

---

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

FACULTAD DE AGRONOMIA



## CONSTRUCCION Y OPERACION DE INVERNADEROS

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

JORGE HORACIO MENDOZA MUÑIZ

GUADALAJARA, JALISCO.

1992



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

Sección .....

Expediente .....

Número .....

Abril 19 de 1989

**C. PROFESORES:**

ING. ANDRÉS RODRÍGUEZ GARCÍA, DIRECTOR  
ING. JOSÉ MARÍA CHAVEZ ANAYA, ASESOR  
ING. JOSÉ MA. AYALA RAMÍREZ, ASESOR

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

" CONSTRUCCION Y OPERACION DE INVERNADEROS "

presentado por el (los) PASANTE (ES) JORGE HORACIO MENDOZA MUÑIZ

han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

ATENTAMENTE  
"PIENSA Y TRABAJA"  
EL SECRETARIO

ING. JOSÉ ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL

srd'

Al contestar este oficio cítese fecha y número



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

Sección .....  
Expediente .....  
Número .....

Abril 19 de 1989

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
PRESENTE


Habiendo sido revisada la Tesis del (los) Pasante (es)  
JORGE HORACIO MENDOZA MUÑIZ

titulada:

" CONSTRUCCION Y OPERACION DE INVERNADEROS "

Damos nuestra Aprobación para la Impresión de la misma.

DIRECTOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA  
ASESOR

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOSE MARIA CHAVEZ ANAYA

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOSE MA. AYALA RAMIREZ

srd'

Al contestar este oficio cite fecha y número

A MIS PADRES

Por su amor, apoyo y esfuerzo incondicional  
en la superación personal y profesional.

Por darme la vida.

Alfonso Mendoza Barragán.

Aurora Muñoz de Mendoza.

A MIS HERMANOS

Por su compañía y aliento pra continuar supe-  
rando cada meta.

Ana Xochitl

Ma. Cristina.

Héctor Alfonso.

Aurora Del Carmen.

Alfredo.

A MI ESPOSA

Por brindarme su amor y comprensión al compartir conmigo anhelos y fracasos.

Lidia Gertrudis Inzunza de M.

A MIS HIJOS.

Por la felicidad que me han traído y por el deseo de verlos crecer en integridad y amor.

Jorge Uriel

Nidia Livier.

Alina Mabel.

A MIS MAESTROS.

Por sus conocimientos que recibí en mi formación profesional, especialmente a los ingenieros.

José Ma. Chavez Anaya

Andrés Rodríguez García

José Ma. Ayala Ramírez

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Por permitir la oportunidad y recibir en sus aulas el conocimiento.

AL CREADOR.

Por la gracia de vivir.

	Pag.
1. Introduccion.	10
2. Objetivos.	12
3. Antecedentes.	14
4.1. Generalidades.	17
4.1.1. Localizaci3n.	17
4.1.2. Orientaci3n.	20
4.1.3. Condiciones a reunir de un invernadero.	22
4.1.3.1. Diafanidad.	22
4.1.3.2. Calentamiento r3pido.	22
4.1.3.3. Efecto de invernadero.	23
4.1.3.4. Ventilaci3n facil.	23
4.1.3.5. Estacionamiento pluvial.	23
4.1.3.6. Resistencia de los agentes atmosfericos.	24
4.1.3.7. Economía.	24
4.1.3.8. Mecanizaci3n facil.	24
4.2. Tipos de estructuras de invernaderos.	26
4.2.1. Invernadero plano.	27
4.2.2. Invernadero capilla.	28
4.2.3. Invernadero diente de sierra.	30
4.2.4. Invernadero tipo tienda de campaña.	32
4.2.5. Invernadero tipo tunel o semicilindrico.	33
4.2.6. Invernadero tipo semielíptico.	34
4.2.7. Invernadero geodesico.	35
4.2.8. Otros tipos de invernaderos.	36
4.2.9. Navas de bateria.	37
4.2.10. Pendientes	38

4.3. Materiales empleados en la construcción de invernaderos.	Pag. 40
4.3.1. Cimentación.	40
4.3.2. Anclaje del invernadero.	42
4.3.3. Materiales de estructuras.	46
4.3.3.1. Estructuras de madera.	47
4.3.3.2. Estructuras metálicas.	47
4.3.3.3. Estructuras de aluminio.	48
4.3.3.4. Alambre galvanizado.	48
4.3.3.5. Policloruro de vinilo, P.V.C.	49
4.3.3.6. Estructuras de hormigón.	49
4.3.4. Materiales utilizados como cubiertas.	50
4.3.4.1. Vidrio.	50
4.3.4.2. Propiedades de los plásticos.	54
4.3.4.3. Policloruro de vinilo P.V.C.	56
4.3.4.4. Polimetacrilato de metilo.	64
4.3.4.5. Polietileno.	69
4.3.4.6. Poliéster.	70
4.3.4.7. Polietilentereftalato.	73
4.3.4.8. Poliamida.	74
4.4. Detalles constructivos de los invernaderos.	74
4.4.1. Ventanas.	75
4.4.1.1. Ventanas enrollables.	75
4.4.1.2. Ventanas plegables.	76
4.4.1.3. Ventanas giratorias.	77



4.4.1.4. Ventanas deslizantes.	Pag. 79
4.4.1.5. Mecanización de ventanas.	82
4.4.2. Puertas.	82
4.4.3. Malla mosquitera en ventanas.	85
4.4.4. Sujeción del plástico.	86
4.4.4.1. Láminas sujetas con mallas de alambre.	87
4.4.4.2. Sujeción por tubo flexible o caña.	89
4.4.4.3. Sujeción mediante listones de madera. o tiras flexibles.	90
4.4.4.4. Sujeción con cables de acero.	92
4.4.4.5. Sujeción mediante manguitos de P.V.C.	95
4.4.4.6. Todos sujetos por iguales.	96
4.4.4.7. Otras formas de sujeción de láminas.	96
4.4.5. Sujeción de placas.	97
4.4.6. Manejo de los plásticos	99
4.4.6.1. Corte de láminas.	99
4.4.6.2. Corte de planchas.	100
4.4.6.3. Doblado de placas.	100
4.4.6.4. Perforado de láminas.	100
4.4.6.5. Soldadura.	101
4.4.7. Unión de naves en batería.	102
4.4.7.1. Evacuación de agua de lluvia en naves unidas en batería.	102
4.4.8. Tratamientos de madera.	103

4.4.9. Otros detalles en la construcción de invernaderos.	Pag. 104
4.5. Climatización.	106
4.5.1. Temperatura.	107
4.5.1.1. Calefacción.	123
4.5.1.1.1. Calefacción del suelo.	128
4.5.1.1.2. Calefacción del aire.	131
4.5.1.1.2.1. Estufas.	141
4.5.1.1.2.2. Generadores de aire caliente.	142
4.5.1.1.2.3. Aerotermos.	146
4.5.1.1.2.4. Termosifón.	146
4.5.1.1.3. Sistemas de regulación de la calefacción.	149
4.5.1.1.4. Elección del sistema de calefacción y energía	150
4.5.1.2. Ventilación.	156
4.5.2. Humedad relativa.	158
4.5.3. Sistemas de dióxido de carbono.	158
4.5.4. Iluminación.	160
4.5.4.1. Intensidad lumínica.	160
4.6. Riego.	161
4.6.1. Riego manual.	162.
4.6.2. Riego perimetral.	163
4.6.3. Riego en maceta.	163
4.6.4. Riego por capilaridad.	163
4.6.5. Riego por aspersión.	164

4.7. Envases y recipientes para el cultivo de las plantas.	165
4.7.1. Cajas.	165
4.7.2. Macetas de barro.	165
4.7.3. Macetas de plástico.	165
4.7.4. Macetas de fibra.	166
4.7.5. Bloques de turba o fibra.	166
4.7.6. Vasos de papel parafinado y de espuma de plástico (S+Y ROFOAM).	166
4.7.7. Recipientes de cartón cubiertos con asfalto.	167
4.7.8. Recipientes de metal.	167
4.7.9. Bolsas de polietileno.	167
4.8. Sustratos.	168
4.8.1. Suelo.	169
4.8.2. Arena.	170
4.8.3. Turba.	170
4.8.4. Musgo esfagnineo.	170
4.8.5. Vermiculita.	171
4.8.6. Perlita.	171
4.8.7. Compost.	172
4.8.8. Corteza desmenuzada.	172
4.9. Fertilización.	172
4.9.1. Programas de fertilización.	174
4.9.2. Fertilizantes secos.	175

	9.
4.9.3. Fertilizantes líquidos.	Pag. 175
4.9.4. Fertilizantes de acción retardada.	176
5. Conclusiones y recomendaciones.	176
6. Bibliografía.	179

1. INTRODUCCION.

La producción en invernaderos obtiene cada día más cultivos, incluyendo flores de corte y en maceta así como plantas, plantulas, plantas de follaje y gran variedad de cultivos hortícolas. En años recientes la mas rápida expansión de cultivos en invernadero ha sido la producción de plantulas y plantas de follaje y la actividad de floricultura.

No hace mucho tiempo que los invernaderos eran creados solo por unos cuantos privilegiados. Hoy en día más baratos y de fácil uso, con el plástico han bajado considerablemente el costo poniéndolos al alcance de la mano de países desarrollados.

En los Estados Unidos de Norte América ha habido un incremento en el número de cultivos florales que se importan de otros países donde el clima es ideal para la labor y su precio, por ende los costos son menores. La flor de corte y esquejes han sido los mas importados. América Central y del Sur han sido exportadores de plantas de alta calidad a precios razonables. Colombia acude al mercado norteamericano con una larga lista de flores cortadas, haciendo de esta actividad fuente de ingreso de divisas a nivel nacional.

Debido al peso de plantas en maceta el costo de embar

que es alto comparado con la flor de corte por lo que este tipo de producciones mas recomendable si se piensa comercializar a distancia o exportar.

Debido a los adelantos en tecnología y transportación, muchos cultivadores prefieren concentrarse en un cultivo o en un grupo y embarcarlo a grandes distancias lo cual permite al país exportar productos de la mas alta calidad a otros países y así obtener divisas.

Actualmente en nuestro país se ha incrementado la floricultura, haciendo la observación que ésta, se tiene que realizar en invernaderos para mejorar su calidad y así tener competitividad.

## 2. OBJETIVOS.

Un invernadero es un lugar apropiado cuya estructura - de metal, madera cubierta de vidrio, plástico, etc., que ayuda al crecimiento y desarrollo de las plantas como nunca antes. Para capturar estas condiciones se requiere el invernadero exacto para las plantas que se deseén cultivar.

Cada faceta en la estructura requerirá decisiones, que determinarán las posibilidades y limitaciones del invernadero, el costo probablemente se incrementa en muchas de estas decisiones, como en cualquier presupuesto, haciendo el mejor uso de las inversiones, es de vital importancia buscar los materiales y equipos que ofrecen eficiencia y economía, por lo que la presente tesis pretende los siguientes objetivos:

- Identificar diferentes diseños de invernaderos.
- Identificar diferentes partes de un invernadero.
- Identificar diferentes estructuras adicionales.
- Describir las características con sus ventajas y desventajas así como el material y sus cualidades para su construcción de invernaderos.
- Identificar diferentes técnicas y procesos usados en la conservación de la energía captada dentro del invernadero.

- Determinar el medio ambiente comunmente requerido pa  
ra el desarrollo de cultivo en un invernadero.
- Describir la operación de los sistemas de control de  
un invernadero.
- Identificar suelos y mezclas.
- Describir diferentes tipos de macetas y contenedores.
- Manejo general de fertilización en invernaderos.



### 3. ANTECEDENTES.

Tan pronto como el hombre ancestral cambio de cazador, a agricultor vio las ventajas de controlar su entorno. Si el pudiera controlar el clima un cultivador podría producir fuera de estación y proveer fruta fresca y vegetales cuando los necesite.

Evidencia arqueológica pone de manifiesto la posibilidad de griegos y romanos llevaron a cabo un limitado éxito en la creación de un medio controlado para producir determinadas plantas durante el año. (Kathryn. 1982). Intentos documentados del siglo XVII incluyen los naranjales construidos en Francia para producir naranjas y otros cítricos para paladares privilegiados de la realeza. En otros países europeos hubo experimentos con calentadores y construcciones con paneles de vidrio en varios angulos para tomar los rayos del sol, cualquiera que haya sido el método que estos pioneros de invernaderos emplearan encontraron suficiente voluntad, que -- otros continuaron con ella en la búsqueda del perfeccionamiento de las estructuras con clima controlado para el desarrollo de las plantas.

La era victoriana fue la época de oro de los invernaderos, arquitectos usaron nuevas técnicas a las estructuras -- que permitieron usar largos curvados paneles de vidrio sos\_

tenido en su sitio por delgados bastidores de metal. Improvisaron sistemas de calefacción con menor toxicidad a la vida de las plantas.

Los victorianos hicieron todo a lo grande y sus invernaderos no fueron la excepción, esas elaboradas estructuras fueron enormes soportaban altos techos, torres, cúpula, numerosas alas y recargado de adornos. Muchos de estos invernaderos encierran considerable superficie y proveen un clima perfecto para el crecimiento de muchas plantas exóticas. -- Especímenes que fueron colectados celosamente de todas partes del imperio británico. Curiosamente estas nuevas improvisaciones de invernaderos eran raramente usadas para producción de alimentos.

Aún podemos encontrar invernaderos con tradición victoriana como el conservatorio de flores en el parque Golden Gate de San Francisco.

En nuestro país encontramos estructuras hechas por los Aztecas que bien pueden ser precursoras de los invernaderos y que fueron construidas por orden de Moctezuma, con el principal propósito de tener un herbario medicinal del cual se pudiera hacer uso en cualquier época del año en que así se necesitara.

Debido a la persistencia del hombre las ideas de los invernaderos han avanzado hasta nuestras presentes estructuras de vidrio y metal ó plástico y madera. Los avances tecnológicos no solo nos proveen con el adecuado control de todo tipo de invernaderos, también nos da automatización completa; un buen equipo permite trabajar por semanas sin la intervención del hombre.

Un invernadero es una instalación cubierta y abrigada artificialmente con materiales transparentes para defender las plantas de la acción de los meteoros exteriores. El volumen interior del recinto permite el desarrollo de los cultivos en todo su ciclo vegetativo.

Estas instalaciones estan formadas por una estructura o armazón ligero (metálico, madera, hormigon, etc.) sobre la que se asienta una cubierta de material transparente (polietileno, policloruro de vinilo, poliester, cristal, etc.) con ventanas frontales y cenitales y puertas para su servicio. (Serrano, 1983).

## 4. METODOLOGIA.

### 4.1. GENERALIDADES.

El invernadero es una instalación que debe reunir o -- cumplir determinadas condiciones, sin las cuales no puede -- realizar las funciones para las que se construye y puede re... sultar poco rentable el cultivo.

#### 4.1.1. Localización. El invernadero debe situarse:

- El suelo saneado, sin peligro de encharcamientos.
- En lugar suficientemente abrigado de los vientos do... minantes pero que se vea beneficiado de brisas suz... ves.
- Donde se disponga de agua para riego, siempre que se precise.
- Siempre en el sol nunca en la sombra con orientación Oriente-Poniente.
- Lo más cerca posible de la vivienda del responsable de la instalación y sus cultivos.
- Con energía eléctrica, o con posibilidades de poder disponer de ella.
- Con suelo de extraordinaria calidad.
- Donde no se asienten las nieblas.

- Alejado de caminos o zonas polvorientas.
- Con superficie suficiente en caso de expansión.

Un suelo que no tenga solucionado su problema de drenaje, siempre dará resultados negativos cuando se instale en él un invernadero. La asfixia de raíces y la humedad elevada del ambiente, en casos extremos, puede dar lugar a la pérdida total de los cultivos.

Los vientos fuertes son peligrosos por la amenaza de destrucción que representan para los invernaderos. Además, cuando los vientos dominantes son fríos refrigeran demasiado el invernadero y es necesario realizar mas gastos de calefacción; en el supuesto de que no haya instalación calorífica, puede presentarse la posibilidad de producirse la inversión térmica.

Para el riego de los invernaderos es necesario disponer de agua en el momento que se requiera; en caso de que el agua disponible tenga que estar sometida en un turno de riego más o menos largo, se hace necesaria la construcción de embalses, al pie del invernadero, de capacidad suficiente para que permita regar con la cantidad de agua que se precisa entre dos tandas consecutivas del turno de riego.

El invernadero nunca debe situarse en sombra, siempre en el sol, si el invernadero está situado en solana, recibe la luz solar directamente durante el día y las radiaciones - inciden más o menos perpendicularmente sobre la cubierta del invernadero; en cambio, si se construye en sombra, tendrá -- bastante menos luminosidad, recibirá menos horas de luz solar y los rayos incidirán oblicuamente y, por tanto, con menos intensidad.

La vigilancia, tanto de día como de noche, es fundamental para la buena marcha.

Disponer de energía eléctrica es muy importante para la mecanización y automatización en el control del ambiente del invernadero.

El invernadero exige a su suelo el máximo rendimiento, no se puede permitir un suelo de cultivo que no esté en un óptimo de fertilidad.

En los lugares donde se asienten las nieblas, aparte del peligro que para los cultivos significa el exceso de humedad producido la luminosidad será siempre de menor que la normal en esos días.

El polvo que se deposita y fija en las cubiertas de -- los invernaderos resta luminosidad en las épocas de más necesidad, y reduce su boralidad.

Por demás se recomienda que la ubicación del invernadero sea lo mas accesible y que tenga vias de acceso todo el año; además de tratar de estar situado cerca de los puntos -- extratéticos de comercialización.

4.1.2. Orientación: La orientación que se seleccione para el invernadero puede tener un profundo efecto en las plantas a cultivar.

Las plantas dependen de varios factores, entre ellos, - la luz, el clima, que se puede controlar según la estación, - acortando o alargando los días artificialmente. Desde que el propósito de un invernadero es cultivar plantas, escoger la - mejor localización con la prioridad de proporcionar la mayor cantidad de luz disponible.

La mayoría de las plantas usaran la máxima cantidad de luz solar que se pueda proveer, y proporcionando esta luz de berá ser uno de los principales objetivos en seleccionar la localización. La posición del invernadero sin tomar en cuenta la localización es importante pero no vital. (Kathryn, -- 1982).

Muchos expertos opinan que un invernadero debe estar - colocado de manera de que el eje corre de norte a sur. Esta posición es considerada la mejor para proveer la máxima cantidad de luz solar para el invernadero. Otros opinan que un eje Este-Oeste es preferible, pero en esta posición, uno de los lados largos recibirá luz del Norte limitando el sombreado. Desafortunadamente muchas personas tienen problemas de espacio causando muy diversas opiniones. Afortunadamente, los nuevos modelos de invernadero son diseñados para proveer luz óptima en cualquier orientación usando largos paneles de vidrio o plástico y menos armazones que los modelos anteriores. Si se tiene suficiente espacio considerar el frente del invernadero para que esté disponible la máxima cantidad de luz. (Además de la orientación es de vital importancia tomar en cuenta la exposición del terreno prefiriendo que sea al - Sur).

Si la localización del invernadero no puede proveer -- suficiente cantidad de luz para las plantas a cultivar, una manera de resolver el problema es la instalación de luz artificial, el equipo necesario y la energía requerida para la - operación representan un costo, pero el problema de iluminación estará resuelto.



Otra forma de compensar la inadecuada iluminación solar será la de cultivar plantas de sombra en el invernadero, existe una gran variedad de plantas que prefieren luz solar tenue las cuales desarrollaran bien en un invernadero orientado al-norte o en otro en el que mucha de la luz solar se obstruye.

4.1.3. Condiciones a reunir en un invernadero: El invernadero es una instalación que debe cumplir determinadas condiciones, sin las cuales no se pueden realizar las funciones para las-- que se construye y puede resultar poco rentable su cultivo.

#### 4.1.3.1. Diafanidad.

La luz es fuente de energía, tanto para que la planta - realice sus funciones vitales (fotosíntesis, respiración, cre- cimiento, reproducción, etc.), como para su transformación en calor; los materiales que se utilizan como cubierta de inver- nadero deben tener una gran transparencia.

El material que se utilice en las estructuras debe pre- sentar sus secciones dimensiones reducidas; los pies derechos del interior deben ser imprescindibles para que la instala- ción sea resistente.

#### 4.1.3.2. Calentamiento rápido:

El aire interior del invernadero debe calentarse con rapidez, para conseguir durante el día mayor número de horas con temperaturas óptimas y que el gasto de calefacción será menor.

#### 4.1.3.3. Efecto de invernadero:

El material de cubierta no debe dejar escapar el calor acumulado en el interior y, sobre todo, su resistencia a enfriarse debe ser mayor a medida que la temperatura desciende.

#### 4.1.3.4. Ventilación fácil:

La ventilación de los invernaderos es necesario realizarla en las horas que la temperatura se eleva por encima de las óptimas que precisan los cultivos. Por tanto, las instalaciones han de tener suficiente ventilación y su mecanismo de apertura y cierre debe ser rápido y cómodo.

#### 4.1.3.5. Estancamiento Pluvial.-

Tanto la cubierta como las juntas de los espacios de ventilación tienen que estar libres de estancas al agua de lluvia; si se localizan goteras fijas sobre determinadas plantas, éstas se ven dañadas gravemente.

#### 4.1.3.6. Resistencia a los agentes atmosféricos.

El invernadero es una instalación frágil que debe tener resistencia suficiente para afrontar la fuerza del viento, el peso de la nieve y la acción destructora del granizo. Esto se consigue con un buen enclaje, una estructura bien calculada y un material de cubierta resistente a dichos agentes atmosféricos.

#### 4.1.3.7. Economía.

La explotación del invernadero puede tener un fin científico ó lucrativo; por tanto, si aumentan los gastos fijos de amortización, interés y conservación, la rentabilidad puede disminuir a límites en que estos gastos sean factores limitantes. El invernadero tiene que ser económico, de fácil conservación y barato, y práctico al montaje.

Es muy importante que se pueda ampliar la superficie cubierta sin necesidad de modificar la estructura.

