perforadas de PVC (o material similar) que atraviesan longitudinalmente el ducto de polietileno (ver figura-6.2).

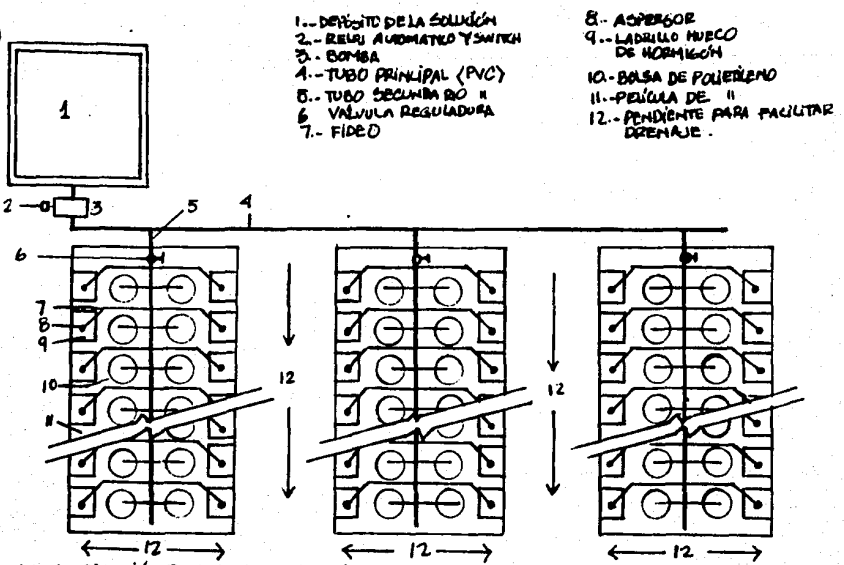
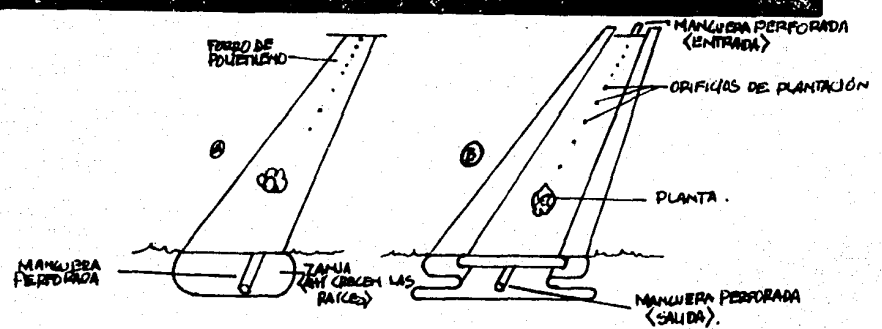


FIG. 6.1 DISTRIBUCIÓN DE LAS MACETAS Y SISTEMA DE IRRIGACIÓN DE LA TÉCNICA DE CULTIVO EN MACETAS. BENTLEY (1974).



- Ⓐ TANCA FORADA Y CUBIERTA CON POLIETILENO Y MANGUERA PERFORADA INTERNA.
- Ⓑ TUBO DE POLIETILENO DOBLADO CON MANGUERA PERFORADA INTERNA.
- Ⓒ TUBO DE POLIETILENO DOBLADO SIN MANGUERA.
- Ⓓ CANNILLO DE POLIETILENO CON CUBITOS DE AQUELADO

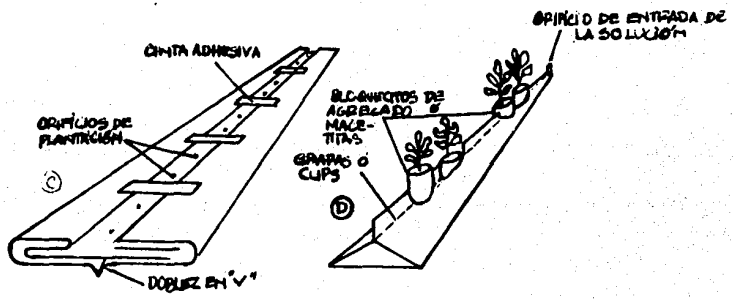


FIG. 6.2 DIFERENTES ARREGLOS PARA HACER UNIDADES DE POLIETILENO SIGUIENDO LA TÉCNICA DE LA PELÍCULA NUTRITIVA.

La figura 6.3 muestra un diseño casero de la técnica de la película nutritiva. Las semillas o esquejes del cultivo elegido, se siembran en bloquitos compactos de turba vegetal o poliuretano, ó en macetitas (reellenas de algún agregado) hechas con panel asfaltado o tela plástica de la que se usa para hacer los mosquiteros.

Cuando las plantitas han alcanzado una altura de 5 cm, las macetitas o bloques se colocan sobre una plancha de polietileno, el cual posteriormente se dobla, como en la figura, para sujetar dichas macetitas y formar el canalito por donde circulará la solución nutritiva.

Las plantas deben llevar algún tipo de soporte, lo cual se tiene que prever desde el diseño. La bomba hace circular la solución hasta el tubo distribuidor (que generalmente mide 2.5 cm de diámetro), el cual está a unos 5 cm por encima de los canalitos y lleva pequeñas perforaciones a intervalos regulares para depositar la solución en ellos. Como la caída es al aire libre, se puede checar el flujo de la solución, además de que se contribuye a su aireación. Para que la presión sea más o menos homogénea a lo largo del tubo distribuidor, las perforaciones deben ser pequeñas o sino, se colocan llaves de paso para regular la cantidad de solución que entre a cada canalito.

La película de solución al circular por el canalito va irrigando la parte inferior de las raíces hasta que, finalmente, cae de regreso al depósito.

Se debe mantener un volumen constante en el depósito, lo cual se puede lograr mediante un mecanismo de flotador o con adiciones de solución diarias.

Otro diseño casero de la técnica de la película nutritiva es el que se esquematiza en la figura 6.4. Este sistema también requiere de contenedores para la solución, una bomba y camas de cultivo, como las descritas en el capítulo III.

La solución proviene de un contenedor colocado un poco más alto que las camas de cultivo, a través de una manguerita de plástico con un opresor para regular la cantidad de solución en el fluido. Las camas tienen una pendiente de 1:100 o más para mantener el fluido de la solución a través de las camas. La solución pasa por las camas y cae a otro contenedor donde una bomba sumergible la regresa al depósito alto.

La bomba es controlada por un switch con un flotador en el contenedor alto. Cuando el nivel de la solución baja, la bomba es activada hasta que el flotador alcance su nivel original.

Una válvula, también con flotador en el contenedor bajo, permite la entrada de agua, que proviene de un depósito, cuando el nivel de la solución baja debido a la evaporación y a la transpiración radical.



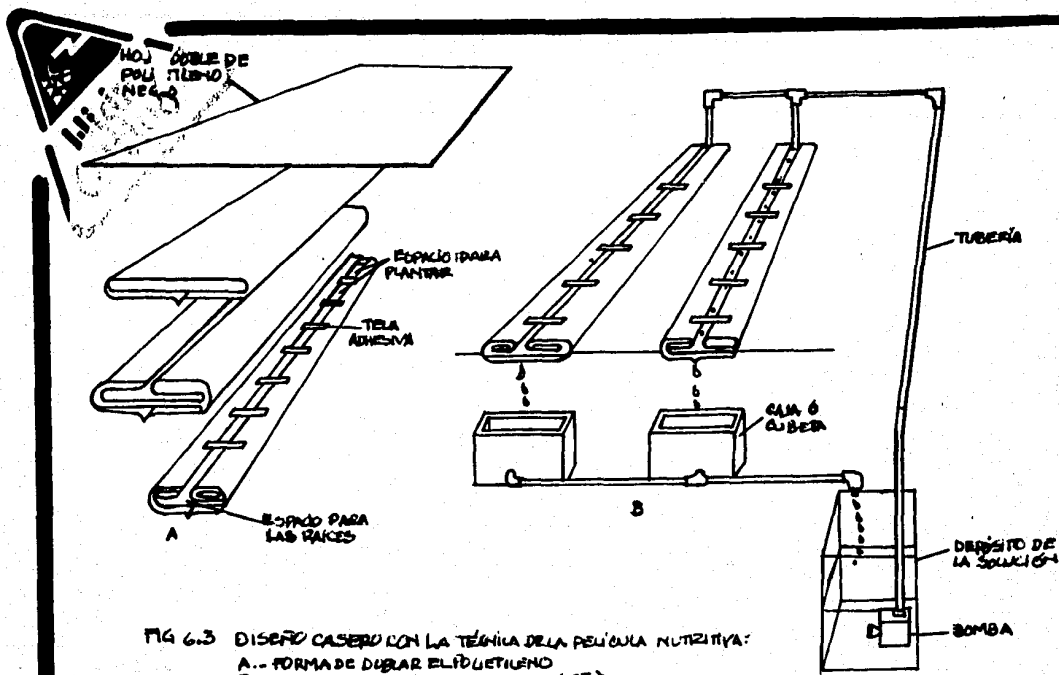


FIG. 6.3 DISEÑO CASERO CON LA TÉCNICA DE LA PELÍCULA NUTRITIVA:
 A.- FORMA DE DEJAR EL POLIETILENO
 B.- ESQUEMA DEL DISEÑO DE DOUGLAS (1976)

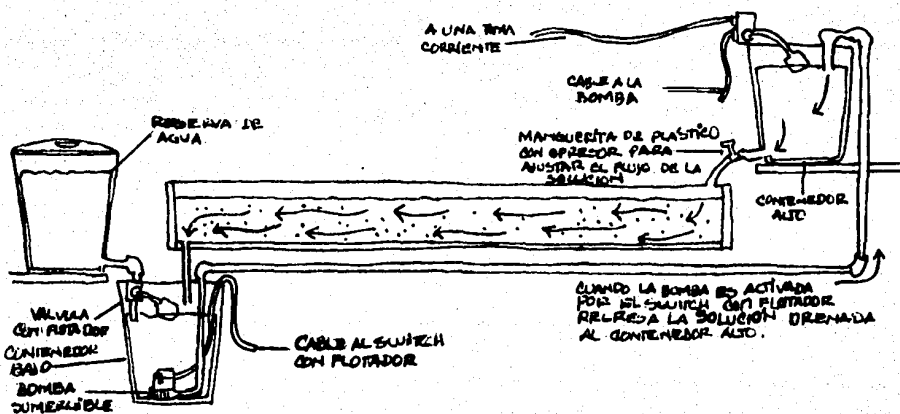


FIG. 6.4 DISEÑO CASERO CON LA NFT, DEL DR. SCHIPPERS DE LA UNIVERSIDAD DE CORNELL.

AEROPONIA.

Esta técnica funciona bien con casi todas las plantas, particularmente tomates, pepinos y lechugas. Las plantas se cultivan en tubos horizontales o verticales, o en recipientes especiales, a través de los cuales se les suministran continuamente aspersiones o nebulizaciones. Las plantas van insertadas por medio de pequeños orificios a los tubos o recipientes. Las raíces se mantienen húmedas y nutridas por la mezcla de aire y solución que circula dentro del recipiente.

Los aspersores se acomodan de tal forma, que puedan irrigar todo el sistema radical y se separan aproximadamente 60 cm. La figura 6.5 muestra un diseño con Aeroponía.



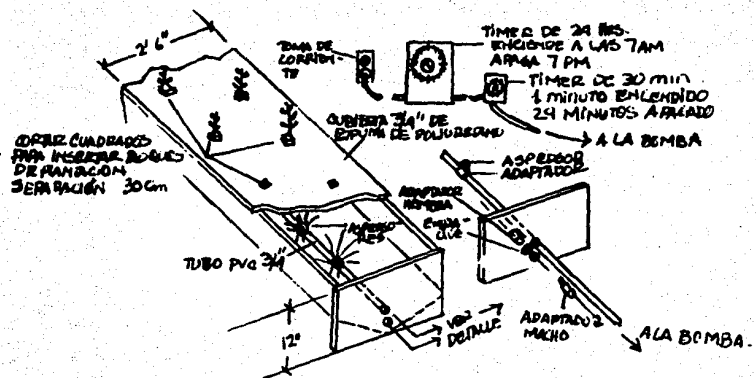


FIG. 6-5 DISEÑO DE SISTEMA DE CULTIVO POR AEROPONIA.

CAPITULO VII.- EL DEPOSITO DE LA SOLUCION.



Al calcular el tamaño del depósito para la solución nutritiva, se deben considerar varios factores. Uno de ellos es la capacidad necesaria para obtener un buen crecimiento de las plantas en un sistema hidropónico. - El depósito debe ser bastante grande y contener suficiente solución para irrigar completamente las camas de cultivo.