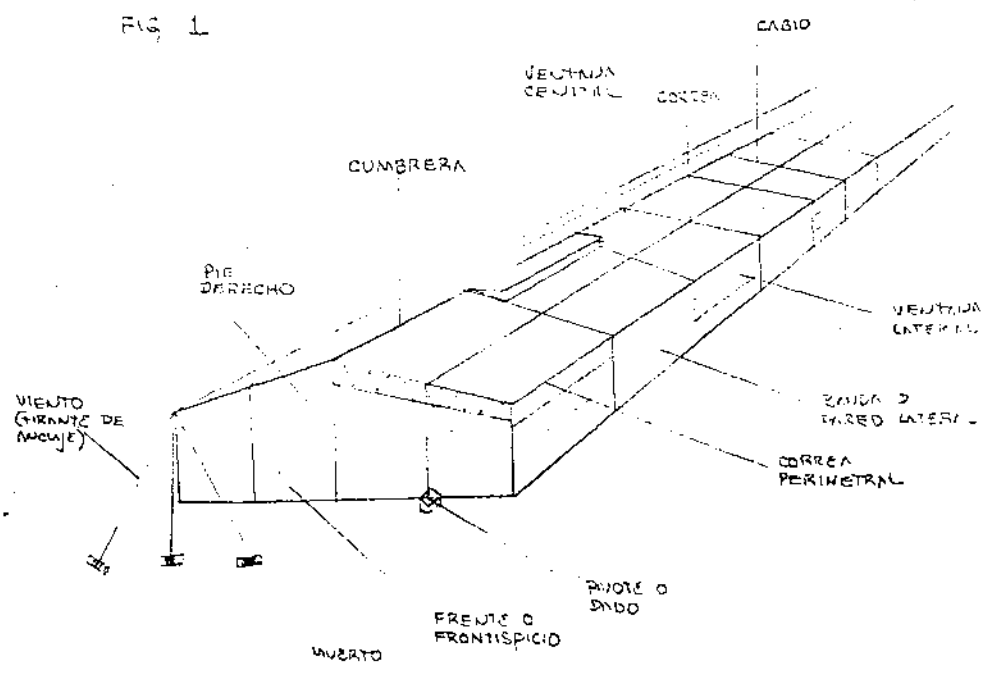
#### 4.1.3.8. Mecanización fácil.

La mecanización del invernadero es factor de gran importancia; la instalación debe ser apta para poder incorporar los medios de calefacción, humidificación, ventilación,-

trabajo, etc., sin grandes modificaciones en la estructura y en la superficie de cultivo; la altura de cubierta, puertas, pies derechos, obstáculos interiores, etc., deben estar --- calculados para que el tractor pueda trabajar con distintas--- máquinas.

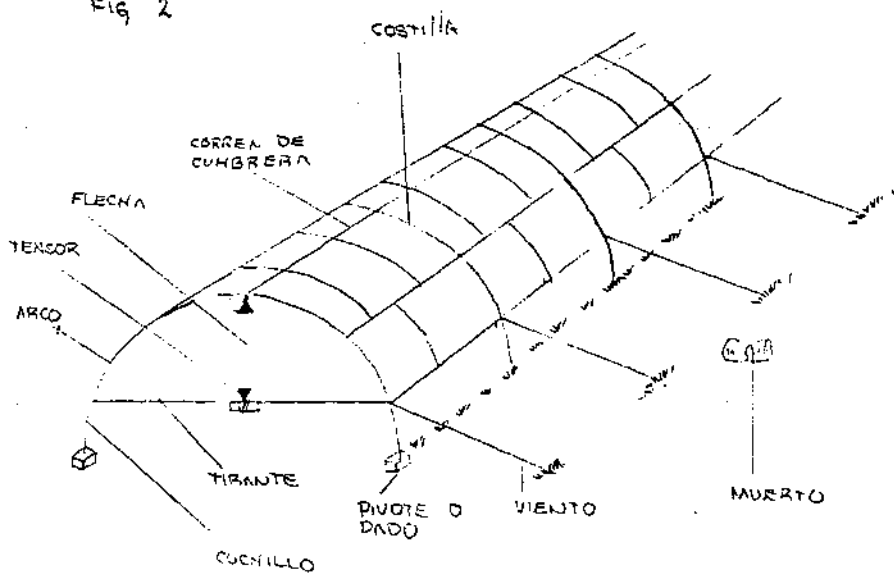
ESTRUCTURA DE LINEAS RECTAS

FIG. 1



ESTRUCTURAS DE  
LINEAS CURVAS

Fig. 2



## 4.2. Tipos de estructuras en invernaderos.

Los invernaderos pueden ser fijos o móviles, los primeros son los que están situados siempre en el mismo terreno; los móviles son los que pueden variar su posición, trasladándolos de lugar por deslizamiento sobre rieles cuando convenga.

Los invernaderos se pueden clasificar atendiendo a su estructura y forma del perfil externo.

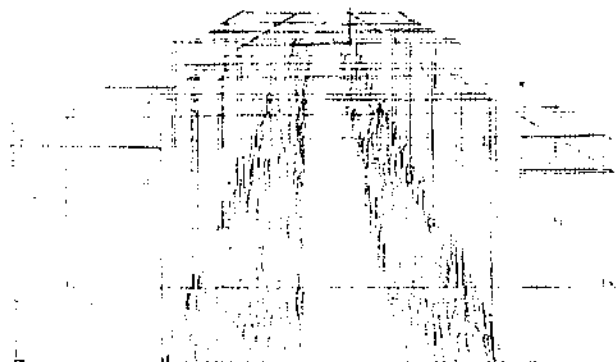
Respecto a los tipos de estructura, según los materiales utilizados, los hay de las siguientes clases: metálicos (hierro, aluminio), de madera, de hormigón y mixtos (hierro - madera, alambre, hormigón).

#### 4.2.1. Invernadero plano.

El invernadero plano, utilizado en zonas poco lluviosas, suele construirse tipo "parral" con palos de eucalipto y alambre galvanizado, utilizando como anclaje el sistema de vientos, muertos y palos inclinados por todas las paredes laterales. También se construyen con hierro de sección en ángulos, tanto en los pies derechos como en el techo, con sujeción del plástico con mallas de alambre, hechas a la vez que se monta el invernadero; el anclaje se hace con vientos y muertos.

Este invernadero solamente tiene a su favor la economía de su construcción y su mayor resistencia al viento; por el contrario sufre una serie de inconvenientes que hace poco aconsejable su construcción. Los inconvenientes más acusados son: mala ventilación, goteo del agua de lluvia sobre las plantas, peligro de hundimiento por las bolsas de agua de

lluvia que se forman en la lámina de plástico, poco volumen de aire.

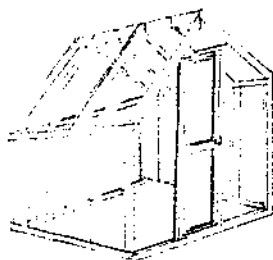


INVERNADERO CAPILLA  
FIG 3

#### 4.2.2. Invernadero Capilla.

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sean a "un agua" o "dos aguas".

Este tipo de invernadero es el que más se utiliza; es de fácil construcción y conservación, muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta, grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia, de fácil adosa\_\_\_\_\_ miento para unir varias naves en batería.



INVERNADERO  
CAPILLA

FIG. 4

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de --  
12 a 16 metros; a veces se unen varios en batería.

Si la inclinación de los planos del techo es mayor de-  
25° no ofrece inconvenientes en la evacuación del agua de llu  
via.

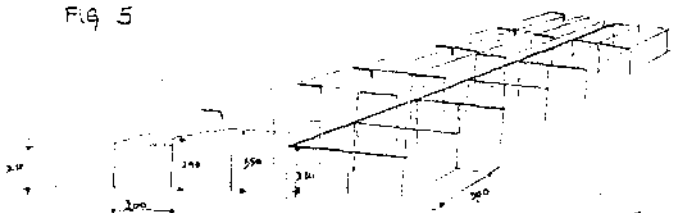
La ventilación es por ventanas frontales y laterales, -  
que la mayoría de las veces llevan malla mosquitera; no pre-  
senta dificultades cuando son naves aisladas; en cambio, ---  
cuando se unen varias naves en batería pueden ofrecer serios  
problemas.

Los invernaderos de doble capilla están formados por -  
dos naves yuxtapuestas.



## INVERNADERO CAPILLA DOBLE

FIG. 5



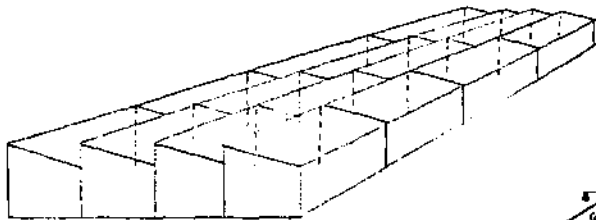
Los invernaderos de doble capilla se ventilan bastante mejor que otros tipos de invernadero, debido a la ventilación que tienen en cubrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación, principalmente las que dan al medio día, suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además de estas ventanas llevan también la ventilación normal en frontales y laterales.

## 4.2.3. Invernadero Diente de Sierra.

Este tipo de invernadero está formado por la unión en batería de naves a un agua. Cada una de estas naves tiene la cubierta formada por planos inclinados de unos  $30^\circ$ , cuyos lados más altos se apoyan en lo alto de los pies derechos y los bordes inferiores de los planos se sujetan a los pies derechos unos 75 centímetros más abajo.

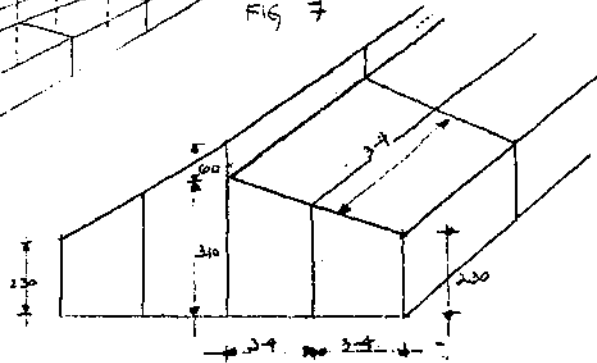
La anchura de estas naves puede ser bastante amplia, debido a su ventilación cenital y a que la construcción se hace adosando naves.

La ventilación de estos invernaderos, siempre que las dimensiones no sean muy exageradas, es excelente, ya que a la ventilación normal se une otra cenital, formada por los huecos que forman cada uno de los dientes de sierra.



INVERNADERO TIPO SIERRA  
FIG 6

INVERNADERO A DOS AGUAS  
FIG 7



Este invernadero presenta alguna dificultad para evacuar las aguas de lluvia, pues si no se coloca una canalilla a la vertiente de cada uno de los planos inclinados, toda el agua penetra dentro del invernadero.

Otra modalidad derivada del tipo "capilla de dos aguas" y esta otra de diente de sierra, es la de una nave de dos --

aguas en que uno de los planos inclinados de la techumbre -- tiene distinta inclinación y en vez de formar la unión de -- las dos cubiertas queda como un diente de sierra, cuya altu\_ ra es de unos 50 a 70 centímetros.

Las características de invernadero son idénticas al ti\_ po "capilla a dos aguas", con la ventaja de ver ampliada su superficie de ventilación por la abertura cenital que supone el diente de sierra.

#### 4.2.4. Invernadero tipo Tienda de Campaña.

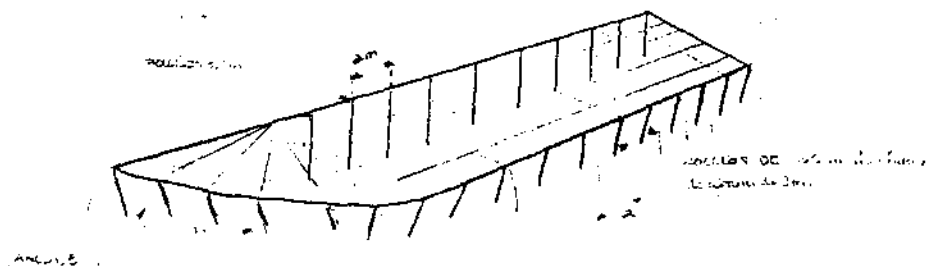
Este invernadero se construye a base de postes de made\_ ra en los pies derechos y alambre galvanizado en las cubier\_\_ tas.

La anchura de las naves oscila entre 14 y 18 metros.

Los inconvenientes que presenta este invernadero son -- los siguientes: demasiada especialización en su construcción y conservación, rápido envejecimiento de la instalación, poco o nada aconsejable en lugares lluviosos, peligro de des\_ trucción del plástico y de la instalación, difícil mecaniza\_ ción y dificultad en las labores de cultivo por el número de postes, alambres de los vientos, etc.

## INVERNADERO TIPO PARAL

FIG 8



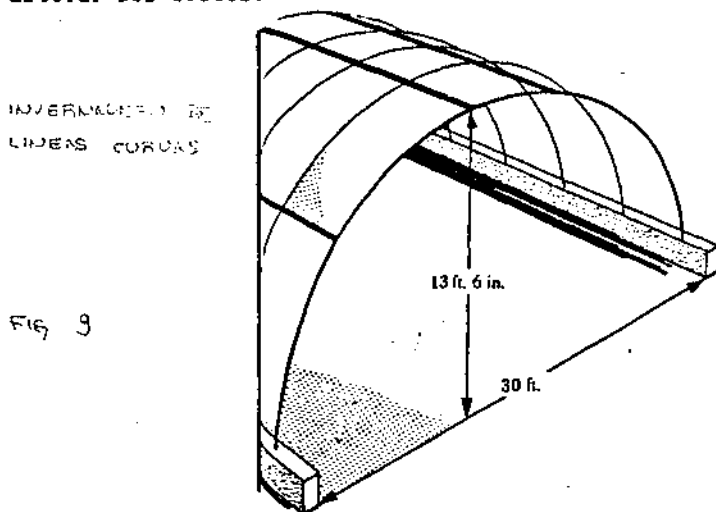
## 4.2.5. Invernadero tipo Tunel o semicilíndrico.

La estructura de este tipo de invernadero está formada por pies derechos y arcos, cuyas dimensiones más corrientes son 2 metros de alto para los pies derechos y 8 metros de cuerda y 1.25 metros de flecha para los arcos. La separación entre pies derechos-arcos es de 3 metros.

La anchura de estas naves es de 8 metros, pero se adosan varias en batería y pueden formarse anchuras de 16 ó de 24 hasta de 32 metros.

Ventajas: relativamente fácil de construir, el costo de los materiales y de la construcción es más barato que los demás lo que permite construir un invernadero más largo.

Desventajas: La forma semicilíndrica hace de estos invernaderos difícil su ventilación. Esto puede requerir mas equipo del requerido y más frecuencia en las supervisiones. Si se utiliza una cubierta plástica, se debe estar preparado para repararla y reemplazarla periódicamente, lo cual puede alterar los costos.

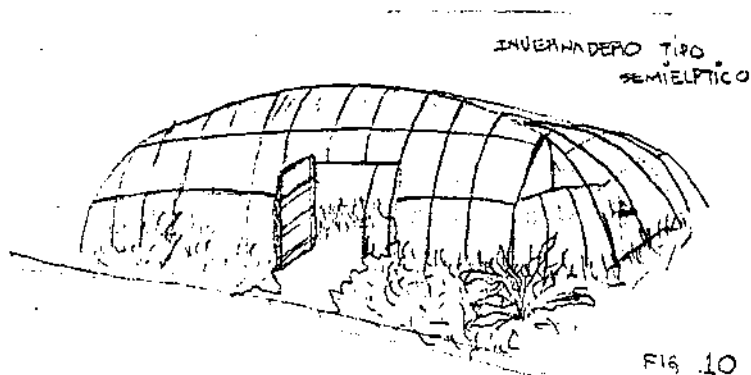


#### 4.2.6. Invernadero tipo Semiélfptico.

Estos invernaderos presentan una gran diafanidad, gran volumen de aire con pocos obstáculos en su interior y bastante estaqueidad. Es muy interesante en las zonas lluviosas.

Sus características principales son: la anchura varía desde 8 hasta 28 metros. La altura media es de 2.55 metros,

la altura de los tirantes es de 2.5 metros y la de cubrera es de 4 metros, la separación entre pies soportes en el sentido longitudinal es de 4 metros y en el transversal de 6 a 10 metros. Pueden adosarse varias naves en batería.



#### 4.2.7. Invernadero Geodesico.

El invernadero geodesico tiene un aspecto futurista. -- Esta estructura es llamada domo geodesico o simplemente ---- geodesico por que la forma consiste en triangulos unidos entre sí. Las ventajas de este es que en el interior da una sensación de mayor espacio, son del tipo económico en su --- construcción. En cuanto a las ventajas se puede mencionar -- que la ventilación es difícil, existe un tope para las plan\_ tas curvado alrededor de los lados del domo, lo que dificult\_ ta el crecimiento de las plantas.

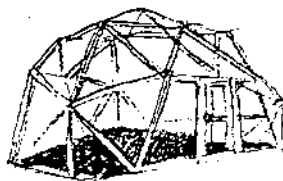


FIG 11

GEODÉSICO

#### 4.2.8. Otros tipos de invernaderos.

El invernadero de capilla con pared angular es una --- variación del tipo capilla en el cual el espacio de la super-  
ficie aumenta pero las plantas tienen un tope de crecimiento  
a los lados de este al llegar a las paredes. El invernadero  
de marco triangular es de fácil construcción, como solo tie-  
ne dos marcos se reduce el costo de construcción, es de ----  
gran uso en áreas donde neva, el espacio para crecimiento de  
las plantas es más reducido así como la atención en las es-  
quinas del invernadero representan dificultad para el vive-  
rista, se requerirá también un buen equipo de calefacción --  
así como de circulación de aire. El invernadero Gótico nos -  
proporciona mayor altura que un tipo capilla pero su ventila-  
ción es difícil.

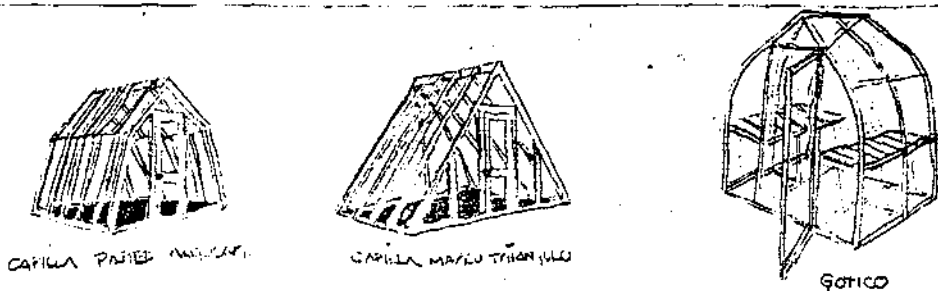


FIG 12

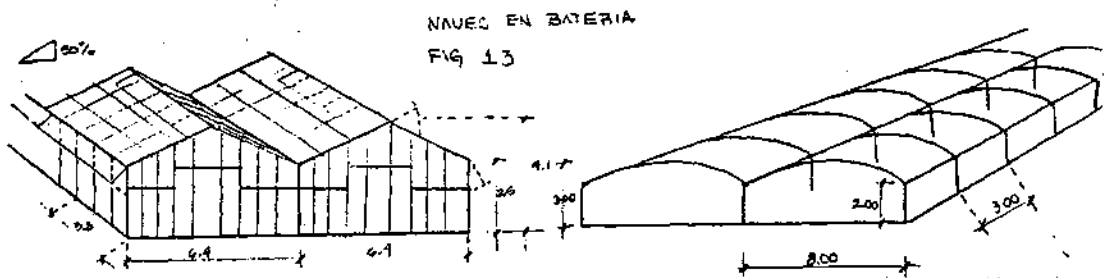
#### 4.2.9. Naves en batería.

La altura y la longitud del invernadero son las mismas en el caso de naves aisladas que en el de naves unidas en -- batería.

En cambio, en el caso de naves en batería, la anchura -- total puede ser múltiplo de la anchura de la nave aislada.

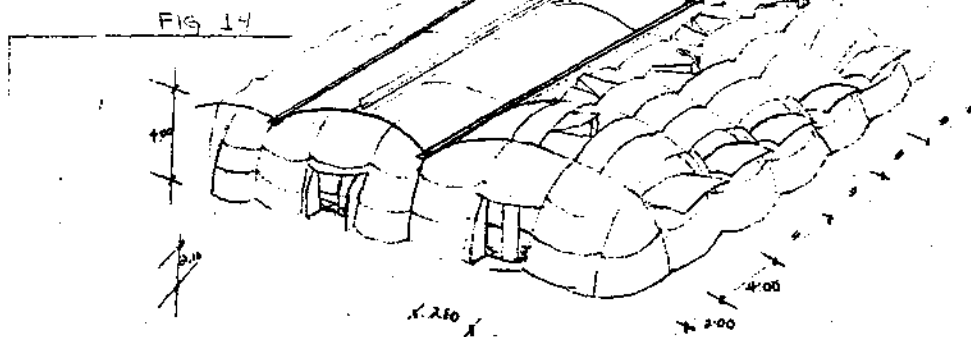
Cuando el control de humedad y temperatura se regula -- artificialmente mediante extractores y humidificadores, no se preocupa que la superficie del invernadero sea mayor, siempre que la distancia entre paneles no exceda de 50 metros. Ahora -- bien, si hay que ventilar los invernaderos mediante ventanas -- laterales por medios naturales sin ningún tipo de ventilación -- forzada, entonces tiene una gran importancia la anchura que -- se de al invernadero y no debe ser mayor de 36-40 metros.





Si el invernadero tiene ventanas cenitales, además de las laterales, admite unos límites de anchura varias veces mayor al aconsejable.

INVERNADERO  
ELIPTICO



#### 4.2.10. Pendientes.

La pendiente o inclinación de los techos de los inver\_

naderos tiene gran interés desde el punto de vista de los -- factores siguientes: luminosidad goteo de agua de condensa ción, escorrentía del agua de lluvia y deslissamiento de la - nieve.

En los últimos aspectos, cuando mayor es la pendiente- mejor evacúa el agua y desliza la nieve y hay menos goteo.

Respecto a la luz "el factor más importante", en los - invernaderos que tienen la orientación Norte-Sur, la inclina ción de los techos no tiene tanta importancia como en los -- orientados en la línea Este-Oeste; en esta última orientación, para los invernaderos de techo plano, la inclinación media - respecto al plano horizontal debe estar comprendida entre 15- y 20°; es decir por cada metro horizontal, la altura del techo debe ser de 0.27 a 0.37 metros. Esta pendiente optima para recibir la radiación solar resulta excesivamente alta en - cumbreira cuando se trata de naves cuya anchura es mayor de -- 6-8 metros.

La pendiente más usada es la que resulta alrededor de- 10° que representa 0.18 metros de altura por cada metro hori zontal de invernadero. Si la inclinación del techo orientada al Norte es mayor que la del Sur, Para la orientación --- Este-Oeste, el invernadero percibe mayor cantidad de luz.

Si se tiene cuidado a la evacuación del agua de lluvia y el deslizamiento del agua de condensación en la cubierta, la pendiente más conveniente está comprendida entre 20 y 30-grados. (Serrano, 1983).

#### 4.3. Materiales empleados en la construcción de invernadero.

Los materiales que se emplean en los invernaderos son los siguientes:

- En cimentación: Hormigón de cemento y-piedra.
- En anclaje: alambre, piedra y perfiles metálicos.
- En estructuras: perfiles y tubos metálicos, madera, hormigón armado, alambre, resinas de poliéster.
- En cubiertas: cristal, PVC, Poliéster, etc.

##### 4.3.1. Cimentación.

Las bases donde se apoyan los pies derechos y demás puntos básicos del invernadero se construyen de hormigón y cemento. En algunas partes bordean el perímetro de los invernaderos con un murete que se construye a base de hormigón de cemento o mampostería de bloques de cemento unidos con mortero de cemento o cal.

Las bases de los postes o pies derechos se fabrican - algunas veces, en lugares distintos a aquel donde se cons\_\_truye el invernadero y luego se colocan en los hoyos hechos donde estan localizados los distintos puntos básicos del invernadero; en otros casos estas bases se van haciendo, re\_\_llenando los hoyos citados anteriormente, al mismo tiempo - que se van colocando los pies derechos.

Estas bases se hacen de hormigón de cemento, en dis\_\_tintas riquezas según la resistencia que luego vaya a exi\_\_gir a este hormigón. Los distintos elementos que componen - el hormigón se mezclan en seco y luego se añade la canti\_\_dad de agua que precise para poder batir la mezcla y que -- quede hecho el hormigón.

Si las bases se fabrican antes de construir el inver\_\_nadero se hacen de forma tronco cónica o tronco-piramidal, - en las dimensiones siguientes: 0.20 metros de lado o de diá\_\_metro de la cara superior y 0.30 metros de lado o de diá\_\_metro de la cara inferior; la altura es de 0.50 metros. En - unos casos, en la cara superior se hace un hueco de forma - cilíndrica que tenga 6-8 centímetros de diámetro y 0.40 me\_\_tros de profundidad; en este hueco se colocará el pie dere\_\_cho. Otras veces, en vez de hacer el hueco, se coloca ya di\_\_rectamente una plantilla con tornillos, anclada en el blo\_\_que de cemento, que recibirá luego otra plantilla con -----

orificios colocada en el extremo inferior del pie derecho.

En cualquiera de los casos deben quedar resguardados -- de la acción corrosiva del suelo de cultivo. Para que esto -- no ocurra, debe cubrirse el pie derecho hasta una altura de -- 25-30 centímetros a partir del suelo con hormigón, bien como continuación de la base, bien introduciendo un tubo de fibro cemento de esa altura y rellenando luego con hormigón.

#### 4.3.2. Anclaje del invernadero.

Para evitar que el invernadero sea derribado por los -- vientos es necesario que quede bien anclado en el lugar que -- se haya establecido.

Con este fin se sujeta la parte externa, en algunos ca -- sos también por el interior, con ciertos materiales que le -- aseguran el anclaje al suelo. Esta sujeción se hace con ---- "vientos" que pueden ser flexibles o rígidos.

En construcción se denomina "vientos" a aquellos arte -- factos que sujetos por un extremo a algún objeto colocado -- en posición vertical, y por el otro extremo amarrado a un -- punto fijo y seguro, impiden que se pueda mover el objeto -- que sujeta y hace que se mantenga derecho, sin caerse.

En el invernadero los "vientos" se sujetan por un extremo a puntos fundamentales de la instalación, y por otro extremo se fija al suelo o a otra construcción.

Estos vientos pueden fabricarse con alambre galvanizado, con varilla de hierro, o con postes de madera.

El "viento" de alambre galvanizado se amarra por un extremo sólidamente a una piedra o "muerto" que se entierra en el suelo; por el otro extremo se ata a puntos fundamentales del invernadero principalmente en los postes de las paredes perimetrales.

Se emplea del número 20 (diámetro aproximado, 4.4 milímetros).

Las piedras que se utilizan como "muertos", son piedras bastas, con alguna hendidura en el centro para poder amarrar el alambre.

Se hace un hoyo de 1 a 1.5 metros de profundidad, con anchura suficiente para poder introducir en su fondo la piedra. Este hoyo se hace a una distancia de 1.5 metros, perpendicularmente a la base de los pies derechos de las paredes externas del invernadero.

Se atan dos o tres alambres a la piedra que se va a -- enterrar dejando cabos de una longitud mayor que la que tiene profundidad del hoyo donde se va a colocar la piedra.

Con los dos o tres cabos se hace una trenza o tirabu\_\_ zón, acabando con el extremo en forma de anillo.

Se introduce la piedra en el fondo del hoyo y se hace una hendidura en la pared vertical del hoyo más cercana al - poste que se va a sujetar el "viento" de alambre, con el fin de que la línea que va a seguir ese alambre sea recta y no - forme ángulo al aflorar del suelo.

A continuación se hechan cantos y tierra hasta cubrir la piedra mojando con un poco de agua; al tiempo que se va - enterrando, se retaca con un palo o barra de hierro, hasta - que quede cubierto todo el hoyo.

El alambre debe seguir la línea recta que une la pie\_\_ dra con el extremo del poste que va a sujetar.

En el poste o pie derecho que se va a sujetar el ----- alambre del viento se hace una muestra por la parte interna del poste y se atan dos o tres alambres; el mismo número que se haya puesto en la piedra que queda enterrada, dejando ---

cabos de unos dos metros de largo.

Se trenzan estos alambres y se sujetan al anillo que se hizo en el extremo de los alambres que se sujetan a la piedra.

Esta sujección se puede hacer mediante un tensor. También se puede sujetar introduciendo por el anillo de los alambres atados a la piedra, el extremo de los alambres que sujetan al poste; se tensa mediante una máquina tensora y se ata al mismo alambre.

Los pies derechos de las esquinas deben anclarse con dos o tres "vientos", situados en distintas direcciones. La profundidad de los hoyos donde se sujetan estos "vientos" esquineros deben ser siempre de 1.5 metros; las piedras que se coloquen como "muertos" serán las mayores. En estos vientos-esquineros siempre se emplearán tres alambres; en el resto de los pies derechos se utilizan solamente dos alambres.

Quando los vientos sean peligrosos se colocará un "viento" por cada uno de los postes de las fachadas perimetrales y tres "vientos" en cada uno de los cuatro postes esquineros. Si el viento no ofrece demasiado peligro se instalará un "viento" cada dos o tres postes de las paredes peri-



metrales y dos vientos en cada uno de los cuatro poste de --  
las esquinas.

Otro sistema de anclar los invernaderos es sustituir el alambre galvanizado por un tubo de hierro de 3/4 de pulgada. En la parte superior, el tubo queda unido a la estructura -- por medio de soldadura autógena; por la parte inferior, el - tubo que se abre en forma de horquilla o al cual se amarran alambres, se embute en el hormigón dentro de un hoyo en el - suelo de medio metro de profundo.

Una variante de esta modalidad se realiza de modo que - en vez de embutirse el hierro dentro del hormigón, se amarra al tubo unos cables que atados a una piedra, quedan enterra\_ dos en el hormigón.

Otra forma de anclar un invernadero es el conseguido - instalando los postes que soportan el resto de la estructura en vez de estar verticales, inclinados hacia el exterior; a - su vez los postes que sujetan un mismo arco, van unidos por - un cable tensor.

#### 4.3.3. Materiales de estructuras.

Los materiales más utilizados son: madera, hierro, --

aluminio, alambre galvanizado, PVC y hormigón armado. Es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material; lo más común es emplear varios materiales para una misma estructura.

#### 4.3.3.1. Estructuras de madera.

Estas estructuras se hacen con diferentes tipos de madera.

Antes de montar el invernadero conviene hacer un tratamiento a la madera para así evitar su envejecimiento y pudrición. El naftelante de cobre puede ser usado puede ser utilizado para este propósito ya que no daña a las plantas, no se debe aplicar sobre pintura ya existente o barniz.

#### 4.3.3.2. Estructuras metálicas.

El material con que se construye este tipo de estructura de hierro galvanizado o sin galvanizar; el hierro que se utiliza es de varias formas o secciones, destacándose los perfiles en ángulo, los tubos cilíndricos y los tubos cuadrangulares; también se emplea hierro redondo y pletinas.

Tanto en estructuras simples como en compuestas la unión o enlace de unos hierros con otros, según el perfil o

sección que tengan, se hace de la forma siguiente:

- Angulo de hierro, con soldaduras o tonillos.
- Tubo redondo, con abrazaderas.
- Tubo cuadrangular, con tonillos y soldaduras.
- Hierro redondo, con soldadura.

El hierro ciertamente es un material pesado, pero ---- también un material fuerte, cuando este no es del tipo del galvanizado se requerirá pintar cada vez que se requiera para evitar su oxidación.

#### 4.3.3.3. Estructuras de aluminio.

El aluminio es un metal ligero en peso pero bastante fuerte.

El aluminio resiste la oxidación provocada por el ---- exceso de humedad. Su mantenimiento es muy simple; solo necesita limpieza y tendrá una duración larga. El aluminio es el metal mas usado en los invernaderos más modernos de la actualidad.

#### 4.3.3.4. Alambre galvanizado.

El alambre galvanizado es usado en forma intensiva en los invernaderos como apoyo a otras estructuras ya que este elemento por sí solo no funcionaría pero combinado con otros elementos puede servir de soporte, anclaje, amarre, etc.

#### 4.3.3.5. Policloruro de vinilo, P.V.C.

Invernaderos hechos con panales de plástico, usualmente de PVC policloruro de vinilo, en forma de tuvos, han obtenido gran popularidad ya que son flexibles, de fácil manejo y relativamente económicos. Una vez que un panel es cubierto con plástico rígido o suave, forma un estable y fuerte panel. Debido a su flexibilidad para curvarse es usado con frecuencia en los invernaderos del tipo semicilíndrico.

Un panel de plástico no es susceptible al ataque de insectos como la madera, y tampoco requiere pintura, solo necesita atención regular de limpieza y remoción de suciedad y algas.

#### 4.3.3.6. Estructuras de hormigón.

Las estructuras a base de hormigón de cemento son poco utilizadas, son muy complicadas, como el hormigón necesita ser armado con hierro para que no se desmorone, se encarece-

demasiado; son muy resistentes para una nave de altura y ---  
resistencia al viento.

#### 4.3.4. Materiales utilizados como cubiertas.

Tanto la cubierta como el equipo son la llave para el control del medio ambiente de un invernadero, por lo que se requiere una cubierta de material transparente o traslucido que permita la entrada óptima de luz, Nisen, (1959) menciona un óptimo de 300-3,500 mm de radiaciones electromagnéticas.. Como diferentes plantas tienen diferentes necesidades de iluminación, se debe tener en cuenta el tipo de planta a cultivar en el invernadero.

Existen otras consideraciones después del nivel de iluminación que permite una cobertura, el clima, el costo del material y la durabilidad del mismo.

##### 4.3.4.1. Vidrio.

El cristal es el primer material que se ha utilizado como cubierta de invernadero.

En la actualidad este material está siendo desplazado en los invernaderos por los materiales plásticos; no obstante,

te tiene gran importancia y su empleo se hace casi imprescindible en determinados casos de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada.

El cristal que se utiliza como cubierta en los invernaderos, cajoneras, etc., es siempre el vidrio impreso o cristal "catedral" el vidrio cristalino, que es el que normalmente se usa en construcción de viviendas, apenas se emplea en invernaderos, pues deja pasar a través los rayos luminosos, incidiendo intensamente sobre las plantas y suelo.

El vidrio impreso o catedral, está pulido por una parte y por la otra está rugoso. Lógicamente, en la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa quedará hacia el interior y la cara bruñida hacia el exterior.

Colocando el cristal de la forma que se acaba de indicar, recibirá por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que al pasar a su través se difundirán en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

Como la transparencia del cristal es aproximadamente del 90%, si se tiene en cuenta su propiedad de buena difusión de la luz la luminosidad dentro del invernadero se asemeja --

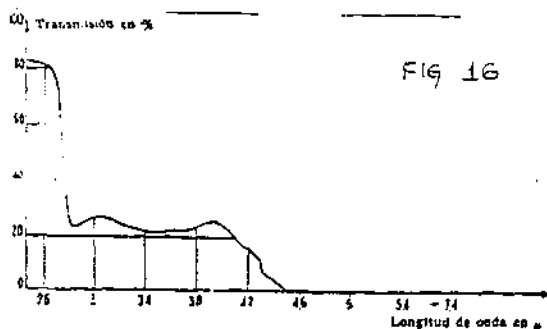
## BIBLIOTECA TECNICA DE AGRICULTURA

bastante a la que existe en el exterior, cuando las haces luminosas inciden perpendicularmente sobre el cristal y, por lo tanto, hay poca reflexión

En la figura vemos de la energía solar que alcanza las paredes del invernadero, la cantidad que pasa a través del cristal. La relación entre estas dos magnitudes resulta muy buena. Aun considerando las distintas radiaciones que forman el espectro solar, el cristal se comporta de manera que asegura la radiación global necesaria. Es, además necesario que el flujo luminoso alcance todas las hojas de las plantas sin que éstas se hagan sombra unas con otras. Esto se puede lograr impidiendo que la luz sea directa, sino difusa, como se obtiene haciendo pasar la radiación solar a través de un vidrio impreso.

El cristal, desde el punto de vista óptico, tiene dos ventajas: elevada transmisión del espectro visible y no modificar sensiblemente el espectro de emisión solar. Además, tiene otra característica relativa a la energía calorífica:

Por regla general, el terreno y las plantas tienden a enfriarse radiando calor mediante ondas que varían entre 5000 y 35000 mm, a no ser que haya algo que impida o disminuya esta pérdida de calor.



Porcentaje transmitido a través del cristal en el campo del Infrarrojo. (MURIN, 1964).

El cristal tiene la propiedad de ser casi totalmente opaco a las radiaciones de longitud larga, superiores a 4,600 mm (Fig. #16), es decir, a las que emiten las plantas y el suelo por las noches; esta cualidad del vidrio es muy interesante, ya que las pérdidas de calor por la noche son mucho menores que las que ocurren con los demás materiales plásticos utilizados como cubiertas. (Serrano 1983).



El vidrio es inalterable a los medios en que esta expuesto en el invernadero, tal como: calor, humedad, ácidos, productos de blanqueo, etc. No envejece, ni pierde transparencia.

Como inconveniente se han de señalar los siguientes:

- Precisa de estructuras mucho más sólidas y rígidas que los materiales plásticos, por lo que sus precios resultan mucho más elevados.

- Tienen mucha fragilidad, rompiéndose incluso con las vibraciones producidas por el viento u otra causa, si no está bien sujeto a la estructura. También se rompe con facilidad por golpes.

- Tiene elevado peso por unidad de superficie, siendo necesario reforzar el material de estructura.

#### 4.3.4.2. Propiedades de los plásticos.

Cuando las láminas o placas plásticas se utilizan como cubierta de invernadero, deben tenerse en cuenta las siguientes propiedades:

"Transparencia". Consiste en dejar pasar a su través -

la mayor cantidad posible de luz.

La transparencia en función de tres factores importantes:

- 1°. Poder absorbente para la luz. El material absorbe un porcentaje mayor o menor de radiaciones.
- 2°. Poder de reflexión. Rayos que no atraviesan el plástico, por que se reflejan al exterior, según el ángulo de incidencia.
- 3°. Poder de difusión. Las radiaciones se difunden al pasar a través del material y, como consecuencia, se reparte mejor la luz.

"Opacidad a las radiaciones nocturnas". Consiste en no dejar pasar hacia el exterior durante la noche el calor emitido por las plantas y el suelo. (radiaciones de onda larga).

"Retención de calor". Es decir, no dejar escapar el calor acumulado en el recinto que cubre.

"Rendimiento térmico". Es la diferencia de calor entre la temperatura del exterior y la del interior.

"Ligereza". Es decir, poco peso.

"Flexibilidad". Adaptabilidad a cualquier forma.

"Estanqueidad". Pocas fugas hacia el exterior.

"Duración" (tiempo) o envejecimiento.

CUADRO #1.

---

PERMEABILIDAD DE LAS CUBIERTAS DE INVERNADEROS A LAS RADIA-  
CIONES NOCTURNAS (Infrarrojas de longitud de onda 2.5 a 25-  
micras) EMITIDAS POR UN CUERPO NEGRO (tierra y plantas)

MATERIAL	PERMEABILIDAD
Cristal de 3mm	0.5
Poliéster vidrio (placa)	0.5
PVC de 1mm (placa)	0.5
Poliétileno térmico de 0.2 mm. (800 galgas)	18.0
Copolímero EVA de 0.2mm (18°de acetato vinilo)	18.0
PVC de 0.2mm	28.0
PVC de 0.1mm	32.0
Poliétileno de 0.5mm (sin aditivos)	56.5
Poliétileno de 0.5mm (sin aditivos)	77.0

Nota: A mayor permeabilidad, mayor enfriamiento nocturnos del Inver-  
nadero.

---

4.3.4.5. Poliétileno.

Este material plástico es un derivado de la hulla y del

petróleo.

Según su forma de fabricación puede ser de alta o de baja densidad; los de alta densidad son mas rígidos y frágiles en caso de temperaturas bajas que los de baja densidad.

Propiedades.- El polietileno transparente tiene un poder absorbente del 5 al 30% en los espesores utilizados en la agricultura; el poder de reflexión es de 10 al 14%; el poder de difusión es bajo según esto la transparencia del polietileno está comprendida entre el 75 y 85%, es decir, dentro del recinto cubierto por el material plástico se percibe un 20% menos de luz, aproximadamente, que en el exterior.

El polietileno gris-humo tiene una transparencia de 50% aproximadamente, según la pigmentación.

El negro opaco no tiene transparencia alguna.

El polietileno transparente normal presenta muy poca opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo; es permeable en un 70% a las radiaciones de longitud de onda larga que emiten el suelo y las plantas.

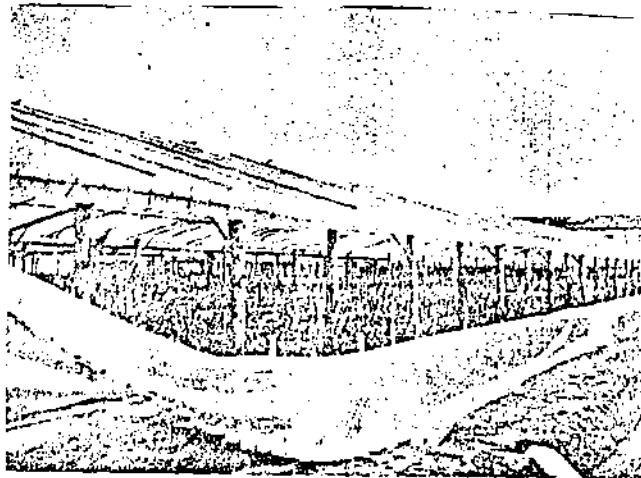
El color gris-humo presenta poca opacidad a las radiaciones nocturnas; aunque algo más que el transparente.

El polietileno negro opaco tiene bastante opacidad, -- pero el recinto interior que cubre se enfría por convección-- al enfriarse la parte externa del plástico.

En el polietileno transparente normal, además de lo -- expuesto ocurre que, incluso, por las noches se puede produ\_\_ cir la inversión térmica, fenomeno que tiene lugar cuando en el exterior está bajando el termómetro a límites comprendi\_\_ dos entre 3 y -3°C, aproximadamente; dentro de esos límites - de temperatura ocurre que en algunas circunstancias (poca -- humedad, vientos, etc.), la temperatura dentro del recinto - que cubre el plástico es menor que en el exterior.

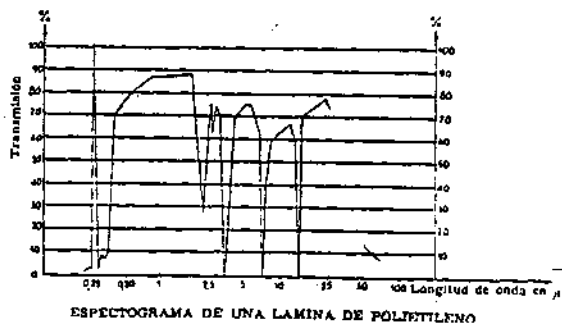
En el polietileno transparente normal se forma una lá\_\_ mina de agua de condensación por la parte interior del recin\_\_ to que cubre; esta capa de agua, aunque tiene inconvenientes para los cultivos, retiene un poco de calor que emiten las -- plantas y el suelo por la noche.

El polietileno transparente térmico es un plástico que tiene la propiedad de dificultar mucho el paso de las radia\_\_ ciones nocturnas (tiene una permeabilidad del 18% a las ra\_\_ diaciones de longitud de onda larga en grosores de 800 gal\_\_ gas). Esto permite a los invernaderos cubiertos con este ma\_\_ terial que se anule casi en su totalidad la inversión térmi\_\_



Invernadero «artesano» de madera y plástico, detalle de la abertura de los laterales.