Lo mejor es tener un depósito cuya capacidad permita que quede un 20% de la solución aún cuando se hayan llenado las camas de cultivo, de esta forma se tendrá un buen suministro de solución. Cada vez que se irrigen las camas, la solución disminuirá por la evaporación y la respiración radical, lo cual justifica la necesidad de esta reserva.

Para determinar la capacidad del depósito, se debe calcular la cantidad de unidades cúbicas de las camas. Por -- ejemplo, en una cama de 2 pies 6 pulgadas de ancho por 16 pies de largo y una profundidad (del sustrato) de 8 pulga--- das, habrá 26 pies cúbicos. Esto multiplicado por 7.5 (aproximadamente el número de galones por pie cúbico), nos da - 195 galones.

Ahora bien, el espacio ocupado por el sustrato es dos tercios del volumen. Entonces, dividimos 195 entre 3 y nos dá 65 galones. Esta sería la capacidad mínima para irrigar una cama. Si se tienen dos camas sería el doble, 130 galones. Para tener un margen de seguridad, se añadirán otros 20 galones de reserva y entonces tendríamos que la capacidad de nuestro depósito será de 150 galones.

Las dimensiones de un depósito con ésta capacidad sería aproximadamente de 2 pies de ancho por 3.5 pies de largo, por 3 pies de profundo.

Al construir el depósito para la solución, es necesario tomar en cuenta algunos factores; por ejemplo, es muy importante tenerlo cubierto de tal forma, que no llegue la luz a la solución, ya que de no ser así se puede formar lamen ésta y en las paredes del depósito, así como también cambiar el PH, etc.

Por otro lado, durante el invierno las plantas entran en un estado pasivo que ocasiona que la producción decaiga y que los frutos maduren mucho más lento que en otras épocas. Sin embargo, hay formas de compensar la maduración lenta y mejorar la producción. Una de ellas es mantener la temperatura de la solución más o menos a 70°F (21 °C), del sistema todos los días, antes de aplicarla a las plantas, así como también al prepararla. En algunas ocasiones, antes de va ciar la solución al depósito del agua, éste debe tener el 80% ó el 50% del agua total, dependiendo del método que se - use al preparar la solución.

El no tomar en cuenta alguno de estos factores, puede ser un peligro y fácilmente resultar en serias lesiones a las plantas.



DISTRIBUCION DE CULTIVOS.

La técnica de la hidroponía, como ya se ha mencionado, permite una mayor densidad de población por unidad de superficie, debido a que los nutrientes no son limitantes, sino al contrario, están al alcance de las raíces y éstas no luchan entre sí por alimento.

Como consecuencia, la siembra de hortalizas (y cualquier otra planta) en hidroponía, no es igual que la siembra en un sistema de cultivo tradicional en el suelo.

A continuación vamos a conocer cómo se distribuyen algunos cultivos al sembrarse en sistemas hidropónicos, incluyendo al jitomate, pepino y lechuga, que son los cultivos más estudiados y explotados en hidroponía, debido a que su comercialización permite recuperar la inversión más rápido que con otras hortalizas.

Coles-repollo.

Se siembran en hileras separadas entre sí .4 m y dejando entre plantas 30 cm.

Lechugas.

Cada planta ocupa un área de 15 cm².

Pepino.

Separación entre hileras 55 cm; separación entre plantas 65 cm. (δ .65 m²) por planta.

Jitomates.

Separación entre hileras 50 cm; separación entre plantas 30 cm (δ .37 m²) por planta.

Berenjena.

Separación entre hileras 40 cm; separación entre plantas 30 cm.

Pimientos.

Separación entre hileras 40 cm; separación entre plantas 30 cm.

Fresas.

Separación entre hileras 40 cm; separación entre plantas 30 cm.

Brócoli.

Separación entre hileras 40 cm; separación entre plantas 30 cm.



CAPITULO VIII.- ANALISIS Y CONCLUSION.



De los diferentes métodos de cultivo estudiados anteriormente, podemos formar tres categorías:

1. Los que utilizan como medio de cultivo algún tipo de sustrato (ya sea agregado o grava), es decir, en los que la siembra se hace en forma parecida al suelo.
2. La técnica de la película nutritiva ó NFT.
3. La aeroponía.

Ahora vamos a analizar cada uno de estos métodos, de acuerdo a sus valores objetivos; estos valores son la funcionalidad, la manejabilidad, costos de producción y proceso de fabricación.

Dentro de la funcionalidad, se tomará en cuenta que la técnica permita una mayor densidad de población de plantas por unidad de superficie, que en el suelo; que proporcione un eficiente drenaje, una buena aireación a las raíces y un buen anclaje para las plantas.

Dentro de la manejabilidad, se tomará en cuenta la posibilidad de automatizar los ciclos de riego, así como de reciclar la solución drenada.

En costos de producción, se hará una comparación de las tres diferentes categorías que se están analizando, para determinar en cual de ellas los costos de producción son menores.

PROCESO DE FABRICACION.

Algunos métodos de cultivo hidropónico constan de ciertos elementos que no son de fabricación industrial, sino que son recursos naturales que se analizan químicamente y que el agricultor escoge según sus gustos y la abundancia del material en su región. Por lo tanto, esto se convierte en una tarea ajena al diseño industrial.

Al analizar los procesos de fabricación se determinará qué técnica tiene los elementos adecuados para que actúe sobre ellos el diseño industrial.

Después de analizar estas tres categorías se determinará qué técnica es la que se usará en el diseño a realizar.

1. METODOS DE CULTIVO EN SUSTRATO.

Funcionalidad.

En estos métodos de cultivo, el sustrato sirve como anclaje para las plantas y se riega con la solución nutritiva.



Permite una mayor densidad de población que un sistema de cultivo tradicional en suelo (ver cuadro 2.2, pág.20), se puede proporcionar un buen drenaje y sin embargo, la aireación puede no ser tan eficiente si las características del sustrato no lo permiten. Es decir, que en esta técnica la aireación depende en gran parte del sustrato que se esté usando.

Manejabilidad.

La automatización de los ciclos de riego y/o drenaje se puede llevar a cabo mediante la instalación de un timer en el sistema de bombeo.

Costos de Producción.

En estos métodos de cultivo hay mayor costo de agua que en los otros dos métodos (pero menor que en el suelo), debido a la evaporación.

También es preciso mencionar, que los sustratos tienen que esterilizarse antes de usarse como medio de cultivo y poseen la desventaja de acumular residuos de sales; como consecuencia, necesitan ser lavados cada dos o tres semanas con agua, y al final de cada cultivo, con cloro. Esto resulta una pérdida de agua y aumenta los costos de producción, más que en los otros dos métodos.

Procesos de Fabricación.

Estos métodos de cultivo usan sustratos que se tienen que esterilizar mediante un proceso químico o físico, y ésto es una labor de diseño industrial.

2. TECNICA DE LA PELICULA NUTRITIVA O NFT.

Funcionalidad.

Esta técnica ha probado ser muy eficiente para el cultivo de hortalizas. Esto debido a los altos rendimientos por unidades de superficie que se pueden obtener con ella. Las plantas deben llevar algún tipo de soporte, lo cual se tiene que prever desde el diseño. Proporciona excelente aireación a las raíces, sin depender de sustrato alguno.

Manejabilidad.

En esta técnica se puede operar casi automáticamente.



Costos de Producción.

Son bastante altos, pues se requiere de un bombeo continuo. Además, esta técnica presenta la desventaja de no poder hacer germinar las semillas, es decir, empieza a funcionar a partir del trasplante. Esto obliga a tener un área especial para semillero o comprar la plántula lista para ser trasplantada. A diferencia de las otras dos técnicas en las que se puede empezar desde la siembra hasta la cosecha.

Proceso de Fabricación.

Las instalaciones de esta técnica requieren de una construcción más industrial que artesanal.

3. AEROPONIA.

Funcionalidad.

Esta técnica funciona bien para casi cualquier tipo de planta y al igual que con los métodos anteriores, se obtienen más altos rendimientos por unidad de superficie, que en un sistema de cultivo tradicional en el suelo.

Las plantas crecen bien en aeroponía, debido a la excelente aireación de las raíces y presentan un buen crecimiento radical.

Los bloquitos compactos en los que se hace la siembra, proporcionan un buen anclaje a las plantas. Además, con esta técnica se puede fácilmente inocular las plantas.

Manejabilidad.

Se puede operar casi automáticamente.

Costos de Producción.

Al igual que un sistema de cultivo con riego por aspersión, se tiene cierto consumo de electricidad, pero en esta técnica la solución es drenada y reciclada, no hay pérdida por evaporación y el gasto de la misma es sólo debido a la transpiración radical.

Procesos de Fabricación.

Todos los elementos que componen la instalación de esta técnica, se obtienen por medio de un proceso de fabricación industrial. Incluso la superficie en la que se insertan las plantas puede fabricarse industrialmente.

CONCLUSION.

Debido a las cualidades de la aeroponia, se ha determinado que ésta es la técnica que se usará en el diseño que se realizará en este proyecto.



CAPITULO IX.- ENFOQUE.



Como ya lo hemos mencionado anteriormente, la hidroponía no es una técnica conocida por muchos agricultores mexicanos, debido a la poca difusión que se le ha dado en nuestro país.

Por otro lado, también sabemos que en los últimos años se han creado nuevos tipos de hidroponía y se han simplificado otros, de tal manera que se han puesto al alcance de personas menos preparadas, que pueden llegar a tener éxito en el manejo de un sistema hidropónico a pequeña escala, siguiendo al pie de la letra ciertas recomendaciones prácticas, como por ejemplo, comprar los fertilizantes ya mezclados, o bien, determinar una deficiencia en base a claves ilustradas, etc.

Sin embargo, es necesario determinar cuáles son esas personas que pueden llegar a tener éxito, ya que ellas mismas serán los usuarios del objeto a diseñar.

Aunque existen textos en los cuales se pueden encontrar una gran cantidad de fórmulas para hacer soluciones nutritivas, no hay una de ellas que por sí sola garantice el éxito de un cultivo, y aunque la mayoría de las plantas pueden vivir de las mismas soluciones, algunas especies requieren, más o menos, de ciertos elementos si se quiere obtener un óptimo desarrollo del cultivo. Esto es debido a los cambios de temperatura, humedad y luz solar que las plantas reciben.

También podemos agregar, que a diferencia de otros países como E.U., Holanda, Alemania, Japón, etc., en los cuales la hidroponía ha tenido una gran difusión, en México, los textos mencionados anteriormente están escritos en lenguajes propios de estudiantes, ingenieros agrónomos o personas que están familiarizadas con el cultivo de plantas, aunque sus conocimientos hayan sido adquiridos en forma empírica.

Esto nos lleva a que el proyecto:

Sea una unidad hidropónica experimental en pequeña escala, cuyo objetivo será, además de facilitar la labor del agricultor en el cultivo hidropónico, el de interesar a otros agricultores a usar esta técnica.

Una vez logrado esto, se podrá pensar en generar una industria fabricante de equipo.

PERFIL DEL USUARIO.

El siguiente paso en este proyecto de diseño, es identificar esas personas que serán los futuros usuarios de este diseño por ser, qué características tienen y con qué recursos cuenta para llevar a cabo un cultivo hidropónico en pequeña escala.



1. En el primer grupo tenemos, a campesinos dedicados a la horticultura familiar, cuya economía depende de casi en un 100% de sus cosechas, viven en comunidades rurales y cuentan con servicios de electricidad, toma de agua, etc.
2. Horticultores ejidales o pequeños productores, cuya propiedad abarca un "X" número de hectáreas.
3. Grandes productores que se dediquen a la producción de aquellas hortalizas que son las más redituables para el cultivo hidropónico.
4. Por último, tenemos al ciudadano común, puesto que ésta es una técnica que puede ser desarrollada por cualquier persona que tenga el interés suficiente para dedicarle tiempo, tanto al cuidado de las plantas como para informarse sobre el tema.

Se realizarán encuestas a cada grupo de estas personas, para identificar cuál o cuáles de ellos pudieran ser los usuarios de este diseño por ser, y determinar sus requerimientos, intereses y necesidades, que serán los parámetros - (junto con los ya determinados por la misma técnica), que determinarán el mismo diseño.

RESULTADO DE ENCUESTAS REALIZADAS PARA DETERMINAR EL PERFIL DEL USUARIO.

GRUPO No. 1.

- El 90% de los entrevistados dijeron no estar interesados en utilizar ó adquirir una unidad hidropónica experimental.