FIG 17



ESPECTOGRAMA DE UNA LAMINA DE POLIETILENO

(GAC. A., 1967).

ca y que las temperaturas mínimas absolutas sean de unos 2 - a 3°C más elevadas a las registradas en cubiertas de polietileno normal.

El polietileno de baja densidad es el material plástico que menos resistencia tiene a la rotura. El de alta densidad tiene más resistencia que el PVC flexible, pero menos -- que el resto de los demás plásticos. Se desgarra con facilidad.

Este plástico es fácil de soldar y pegar.

El polietileno es el material plástico que menos densidad tiene; es decir, es el que menos peso tiene por unidad - de superficie a igualdad de grosor.

Las láminas de polietileno son transparentes, pero pueden pigmentarse con diferentes colores al fabricarlas; El -- polietileno no se oscurece como ocurre con el PVC y el poliestireno.

Duración.- Si las láminas de polietileno transparente no han sido tratadas con inhibidores a los rayos ultravioletas, no suelen tener una duración mayor a un año cuando se - utilizan como cubiertas, ya que se degradan o envejecen por-

acción de los rayos ultravioletas que absorben.

Las láminas gris-humo opaco, debido a su pigmentación oscura, inhiben la acción degradante de los rayos ultravioleta, por lo que su duración es mayor.

La duración de las láminas plásticas utilizadas como cubierta en los invernaderos, depende de los factores siguientes:

- Luminosidad ambiente (a mayor luz, mas degradación por los rayos ultravioletas.
- Orientación de las láminas en la exposición al sol.
- Tratamientos del plástico con inhibidores. (antioxidantes e inhibidores).
- Espesor de las láminas.
- Tipo de estructura y sujeción del plástico.
- Régimen de vientos.

Cuando el polietileno se utiliza en túneles, su duración, además de los factores expuestos, depende de:



- La ventilación (si hay que ventilar mucho, se romperá antes que si hay que ventilar poco).

- La pigmentación de la lámina. (el negro es el de mayor duración).

- La estación del año. (En primavera-verano envejece -- más rápido que en otoño-invierno).

CUADRO #2.

---

DATOS SOBRE EL POLIETILENO		
GALGAS	GRUESO EN MILIMITROS	PESO EN GRAMOS/METRO <sup>2</sup>
80	0.020	19
100	0.025	23
200	0.050	46
300	0.076	70
400	0.101	93
500	0.127	117
600	0.152	142
700	0.178	164
800	0.203	187
900	0.225	207
1000	0.250	234

---

Dentro del mercado encontramos films y plásticos de --

muy diversos grosores y variados anchos algunos con tratamiento para larga duración otros, sin él. Entre ellos podemos mencionar algunos como el polietileno alquidiano CP-117 capaz de resistir sobre un mismo invernadero dos campañas agrícolas continuadas, fabricado a base de polietileno y cuyas características de transformación dependen del peso molecular del polímero y del proceso de polimerización. El plástico Dura-film que se encuentra de color blanco y transparente, fabricado a base de etileno-metil-acetato y tiene una duración de tres temporadas, así mismo lo encontramos bajo el nombre de Dura-film 2 y Dura-film 1 con duración de dos a un ciclo respectivamente. Dura-therm infra-rojo caliente versión del Dura-film 3 que difunde la luz reduciendo la sombra, y es construido con Anti-fog. Anti-fog es un aditivo para los films que reduce el goteo y mejora la difusión de la luz.

Por otra parte, ningún plástico en su presentación en el mercado es un material muy definido, pues la incorporación al mismo de distintos aditivos; plastificantes, antioxidantes, colorantes, etc., le confieren propiedades muy distintas de las específicas por ello, cuanto se dice es con carácter genérico e informativo.

#### 4.3.4.4.- Cloruro de polivinilo (PVC).

Es otro material que procede del acetileno y del etileno, derivados éstos del petróleo y de la hulla.

Este producto fue sintetizado hace unas decenas de años. Sus manufacturados van siempre adicionados con alguna sustancia capaz de conferirlos determinadas características, por ejemplo: se le adicionan estabilizadores para retrasar el proceso de degradación de la resina, a causa del calor y de la luz; los plastificantes sirven para hacer flexible al cloruro de polivinilo, que de por sí es rígido. Para el recubrimiento de invernaderos se usa en láminas (films) y también en planchas rígidas.

El PVC absorbe hasta el 5% de la luz en las láminas flexibles y del 5 al 10% en las placas rígidas. El poder de reflexión es del 5 al 8%. El poder de difusión es menor que el poliéster y mayor que el polietileno. La transparencia aproximada es del 80 al 87% en el PVC flexible y 80% para las planchas rígidas transparentes.

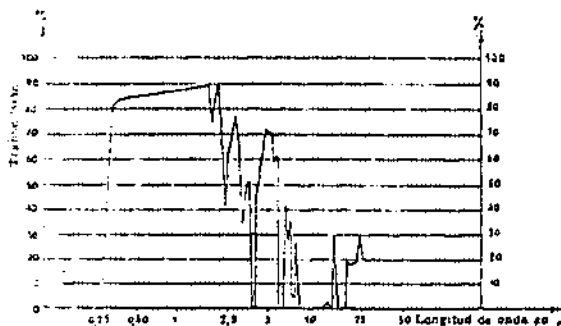


FIG 18

ESPECTROGRAMA DE UNA LAMINA DE P V C

(GARCIA, 1967).

Además, debido a su buena transparencia, las plantas pueden beneficiarse de una mayor cantidad de luz solar. Es preferible escogerlo entre el polietileno y el PVC, al igual que para los demás materiales plásticos, el agricultor tendrá que tener en cuenta las características del ambiente en que va a instalar sus invernaderos.

El PVC es más interesante que el polietileno desde el punto de vista de la retención del calor nocturno emitido por las plantas y el suelo, y no da lugar a que se origine la inversión térmica. Su poder de retención es del 85-90% y en el polietileno 10-15%.

En la superficie interna de las láminas plásticas, se forma una fuerte condensación por efecto del enfriamiento nocturno; esto es perjudicial para las plantas, por que la atmosfera puede alcanzar un grado excesivo de humedad y como consiguiente puede haber un intenso goteo. Sin embargo Se rrano (1983) menciona que la humedad se condensa muy poco en este material.

Se puede disminuir el fenómeno de la condensación colocando una capa doble de láminas de plástico y dejando entre las dos capas una cámara de aire de 3-5cm.

La flexibilidad a bajas temperaturas es menor que la del polietileno.

La resistencia a la ruptura para el PVC flexible es un poco mayor que el polietileno; en cambio, las placas tienen bastante más resistencia que el polietileno, nylon y un poco que el polipropileno.

La densidad del PVC flexible es de 1.200 a 1.400 kilos por metro cúbico; es decir, un metro cuadrado de 100 galgas pesa 33-35 gramos.

CUADRO 3.

DATOS SOBRE EL PVC.		
Galgas	Gueso en milímetros	Peso del M <sup>2</sup> en gramos
100	0.025	35
200	0.050	70
300	0.076	105
400	0.101	140
500	0.127	175
600	0.152	210
700	0.178	245
800	0.225	315
900	0.250	350

Es menos sensible a la oxidación que el polietileno.

Las placas de PVC se fabrican en varios colores.

El reconocimiento del PVC plastificado es relativamente fácil pues al quemarlo produce humos de ácido clorhídrico que irritan las mucosas.

El PVC rígido no lleva plastificantes; el espesor de las placas está comprendido entre 1 y 1.5 milímetros.

Existe también PVC en planchas rígidas; este material-

está formado por planchas de espesor de 7mm o más. Sus propiedades ópticas son parecidas a las de las láminas. Duran aproximadamente seis años y no requieren cuidados especiales para su colocación.

El PVC envejece más lentamente que el de polietileno; la degradación o envejecimiento del PVC se traduce en pérdida de transparencia, coloración de la lámina y fragilidad a la ruptura.

La degradación o envejecimiento del PVC es debido a cambios químicos producidos por el calor y la luz en presencia del oxígeno; también se debe a que el plastificante se disuelve. Hay algunos microorganismos que viven a expensas del carbono de los plastificantes.

La duración de estos materiales depende del tipo de plastificante empleado en su fabricación y la clase de PVC; el flexible tiene menos duración que el armado y, a la vez, éste dura menos que las placas rígidas. Se estima una duración de dos a tres años para las láminas flexibles, y seis para las rígidas.

#### 4.3.4.5. Polimatacrilato de metilo (PMM).

Es un material acrílico, que procede del acetileno mediante formación de acrilato de metilo y polimerización de este último.

Se le designa también con el nombre de (PMM) abreviado.

De entre las resinas metacrílicas ésta es la más importante.

Entre sus cualidades específicas es; su transparencia ya que esta comprendida entre el 85 y 92%. Tiene poco poder de reflexión, entre el 5 y 7%. Deja pasar casi todos los rayos ultravioleta y su poder de difusión es casi nulo.

Tiene gran resistencia a la ruptura y el desgarre, sin embargo no es muy duro y, por lo tanto, puede ser arañado y rayado con facilidad, y esto provoca una pérdida de sus cualidades óptimas.

Se usa para el recubrimiento rígido de los invernaderos.

Este material, al no ser atacado por los rayos ultra



CATACTERISTICAS FISICAS DE ALGUNOS MATERIALES Y PLASTICOS PARA RECUBRIMIENTO (NOULLON, F.)

CUADRO 4

CARACTERISTICAS	FLEXIBLES		RIGIDOS			CRISTAL
	POLILETILENO D. 0,8 mm	PVC 3,7-114	PVC ONDU LADO- 1-2mm	POLIMETACRILATO DE METIL L. 1mm	POLISTERES ES TRATIFICADOS -2 mm	
DENSIDAD	0,92	1,3	1,4	1,13	1,5	2,4
INDICE REFRACCION	1,512	1,528	--	1,489	1,549	1,516
PORCENTAJE DE DILATACION ANTES DE QUE SE ROMPA.	400 - 500	200 - 250,	50-100	ESCALA	ESCALA	NULA
RESISTENCIA AL -- FRIO Y CALOR	-40°+70°C	-10°+50°C	-20°+70°C	70+80°C	-70 +100°C	MUY ELEVADA
DURACIO	2 AÑOS	2-3 AÑOS	ELEVADA	ELEVADA	ELEVADA	elevada
TRANSPARENCIA1, (0,38- 0,76 MICRO NEG)	70 -75	80-87	77	85-93	70-80	87-90
TRANSMICION % (0,20 - 2,1. MICRO NEG)	80	32	92	73	60-70	35
TRANSMICION % (7-35 MICRONES)	80	30	0	0	0	0
EFFECTO INVERNADERO	SUFICIENTE	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	OPTIMO

violeta no envejece, tiene otra ventaja, la de su transparencia que puede ser incluso superior a la del cristal jardinería.

Su densidad es de 1.190 kilos por metro cúbico; un metro cuadrado de placa de PMM de 3mm de espesor pesa, aproximadamente 3.5 kilogramos. (Serrano, 1983).

A veces se adicionan a este producto otras sustancias y de este modo se consiguen otros materiales que pueden dar excelentes resultados, entre otros el conocido como "Ignilux". Posee una transparencia que se puede comparar con el cristal normal, y además tiene un buen efecto invernadero, y es más ligero y menos frágil que el cristal.

Se fabrica en cualquier tipo de color.

#### 4.3.4.6. Poliéster.

Este plástico se presenta en forma de placa.

Este poliéster se fabrica con una mezcla de un 65% de resinas termoendurecibles de poliésteres no saturados y con un 35% de fibra de vidrio o de nylon, aproximadamente; esta fibra sirve para reforzar la placa.

Las láminas de poliéster lineal presentan una gran ---  
transparencia y bastznte resistencia a la ruptura.

Cas placas de poliéster reforzado tienen una transpa\_\_  
rencia a las radiaciones solares comprendida entre el 80 y 90%.  
El poder de reflexión está entre el 5 y 8%; su poder absor\_  
bente es del 15 al 20%.

La transparencia a los rayos ultravioletas es del 70% y  
a los rayos infrarrojos es del 80%.

La transparencia indicada es la que suele tener al prin\_  
cipio de su fabricación, pues a medida que pasa el tiempo y -  
el material va envejeciendo, la va perdiendo, hasta que llega  
un momento en que se queda casi totalmente opaco.

El poliéster reforzado con vidrio en fibra es el mate\_\_  
rial plástico que tiene más poder de difusión de la luz que -  
todos los empleados en el forzado de cultivos. Esta propiedad  
hace que la cantidad de luz dentro del recinto que cubre este  
material, a veces, sea parecida a la que existe en el exte\_\_  
rior.

El poloéster reforzado con vidrio, apenas deja pasar --  
hacia el exterior las radiaciones emitidas por las plantas y-

el suelo durante la noche; este material junto al vidrio y las placas de PVC son los únicos que presentan un "efecto de invernadero", casi total. La opacidad referida a la radiación del cuerpo negro a 7°C es del 99 al 99.5%.

La densidad o peso por metro cúbico del poliéster reforzado con fibra de vidrio es de 1.500 a 1.600 kilos. En placa, este plástico es el que representa mayor resistencia a la ruptura, de todos los materiales plásticos que se utilizan en hortofloricultura.

El poliéster reforzado se fabrica en distintos colores: transparente, azul claro, amarillo, verde, rojo, etc., hoy día el color que se utiliza en la agricultura es el transparente.

Las placas reforzadas con fibra de vidrio tienen una duración que es variable entre ocho a quince años, según el sistema de protección que se haya aplicado a la placa. El problema de la duración de estas placas no está en su resistencia física, sino en la pérdida de transparencia a medida que pasa el tiempo.

Si la placa no está protegida exteriormente, enseguida es erosionada por los agentes atmosféricos y a los pocos ---

años de ser utilizada puede quedar excesivamente opaca. Además, sin esa protección las radiaciones ultravioletas de los rayos solares degradan a la resina de poliéster, dándole tonalidad amarillenta.

Cuando la placa, en su fabricación, se protege con una capa de gel se retrasa la erosión, pero no el amarilleamiento. El Poliéster protegido con una capa de gel tiene una duración mayor que las placas que no llevan esa protección.

El poliéster se puede proteger durante el proceso de su fabricación con una lámina de fluoruro de polivinilo; esta lámina resulta uno de los protectores de poliéster más duraderos y resistentes a los agentes atmosféricos y a la acción degradadora de las radiaciones ultravioleta de la luz solar.

#### 4.3.4.7. Polietilentereftalato.

Se obtiene a partir del estilenglicol y el ácido ftalático.

Es un plástico semirígido.

Tiene bastante transparencia, aproximadamente el 90%. Es poco difusor de la luz. Ofrece bastante resistencia a la degradación por los rayos ultravioleta.

Su densidad es de 1,380 kilos por metro cúbico; es decir, en espesor de 1.000 galgas, un metro cuadrado pesa unos 350 gramos.

Tiene bastante resistencia a la ruptura.

Como cubierta de invernadero puede durar alrededor de cinco años.

#### 4.3.4.8. Poliamidas.

Se obtiene de aceite de ricino. Se fabrica por extrusión en forma de lámina.

Tiene un transparencia del 85-90% en el espectro visible. Su poder de reflexión es del 8-10%. Su densidad es de 1.030 a 1.050 kilos por metro cúbico. Ofrece resistencia a los productos químicos que se emplean en la agricultura.

#### 4.4. Detalles constructivos de los invernaderos.

Descripción de distintas soluciones que se presentan para los elementos fundamentales en la construcción de la mayor parte de los invernaderos.

#### 4.4.1. Ventanas.

Para regular la ventilación de los invernaderos es necesario dejar un número determinado de huecos o ventanas en las paredes laterales del techo del invernadero.

Las ventanas colocadas en las paredes laterales son -- las que mas se utilizan. Las ventanas cenitales, abiertas - en el techo, son las mas efectivas para una ventilación rápida, pero también son las más caras de construir; una ventana cenital, ventila tanto como dos o tres ventanas laterales de la misma superficie.

En todos los casos se utilizan ventanas laterales; algunas veces se combinan las ventanas laterales con las cenitales.

La superficie que debe ocupar los huecos de ventilación tiene que estar comprendida entre el 15 y 20% de la superficie del suelo que quede cubierto.

##### 4.4.1.1. Ventanas enrollables.

El sistema más elemental de ventanas consiste en fijar el borde superior del lienzo de plástico, que va a cubrir -- el hueco de la ventilación, por la parte de arriba de la ---

pared donde se sitúe la ventilación; el borde inferior del paño de plástico se sujeta a una caña o tubo de plástico. -- Para abrir la ventana se enrrolla el plástico a la caña o -- tubo; para cerrar, se desenrolla el plástico.

#### 4.4.1.2. Ventanas plegables.

Otro sistema, también muy rústico, consiste en lo siguiente: en las paredes laterales, la lámina de plástico se sujeta a la estructura del invernadero, por alguno de los -- sistemas de sujeción de plástico, hasta una determinada altura (1 a 1.5 metros desde el suelo).

A partir de esta altura la lámina queda suelta entre las dos mallas de alambre bien tensadas, una por el interior del invernadero y otra por el exterior, pudiendo deslizarse el plástico entre estas dos mallas; logicamente, la lámina cubre totalmente toda la pared lateral. Con el fin de que la lámina no se baje, a no ser que se tire de ella hacia abajo, el borde superior de dicha lámina se enrrolla en un par de vueltas a tubos de plástico o goma, sujetándose con ataduras de alambre fino galvanizado.

Par que no ocurra que cuando la ventana está cerrada se abra sola, en este borde enrollado que se acaba de describir, se atan unos ganchos hechos con alambre grueso; estos -



ganchos tienen como fin poder sujetar la lámina a unas argo-  
llas hechas también de alambre, sujetas a la estructura del-  
invernadero en la parte alta de las paredes laterales.

Una modalidad del sistema anterior consiste en sujetar  
la lámina de plástico a la estructura del invernadero, en la  
parte más alta de las dos paredes laterales. La lámina, como  
en el caso anterior, queda colgada y guiada entre dos mallas  
bien tensadas de alambre galvanizado; el borde inferior de -  
la lámina, a la altura en donde empieza el hueco de ventila-  
ción se enrolla a cañas o tubos flexibles. Desde esta altu-  
ra hasta el suelo se cubre con lámina o plástico fijada a la  
estructura.

El manejo de cierre y apertura de estas ventanas es --  
idéntico al del caso anterior, con la diferencia de que en -  
esta modalidad se empuja el plástico hacia arriba cuando se-  
quiere abrir mientras que en el otro sistema se hacía para -  
abajo.

#### 4.4.1.3. Ventana giratoria.

Este tipo de ventana puede girar alrededor de un eje -  
horizontal o vertical.

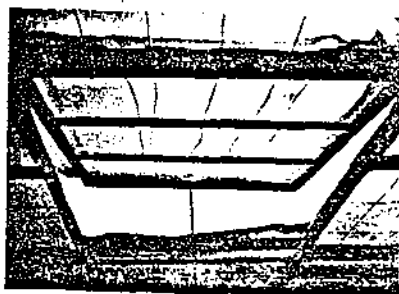


—Ventanas giratorias que giran por el borde superior del bastidor de la ventana.

—Ventana que gira en el eje de simetría.



—Ventana cenital en una de sus múltiples posiciones de ventilación.



También pueden girar alrededor del borde superior del bastidor de la ventana.

El mecanismo de giro es muy fácil. Un tubo redondo --- sujeto a la ventana se embute en una "hembra" fijada a la es tructura; dentro de esta "hembra" el tubo puede girar libre\_ mente y, por tanto, también la ventana.

Este tipo de ventana puede colocarse en las paredes -- laterales o en el techo del invernadero.

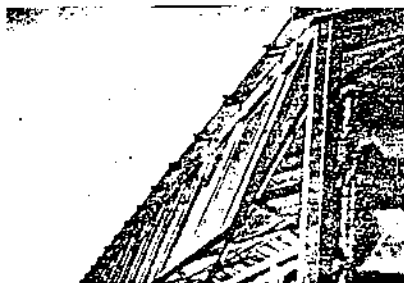
En el caso de giro horizontal y con el fin de que la - ventana quede abierta y fija cuando tenga que estar en esta - posición, lleva una pretina que puede ser rígida cuando la - apertura se hace manualmente, o articulada cuando se abre -- por medios mecánicos.

#### 4.4.1.4. Ventanas deslizantes.

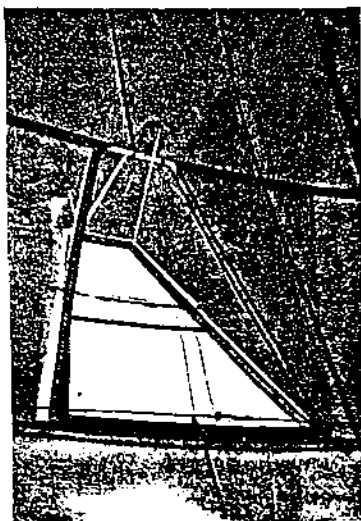
Estas ventanas, que necesariamente tienen que llevar - un marco o bastidor de hierro o madera, se deslizan en el -- sentido lateral y resultan muy manejables.

Hay varios sistemas de ventanas correderas; en unos -- casos va colgada de un alambre grueso o de una pletina de -- hierro mediante una argolla, deslizándose por el carril o --

—Ventana giratoria en un invernadero de cristal.



—Ventana deslizante en un invernadero cuya cubierta es poliester.



—Ventana giratoria colocada en la techumbre del invernadero; su manejo está mecanizado.



-Forma simple de manejar la ventilación con varias posiciones de la ventana.

FIG 25

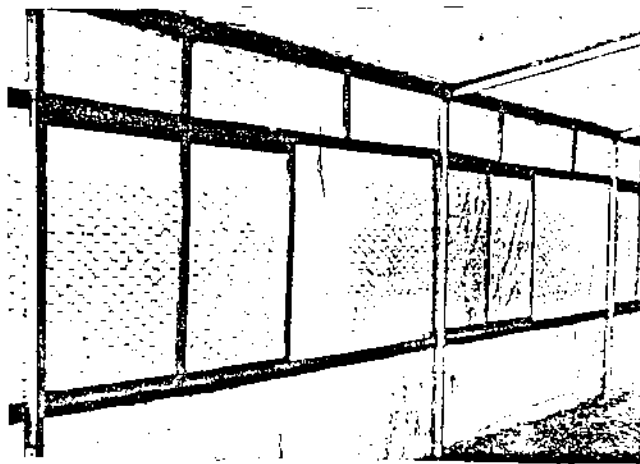


FIG 26

Ventana deslizable en un invernadero de polietileno.

guía de hierro en perfil U, que va colocado en la parte horizontal inferior de la ventana.

También existen ventanas deslizantes en el techo del invernadero; la ventana con bastidor de madera o hierro se desliza por unas guías en forma de U de la propia estructura.

En cualquiera de los casos se pueden mecanizar la apertura y cierre de estas ventanas, uniendo entre sí todas las que estén en la misma línea recta mediante un cable cuyo movimiento puede ser accionado por manivela o motor.

#### 4.4.1.6. Mecanización de ventanas.

El movimiento de las ventanas, apertura y cierre, puede hacerse manualmente o mediante formas mecanizadas más o menos perfeccionadas. En las ilustraciones aparecen algunas de las soluciones que se están utilizando.

#### 4.4.2. Puertas.

Las puertas de invernaderos son elementos constructivos muy interesantes que se deben de tomar en cuenta en la construcción del invernadero.

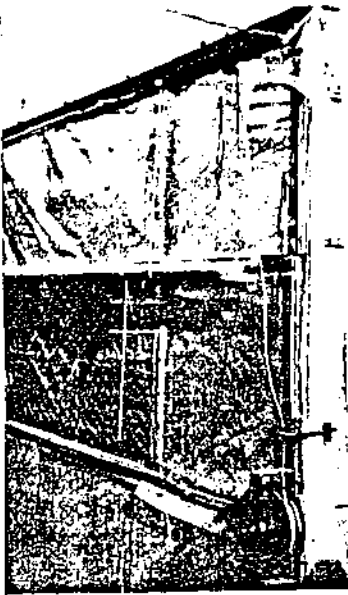
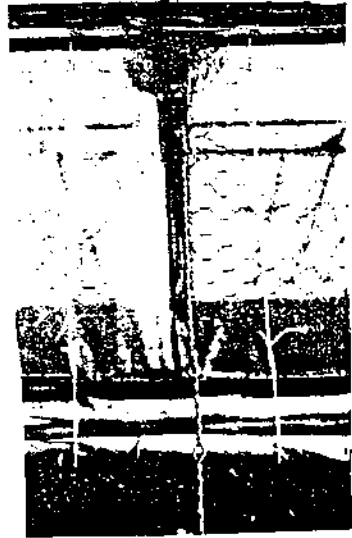


FIG 27 - Sistema muy sencillo de mecanización de ventanas mediante juegos de poleas; la lámina se enrolla en un listón de madera reforzado con pesos suplementarios. Mediante un manubrio, la polea acciona la subida o bajada de la lámina.



-Para que no se balancee la lámina enrollada, se apoya esta lámina en una malla de alambre por la parte interior y se sujeta con unas tiras elásticas de goma por la parte exterior.

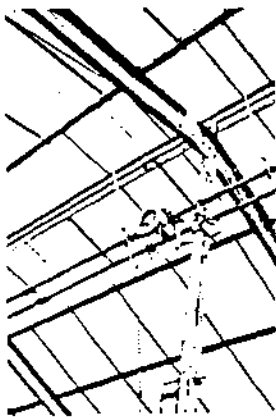


FIG 28

MECANISMO DE APERTURA DE MEDIO DE CENTRALES

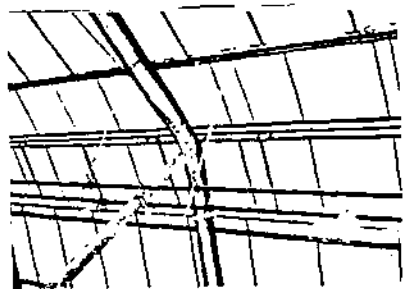


FIG 30 —Sistema de mecanización de ventanas cenitales.

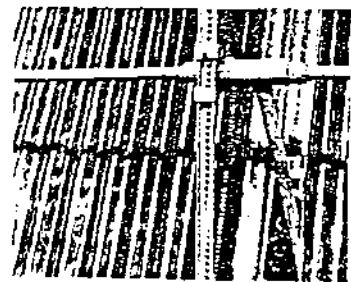


FIG 31 —Al girar el tubo mueve el piñón cuyos dientes engranan en la cremallera que la hace moverse hacia arriba o hacia abajo. La cremallera está adosada a la ventana.

FIG 32 —En esta ventilación automatizada se eleva parte de la techumbre, dejando un espacio hueco cenital. (Foto cortesía de Imcasa).

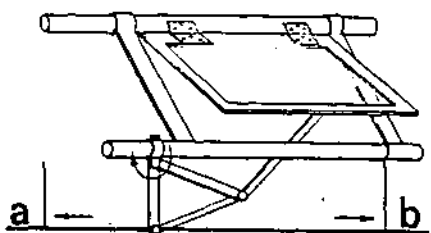
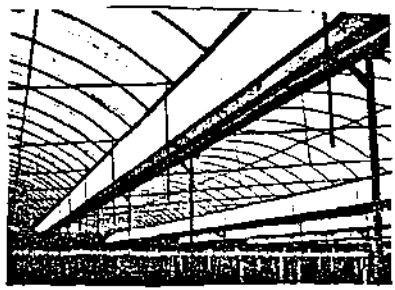


FIG 33

—Al correr el cable hacia «b» se abre la ventana; al deslizarse hacia «a» se cierra.

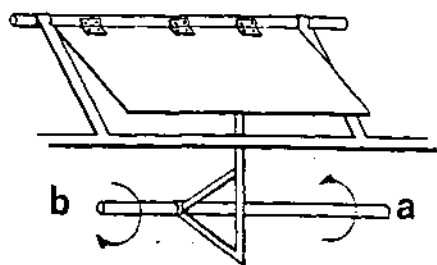


FIG 34

—Al girar el tubo en el sentido «a» se abre la ventana; al hacerlo en el sentido «b» se cierra.



Deben de ser de manejo cómodo, que tengan la capacidad de detener a las corrientes de aire en su cierre, de dimensiones suficientes para que puedan pasar por ellas las máquinas que se vayan a manejar para la mecanización del invernadero, resistentes a la presión del viento u otras causas y de material transparente.

Hay varios tipos de puertas, pero las más usuales son las giratorias sobre una arista vertical y las corredizas -- que van colgadas y conducidas entre dos pletinas horizontales. En las figuras se muestran algunas soluciones, adoptadas en diferentes invernaderos.

#### 4.4.3. Malla mosquitera en ventanas.

Aunque no es necesario, es recomendable colocar en todos los huecos o ventanas de ventilación una malla mosquitera de hilos de plástico; con la colocación de esta malla se pueden conseguir los siguientes beneficios:

- Hace el efecto de corta viento, pues evita que el aire penetre violentamente en el interior del invernadero, perjudicando a la instalación y a los cultivos.

- Se puede tener abiertas las ventanas aunque el viento sea fuerte.

- Evita la entrada de insectos al invernadero.

Esta malla se coloca fija, sujetándola a la estructura del invernadero. Si esta estructura es de madera se sujeta mediante listoncillo de madera o junquillo de plástico que, colocado encima de la malla, se clava con puntas de cabeza ancha a la estructura del invernadero.

Si la estructura es metálica se hace un bastidor de madera en el que se fija la malla; este bastidor se acopla a la estructura.

#### 4.4.4. Sujeción del plástico.

La sujeción del plástico, tanto si es de lámina como si es placa, es fundamental que se realice bien si no se quiere que la instalación y los cultivos queden expuestos a daños catastróficos.

Si el plástico no se sujeta bien, los agentes atmosféricos como la lluvia, el frío, el viento y la nieve, pueden dar lugar a graves perjuicios en los cultivos y a la destrucción del invernadero.

Tanto las láminas como las placas de plástico se sujetan de forma distinta, según el tipo de estructura sobre la

que se va a apoyar el plástico y, también, según el clima de la región donde esté instalado el invernadero.

#### 4.4.4.1. Láminas sujetas con mallas de alambre.

En regiones de mucho viento, pero poco lluviosas y cálidas, las láminas de los invernaderos suelen fijarse mediante dos mallas de alambre que sujetan al plástico en forma de emparedado entre ambas mallas, uniendo en puntos determinados las dos mallas con alambre galvanizado del número 5, para lo cual es necesario perforar el plástico.

En los lugares donde llueve y nieva bastante, no es conveniente utilizar este sistema, ya que presenta poca estanqueidad al agua de lluvia y, además, se puede formar bolsas de agua que pongan en peligro de hundimiento al invernadero. El agua de lluvia es beneficiosa para los cultivos, cuando cae uniformemente repartida, pero no lo es si cae concentrada en determinados puntos del suelo del invernadero y sobre las mismas plantas, como ocurre por los orificios originados en el plástico para la sujeción de la lámina o en los agujeros que necesariamente hay que hacer para desaguar las bolsas que se vayan formando. Si esta agua que cae del techo por estos orificios, tiene además una temperatura baja consecuencia del frío exterior o del deshielo de una nevada,

puede suponerse el grave peligro a que están expuestas las plantas sobre las que caigan estas goteras.

Varias son las modalidades de sujetar por mallas. En unos casos las mallas se tejen sobre la propia estructura -- del invernadero al tiempo que se está construyendo éste. --- Primero se hace la que va colocada encima del plástico y a -- continuación la que va por la parte inferior. En otros casos, se coloca una tela metálica prefabricada tipo "gallinero".

Como la malla de la parte superior solamente tiene una misión, que el viento no levante el plástico, las dimensio\_\_ nes de la cuadrícula de la malla son muy amplias en compara\_\_ ción con la malla de la parte inferior que, además de tener\_\_ que soportar el empuje del viento exterior sobre el plástico, tiene que conseguir que el agua de la lluvia se deslice con\_\_ facilidad y no forme bolsas.

La malla de la parte exterior lleva cuadrícula de un -- metro de lado; la malla en la parte interior tiene una cua\_\_ drícula de 0.25 X 0.25 metros.

Cuando se utiliza tela metálica, tipo "gallinero", so\_\_ lamente se coloca en la parte interior, amarrándola a los -- cabos, vigas, etc., de la estructura. La malla superior sue\_\_ le tejerse sobre las correas perimetrales con alambre galva\_\_ nizado.

Con esta forma de sujetar el plástico conviene que la lámina sea lo mas ancha posible.

Es necesario colocar la lámina de plástico en sentido transversal, en la dirección en que la cubierta evacue las aguas de lluvia y no en el sentido longitudinal. Al hacerlo de esta forma, la lámina de agua de lluvia al invernadero, mientras que si se coloca en sentido longitudinal, si tiene la posibilidad si se corriesen las uniones de las láminas. Además de esta forma queda mejor sujeta la estructura del invernadero.

#### 4.4.4.2. Sujeción por tubo flexible o caña.

Este sistema consiste en enrollar varias vueltas de lámina plástica sobre una caña o tubo cilíndico flexible de goma o de plástico; una vez enrollado, se atan en varios puntos, plástico y tubo o caña, con alambre galvanizado muy fino.

Después que se ha sujetado la lámina plastica tipo de estructura, adosándole y cosiéndole de nuevo con el mismo tipo de alambre galvanizado. También se puede unir dos láminas de plástico de esta misma forma, adosándolas por la parte que están unidas al tubo o caña y cosiéndolas con alambre.

#### 4.4.4.3. Sujeción mediante listones de madera o tiras flexi\_ bles.

Las láminas de plástico se pueden sujetar a la estruc\_ tura del invernadero por medio de listoncillos de madera o junquillos de madera flexible y resistente.

Cuando la estructura es de madera, la sujeción por es\_ te procedimiento es más fácil que cuando se trata de estruc\_ tura metálica.

En el caso de invernaderos de madera, se coloca la lá\_ mina de plástico encima de la estructura; sobre el plástico y apoyado en los elementos de la estructura, donde se quiere sujetar la lámina, se colocan los listoncillos o junquillos que se clavan con puntas de 4 a 6 cm. de largo sobre la es\_ tructura del invernadero; la lámina de plástico queda sujeta entre la madera de la estructura y el listoncillo o junqui\_ llo.

En las paredes laterales el borde de la parte superior de la lámina se entierra en el fondo de un surco hecho en el suelo; el resto de la lámina se sujeta en la misma forma que se describió antes.

Las dimensiones del listoncillo son de 3X1 centímetros; el junquillo puede ser una tira de 2 centímetros de ancho y 2-3 milímetros de grueso.

En el caso de estructuras metálicas, también se puede sujetar las láminas de la forma que se acaba de indicar; para ello es necesario poner un listón de madera, cuyas dimensiones pueden ser de 3 a 4 centímetros, encima de cada elemento metálico al que se quiere sujetar el plástico, con el fin de clavar las puntas queden sujetas en este listón.

El listón que se coloca en los elementos metálicos, sujeta a éstos mediante alambre galvanizado o tornillos y tuercas; en el caso de que los elementos metálicos sean tubos solamente se pueden sujetar mediante tornillos y tuercas para que los listones no se deslicen; cuando las estructuras son de perfiles rectos se pueden sujetar con alambre, resultando más económico.

Tanto en las estructuras de madera como en las metálicas, no conviene que en la cubierta los cabios queden mas cerca de 50-70 centímetros unos de otros para evitar zonas de sombra en el invernadero.

Por tanto, para dar mayor seguridad a la sujeción del -

## BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA

plástico, es aconsejable colocar entre cada dos cables consecutivos uno o dos pares de hilo galvanizado, sujetos y equidistantes de los cables. La lámina de plástico queda entre cada uno de los pares de hileras de alambre y se unen los dos hilos de alambre y el plástico, mediante ataduras de alambre galvanizado.

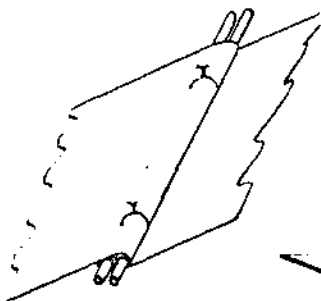


FIG. 35  
ESQUEMA DE UNIÓN DE DOS  
LAMINAS POR MEDIO DE  
CABLES O TUBOS FLEXIBLES

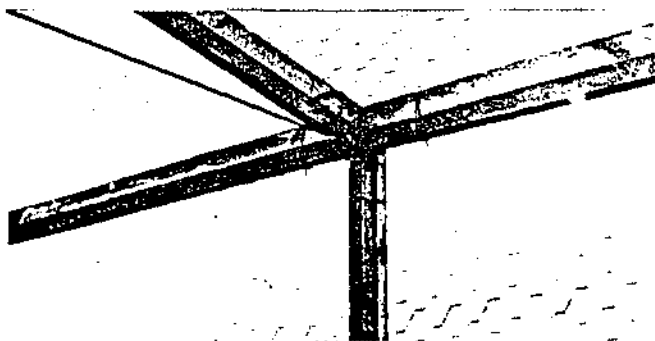


Fig. 36

—En las estructuras metálicas se coloca un listón de madera encima de los elementos metálicos para poder clavar las puntas en la madera.

### 4.4.4.4. Sujeción con cables de acero.

Estas formas requieren que las estructuras donde se quiere sujetar el plástico tengan el perfil en forma de letra "omega" (ver figura) y que las láminas lleven una jareta por cada uno de los lados longitudinales.



El cable tiene que unirse mediante tensores, por los dos extremos, a puntos fijos y resistentes de la estructura.

Las láminas plásticas deben tener dimensiones exactamente iguales a la superficie que van a cubrir, comprendidas entre los dos elementos de la estructura a donde van a quedar sujetos e introducidos los cables.

La colocación y unión se hace así:

a) Se introduce cada cable por cada una de las jaretas (dos por lámina) del plástico.

b) Se coloca el plástico encima de la estructura a cubrir.

c) Se sujetan los dos cables de cada lámina, ambos por el mismo extremo, a los dos tensores colocados en los extremos de los dos perfiles de la estructura por donde se va a introducir el cable con el plástico.

d) Ambos cables con el plástico se van colocando a la vez dentro de cada uno de los perfiles de la estructura. Se ayuda con tacos de madera para que los cables no se escapen de la ranura en que se van introduciendo.

e) Los extremos libres de los dos cables se sujetan a los dos tensores, colocados en el extremo opuesto del perfil de la estructura donde se está introduciendo el cable con el plástico.

f) Se tensan los cuatro tensores a la vez, produciendo que los cables no se salgan de las ranuras de los perfiles donde se introdujeron.

g) Se procede a colocar la segunda lámina, de la misma forma.

h) Una vez colocadas dos láminas, se sitúan encima de los dos cables y embutidas en el perfil unas horquillas de hierro en forma de U que encajan en la ranura del perfil (ver figura). Estas horquillas, se sujetan mediante tornillos, goma y tuerca al perfil de la estructura.

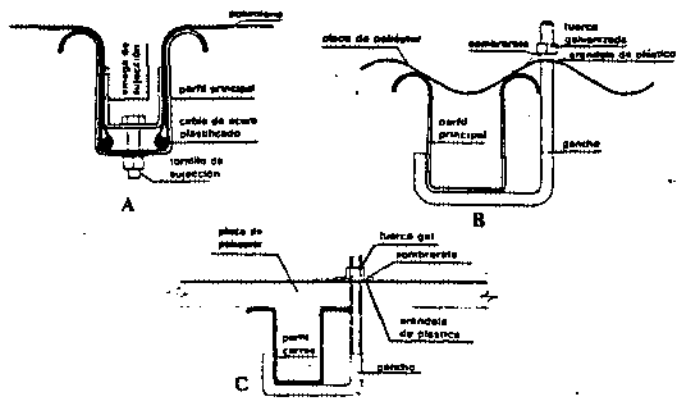


FIG 37 —Esquema de sujeción de plástico mediante cables y perfiles de sección «omيجا» (Imcasa).

#### 4.4.4.5. Sujeción mediante manguitos de PVC.

Cuando las estructuras son metálicas de tubo cilíndrico, una forma de sujetar las láminas de plástico es la siguiente:

a) La lámina de plástico se extiende sobre la estructura metálica.

b) En el tubo de la estructura en que se quiere sujetar el plástico, se enrolla media vuelta de plástico.

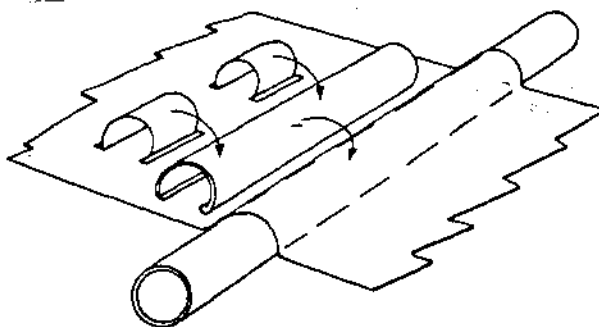


FIG. 39 ESQUEMA DE SUJECION.

c) Sobre el plástico colocado encima del tubo de la estructura se encajan a presión unos manguitos de PVC, seccionados longitudinalmente. De esta forma el plástico queda sujeto entre el tubo metálico de la estructura y los manguitos de PVC.

Las dimensiones de los manguitos son de 20 a 30 centímetros de longitud y 2 a 3 milímetros de grosor, con un diámetro un poco menor que el diámetro que tenga el tubo donde se va a encajar.

#### 4.4.4.6. Toldos sujetos por medio de ojales.

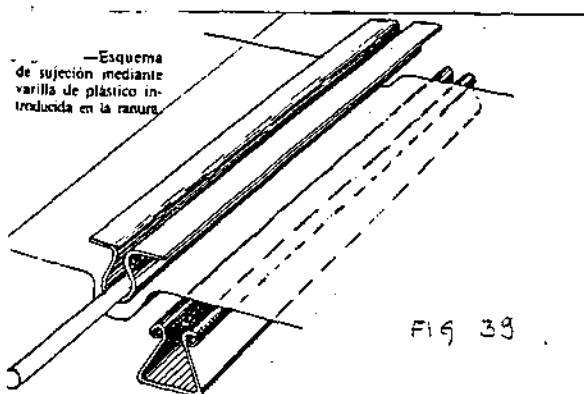
En algunos casos, la sujeción de las láminas de plástico se hace por medio de cordones, de material diverso, que se pasan a través de ojales, hechos de fábrica, sobre los bordes de la lámina plástica. Estos bordes van reforzados por medio de un dobladillo de plástico, en los que se incrustan los ojales que pueden reforzarse con arandela de plástico o metálicas.

Por este procedimiento se pueden unir láminas en forma de toldos sobre la estructura de un invernadero, tanto para cubierta exterior como doble cámara o grandes túneles; también de esta forma se pueden sujetar dos láminas entre sí, quedando cosidas por la unión de los ojales.

#### 4.4.4.7. Otras formas de sujeción de láminas.

Otra forma de sujetar las láminas de plástico a las estructuras es embutiéndolas en los tubos de la estructura; para esta sujeción se requiere que los tubos de la estructu

ra estén seccionados por un arista, es decir, en forma de --  
 letra "omega"; se introduce la lámina y queda sujeta en el -  
 interior del tubo por medio de una varilla de hierro o de -  
 plástico, cuyo diámetro entre perfectamente en el interior -  
 del tubo de la estructura donde se introduce la lámina de --  
 plástico.



Existen una infinidad de variantes y métodos diferen--  
 tes a continuación se presenta diagramas de algunos de ellos;  
 los cuales hablan por si solos.

#### 4.4.5. Sujeción de placas.

Las placas de materiales plásticos por lo regular se su-  
 jetan con arandelas y tornillos metálicos.