GRUPO No. 2.

- El 92% de los entrevistados dijeron estar dispuestos a adquirir una unidad hidropónica experimental.
- El 14.6% de los que aceptaron, dijeron estar dispuestos a invertir 2 millones de pesos.
- El 73% de los que aceptaron, dijeron estar dispuestos a invertir de 3 a 4 millones de pesos.
- El resto no sabe.
- El 86% de los que aceptaron, dijeron preferir una unidad con sistema de riego automático.
- Al resto les era indiferente.



- El 67.4% de ellos cedería 20 m² para experimentar con dicha unidad.
- El 22% de ellos cedería 1/4 de hectárea.
- El resto cedería menos de 40 m².
- El 88% de los que aceptaron, quieren recuperar su inversión en un plazo no mayor de 1 año.

GRUPO No. 3.

- El 95% de los entrevistados, dijeron estar dispuestos a adquirir una unidad hidropónica experimental.
- El 86% de los que aceptaron, dijeron estar dispuestos a invertir 4 millones de pesos.
- El 14% de los que aceptaron, dijeron estar dispuestos a invertir 3 millones de pesos.
- El 93% de los que aceptaron, dijeron preferir una unidad con sistema de riego automático.
- Al resto les era indiferente.
- El 82% de los que aceptaron, dijeron estar dispuestos a ceder 50 m².
- El resto menos de 30 m².
- El 85% de los que aceptaron, quieren recuperar su inversión en un plazo no mayor a 1 año.

GRUPO No. 4.

- En este grupo, la cantidad de personas interesadas en adquirir una unidad hidropónica experimental, fué tan pequeña que no amerita ser tratado con mayor detalle.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

REQUISITOS:

1. Diseñar una unidad hidropónica experimental para el cultivo de hortalizas (aquéllas aprovechables por sus hojas y/o frutos).
2. Será para producir en pequeña escala.
3. Se usará la técnica de la aeroponía.
4. El sistema de riego será automático.
5. Debe caber en un área no mayor a los 20 m².
6. Tanto la solución nutriente como el control del PH, estarán a cargo del agricultor.
7. El costo de la unidad no deberá exceder los 4 millones de pesos.
8. Se podrá cultivar la variedad de hortalizas más estudiadas en hidroponía.

-
9. La solución no tomada por las plantas será drenada y reciclada.
 10. Contará con un depósito para la solución nutriente, 100% anticorrosivo.
 11. Deberá contar con camas de cultivo que se construirán de un material 100% anticorrosivo.
 12. Podrá ser usada en un campo de cultivo o un invernadero.
 13. Deberá proporcionar a las plantas un medio de soporte y anclaje.
 14. Para su funcionamiento, necesitará de un suministro de agua y electricidad.



CAPITULO X.- ANALISIS.



CIRCUNSTANCIAS :	PROBLEMAS :	CONDICIONANTES :
<p>1. CULTIVAR DIVERSAS HORTALIZAS.</p>	<p>1.1 Debe permitir diferentes distribuciones, es decir, la que requiera el cultivo.</p> <p>1.2 Calcular la capacidad de producción de la unidad.</p> <p>1.3 La superficie de cultivo estará contenida en una cama de cultivo.</p>	<p>1.1.1 Deberá contener una superficie de cultivo.</p> <p>1.1.2 El diseño de esta superficie, será el mismo para todos los cultivos.</p> <p>1.1.3 Debe proporcionar anclaje para el sistema radical.</p> <p>1.1.4 El cultivo se hará desde la siembra hasta la cosecha.</p> <p>1.1.5 Se debe evitar que las mismas plantas se den sombra unas a otras.</p> <p>1.1.6 La superficie de cultivo difícilmente permitirá el desarrollo de enfermedades fungosas.</p> <p>1.1.7 La producción será de pequeña escala.</p> <p>1.2.1 La producción permitirá recuperar la inversión en un plazo no mayor a 1 año.</p> <p>1.3.1 Las camas de cultivo serán de un material 100% anticorrosivo.</p> <p>1.3.2 Que sus dimensiones sean las adecuadas para los cultivos más comunes en hidroponía y otras variedades.</p> <p>1.3.3 Deberán contar con un desagüe para recuperar la solución no tomada por las plantas.</p>



CIRCUNSTANCIAS :	PROBLEMAS :	CONDICIONANTES :
	<p>1.4 La(s) cama(s) estará(n) sujeta(s) por una estructura.</p> <p>2.1 Tomar la solución de un depósito.</p>	<p>1.3.4 Se podrán colocar según las necesidades de espacio del cultivo.</p> <p>1.4.1 Dicha estructura deberá ser resistente a la corrosión.</p> <p>1.4.2 Deberá soportar el peso de cada cultivo y contar con un margen de seguridad apropiado.</p> <p>1.4.3 Estará perfectamente equilibrada.</p> <p>1.4.4 Sus dimensiones serán determinadas tanto por las características del cultivo como por la antropometría de un hombre adulto de corta estatura (5 percentil en tablas antropométricas).</p> <p>1.4.5 La estructura no reflejará la luz para evitar fenómenos de fototropismo.</p> <p>2.1.1 Este será de un material 100% anticorrosivo.</p> <p>2.1.2 Con capacidad para irrigar todas las camas.</p> <p>2.1.3 Su diseño permitirá fácilmente la limpieza de su interior.</p> <p>2.1.4 Contará con un respirador.</p> <p>2.1.5 Contará con un escape que evite que se desborde la solución.</p> <p>2.1.6 Permitirá conocer el nivel de su contenido a simple vista.</p>



CIRCUNSTANCIAS:	PROBLEMAS:	CONDICIONANTES:
	2.2 Contará con un sistema de riego.	2.2.1 Deberá ser automático. 2.2.2 La bomba tendrá la capacidad de -- irrigar todas las camas de cultivo. 2.2.3 La bomba deberá ser 100% anticorrosiva. 2.2.4 Estará integrado totalmente a la unidad. 2.2.5 Las tuberías serán 100% anticorrosivas. 2.2.6 Contará con una salida para purgar tube- rías. 2.2.7 Permitirá agitar la solución antes de su ministrarla a las plantas. 2.2.8 Contará con un drenaje para recuperar la solución no tomada por las plantas y re- gresarla al depósito. 2.2.9 Se alargarán o reducirán los ciclos de - riego según las temperaturas ambiente y necesidades de las plantas.



CAPITULO XI

BOCETOS

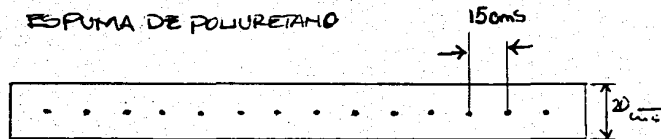
PLANOS, CURSOGRAMAS, CALCULO DE ESTRUCTURAS
Y BOMBA, VISTAS GENERALES, MEMORIA DESCRIPTIVA.

SUPERFICIE DE CULTIVO DE 210 cms.

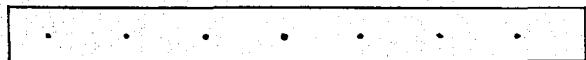
BOCEOS.



ESPUMA DE POLIURETANO



14 LECHUGAS (15 cms ÷ PLANTAS)



7 PLANTAS DE TOMATE (30 cms ÷ PLANTAS)

- " COLES "
- " BERENJENA "
- " PIMIENTOS "
- " BROCOLI "
- " FRESAS. "



4 PLANTAS DE PEPINO (60 cms ÷ PLANTAS)

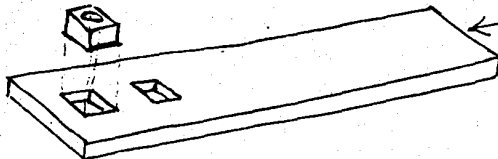
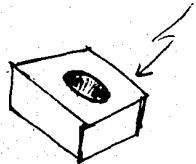
ESPECIES MÁS EMPLOYADAS EN HIDROPONIA

- LECHUGA. → \$170.00 PZA. →
- PEPINO → \$700.00 Kg. → MÍNIMO 3kg P/PLANTA.
- TOMATE → \$800.00 Kg. → MÍNIMO 3kg P/PLANTA

BOCETOS.



SIEMBRA EN BLOQUES DE ESPUMA POLIURETANO.



SUPERFICIE DE CULTIVO EN ESPUMA DE POLIURETANO

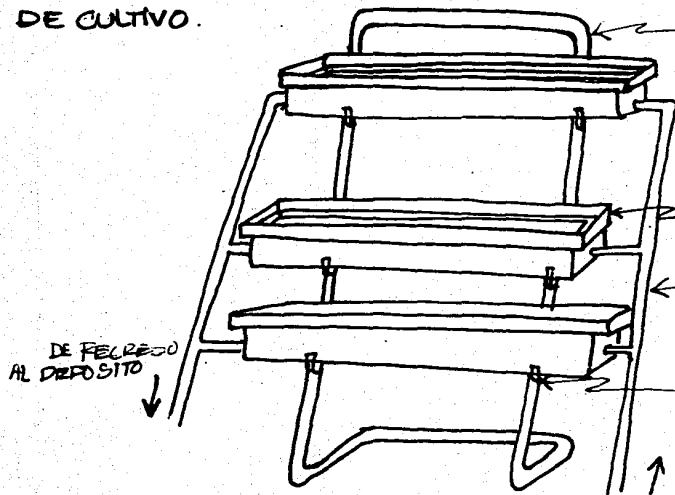


CONICIDAD PARA QUE NO SE OUMA CON EL PESO.



SEMILLA EN ALCOHOL FAFRA QUE GERMINA CUANDO APLICADA SOLUCIÓN

CAMAS DE CULTIVO.



ESTRUCTURA TUBULAR. CALCULAR P¹ QUE CON UN SOLO TUBO D'6cm SALGA

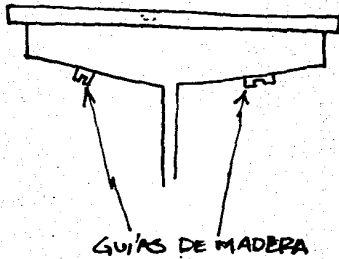
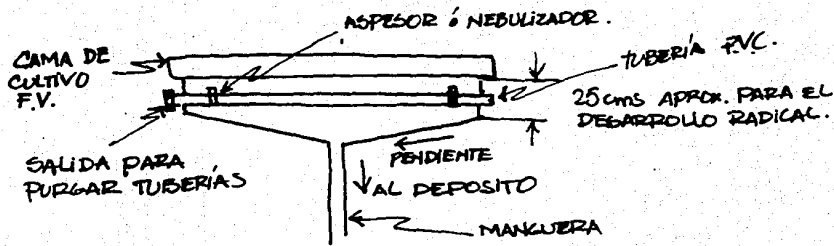
CAMAS EN TIRRA DE VIDRIO

TUBERIA PVC.

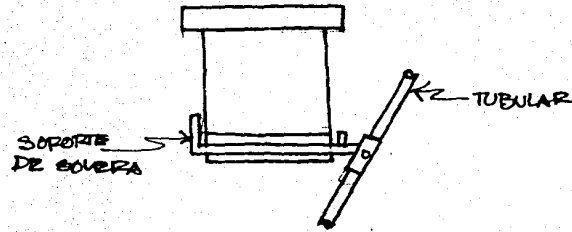
SOPORTES.

DE FELPESO AL DEPÓSITO

BOCETOS

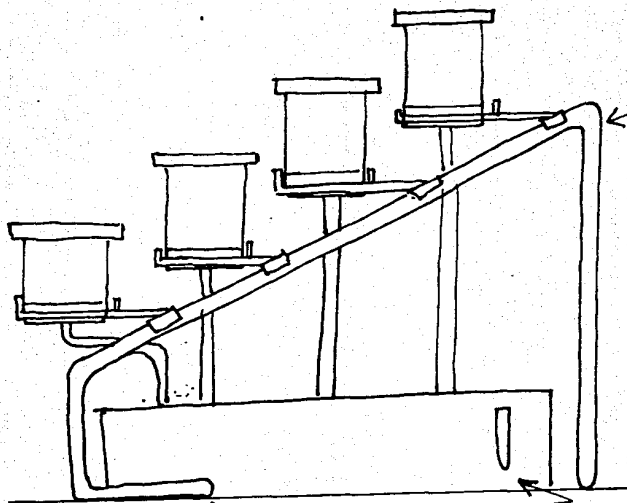


GUÍAS DE MADERA
AHOGADAS EN FIBRA DE VIDRIO
PARA EMBONAR LOS SOPORTES.