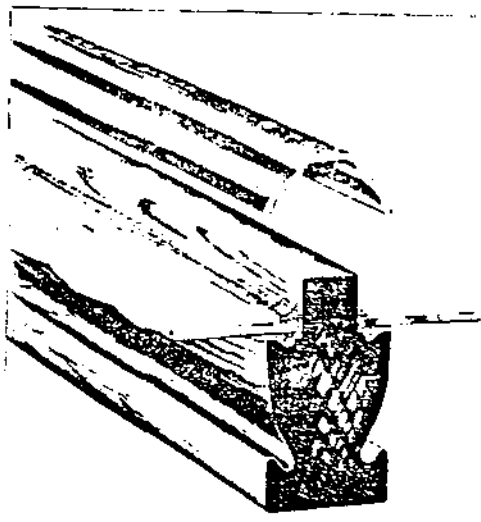
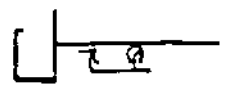
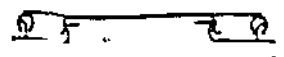
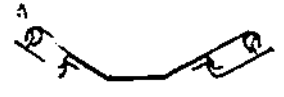
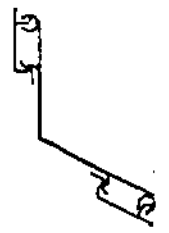
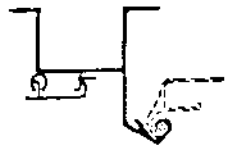
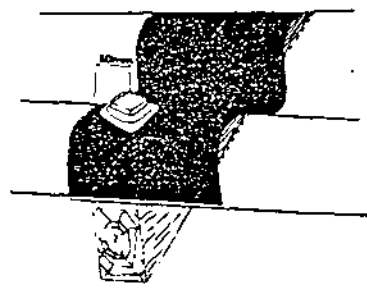
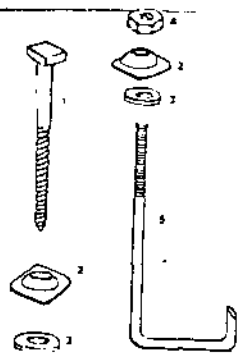
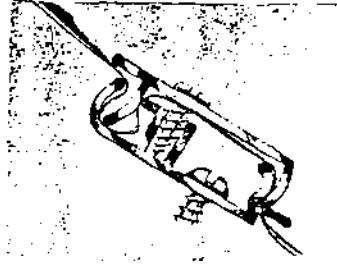
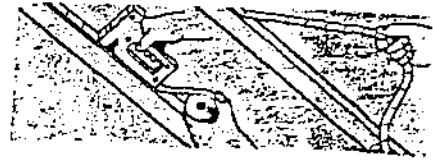
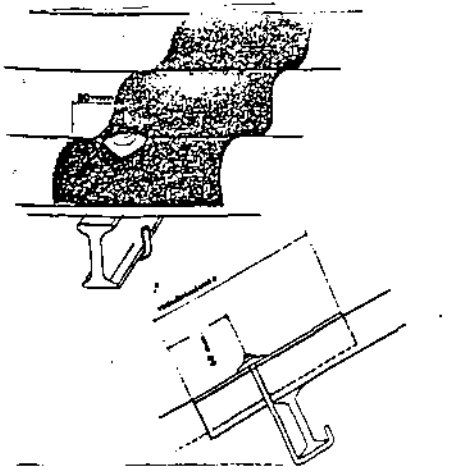


FIG 40

En las placas onduladas se emplean ganchos especiales; para introducir estos ganchos, los orificios que se hacen -- en la placa conviene que estén situados en la parte superior de las ondas para evitar la entrada de agua cuando llueve.

En el caso de estructuras curvas las placas se fijan - con ayuda de cable de acero plastificado.

Existen también soportes prefabricados de muy variadas figuras que cumplen con eficiencia su propósito.

#### 4.4.6. Manejo de los plásticos.

4.4.6.1. Corte de láminas. Cuando la lámina está enrollada - en la bobina de plástico, se puede cortar en la medida que - se precise, cerrando la bobina con una sierra para metales.

Si lo que desea cortar es una lámina, se hará median\_\_ te un filo cortante, a poder ser con unas tijeras, deslizán\_\_ dose por el vértice formado por la lámina plegada en la lí\_\_ nea que se va a cortar.

#### 4.4.6.2. Corte de planchas.

El PVC y PE, cuando tienen un grosor no superior a ---

1.5 milímetros, se pueden cortar con las tijeras de cortar metales.

Para gruesos mayores es necesario emplear otras herramientas que no están al alcance del agricultor.

Si se trata de cortar placas de poliéster habrá de hacerlo con cizallas y sierras circulares.

#### 4.4.6.3. Doblado de placas.

En la línea que se desea doblar y por las dos caras, es necesario emplear un soplete con llama muy débil. Nunca debe fijarse la llama en un lugar determinado. Esta operación se hará al mismo tiempo que se está doblando la placa.

En el poliéster reforzado, las fibras de vidrio no permiten el doblado de las placas, aunque esté caliente.

#### 4.4.6.4. Perforado de láminas.

Para los acolchados, los orificios donde van las plantas se pueden perforar de la siguiente forma:

a) Mediante un bote de ojalata sin tapa, con los bordes afilados.



b) Con tijeras o filos cortantes.

c) Con aparatos especializados que "cortan" el plásti\_ co mediante calor.

Las perforaciones hechas con calor son las más seguras al desgarre, por quedar soldados sus bordes.

Existen en el mercado aparatos ya preparados para per\_ forar el plástico con calor; no obstante, son muy fáciles de confeccionar por el propio agricultor.

Los orificios para airación de túneles o penetración -- del agua de riego en los acolchados se pueden hacer en la -- propia bobina antes de desenrollar, mediante un punzón o con un taladro.

Para taladrar en pláncas plásticas se emplearán bro\_\_ cas de acero de corte rápido.

#### 4.4.6.5. Soldadura.

Las planchas depladas de PVC y PE, se pueden soldar -- pero requieren una técnica que no esta al alcance del agri\_\_ cultor.

Las láminas, si están limpias y, por supuesto, no están envejecidas, pueden soldarse mediante dos pletinas de -- hierro, papel de celofán y un soplete. Se toman las láminas superpuestas por donde se quiere soldar y se colocan en forma de emparedado entre las dos pletinas; entre cada una de las pletinas y el plástico se intercala un papel celofán. A continuación se calienta con el soplete.

#### 4.4.7. Unión de naves en batería.

Las naves de invernadero pueden adosarse unas a otras -- en batería, respetando los límites de anchura aconsejables -- para que se realice una buena ventilación, en el caso de que ésta no sea forzada; para unir las naves se aprovecha lo que sería hilera de pies derechos de una pared lateral de una de las naves para que se apoye la vertiente de la otra nave.

La línea longitudinal que une las naves, forma el ---- desague de las dos vertientes de la cubierta del invernadero. Hay que evacuar la posible agua que se acumule en él.

##### 4.4.7.1. Evacuación de agua de lluvia en naves unidas en batería.

En las naves de invernadero que se unen en batería, -- tanto con perfiles curvos como planos, uno de los problemas-

fundamentales que se deben solucionar al construir el invernadero es la evacuación de las aguas de lluvia que recogen las cubiertas que convergen en la línea de unión de ambas naves.

En un principio, estas aguas se recogían dentro del invernadero en un canal construido sobre el suelo; este canal a su vez se utilizaba para el riego del invernadero; el agua de lluvia encauzada en este canal, se aprovechaba para regar el invernadero si era necesario y, si no, se evacuaba fuera de la instalación.

Más tarde, se han ido dando soluciones que evacúan totalmente por el exterior del techo toda el agua recogida en la línea de convergencia de las naves unidas.

#### 4.4.8. Tratamiento de madera.

Los elementos de madera que forman parte de la estructura del invernadero, precisan de ciertos cuidados antes de aplicarlos en la construcción, con el fin de evitar que se pudran y a la vez prolongar su duración.

a) La madera debe de estar "curada" y nunca recién cortada.

b) Los postes siempre se deben de descortezar pues, -- aparte de que si no se hace es menor su duración, si se deja la corteza se convierte en refugio para todas las plagas que se desarrollen en el invernadero.

c) La madera que se utilice en la construcción de in\_\_vernaderos es conveniente mantenerla sumergida totalmente en un baño de gascil durante más de cuarenta y ocho horas.

d) El extremo que se introduce en el suelo debe quemar\_\_se un poco y, a continuación, pintarle con alquitrán.

#### 4.4.9. Otros detalles en la construcción de invernaderos.

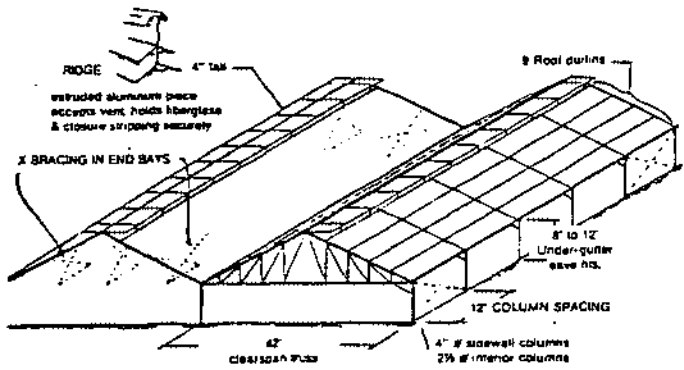
A veces, en las estructuras de tubo de hierro galvaniz\_\_ado se aprovecha parte de la estructura que para, el mismo - tiempo, los tubos sirvan para conductos del agua de riego que se utilice en el invernadero.

En muchos invernaderos de los llamados "capilla a dos-  
aguas" se coloca en el perímetro de la cubierta un alero a --  
fin de evacuar el agua de lluvia y que no penetre por los ---  
huecos de ventilación dentro del invernadero.

\_ A continuación se describen en las figuras algunas de-

**ENGINEERED BY A CIVIL ENGINEER, THE SOLAR LIGHT 42 MEETS UNIFORM BUILDING CODES**

All formed steel is galvanized high strength structural grade steel  
All pipe components are galvanized 30 20C 25 yield; 55,000 ps tensile strength rated



**VERSATILE FRAME IS DESIGNED TO FILL A VARIETY OF NEEDS:**

- 8 1/2 or 3 1/2 foot pitch available
- Cover with fiberglass, double glazed panels, or metal skin
- Readily accepts heat retention systems
- Available with roof vent, single or double, 54" Snow or non snow loading

**AVAILABLE TURN KEY OR PACKAGED FOR THE OWNER-BUILDER**

All frame parts are to form and punched included are all fasteners, ins. closure stripping, and caulking

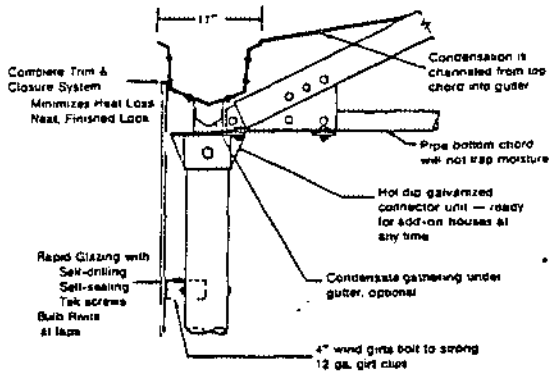
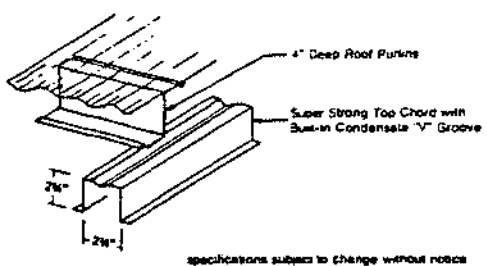
**OUR ENGINEERED SYSTEM OF BRACING COMBINES COMPONENT STRENGTHS FOR A SUPERIOR GREENHOUSE:**

- Kneebraces at sidewall columns
- 2 sets cable X bracing in each line of columns
- 3 sets cable X bracing and 3 pipe stiffeners in each end bay

**LARGE WALK-IN GUTTERS, MID & SIDES. STRONG ENOUGH TO SUPPORT CREWS & EQUIPMENT**

**BUILT-IN CONDENSATE CONTROL**

Condensation is collected in purlin legs and channeled down Top chord "V" groove to gutter. NO DRIP CLIPS ARE REQUIRED

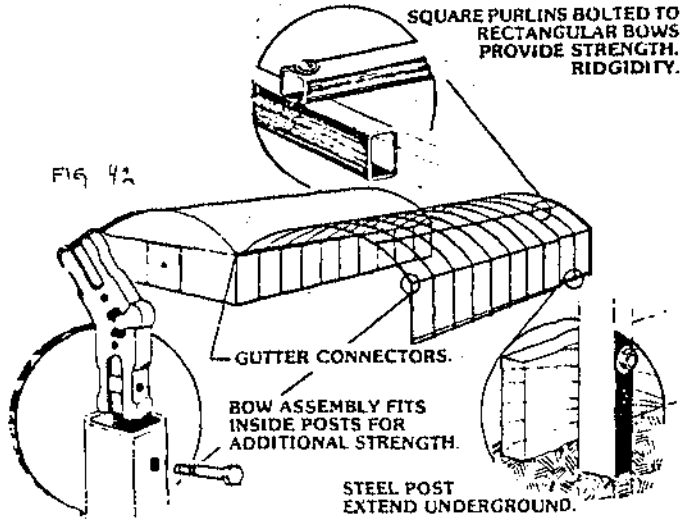


**SL12- ROOF & GABLE FRAME Complete & Ready to Skin w/ Fiberglass**  
All fasteners & closures included (Wall Frames separate)

FIG 41

**SQUARE PURLINS BOLTED TO RECTANGULAR BOWS PROVIDE STRENGTH, RIGIDITY.**

FIG 42



las formas mas comunes de ensamble en las uniones de la estructura de un invernadero.

#### 4.5. Climatización.

Las consideraciones inherentes a la climatología definen la importancia de las características ambientales de una cierta zona y establecen su aptitud para cultivos en invernadero desde un punto de vista económico.

El fin que pretende la construcción de un invernadero es crear un clima artificial más favorable que las condiciones naturales del exterior, cuando éstas son adversas, manteniendo una temperatura y humedad lo más cercano al óptimo para el desarrollo vegetativo de los cultivos.

Este ambiente que podemos llamar "exterior" es el que determina si es posible o no instalar un determinado tipo de invernadero, su orientación, etc., pero el ambiente que realmente nos interesa para los fines de cultivo es el interior, el cual deriva del exterior, pero puede adquirir unas características peculiares que son las que definen cada ambiente particular de invernadero. Nos referimos, al ambiente que se forma en un invernadero antes y después de un proceso de climatización, y de los parámetros determinantes: temperatura, luz, grado higrométrico y concentración atmosférica en -----

anhídrido carbónico.

Como ya dijimos anteriormente, el invernadero es un -- refugio creado esencialmente para proteger las plantas en las épocas del año en que la temperatura es más baja y, por lo -- tanto, al empezar este análisis es conveniente considerar la temperatura, puesto que el balance térmico, junto con la can\_ tidad total de energía luminosa, constituye el elemento prin\_ cipal para determinar la eficacia de un invernadero y un argu\_ mento de estudio para investigadores y técnicos.

#### 4.5.1. Temperatura.

El invernadero es una construcción que siempre se ha - realizado con armadura y soportes muy diversos y con materia\_ les de recubrimiento que dejan pasar las radiaciones solares- que son indispensables para la vida de las plantas. La com\_ posición de la radiación solar incluye radiaciones visibles- y radiaciones invisibles al ojo humano, ambas necesarias pa- ra un desarrollo regular de los numerosos procesos biológi-- cos vegetales.

La fracción invisible de la radiación solar comprende, entre otras, las radiaciones infrarrojas con una longitud su- perior a las 760 $\mu$ . El sol cuya temperatura está calculada -- aproximadamente en 6.000°C, emite una energía de 7-9k Wh/m<sup>2</sup> -

en las regiones ecuatoriales, mientras que en las regiones -- templadas tiene esta misma intensidad solamente en los meses de verano, bajando a un tercio en los meses de invierno. Las radiaciones emitidas por un cuerpo cualquiera están caracteri zadas por la capacidad de emisión, que es una característica física determinada por la naturaleza, por el estado superfi\_ cial de las cuerpos sólidas, y por la composición de la mez\_ cla gaseosa en que se encuentran sumergidos. La capacidad má\_ xima de emisión es la del cuerpo negro. Un punto de origen -- emite energía en un determinado campo de longitudes de onda, - pero existe siempre una longitud de onda característica en la cual se emite la mayor parte de la energía y que se llama --- "longitud de onda del máximo".

La "longitud de onda del máximo" es tanto más corta -- cuanto más elevada es la temperatura. Efectivamente, la radia\_ ción del sol tiene lugar en una banda contenida entre 200 y - 3.000mu comprendiendo la luz visible y el infrarrojo corto. - La "longitud de onda del máximo" es de 500mu y está compendi\_ da en la banda de color amarillo.

Para los objetos a temperatura normal, la emisión tie\_ ne lugar en la banda comprendida entre las 200-300mu y ----- 25.000-30.000mu. (Alpi 1987).



La longitud de onda del máximo está situada hacia las 9.000-100000 $\mu$ m; a esta imisión se le llama radiación terrestre y está formada por infrarrojos largos. La "calidad" de la radiación solar, por lo tanto, no es igual a la de la radiación terrestre.

Todas las radiaciones incidentes son en parte reflejadas y en parte absorbidas y transformadas en calor. Una sustancia que absorbe energía radiante aumenta su temperatura y emite a su vez energía bajo forma de radiaciones.

El cuerpo negro perfecto absorbe toda la luz incidente y emite la mayor cantidad de energía, mientras que otros materiales pueden reflejar todo el flujo incidente sin emitir energía.

La absorción por parte de una sustancia depende de la longitud de onda del flujo incidente. Generalmente los cuerpos, con respecto de las longitudes de onda, se comportan de manera intermedia entre los cuerpos negros y los cuerpos reflejantes. En cambio, los cuerpos reflejantes, en relación con el infrarrojo largo, se comportan como los cuerpos negros.

También la transmisión depende de la longitud de onda del flujo incidente. Todos los materiales usados en los inverna-  
naderos son transparentes para la luz visible y el infrarrojo-

corto. La parte reflejada y absorbida representa tan sólo el 12-20% del total.

Este valor varía, naturalmente, según la inclinación y la orientación de las paredes.

En cambio los materiales de recubrimiento son más o menos opacos al infrarrojo largo. El infrarrojo largo, por lo tanto, será tan sólo reflejado, absorbido o transformado en calor por las paredes del invernadero. En general, la absorción alcanza el 95% y, por lo tanto, la pared de un invernadero se comporta como un cuerpo negro; la energía de la atmósfera es transformada en calor por absorción por parte del recubrimiento y es emitida a su vez por irradiación; esta energía irá, la mitad hacia el exterior y la otra mitad hacia el interior. Después de estos fenómenos, se puede decir que en el interior del invernadero ha pasado una cantidad muy próxima al 50% de la energía que viene de la atmósfera.

Del mismo modo, casi toda la irradiación del terreno y de la vegetación es absorbida por parte de las paredes que vuelven a emitir las radiaciones, mitad hacia el exterior y mitad hacia el interior.

Los revestimientos plásticos, al igual que el cristal dejan pasar los rayos visibles, pero su transparencia es alta

## BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA

también en lo que se refiere al infrarrojo de una gran longitud de onda; esta característica es más acentuada en el polietileno que en el PVC; de todos modos las cosas cambian cuando hay una cutícula de agua de condensación sobre la superficie interior de la lámina de plástico.

Hasta ahora hemos diferenciado tres tipos de radiaciones infrarrojas: las de corta longitud de onda, que van desde 760 hasta 1.000 $\mu$ ; las de mediana longitud de onda, entre 1.000 a 2.500 $\mu$  y las largas, que pasan de 2.500 $\mu$ .

Todas ellas actúan sobre las plantas en sentido morfológico y fisiológico, pero lo más importante de su acción es el efecto térmico, puesto que en cuanto un cuerpo las absorbe, éste se calienta.

En relación con las temperaturas de la atmósfera de un invernadero, las radiaciones más importantes son las infrarrojas cortas, que pasan a través de los materiales de recubrimiento (por cierto, que los materiales usados deben de tener una elevada capacidad de transmitir el infrarrojo corto), y son absorbidas por las plantas, por el terreno y por los otros materiales que se encuentran en el invernadero.

Si tomamos en consideración el cristal, que es un ma

terial muy usado para el recubrimiento de los invernaderos y, como flujo incidente, tomamos la parte visible y el infrarrojo corto del espectro solar, veremos que el cristal es muy transparente, es decir transmite una buena parte de las radiaciones. Así es como se calientan los objetos presentes en el invernadero, los cuales, a la vez, emitirán otras radiaciones infrarrojas con una longitud de onda más elevada.

Efectivamente, se conoce el comportamiento de las radiaciones debidas a excitación térmica. Todos los cuerpos cuya temperatura es superior al 0 absoluto emiten radiaciones.

Las variaciones caloríficas infrarrojas, como consecuencia de su longitud de onda, pueden encontrar un obstáculo al pasar a través del material de recubrimiento, puesto que este, en relación con sus características, contribuye a aumentar la temperatura de atmósfera de invernadero, tanto más cuanto es más impermeable a estas variaciones. Más precisamente, y seguimos hablando de cristal, este flujo de radiaciones de una longitud de onda superior a las 5.000 $\mu$  no es transmitido, sino que es absorbido casi todo por el material de recubrimiento, el cual, a su vez, emite radiaciones caloríficas tanto hacia el exterior como hacia el interior del invernadero. Las radiaciones que van hacia el interior son las que calientan la atmósfera del invernadero.

Este fenómeno es lo que se suele llamar "efecto-invernadero", al que los autores anglosajones llaman "mouse Trap"; este fenómeno permite cultivar plantas en invernaderos desprovistos de calefacción en zonas cuyas temperaturas no les permitiría desarrollarse o que, por lo menos, les haría tener un ciclo vegetativo más largo.

Hemos visto la temperatura de un invernadero depender en su mayor parte del "efecto-invernadero" que nace, por una parte, de la radiación solar y, por otra, de la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento a las radiaciones caloríficas.