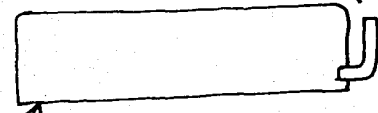
4 CAMAS DE CULTIVO <PRODUCCIÓN>

- LECHUGA → 56 PZAS A \$470.00.
\$ 26,320 POR COSECHA
- TOMATE → 28 PLANTAS / \$ 800. Kg / 3kg P/P.
84kg \$ 67,200. — POR COSECHA.
- PEPINO → 8 PLANTAS / \$ 700. - Kg / 3kg P/P.



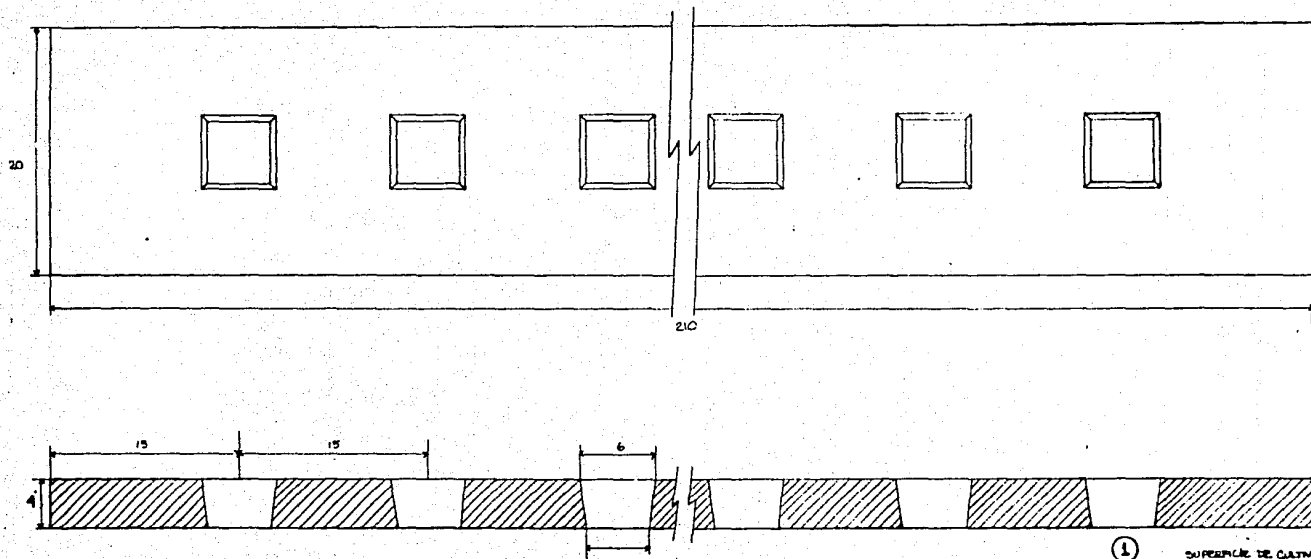
TUBULAR 1"

TUBO ACRÍLICO TRASP.
PARA LLENAR DEPÓSITO
EVITAR DESBORDES Y
CONOCER NIVEL DEL MISMO.



DEPÓSITO EN FIBRA DE
VIDRIO

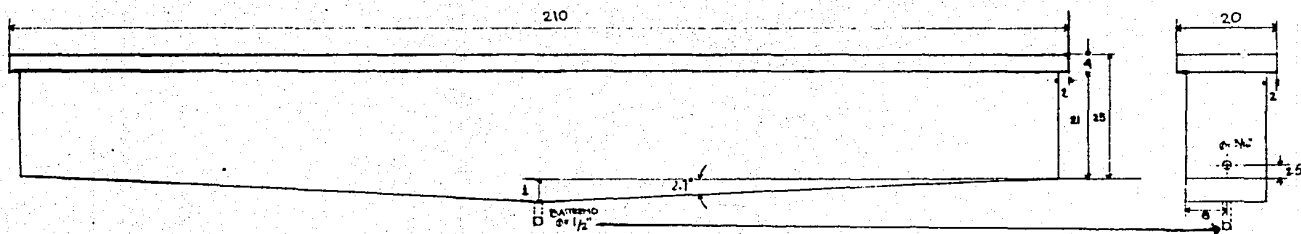
EL PESO DEL DEPÓSITO
LLENO SIRVE DE AYUDA PARA
QUE NO SE MUEVA LA
ESTRUCTURA.



①

SUPERFICIE DE CULTIVO
MATERIAL: ESPUMA DE
POLIURETANO
PROCESO: VALEADO
ESC. 1:2
COTAS: cm

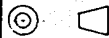
DIBUJO	ALFREDO HERRERA M.	
DISEÑO		
PIEZA(S):	①	
FECHA	MAYO 30, 1988	
PLANO	1/9	

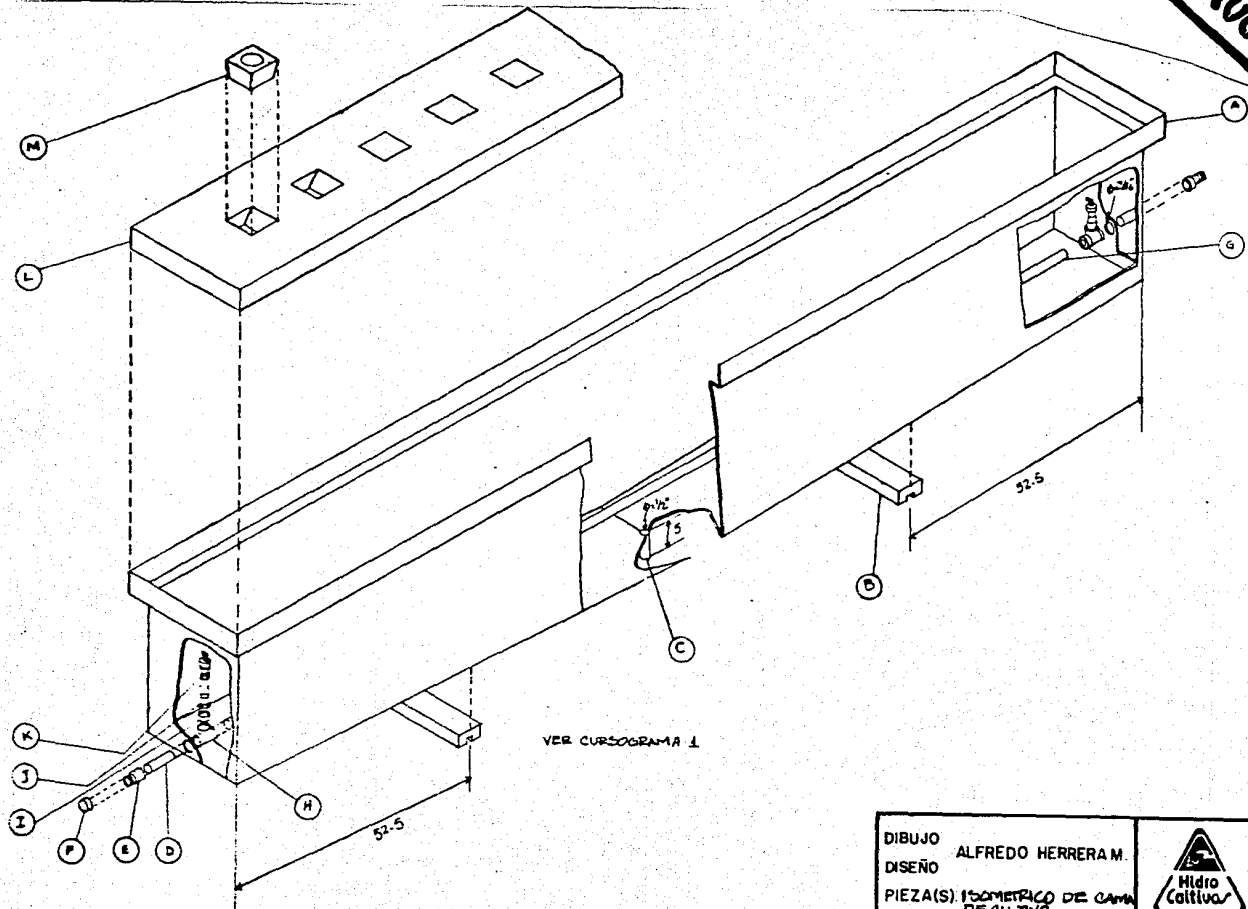


VER CURSOREAM 1
PLANO ISOMÉTRICO

- ② CAMA DE CULTIVO
EN PISA DE VIDRIO MR-50
APLICADA CON ADHESOR.
ESPEZOR = 2mm
ESC. 1:5
COTAS CM. A MENOS QUE
ESPECIFIADO

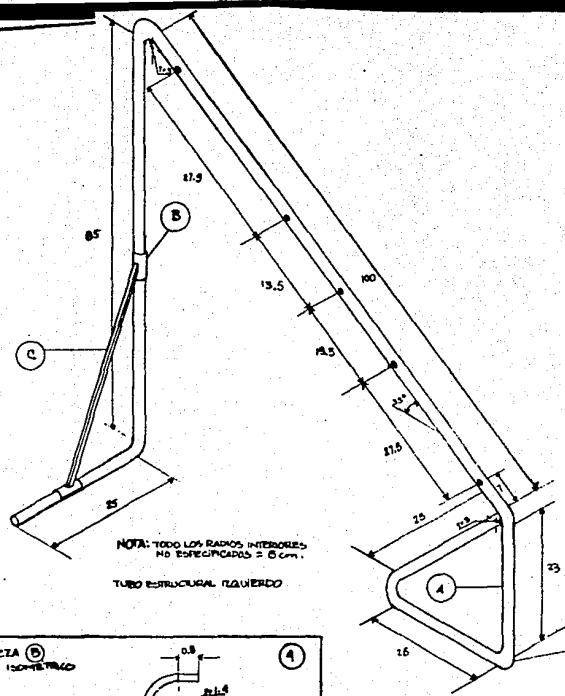
DIBUJO ALFREDO HERRERA M.
DISEÑO
PIEZA(S) ②
FECHA MAYO 30, 1988
PLANO 2/9





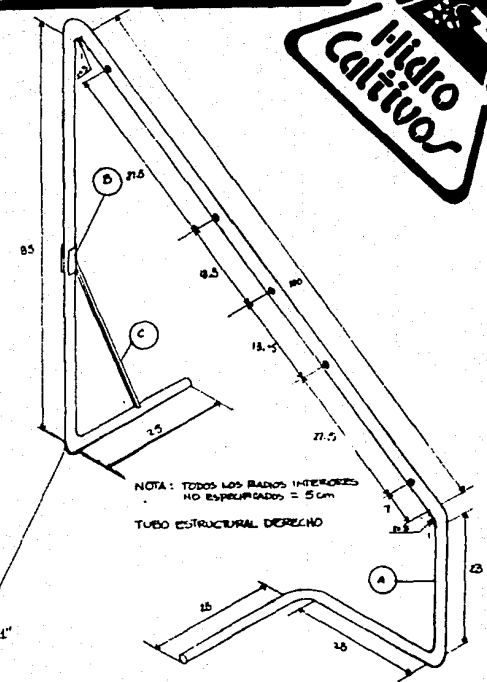
VER CURSOGRAMA 1

DIBUJO	ALFREDO HERRERA M.		
DISEÑO			
PIEZA(S) ISOMETRICO DE CAMA DE CUJIVO.			
FECHA MAYO 30, 1988			
PLANO 3/9			



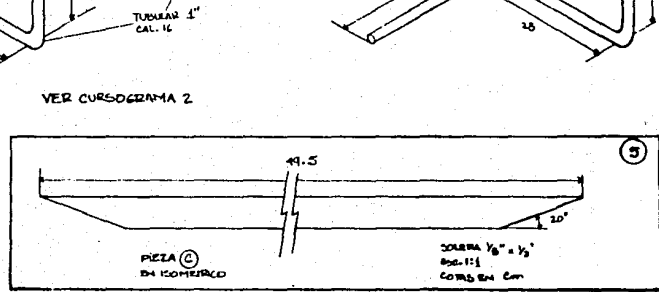
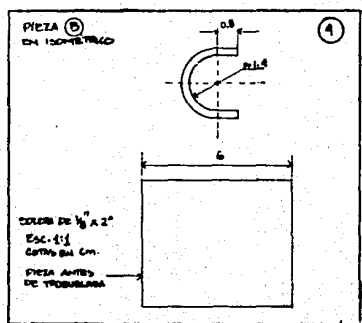
NOTA: TODO LOS RADIOS INTERIORES
NO ESPECIFICADOS = 5 cm.

TUBO ESTRUCTURAL IZQUIERDO



NOTA: TODOS LOS RADIOS INTERIORES
NO ESPECIFICADOS = 5 cm

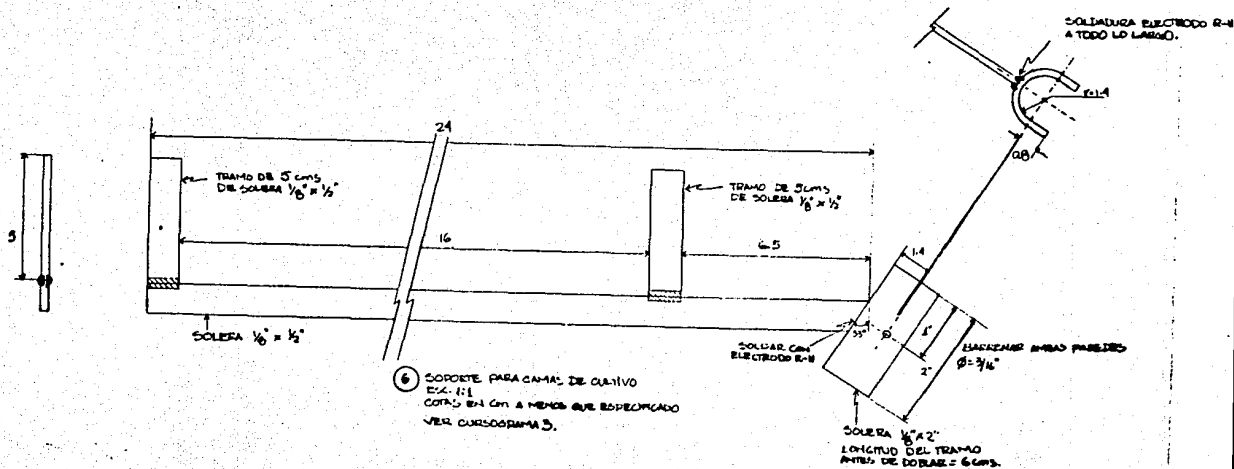
TUBO ESTRUCTURAL DERECHO



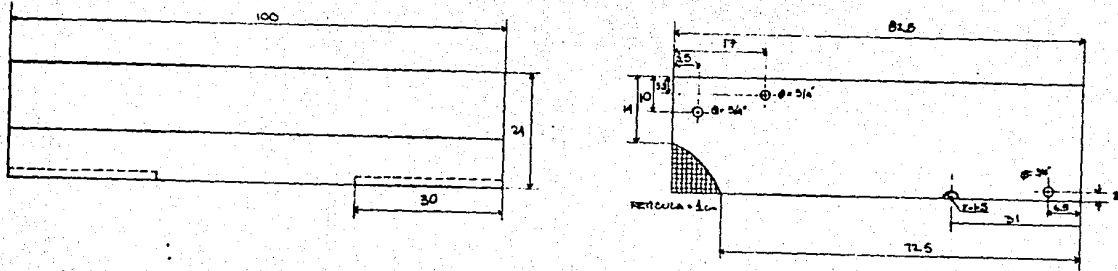
VER CURSOGRAMA 2

DIBUJO ALFREDO HERRERA M.
 DISEÑO
 PIEZA(S) ② ④ ⑤
 FECHA MAYO 30, 1988
 PLANO 1/9



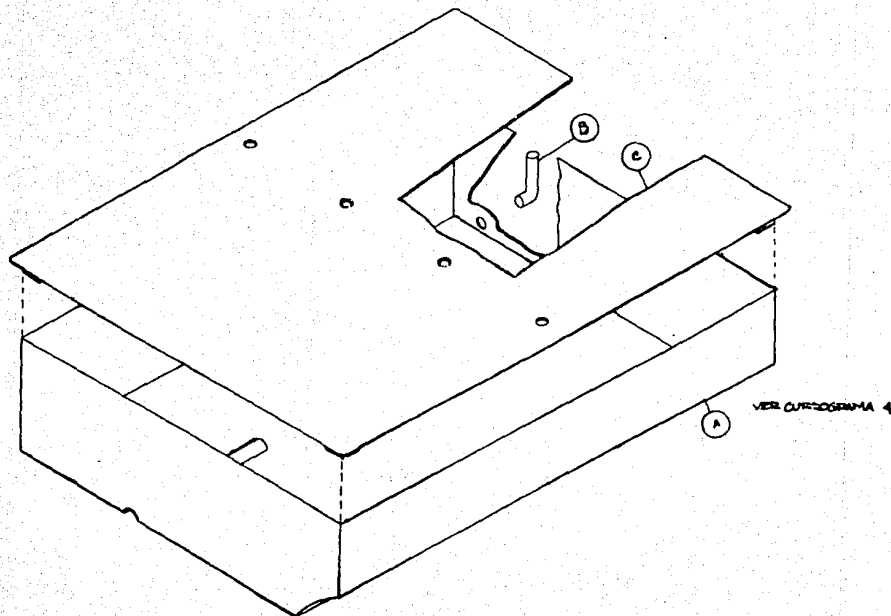


DIBUJO	ALFREDO HERRERA M.	
DISÑO		
PIEZA(S)	⑥	
FECHA	MAYO 30, 1988	
PLANO	3/9	

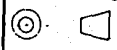


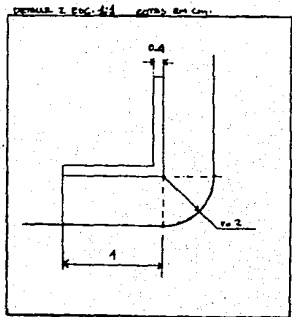
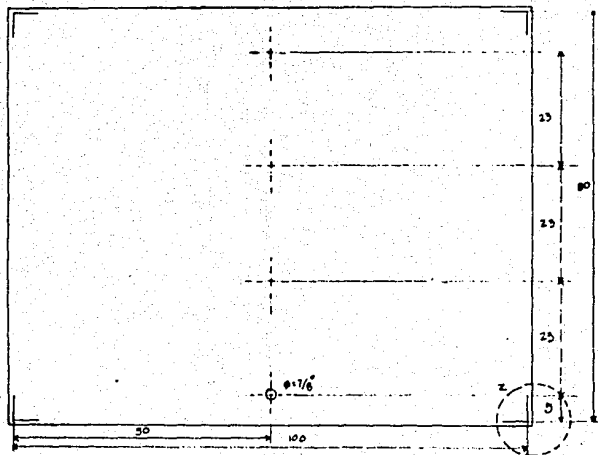
⑦ DEPÓSITO
TUBO DE VIDRIO HIR-GU
82.5
COPAS CON ARMAS BUE
ESFÉRICO
GROSOR DE PARED 3 mm

DIBUJO	ALFREDO HERRERA M	
DISEÑO		
PIEZA(S)	⑦	
FECHA	MAYO 30, 1988	
PLANO	6/9	

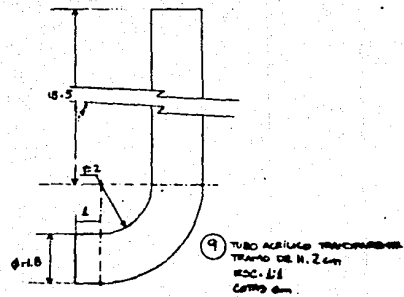


DIBUJO ALFREDO HERRERA M.
DISEÑO
PIEZA(S) SIMETRICO DEL
DEPOSITO
FECHA MAYO 30, 1988
PLANO 7 / 9



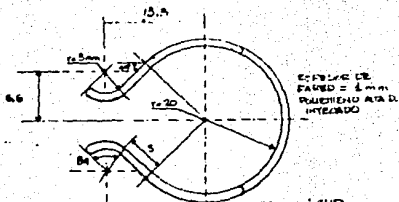
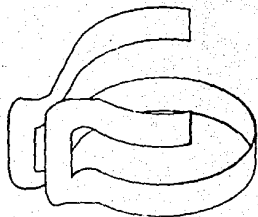


Ⓒ TAPA PARA DEFONDO
 FIBRA DE VIDRIO MR-5
 ESPESOR DE PARED: 5 mm
 EDC-115
 COTAS EN CM A MENOS
 QUE ESPECIFICADO.

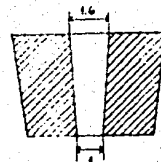
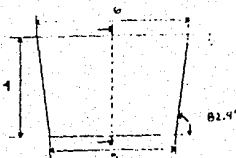
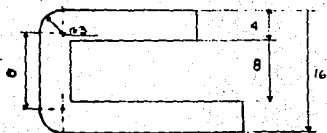