Junto con este fenómeno base, tenemos que tener en cuenta una serie de factores que actúan de una manera determinante sobre la temperatura del invernadero y que, además, demuestran que el clima está estrechamente relacionado con otros elementos y que, finalmente, toda variación que tiene el clima es causa y efecto de numerosas variaciones ambientales.

En este punto hay que recordar que, además que por irradiación el calor se puede transmitir también por convección y por conducción. La convección es un fenómeno que interesa a los fluidos y produce la transmisión del calor de un punto a otro de un objeto por medio de un desplazamiento de

las partes del fluido a más altas temperaturas.

La intensidad de este desplazamiento depende de la capacidad calorífica del agua, es decir, de la cantidad de calor contenida por unidad de masa y de la velocidad de sustitución en la masa de aire considerada.

En el aire hay gas y vapor de agua originados del agua por la acción del "calor latente de vaporización". Una masa de aire a una cierta temperatura posee un calor total determinado, del cual un 60% es absorbido por el vapor que así se ha formado; por lo tanto, y como consecuencia de esto, la cantidad de calor sustraído de un medio ambiente un flujo de aire depende en gran parte del estado higrométrico. La velocidad de sustitución depende de la diferencia de presión que haya entre dos puntos de un volumen gaseoso. Esta diferencia puede tener muchas causas. Entre otras, se mencionan las relaciones existentes entre temperatura, presión y viento, el cual, según las fisuras de la construcción, puede provocar una superpresión o una depresión.

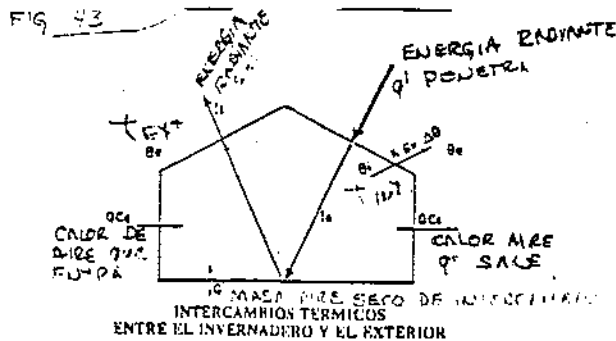
Siempre existen movimientos de aire entre el exterior y el interior del invernadero y desde éste hacia el exterior, puesto que un invernadero nunca es perfectamente hermético.

El calor de un cuerpo pasa a otro por conducción sólo

por efecto de la temperatura, sin que haya desplazamiento de materia. Pongamos el caso de una pared de un invernadero cuyas dos superficies tengan temperaturas distintas: habrá paso de calor desde la pared más caliente a la más fría y desde ésta al aire del ambiente. A esta transmisión de aire se interpone una resistencia tanto más fuerte cuanto más débil resulta ser la turbulencia del aire. Con el término turbulencia queremos indicar los movimientos del aire que se originan en el interior del invernadero por diversas causas, tanto naturales como artificiales (por medio de ventiladores).

El fenómeno de transmisión de calor por irradiación, por conducción y convección, constituye la causa directa de variaciones de temperatura que se aprecian en el interior del invernadero. Efectivamente, en el invernadero existe un gradiente de temperatura que varía desde un mínimo en las proximidades del terreno, hasta un máximo cerca del techo. Los valores de este sector de variabilidad están relacionados directamente con la altura del invernadero. Hay que hacer notar que el conjunto de los fenómenos indicados crea cierto dinamismo al volumen de atmósfera que contiene el invernadero, puesto que al aumentar la temperatura el aire disminuye de peso y tiende a subir. Este desplazamiento provoca en la parte más alta del invernadero una presión superior a la exterior y una presión igual y contraria en la parte más baja.

En un invernadero ideal, que fuera perfectamente hermético, -  
 habría justo en la mitad, entre el techo y terreno, una pre\_\_  
 sión igual a la del exterior que determinaría la formación de  
 una zona neutra. En la parte superior del invernadero, el --  
 aire tiende a salir por efecto de la presión que es mayor, -  
 mientras que en la parte baja el aire frío tiende a entrar --  
 como consecuencia de la depresión.



Este fenómeno de convección provoca un desequilibrio -  
 en las condiciones de temperatura en el interior del invernadero,  
 produciéndose mínimas térmicas a nivel del terreno, las  
 cuales tiende a disminuir por que el aire del interior se --  
 enfría entrando en contacto con las paredes, aumenta su den\_\_  
 sidad y provoca una corriente de aire descendiente, que tam\_\_  
 bién arrastra hacia abajo al aire frío que entra por las ra\_\_  
 nuras. Por todo esto, las bajas temperaturas se forman en con\_\_  
 tacto con el terreno que es precisamente donde mas falta hacen



las temperaturas más elevadas. Se producen, por lo tanto unas dispersiones caloríficas notables en el interior del invernadero por efecto de simples fenómenos físicos, y es conveniente - hablar de estas dispersiones por conducción, convección, renovación de aire, y por irradiación a través del terreno.

En este aspecto podemos resumir, añadiendo algunas consideraciones.

Dándose condiciones favorables, pasa a través del material el 85% del flujo incidente, teniendo en cuenta el ángulo de incidencia y de las propiedades del material de recubrimiento.

El calor de la atmósfera del interior aumenta en relación con el aumento de la temperatura en el exterior. Pero, - puesto que el invernadero nunca está completamente presurizado, habrá un intercambio de aire en una cantidad que varía en relación con numerosos factores (tipo y características constructivas del invernadero, velocidad del viento, etc.). Se -- calcula que en condiciones atmosféricas de ausencia de viento, la cantidad de veces que el aire se renueva cada hora, es de - cir, la cantidad de veces que en una hora un volumen de aire - igual al del invernadero pasa, desde el interior hacia el exterior, es del orden de un 0.3 hasta 3, según la calidad de - la construcción (Alpi, 1987). Puede haber, pues, un intercam -

bio que puede tener mucha importancia si el aire que penetra es frío y relativamente seco y el que sale es cálido y húmedo. El aumento de la temperatura en un invernadero será mayor en tanto mayor sea la hermeticidad del invernadero.

Una parte del calor que se produce por absorción de las radiaciones pasa por conducción al terreno que, de este modo, llega a ser un almacén de calor; el cual será liberado en parte en el transcurso de la noche.

Por lo tanto, por efecto de las radiaciones solares, la temperatura media de un invernadero aumenta notablemente hasta llegar a perjudicar a las plantas (más de  $50^{\circ}\text{C}$ ); hay que hacer notar que, si el material de recubrimiento deja pasar fácilmente las radiaciones emitidas por la superficie del terreno del invernadero y por las propias plantas y, estando sereno el cielo, por la noche puede haber una inversión de la temperatura, es decir, una temperatura en el interior del invernadero inferior al exterior. Resulta claro que, si se quiere aprovechar la radiación natural en los meses de más frío y aumentar por consiguiente la temperatura del invernadero, habrá que utilizar recubrimientos que dejen pasar la luz visible y el infrarrojo corto, es decir, que dejen pasar el campo de las longitudes de onda que van de 300 hasta  $2.500\mu$ . El material de recubrimiento además no tendrá que dejar pasar las radiaciones con longitud de onda de  $10.000\mu$  correspondiente

al máximo de la radiación terrestre, para favorecer al máximo el "efecto invernadero".

Unas consideraciones aparte merecen los materiales de recubrimiento (con respecto a la ya mencionada relación entre temperatura e irradiación), los cuales actúan considerablemente sobre el aumento de la temperatura en el invernadero. Por ejemplo, todo tipo de recubrimiento que sea menos transparente que el cristal provoca un aumento de la temperatura inferior al cristal y, por el contrario, todo material de recubrimiento que sea más permeable a las radiaciones produce un aumento de la temperatura superior al del cristal, como ocurre con algunos plásticos.

Los distintos tipos de recubrimientos tienen distintas capacidades de transmitir las radiaciones. El cristal no deja pasar las radiaciones cuya longitud de onda varíe entre 3.000 y 30.000  $\mu$ , que son las emitidas por los cuerpos calientes presentes en el invernadero. Por el contrario, el polietileno deja pasar la mayoría de estas radiaciones con tal de que la superficie del interior del invernadero permanezca seca.

Efectivamente, según las experiencias hechas por Morris (1963), en los días de sol y de calor, se ha apreciado una temperatura de la atmósfera en el interior del invernadero de polietileno inferior en unos  $6^{\circ}\text{C}$  con respecto de la que

había en un invernadero de cristal.

Esta diferencia entre el cristal y el polietileno puede acentuarse aún más en el transcurso de la noche. En los días de más frío, en un invernadero de cristal, la temperatura es de algunos grados más alta que en el exterior; sin embargo en uno de polietileno la temperatura interior se ha mantenido a veces por debajo de la del exterior. Incluso las heladas han sido menos frecuentes en un invernadero de cristal que en uno de plástico, debido a las pérdidas de calor radiante que es mayor con estos materiales. Sin embargo, la superficie interior de un invernadero de polietileno que está en parte cubierto por agua de condensación, tiende a anular la transparencia a las radiaciones de grandes longitudes de onda; la mayoría de las pérdidas de calor por parte de un invernadero se producen por conducción a través del material de recubrimiento.

Las pérdidas de calor debidas al tipo de material usado para los soportes (hierro, madera, plástico) son considerables y son proporcionales al calor específico del propio material.

El calor que procede de la superficie exterior se transmite sobre todo por convección, por irradiación y, en algunos casos, también por evaporación de la lluvia y/o debido a la nieve que se derrite.

La transmisión del calor por convección, condensación y evaporación, se limita a las capas de aire estancado que está cerca de ambas superficies del cristal, el cual es buen aislante. Es por esta razón por lo que el calor se dispersa más rápidamente y en mayor cantidad cuando el aire está en movimiento dentro y fuera del invernadero.

Las pérdidas de calor debidas a irradiación no aumentan por efecto del viento; en cambio, estando el cielo despejado, las pérdidas son mucho más elevadas que cuando está cubierto de nubes. La pérdida de calor debida al movimiento del aire ha sido calculada mediante un coeficiente de ventilación calculando la disminución de la concentración de un gas indicador. Pudiéndose apreciar que era máxima en los días de viento, y que para un invernadero de cristal en buenas condiciones y completamente cerrado variaba de un 10 hasta un 25% de la pérdida total. Puede además haber un intercambio de calor entre la atmósfera y el terreno.

Caso de haber diafragma doble, el tipo cristal + plástico provoca, según los estudios del Instituto Agronómico de Gembloux, un aumento de  $1.5^{\circ}\text{C}$  en las temperaturas mínimas nocturnas con respecto del invernadero provisto de doble capa de cristal se apreciaban térmicas de  $2.5^{\circ}\text{C}$ , superiores al testigo.

Numerosas experiencias han demostrado que la temperatura del aire en el centro de un invernadero de grandes dimensiones no está sujeta a variaciones en más o en menos, tanto como lo puede estar en un invernadero pequeño. La cantidad de energía térmica y luminosa que las superficies de recubrimiento captan está en relación, no solamente son las dimensiones, sino también con la inclinación de las vertientes del tejado y de las paredes laterales.

Por consiguiente, el constructor tendrá que decidir entre un invernadero con mucha luz o uno pequeño con menos luz pero con pérdidas de calor inferiores.

Debido a la acción inicial de las radiaciones solares, se calientan todos los objetos que están a su alcance (plantas y terreno). Luego este calor se dispersa debido, en parte, a que el aire se calienta, y en parte a través de la evaporación del agua, en parte a que el aire se calienta, y en parte a través de la evaporación del agua, en parte por irradiación y, en el caso del terreno, se dispersa por conducción en las capas superficiales.

En un invernadero en el cual se cultiven plantas con follaje poco desarrollado, la mayor parte del calor solar es absorbida por el terreno y, de este modo, una parte de la energía térmica que allí se almacena puede ser luego emitida otra vez.

Si las plantas que están en el invernadero cubren la superficie del terreno con sus hojas, para evaporar la humedad que las hojas transpiran, será necesario casi la mitad del calor solar. Hay que considerar el hecho de que las necesidades térmicas de las plantas cultivadas están en relación directa con las radiaciones solares recibidas.

Pero ha llegado el momento de hablar del acondicionamiento en su significado mas amplio y más completo, es decir, el que va desde el control de las bajas temperaturas en el invierno hasta el control de las temperaturas en la temporada primavera-verano, así como de la regulación de la temperatura del terreno. Para una buena conducción de la temperatura en un invernadero son de fundamental importancia los medios y los sistemas de regulación y, por tanto, los analizaremos a continuación.

#### 5.4.1.1. Calefacción.

La calefacción del invernadero se puede efectuar por dos medios: a través de la atmósfera a través del suelo, o bien de ambos.

El aire tiene una inercia térmica débil y, por lo tanto, el calor se difunde en su masa casi exclusivamente por convección, la cual puede ser activada artificialmente; por

el contrario, el suelo tiene una gran inercia y el calor se transmite casi exclusivamente por conducción.

Por lo general, los sistemas térmicos actúan sobre la atmósfera, tanto para bajar como para subir la temperatura, mientras que sobre el suelo sólo actúan para subirla, la calefacción del invernadero se logra mediante aparatos que transmiten energía por irradiación o por convección.

La relación; energía producida bajo forma radiante, -- entre la energía total proporcionada, puede variar en relación con la ubicación de los aparatos, con la temperatura de las superficies que son fuentes de calor y con la velocidad del aire que los rodea y, por lo tanto, tomando como base esta -- relación, podemos agrupar los sistemas de calefacción en dos grupos distintos: "convectivos" (aerotérmicos) y radiantes -- (paneles radiantes).

Y por lo que se refiere a los aparatos de calefacción en sí, también podemos hablar de dos distintos grupos: uno -- que comprende los sistemas estáticos y otro que incluye los sistemas termodinámicos.

Al primer grupo pertenecen los sistemas que transmiten el calor directamente al ambiente desde una superficie caliente, como por ejemplo los radiadores, los tubos de aletas, ---



etc., mientras que el segundo grupo lo forman los aerotermos, los generadores de aire caliente, los termocondicionadores, etc., es decir, sistemas que provocan la circulación del aire, previamente calentado, en el interior del invernadero.

El acondicionamiento térmico persigue varios fines, -- uno de ellos es conseguir una distribución homogénea de la -- temperatura en el interior del invernadero y esto se consigue colocando oportunamente y en distintos puntos del invernadero los aparatos de calefacción.

Una convección fuerte permite limitar el número de aparatos de acondicionamiento, pero hay que cuidar que el aire no alcance demasiada velocidad, por lo que se recomienda ---- fraccionar las fuentes de calor.

Los aparatos de calefacción, además, deben de tener una inercia térmica débil porque la radiación natural está sujeta a cambios rápidos y el aire tiene un calor débil. Además tiene que ocupar poco sitio para que quede libertad de movimiento en el interior del invernadero (mecanización, etc.). (Alpi, 1987).

En todos los sistemas termodinámicos, un ventilador empuja el aire a través del generador de calor; generalmente, el aparato se coloca en el centro del invernadero con el fin de lograr una mejor distribución del calor. También se pueden co\_

locar fuera, para proporcionar calor a un grupo de invernaderos. Un inconveniente es el que se produzcan fallas mecánicas en los que se encuentran colocados dentro del invernadero y descargen gases de combustión dentro del mismo, en el caso el cultivo puede sufrir la acción de gases tóxicos, como, por ejemplo, anhídrido sulfuroso, que es de los más dañinos.

Un inconveniente del sistema de calefacción estático, (radiadores) es: se puede formar una zona neutra que, con respecto del nivel del suelo será tanto más alta cuanto más calor se proporcione al invernadero.

En los sistemas termodinámicos el aire aspirado por el aparato de calefacción sale luego con una temperatura más elevada. Se determina así una disminución de su intensidad con el consiguiente aumento de la presión, por lo cual la presión interna del invernadero resulta ser más alta que la exterior y, por lo tanto, bajará la zona neutra, lo que provocará una mayor uniformidad del calor en el interior del invernadero.

El sistema de calefacción termodinámica tiene otras ventajas: su instalación no es cara, los aparatos pueden colgarse de la estructura y además dejan más libre la superficie cultivada, sin contar con que el movimiento del aire, con o sin calefacción, puede resultar beneficioso para las plantas y que,

además, las corrientes de aire caliente eliminan la condensación que se puede formar sobre la superficie de los materiales de cobertura del invernadero. Por el contrario, los sistemas termodinámicos presentan las siguientes desventajas: el terreno no se calienta, en cuanto se trata de calefacción --- por convección y en los invernaderos de gran tamaño se registran variaciones de calor entre una zona y otra, variaciones que pueden ser eliminadas mediante uso de tubos especiales de plástico flexibles, oportunamente perforados y colocados en sentido longitudinal, con objeto de que el calor se distribuya de una manera más uniforme. También se puede calentar el terreno, aplicando a la boca del generador los tubos, pero -- en este caso con los agujeros hacia el terreno; éstos serán -- más numerosos o tendrán mayor diámetro según su distancia al generador con el fin de asegurar uniformidad en la salida del aire caliente.

Hay que notar que si se produce una avería, el enfriamiento es rápido, debido a la débil inercia del sistema termodinámico, mientras que con una calefacción a radiador, el agua asegura en todo caso, un nivelador térmico. El generador de -- aire caliente, además, crea en los ambientes una uniformidad -- de temperatura inferior, mientras que los movimientos del ---- aire provocan mayores pérdidas caloríficas, pero, de todos modos, hay que tener en cuenta que, con este tipo de aparato la regulación de la temperatura es más sencilla (termostatos, val

vulas). El calentamiento del terreno se limita en general a casos particulares, sin embargo, siempre hay que pensar en su posible aplicación, porque pueden presentarse algunas molestias fisiológicas que se manifiestan en los cultivos de invernadero debido a diferencias de temperatura entre la atmósfera y el terreno.

De todas formas, cuando haya que calentar el terreno, hay que tener en cuenta que, debido a la ausencia de fenómenos de convección, lo primero que hay que hacer es repartir oportunamente las fuentes de calor para evitar diferencias de temperatura entre una zona y otra. No hay que olvidar, además, que se pueden ocasionar en el terreno fuertes variaciones de temperatura en el caso de que el calentamiento no esté hecho con las debidas precauciones y que, además, esto provoca un notable desplazamiento de agua hacia la atmósfera.

#### 4.5.1.1.1. Calefacción del suelo.

Dar calor al suelo por medios artificiales es caro; --- en muchos de los cultivos que se realizan en el invernadero no es rentable su empleo cuando se comparan los resultados obtenidos con el gasto originado; en cambio, existen otros cultivos altamente rentables, como algunos de flor cortada y plantas de ornato, así como la multiplicación de todo tipo de plantas --- (semillero, esquejes, etc.), puede ser de gran interés la ca\_\_

lefacción al suelo.

Varios son los sistemas de uso para dar calor al suelo, siendo los más interesantes la calefacción por agua caliente y la que se hace por medio de resistencias y parrillas eléctricas.

El suelo también se puede calentar por medios indirectos como las camas calientes, enarenados, acolchados de plástico e, incluso túneles de plástico.

El sistema de calefacción a través de camas calientes consiste en poner debajo del suelo de cultivo una capa de medio metro de espesor de estiércol fresco o de paja en plena fermentación.

Las camas calientes son bastante caras por la mano de obra que lleva su preparación; además, el estiércol idóneo para este sistema, como es el de ganado equino. Por otra parte, la temperatura de la fermentación no puede ser regulada por el agricultor y el desprendimiento de calor disminuye progresivamente, no siendo su duración mayor de sesenta días en los casos más aceptables.

El método de acolchado plástico puede conseguir una elevación de algunos grados en la temperatura del suelo, durante-

las horas de luz solar.

Este tipo de calefacción se utiliza fundamentalmente para acelerar el nacimiento de las plantas y adelantar los cultivos. En el primer caso se emplea para acelerar la germinación y nacimiento de bulbos y semillas, tanto en semilleros como en cultivos; al día siguiente de que hayan nacido las plantas es necesario retirar el plástico.

En el caso de que se utilice para adelantar los cultivos, se puede emplear con resultados óptimos en aquellos invernaderos sin calefacción, establecidos en lugares geográficos fríos, para cultivos de invierno.

El método de enarenado es otro medio que sirve para aumentar la temperatura del suelo sirviendo también básicamente como protección del suelo.

Un moderno sistema de calentar el suelo es lo que se hace con electricidad por medio de resistencias eléctricas. El calor que se produce en estas resistencias calienta el suelo de cultivo que las rodea; el calor se acumula en la arena o en la tierra y, entonces, por medio de un termostato que regula la temperatura, la resistencia funciona intermitentemente conservando el suelo a una temperatura regulada y determinada por el agricultor.

Las instalaciones de calefacción eléctrica se pueden realizar a tensión de 220 voltios o a muy baja tensión (24 voltios).

En el caso de que el invernadero disponga de calefacción por agua caliente o vapor de agua, el suelo se puede calentar por medio de este sistema mediante tuberías de hierro o policloruro de vinilo, colocadas a cierta profundidad en el suelo.

El agua caliente que se conduzca por estas tuberías no debe estar a más de 50°C de temperatura.

#### 4.5.1.1.2. Calefacción del aire.

En la mayor parte del país no es necesario dar calor artificial durante las horas de luz solar en el invierno a los invernaderos, pues, aunque haga frío en el exterior, la temperatura que se consigue en el interior es agradable y pocas veces suele bajar de los 20°C.

En cambio, por las noches la temperatura es baja, los termómetros pueden bajar cerca de los 0°C durante algunas horas de la madrugada en los meses de diciembre y enero.

Cuando las temperaturas bajan de los 8-12°C, según los

casos, la mayoría de las plantas paralizan su desarrollo vegetativo y tardan más tiempo en recuperarse cuanto menores sean las temperaturas mínimas a que quedan sometidas. Es más, cuando llegan a un cierto mínimo, variable para cada especie, la temperatura empieza a ser gravemente perjudicial para las plantas y si la temperatura baja más de los 0° a 3°C bajo cero es fatal para la mayor parte de las plantas cultivadas en invernadero.

Unos cultivos son más sensibles que otros a los perjuicios derivados de las bajas temperaturas; esto es necesario tenerlo muy en cuenta a la hora de señalar las fechas de cultivo y de aportar calefacción para elevar las temperaturas mínimas.