DIBUJO ALFREDO HERRERA M.
 DISEÑO
 PIEZA(S) ⑧ ⑨
 FECHA MAYO 30, 1988
 PLANO 8/9

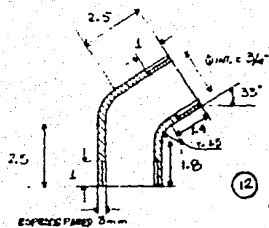




10 BROCHE O CLIP.
ESC. 3:1
COTAS en mm

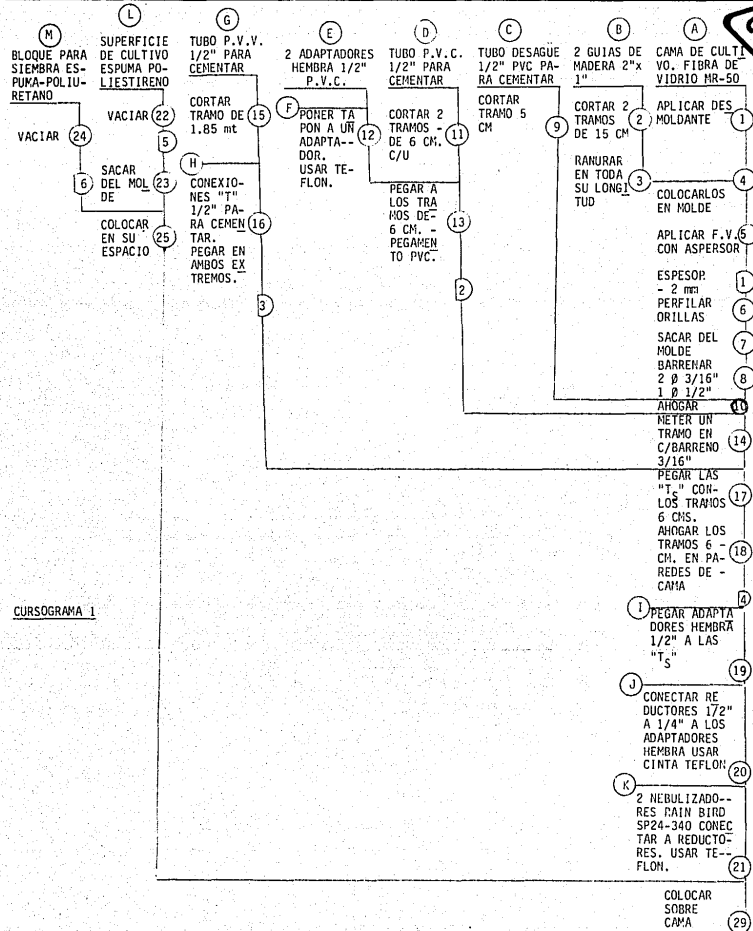


11 PLACA DE SERRA QUE SERVA
DE SOPORTE DE MONTAJE DEL
PROCESO Y VALVULO

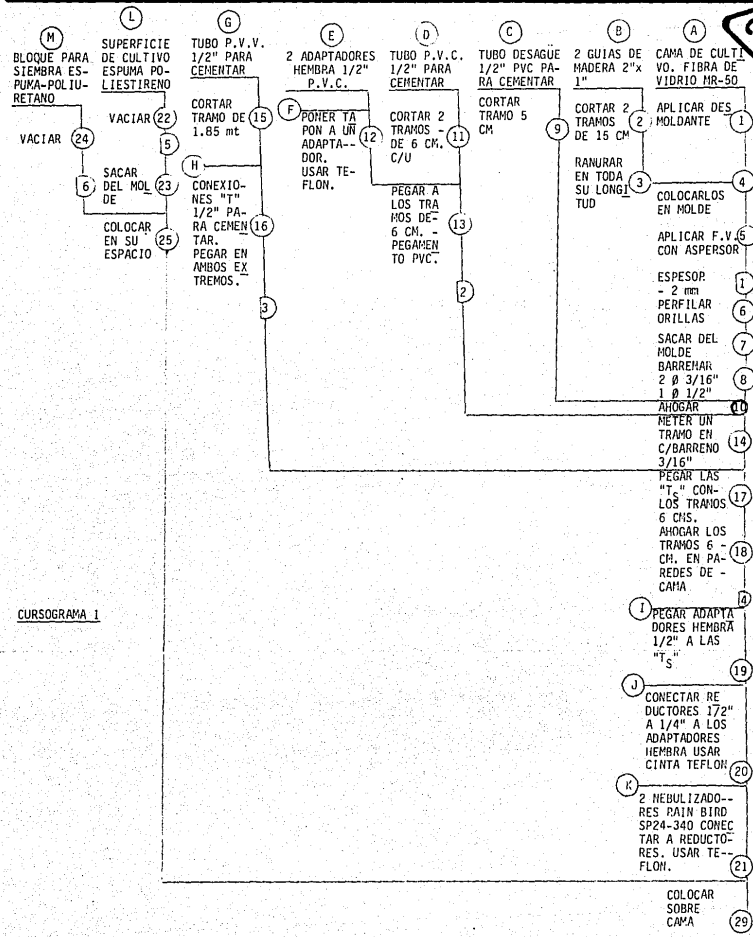


12 CODO 35°
PVC INTUBADO
ESC. 1:1
COTAS en A MENOS DE 25
SUPERFICIAS

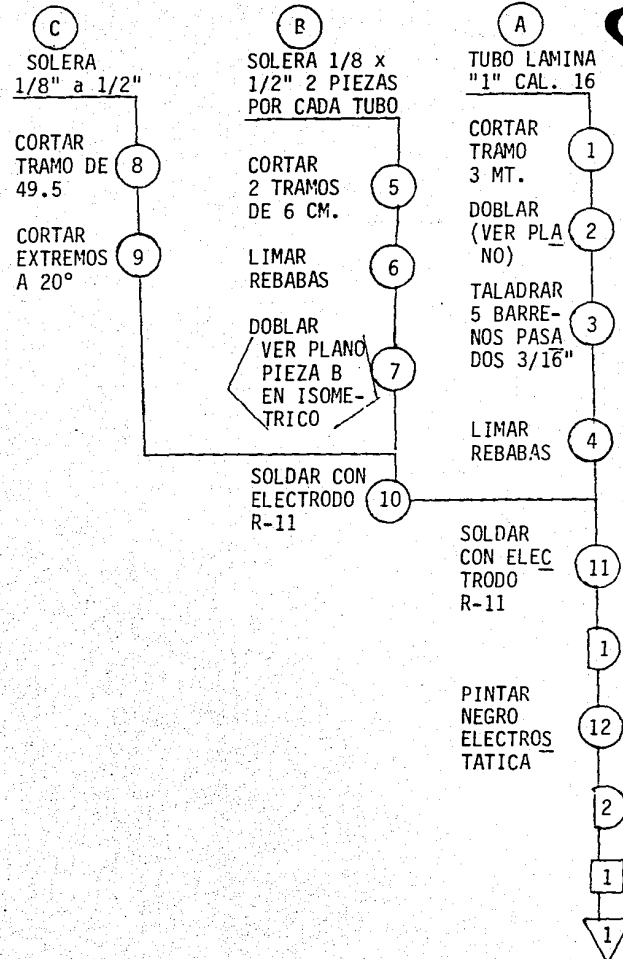
DIBUJO	ALFREDO HERRERA M.	
DISEÑO		
PIEZA(S)	10 11 12	
FECHA	MAYO 30, 1988	
PLANO	9/9	

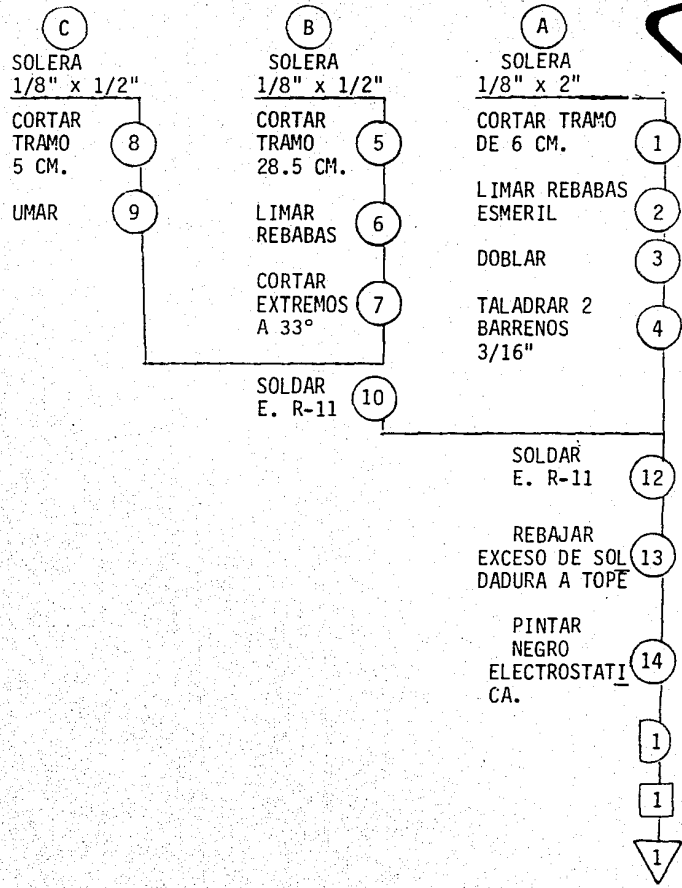
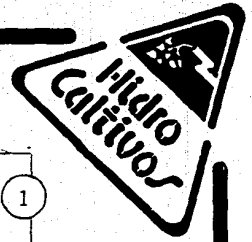


CURSOGRAMA 1

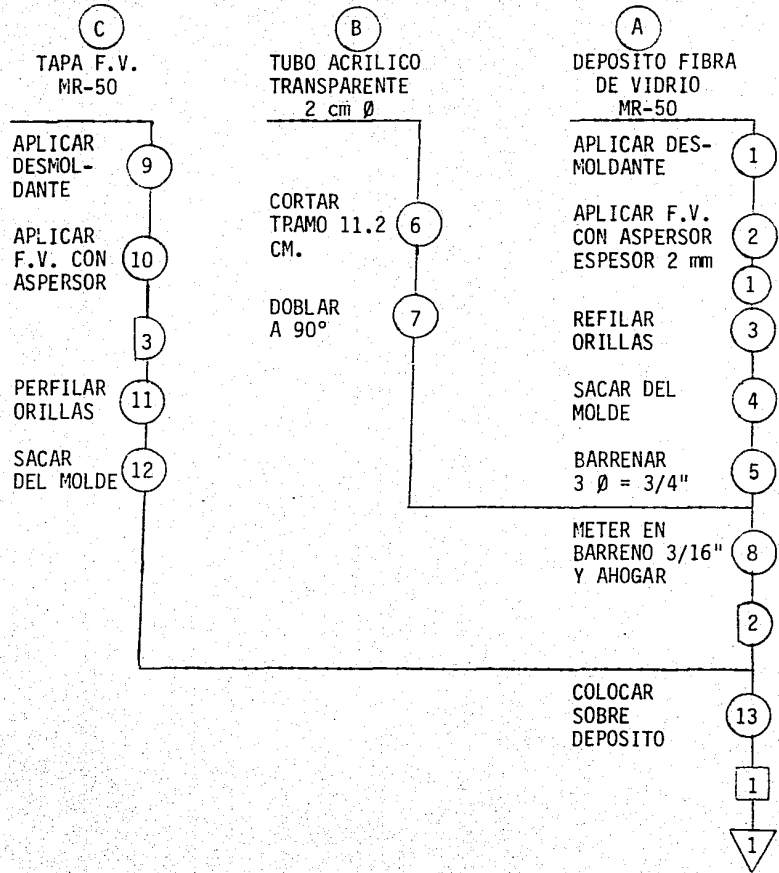


CURSOGRAMA I





CURSOGRAMA 3

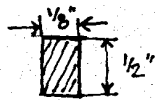
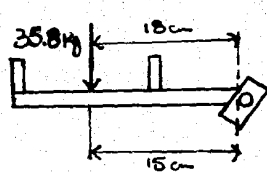


CURSOGRAMA 4



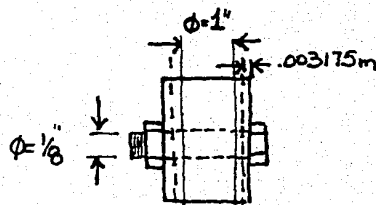
CALCULO DEL TORNILLO DE SUJECION.

35.8 = Peso máx. que tendría una cama.



$$1/8" = 31.75 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$1/2" = 127 \times 10^{-4} \text{ m}$$



F = Fuerza (Kg.)

Mf = Momento flexionante (Kg_{fm}).

d = Distancia (m)

Mf = Fd.

$$d_{\text{media}} = \frac{d_m + d_m}{2} = \frac{18 + 15}{2} = 16.5$$

$$M_f = (35.8 \text{ Kg}) (.165 \text{ m}) = 5.91 \text{ Kgm.}$$

$$\tau = \frac{Mc}{I}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{(31.75 \times 10^{-4}) (127 \times 10^{-4})^3}{12}$$

$$I = 541.968 \times 10^{-12} \text{ m}^4$$

$$\tau = \frac{(5.91 \text{ Kg fm}) (63.5 \times 10^{-4} \text{ m})}{541.968 \times 10^{-12} \text{ m}^4}$$

soporta el material.

A. Cortante = 2

$$\tau = \frac{F}{A} + \frac{Mc}{I}$$

FS = 3

$$\frac{158.7 \text{ MPa}}{3} = \frac{35.8 \text{ Kg.}}{2A} + \frac{(35.8 \text{ Kg}) (.00259 \text{ m}) \phi 32}{2 \pi d^3}$$

$$52.9 \text{ MPa} = \frac{22.79 \text{ Kg}}{d^2} + \frac{.4722 \text{ Kgm}}{d^3}$$

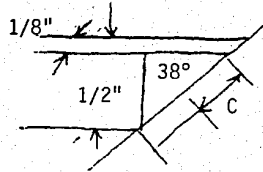
$$52.9 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 = \frac{12.73 \text{ Kg}}{d^2 \text{ m}^2} + \frac{.264 \text{ Kg } \phi}{d^3 \text{ m}^3}$$

$$52.9 \times 10^6 \text{ kg/m}^2 > 17.01 \text{ MPa}$$

Para mayor seguridad se usará $\phi 3/16"$



CALCULO TIPO DE SOLDADURA (CANTIDAD).

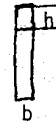


$$h = \sqrt{\frac{22.337}{1}}$$

$$h = .21_m = 21 \text{ mm}$$

σ = Esf. que resiste soldadura

$$I = \frac{bh^3}{12}$$



$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

$$\sigma = \frac{5.91 \text{ Kgm} (.01166 \text{ mm})(12)}{.003175 [9.01166(2)]^3}$$

$$\sigma = 20.54 \text{ MPa}$$

$$\text{Sen } 33^\circ = \frac{.5}{2C}$$

$$C = \frac{(5) (.254)}{2 \text{ sen } 33^\circ}$$

$$C = .01166 \text{ m}$$

$$\frac{152.7 \text{ mPa}}{2} = \frac{Mc}{I} = \frac{5.91 \frac{1}{2} h(12)}{bh^3}$$

$$79.35 \text{ MPa} = \frac{35.46}{bh^2}$$

$$h = \sqrt{\frac{35.46}{(79.35)(.003175)}}$$

$$h = 0.1186 \text{ m}$$

$$h = 11.86 \text{ mm de soldadura}$$

2.1 cm

suficiente.

$$\sigma = \frac{(5.91 \text{ Kgm}) (.00583 \text{ m})(12)}{.003175 (.01166)^3}$$

$$\sigma = 82.15 \text{ MPa}$$

ELECTRODO R-11

RESIT. TRACC.	Kgf/mm ²
Kgf/mm ²	Lim elástico
50 - 56	43 - 48

CALCULO DEL CABALLAJE DE LA BOMBA.

2 aspersores p/cama 4 camas
 8 asp. $\phi = 1/4"$ HB = 1.25 mt + H perdidas
 Salida 145 mm ϕ Q = 0.015 mt³/seg.

Long. 2.10 mt.
 0.525 1.05 .0525

2.10

$$Q_{ASP.} = 113 \text{ lt/h} = 0.113/60 = 1.8833 \times 10^{-3} \text{ mt/seg.}$$

$$Q_{TOTAL} = 0.015 \text{ mt/seg} = \text{caudal por los 8 asp.}$$

$$Q_{RAMAL} = 3.7666 \times 10^{-3} \text{ mt}^3/\text{seg}$$

$$\text{Coeficiente C} = 140 \text{ 1/.54}$$

$$Sf = 0.01104 \text{ mt/mt}$$

$$HP = 0.0927 \text{ mt.}$$

$$\text{TES ?} = 2 \times 3 = 6$$

$$\text{Codos Le} = 0.3 \times 3 = 0.9 \text{ mt.}$$

$$\text{Llaves Le} = 2 \times 4 = 8 \text{ mt.}$$

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi(D^2)}{4}} = 121.68 \text{ mt/seg.}$$

$$V = 118.93 \text{ mt/seg.}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 720$$

$$HP = \left[\left(\frac{17.3}{.0254} \right) (720) \right]$$





CALCULO DEL CABALLAJE.

PERDIDAS.

$$HB = z_2 - z_1 + HP.$$

$$HP = 10 \text{ mt.}$$

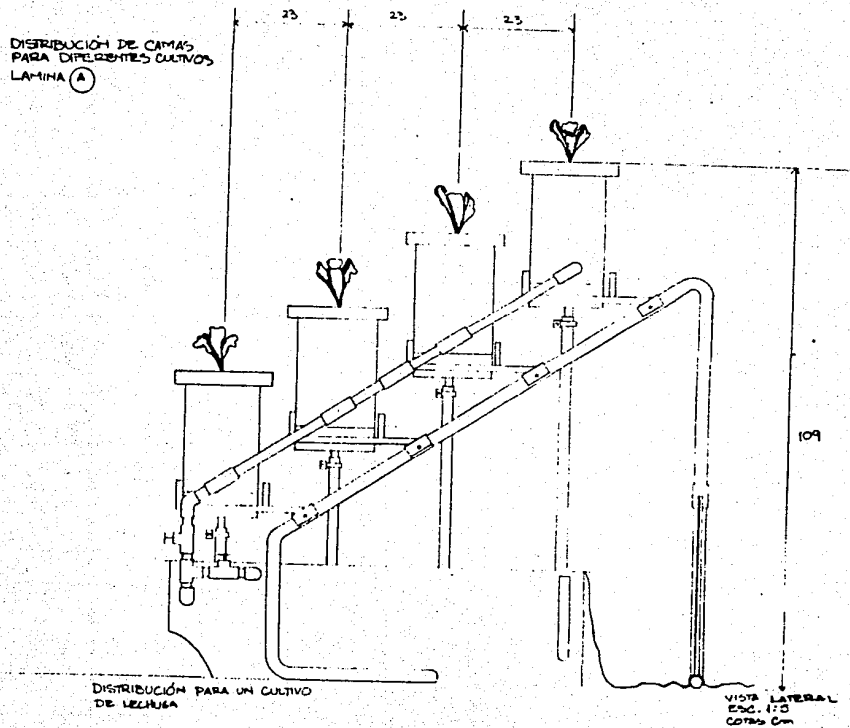
$$HB = 11.25 \text{ mt.}$$

$$POT. = \frac{Q \cdot \rho \cdot H}{\gamma} = \frac{(0.015 \text{ mt}^3/\text{seg})(1000 \frac{\text{N}}{\text{mt}^3})(11.25)}{0.8}$$

← Eficiencia, es decir,
bomba trabajando a
80% de su capacidad.

$$POT = 210.93 \text{ watts} = 50 \text{ cal/seg.}$$

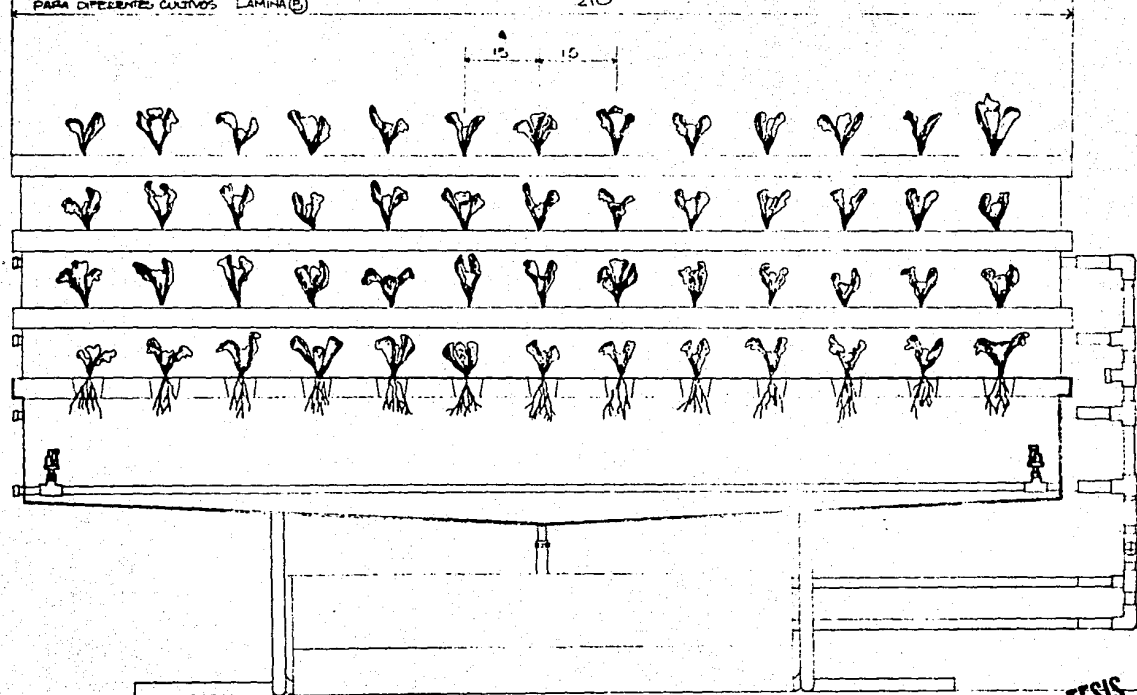
$$POT = 0.20 \uparrow \text{ H.P.} \rightarrow 0.25 \text{ HP } \delta \text{ } 1/4 \text{ HP.}$$



DISTRIBUCION DE CAMAS PARA DIFERENTES CULTIVOS

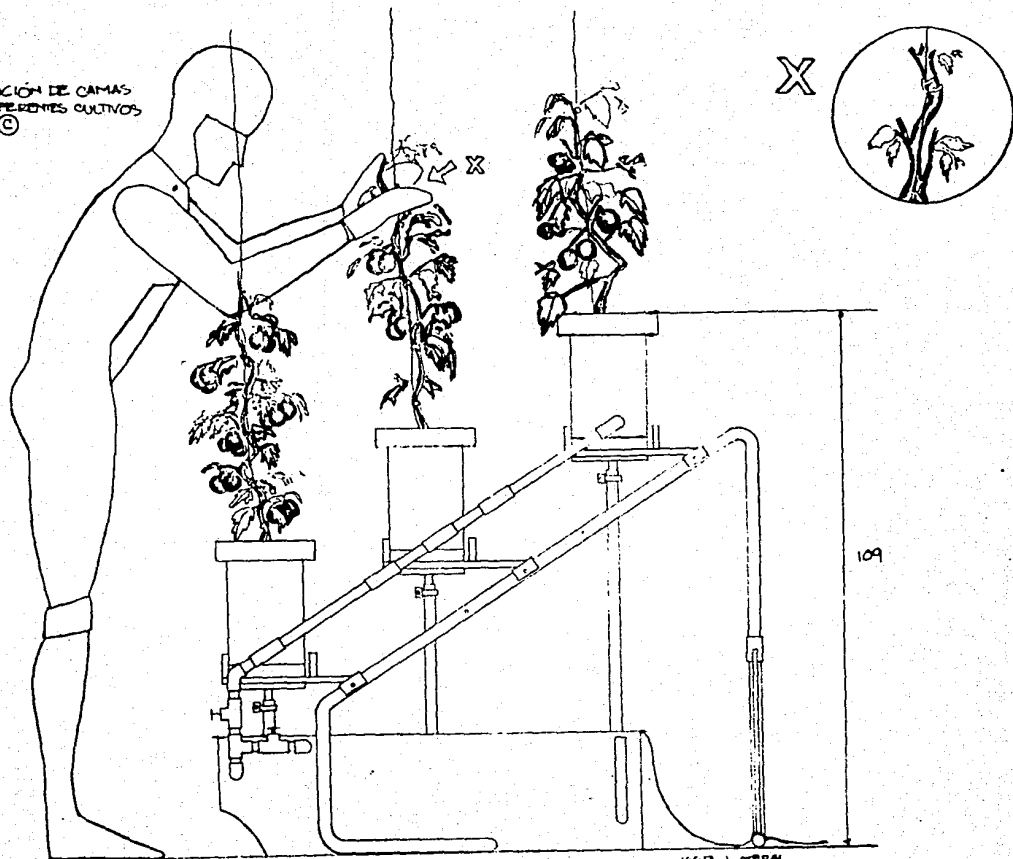
LAMINA 2

210



ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

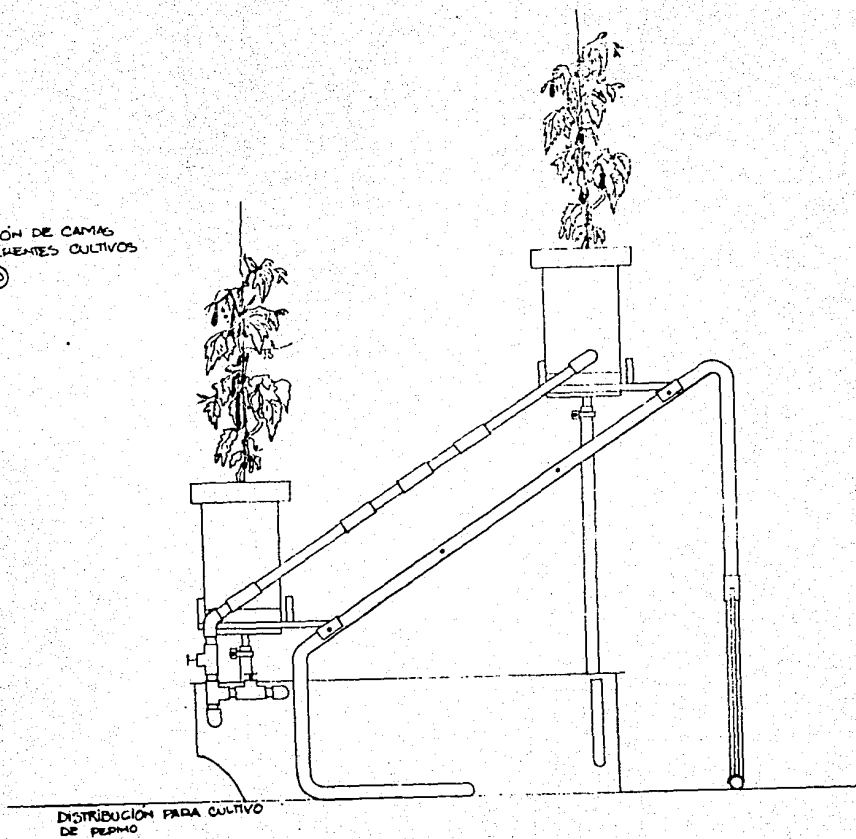
DISTRIBUCIÓN DE CAMAS
PARA DIFERENTES CULTIVOS
LAMINA ©



DISTRIBUCIÓN PARA CULTIVOS
DE: TOMATE, CEBOLINA, BROCOLI,
PIMIENTOS, FREJOL.

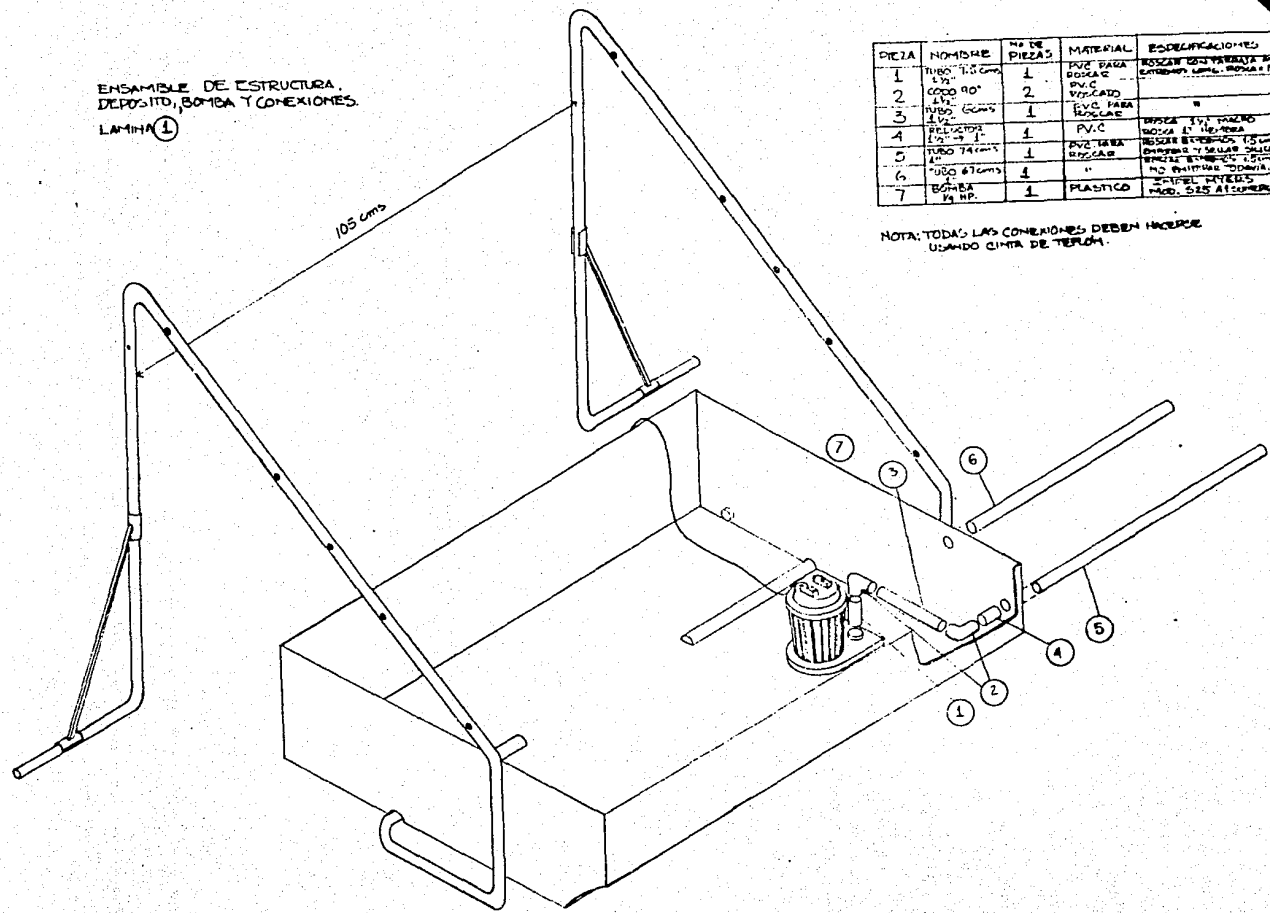
VISTA LATERAL
ELC. 1:5
COTAS CM.

DISTRIBUCIÓN DE CAMAS
PARA DIFERENTES CULTIVOS
LAMINA ①





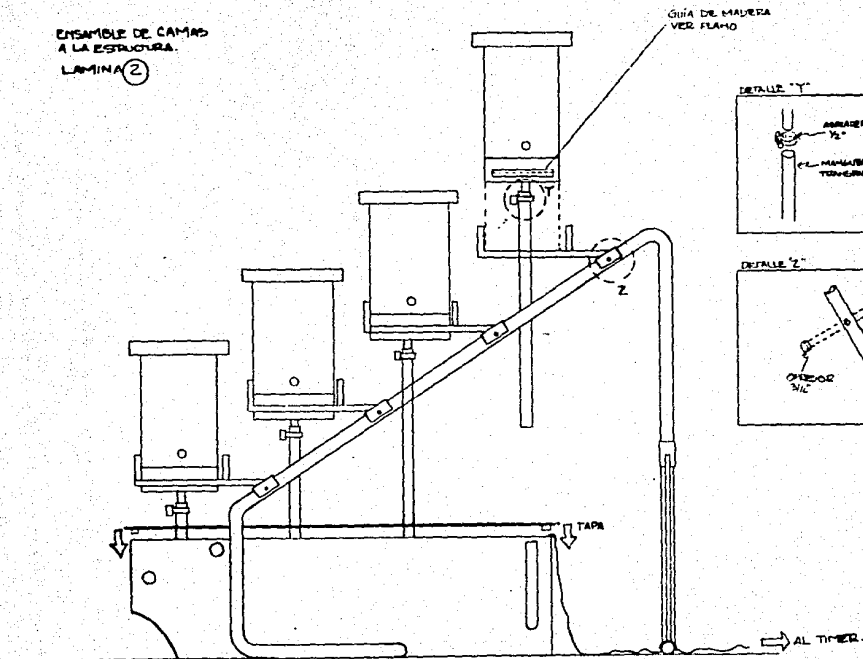
ENSAMBLE DE ESTRUCTURA,
DEPOSITO, BOMBA Y CONEXIONES.
LAMINA ①



PIEZA	NOMBRE	Nº DE PIEZAS	MATERIAL	ESPECIFICACIONES
1	TUBO 1/2" 60cm	1	PVC PARA BOCAL	RESISTENTE A LA PRESION
2	COJO 90° 1/2"	2	PVC PARA BOCAL	RESISTENTE A LA PRESION
3	TUBO 1/2" 60cm	1	PVC PARA BOCAL	"
4	REDUCTOR 1/2" - 1"	1	P.V.C	RESISTENTE A LA PRESION
5	TUBO 7/8" 40cm	1	PVC PARA BOCAL	RESISTENTE A LA PRESION
6	TUBO 6/8" 60cm	1	"	RESISTENTE A LA PRESION
7	BOMBA 1/2 HP.	1	PLASTICO	NO SE ALCANZAN

NOTA: TODAS LAS CONEXIONES DEBEN HACERSE USANDO CINTA DE TERCIUM.

ENSAMBLE DE CAMAS
A LA ESTRUCTURA.
LAMINA ②



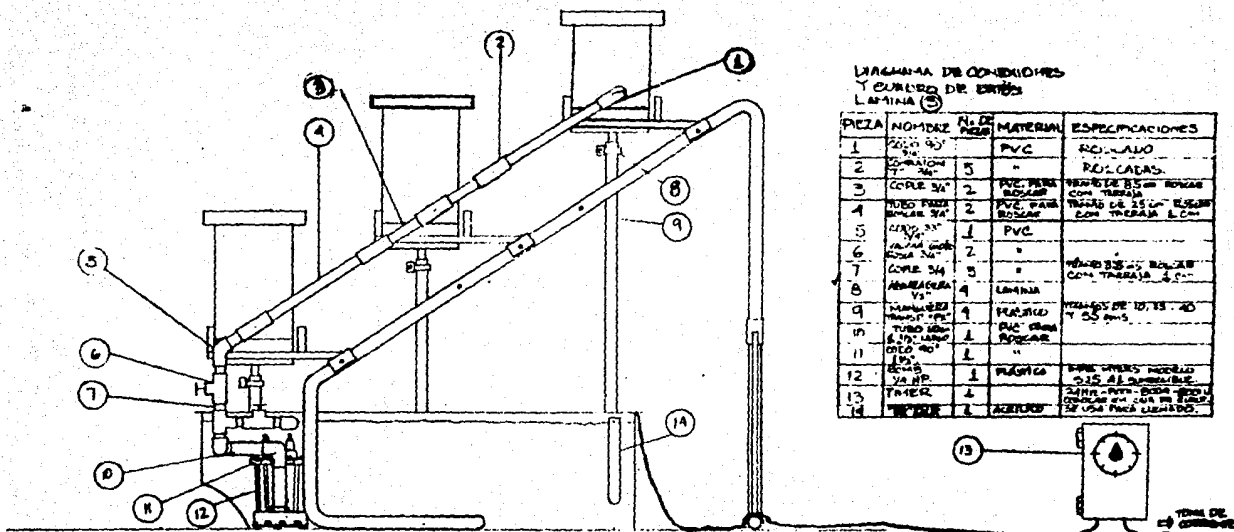
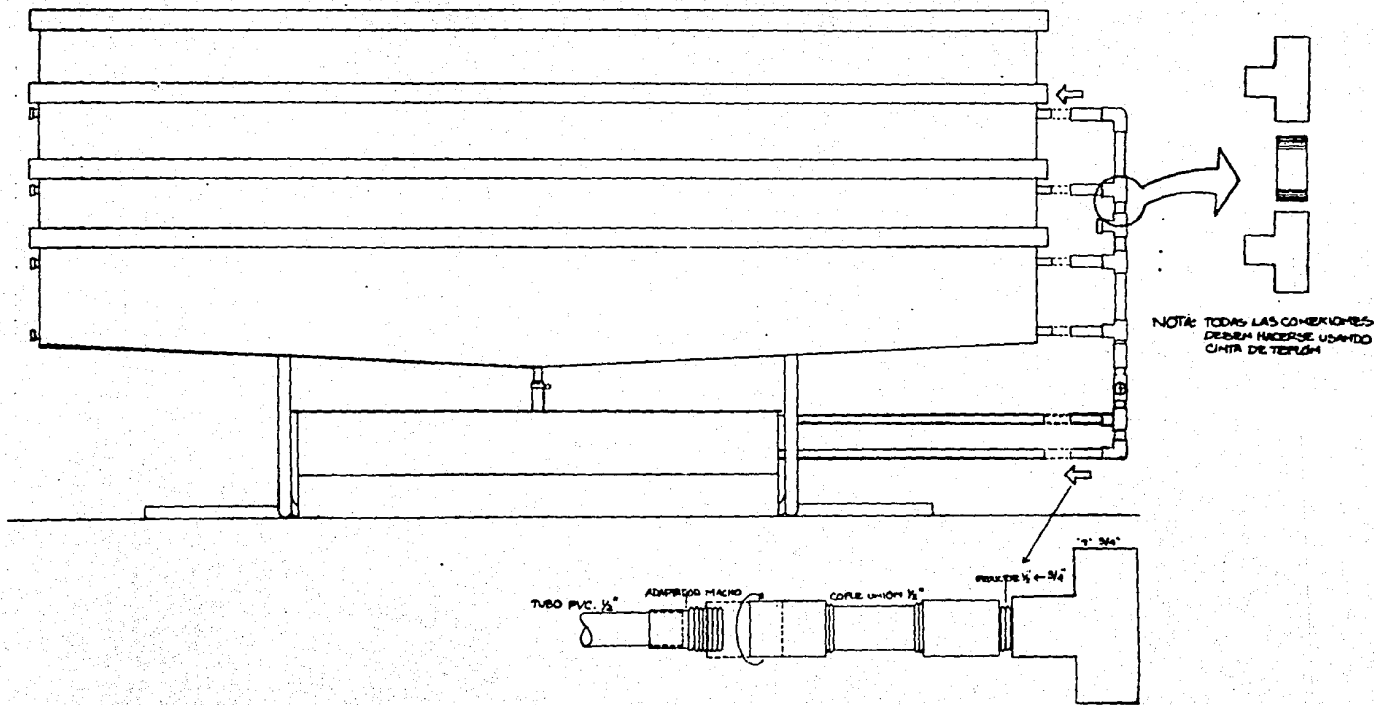




DIAGRAMA DE CONEXIONES:
LAMINA ④



B I B L I O G R A F I A



1974: "El Desierto Mexicano"

Antonia Andrade

Editorial Fondo de Cultura Económica

México

FAO 1983: "Mantengamos Viva la Tierra: Causas y Remedios de la Erosión de los Suelos".

Boletín de los Suelos de la FAO No. 50

Editorial FAO. Roma.

1977: "Home Hydroponics... and how to do it".

Lem Jones

Estados Unidos.

1978: "How to build & use Greenhouses".

T. Jeff Williams.

Ortho Books.

Estados Unidos.

1981: "Hidroponia, Un Sistema de Producción; Principios y Métodos de Cultivo".

Felipe Sánchez del Castillo.

Edgardo R. Escalante Rebolledo.

Universidad Autónoma de Chapingo.

México.

C R E D I T O S



- The Texas Agricultural Extension Service
U.S. Dept. of Agriculture.

- Plant Products Co., LTD.
Bramalea, Ontario
Canadá.

- Biólogos Alonso y Consuelo Pacheco.

- Ing. Francisco Javier Cardona.
Obtención de Catálogos y Nebulizadores.

- Ing. Luis Guillermo Muñiz Ramírez.

- Ing. Fausto Rodríguez Rodríguez.