Se considera conveniente que cuando las temperaturas desciendan por debajo de las mínimas para cada cultivo, exista en el invernadero un foco calorífico artificial que mantenga como mínimo ese nivel de calor, sin dejar bajar el termómetro a temperaturas menores. Lógicamente, mantener la temperatura del invernadero en los límites óptimos de cada cultivo sería el ideal, pero estos óptimos, en muchos casos, no resultan rentables para la mayoría de los cultivos.

Antes de entrar a la descripción de los diferentes sis



temas directos de calefacción, se pretende no dejar pasar por alto otros medios que, aunque no producen calor, si lo acumulan y evitan que se irradie hacia el exterior; estos medios son la cámara de aire en la cubierta y la utilización de túneles dentro del invernadero. En caso de urgencia y cuando la temperatura está en los límites de la helada, si la duración de la situación es de poco tiempo, puede evitarse daños catastróficos que produce la helada mediante la utilización de humo dentro del invernadero y la producción de vapor de agua.

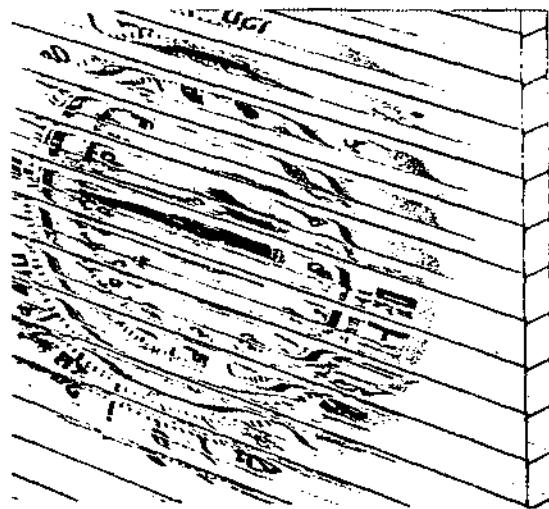
Cámara de aire; este procedimiento consiste en colocar por la parte interior del invernadero una lámina de poletileno, de poco grosor, paralela a la placa o lámina de la cubierta exterior, a una distancia aproximada de 10 centímetros.

Entre estas dos cubiertas se forma una cámara aislante de aire que impide que se escapen las radiaciones emitidas -- por el suelo y plantas e, incluso, conserva durante más tiempo el calor natural acumulado durante el día. Esta doble cubierta evita que se produzca el fenómeno térmico de la inversión; en el caso de utilizar calefacción se ahorran calorías.

Para la colocación de esta lámina interior se aprovecha la estructura del invernadero; entre menos contactos tenga la cubierta exterior con esta lámina, mejor realiza sus --

funciones de aislante térmico.

En los invernaderos sin calefacción en que se produzca la "inversión térmica" o cuando las temperaturas exteriores lleguen a 3 o 4°C bajo cero, esta doble capa permitirá que la atmósfera del invernadero mantenga una temperatura de un par de grados por encima del cero.



Para invernaderos sin calefacción, en épocas frías, tiene un gran interés la instalación de túneles de plástico dentro del invernadero; con estas instalaciones pueden conseguirse unas diferencias de temperatura de 5 a 7°C, a favor del túnel respecto de las del exterior, cuando el termómetro al aire libre oscila entre los -5 y +5°C.

Para la construcción de estos túneles se aprovecha la estructura del invernadero; a una altura de un metro y medio sobre el suelo, se prepara un bastidor de alambre galvanizado que se apoya en los pies derechos del invernadero; sobre este bastidor se coloca el toldo de plástico, en gueso de 300 a 400 galgas, arrastrándolo hasta el suelo. De esta forma, quedan hechos unos túneles, de un ancho igual al de la separación de los pies derechos transversales del invernadero y una longitud variable dentro de los límites del invernadero; la altura, como se dijo antes, de metro y medio.

La inversión térmica que se produce algunas veces en los invernaderos, puede evitarse evaporando agua dentro de la instalación por algún foco calorífico.

Al efectuarse esta evaporación de agua, por una parte se aumenta la humedad relativa de la atmósfera del invernadero y, por otra se incorporan a la misma atmósfera, repartidas de una forma muy uniforme, las calorías que se están produciendo en el foco calorífico donde se calienta el agua que se evapora.

Esta humedad y este calor que se aportan a la atmósfera del invernadero puede ser suficiente para evitar la "inversión térmica" incluso, aunque no se produjera este fenómeno -

físico, se puede evitar que la temperatura disminuya una pequeña fracción y esto, cuando el termómetro está alrededor de los 0°C, puede ser fundamental para salvar a los cultivos de los efectos destructivos del frío.

La formación de cortinas de humo dentro del invernadero, cuando se aproxima la salida del sol en la madrugada, puede menguar los efectos de una helada de poca magnitud y duración.

Lógicamente este sistema no es muy ortodoxo, pero en caso de instalaciones sin calefacción o en el supuesto de que, teniéndola, sufriera una avería, si la helada es suave (de 0° a 3° bajo cero) y de corta duración, si se forman estas cortinas de humo hasta que se produzca el deshielo podría evitarse o, al menos, disminuir los daños de la helada.

Si hubiese necesidad de recurrir con frecuencia a estas cortinas de humo, existe el inconveniente de ensuciar el plástico por la parte interior de la cubierta, con pérdida de transparencia.

Para seleccionar un adecuado sistema de calefacción directa se requiere saber las necesidades de calefacción en el invernadero; se pueden clasificar estas necesidades en tres:

- Evitar que se produzcan heladas.

- Conseguir que las plantas no paralizen su desarrollo por consecuencia de bajas temperaturas.

- Producir una temperatura mínima óptima.

Los dos primeros casos son los más frecuentes, no así el último el cual se presenta en cultivos especiales.

Una vez determinado los requerimientos de calefacción se debe tener en cuenta los factores para el cálculo de las necesidades caloríficas de un invernadero:

- Salto térmico que se quiere exigir a la instalación; es decir, las diferencias de temperatura entre las mínimas -- más bajas del exterior y las mínimas que queremos que existan en el invernadero.

- Las pérdidas de calor producidas por la renovación o entradas de aire frío (forzado o natural).

- La superficie de cubierta, tanto de paredes como del techo.

- El rendimiento térmico de la instalación.

- El régimen de vientos.
- El volúmen de aire del invernadero.
- El material de cubierta.

Sin la necesidad de hacer cálculos, con experiencia recogida en ejemplos reales, el número de kilocalorías por metro cuadrado de superficie de invernadero, necesarias para la instalación, sería el indicado en el cuadro siguiente:

Zona Cálida -----	100 kcal/m <sup>2</sup>
Zona semicálida-----	150 kcal/m <sup>2</sup>
Zona fría-----	200 kcal/m <sup>2</sup>

Para el cálculo rápido sin tener en cuenta la renovación de aire y otros factores, emplearemos la fórmula siguiente:

$$Q = K.S.(t_1 - t_e)$$

en que:

Q = Cantidad de kilocalorías necesaria por hora.

K = Constante que tiene los siguientes valores:

- Vidrio:  $K = 5 \text{ Kcal/hora m}^2$
- Poliéster de 400 galgas: 6 a 6.5
- Poliéster de doble cámara: 2.7
- Poliéster corriente: 4.5 a 5
- Hierro: 6.5

S = Superficie en metros cuadrados de paredes y techo.

$t_1 - t_e$  = Salto térmico = temperatura mínima del interior.  
( $t_1$ ) que se desea, menos la temperatura mínima  
media exterior ( $t_e$ ) más baja a lo largo del año.

Al resultado obtenido se le añade un 10 a 15% más y se tiene el cálculo aproximado de las kilocalorías/hora, necesarias para calentar un invernadero con el salto térmico que se quiera. (Serrano, 1983).

Para un estudio más completo, el cálculo se hará de la siguiente forma:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Q = Kilocalorías necesarias

$q_1$  = Pérdida de calor por superficie

$q_2$  = Pérdida de calor por renovación de aire

$q_3$  = Pérdida de calor por el suelo

$q_4$  = Pérdida de calor por radiación del suelo y plantas.

$q_1 = K_1 \cdot S_1 (t_1 - t_e)$

$K_1$  = Vidrio = 5

Poliéster 400 galgas = 6 a 6.5

Poliéster doble cámara = 2.7

Poliéster = 4.8 a 5

Huerro = 6.5

$S_1$  = Superficie en  $m^2$  de paredes y techo.

$(t_i - t_e)$  = Salto térmico.

$t_i$  = Temperatura mínima interior.

$t_e$  = Temperatura mínima exterior

$$q_2 = Ra \cdot Vin \cdot 0.307(t_i - t_e)$$

Ra = Número de renovaciones de aire por hora.

Vin = Volumen del invernadero

$(t_i - t_e)$  = Salto térmico

$$q_3 = K_2 \cdot S_2 (t_i - t_e)$$

$$K_2 = 1.8$$

$S_2$  = Superficie en metros cuadrados del suelo.

$(t_i - t_e)$  Salto térmico.

$$q_4 = 4.4 \cdot 10^{-8} \cdot S_2 \cdot P(t_i - t_e)^4$$

$S_2$  = Superficie en metros cuadrados del suelo

$(t_i - t_e)$  Salto térmico.

$$q_4 = 4.4 \cdot 10^{-8} \cdot S_2 \cdot P(t_i - t_e)^4$$

$S_2$  = Superficie en metros cuadrados del suelo.

P = Poliéster = 0.8

Poliéster doble 0.64

Policloruro de vinilo = 0.3

Vidrio = 0.004

$(t_i - t_e)$  = Salto térmico elevado a la cuarta potencia.



La aportación de calor artificial en la atmósfera del invernadero se puede realizar de diferentes formas. Los sistemas empleados son variados y distintos, pudiéndose hacer desde lo más rudimentario, como una simple estufa de leña, hasta los sistemas más modernos automatizados de calefacción central o aire caliente.

Para un estudio más racional de los distintos sistemas de calefacción, los dividimos en dos grupos:

a) Los sistemas que el aire se calienta en un calentador y mediante ventiladores se impulsa en la atmósfera del invernadero; este conjunto lo denominaremos "calefacción por aire impulsado".

b) Los sistemas en los que se calientan unos radiadores o estufas y por convección e irradiación se caldean las capas de aire que rodean a esos focos caloríficos; estos procedimientos, en que su mayor parte corresponden a los sistemas de agua caliente, los vamos a llamar "calefacción por convección-irradiación".

#### 4.5.1.1.2.1. Estufas.

En el mercado existen tipos de estufas que producen calor mediante el aporte de combustibles o energía eléctrica.

Estas estufas pueden calentar el aire por convección, - radiación y por movimiento de aire. En el primer caso son --- simples estufas que calientan el aire y que se alimentan a base de petróleo, gasolina, aceite quemado, productos vegetales, --- carbón, butano, etc. Las estufas que calientan la atmósfera por movimiento del aire son las mismas que las del caso anterior - en las que se acopla un ventilador accionado por energía eléc\_ trica o por motor de combustión, que absorbe el aire caliente- de alrededor de la estufa y lo lanza a la atmósfera del inver\_ nadero; en otros casos, el aire del ambiente del invernadero - es tomado por el ventilador y lanzado a través del foco calorí\_ fico, donde se calienta al pasar por él y, a continuación, cal\_ dea la atmósfera del invernadero.

#### 4.5.1.1.2.2. Generadores de aire caliente.

Se puede hacer la instalación de la calefacción usando generadores de aire caliente. Este sistema ofrece dos vías:

a) El aire caliente pasa directamente del generador al interior del invernadero, donde se difunde por convección. -- Los gases de descarga se eliminan a través de una chimenea.

b) El aire caliente mezclado con los gases de descarga se le hace circular en el invernadero y luego se le eliminan- a través de tuberías especiales que lo descargan en el exte\_\_

rior. Se favorece la circulación del aire por medio de un ventilador que puede estar colocado al principio o al final de la chimenea; ponerlo al final es su mejor colocación, por que reduce las eventuales fugas de gases a través de las juntas, puesto que los gases pueden tener consecuencias muy perjudiciales para las plantas; por ejemplo en los tomates se manifiesta epinastias y caída de frutos.

Puede decirse que para el acondicionamiento térmico los dos sistemas equivalen; en efecto, unas experiencias llevadas a cabo en Virginia (massey) han demostrado que no existían diferencias de temperaturas en dos invernaderos provistos cada uno de un sistema. Por el contrario, se ha podido apreciar una diferencia notable en el índice de humedad relativa porque, mientras que en el segundo sistema de calefacción los valores de la humedad relativa se mantenían alrededor del 83%, en el invernadero acondicionado con el primer sistema de humedad relativa bajaba hasta un 66.6%.

En una estación experimental de Missisipi (More, E.L., Jones, T.N. 1963) ha sido utilizado un sistema de calefacción en el cual la circulación del aire caliente procedente de un generador era provocada por ventiladores colocados en su mayoría en el interior del invernadero y en la parte más alta. Se ha introducido una pequeña parte del aire caliente en tuberías de plástico perforadas, colocadas a los lados del -----

invernadero y a un nivel del suelo. De este modo se ha logrado una distribución uniforme de la temperatura en toda la masa -- del aire del invernadero. Para alcanzar este resultado y para evitar la llamada zonas de "sombra", perniciosas para la uniformidad del desarrollo de las plantas protegidas en el invernadero, hay que poner mucho cuidado en la colocación de las -- fuentes de calor hasta conseguir la más apta.

El generador puede colocarse tanto en el interior como en el exterior. En el primer caso el aparato tiene que tener a su disposición una cantidad de aire suficiente para la combustión y tiene que disponer de una chimenea para la eliminación de los gases hacia el exterior.

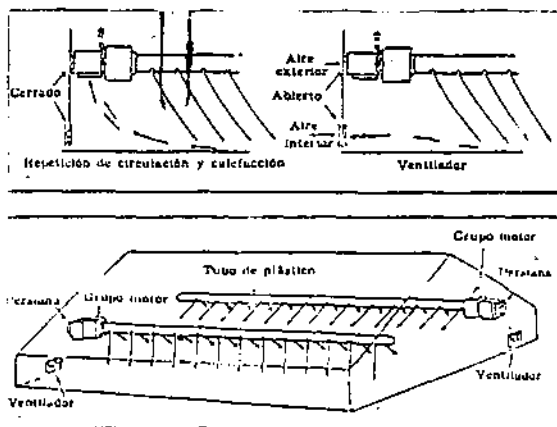
La colocación de los aparatos en el exterior puede hacerse de una manera que sirva para mas de un invernadero; a veces se les coloca en una construcción especial (central térmica) desde la cual salen las diversas ramificaciones para calentar los distintos invernaderos.

En ambos casos el aire caliente puede ser encauzado -- por medio de un ventilador en tuberías de láminas plásticas -- perforadas. Estas estarán colocadas aproximadamente a 1.5M -- del terreno y permitirán una distribución más uniforme del calor y mayor turbulencia del aire.

En efecto, cerca del generador, en condiciones normales, existe una temperatura bastante superior a la que se necesita por la planta, puesto que se alcanzan niveles térmicos estables solamente a cierta distancia del generador.

Estas tuberías de plástico tienen dos ventajas: se pueden desplazar con facilidad según las exigencias y se pueden regular a mano la cantidad de calor introducido por medio de una válvula de mariposa. Se puede controlar el caudal del aire caliente también por medio de las perforaciones que estarán colocadas en menor cantidad cerca del generador y en mayor cantidad al otro extremo.

El sistema de calefacción de aire ofrece la posibilidad de utilizar el sistema de ventilación para el enfriamiento en las épocas de más calor.



Sistema de calefacción y ventilación con ayuda de plástico. (Plastic Review, 1968)

#### 4.5.1.1.2.3. Aerotermos.

Los aerotermos son aparatos que mediante agua caliente o vapor de agua, calentados en calderas o generadores de agua caliente, calientan el aire que les rodea y por medio de potentes ventiladores lo impulsan en la atmósfera del invernadero.

El agua o el vapor procedente de la caldera central llega al aerotermo instalado en el invernadero a través de una tubería de hierro; el aparato consta de un radiador con bastantes paneles y de un ventilador.

El agua o vapor de agua, después de calentar el radiador, retorna de nuevo a la caldera por otra tubería; el agua puede moverse en la tubería por termosifón o mediante una bomba impulsora.

#### 4.5.1.1.2.4. Termosifón.

Este sistema ha sido el primero en ser utilizado en el acondicionamiento térmico de los invernaderos y podemos decir que está considerado, al igual que para las viviendas, el sistema de calefacción tradicional.

El principio sobre el cual se basa el funcionamiento -

de estas instalaciones es: el agua caliente circula por simple gravedad en tuberías especiales. En otras palabras, el sistema está provisto de una caldera en donde el agua se calienta y luego es enviada a las tuberías donde circula en virtud de la diferencia de densidad que hay entre el agua caliente que sale de la caldera y la que, después de hecho todo el recorrido, vuelve a la caldera con temperatura más baja.

Las primeras instalaciones se hicieron con tuberías de un diámetro muy grande (4 pulgadas); luego se utilizaron tuberías más pequeñas y, en tiempos recientes, la circulación sencilla ha sido sustituida por la circulación forzosa y en estos casos se han hecho inyecciones de vapor en el agua que circula, o también se ha inyectado vapor de agua en las tuberías de la calefacción.

Por lo que se refiere al uso del radiador de circulación sencilla es necesario que haya un desnivel muy fuerte entre la caldera y las tuberías de la calefacción. Esto se ha logrado poniendo en los invernaderos la caldera por debajo de las tuberías.

Para eliminar el desnivel necesario entre la caldera y las tuberías se ha introducido en el sistema una bomba, por medio de la cual el agua circula sin tener que depender de la colocación de la caldera. Esta modificación, junto con el

encendido eléctrico de la caldera y con la regulación de la temperatura del agua y del ambiente mediante termostato, permite un control de las condiciones climáticas del invernadero mejor que antes y además una reducción del costo de funcionamiento.

Sin embargo, la adopción de estos mecanismos automáticos de control en las instalaciones hechas usando tuberías de diámetro grande, no permitía alcanzar los resultados apetecidos, porque la masa tan grande de agua que circulaba ocasionaba una fuerte inercia térmica que no permitía el correcto funcionamiento de los termostatos.

Este hecho indujo a adoptar tuberías de diámetro más pequeño que además de contener un volumen de agua interior, proporcionaban asimismo una inercia térmica inferior y tenían otras ventajas el diámetro más pequeño permite una mayor velocidad del agua y, por consiguiente, una menor inclinación de las tuberías, además de permitir una distribución más uniforme del calor en la atmosfera y en el suelo del invernadero.



#### 4.5.1.1.3. Sistema de regulación de la calefacción.

Cualquiera que sea la energía utilizada, es útil adaptar tanto la temperatura ambiente como la del suelo o las exigencias del cultivo, procurando simultáneamente la máxima economía posible de combustible y mantener una elevada seguridad y continuidad de funcionamiento. La base de la regulación de la temperatura es el termostato, que puede alcanzar una precisión de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ . El tipo de termostato más usado es el de termostato de ambiente. Este está basado en el principio de variación de la presión de vapor de un líquido determinado en una membrana.

La elección de la posición del termostato es muy importante y es indispensable que la temperatura del aire que rodea al aparato de regulación represente una media de la temperatura ambiente del invernadero. Este puede ser colocado, por ejemplo, a dos tercios de la distancia entre el generador y el extremo del invernadero y no muy próximo al flujo de aire caliente, y se tendrá muy en cuenta protegerlo de los rayos directos del sol. Se aconseja prever la utilización de un segundo termostato que produce una señal de alarma cuando la temperatura desciende por debajo de un cierto límite (Sarret

Cuando no existen aparatos de este tipo, el operador viene obligado a estar atento a las variaciones de temperatura

en el interior del invernadero, las cuales pueden ser numerosas a causa de la temperatura exterior, del viento y de la nebulosidad. Por otra parte, se debe considerar que la inercia del aparato de calefacción es tal que transcurre siempre un cierto periodo de tiempo entre la acción de dicho aparato y el momento en el cual la temperatura se estabiliza en el nivel deseado. En este período de tiempo el operador viene obligado a permanecer en el invernadero (Cotterau, M.1967).

La introducción de sistemas de control electromecánicos permite observar en cada instante las variaciones de temperatura ambiente y de corregirlas inmediatamente.

Alcanzándose, por consiguiente, una economía de mano de obra, de combustible y se obtienen condiciones favorables para las plantas.

#### 4.5.1.1.4. Elección del sistema de calefacción y energía.

Cuando se vaya a instalar calefacción en un invernadero se debe tener en cuenta las condiciones fundamentales siguientes: antes de decidir por el sistema a adoptar y la energía a utilizar.

- Las instalaciones por aire caliente son más económicas que las centrales o de agua caliente.

- Las instalaciones por aire caliente se gastan antes que las de agua caliente, ya que aquellas tienen más paradas y arranques que éstas últimas.

-En la calefacción por agua caliente hay menos oscilaciones térmicas en el ambiente del invernadero que con la calefacción por aire caliente.

- Para los cultivos sensibles a las oscilaciones térmicas es preferible el calor de la calefacción central de agua o vapor de agua.

- El invernadero calentado por aire, en caso de avería mecánica en la instalación, se enfría rápidamente y su temperatura se nivela inmediatamente con la del exterior; en cambio, con el agua caliente tanto en aerotermos como en tuberías, debido a que el medio de transmitir el calor es el agua, como esta tiene una gran inercia calórfica, se mantiene templado el ambiente del invernadero por mucho tiempo.

- La calefacción por aire caliente o por aerotermos, comparada con la calefacción por agua caliente con radiadores de tuberías, presenta menos obstáculos dentro del invernadero, tanto para la mecanización de los cultivos como por la zona de sombras que producen.

# BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA

- En la calefacción por agua caliente hay mayores problemas de condensación de humedades y, por tanto, mayor polimerización de criptógamas, que en las instalaciones por aire caliente.

- El movimiento del aire permite una mayor sanidad de los cultivos, cuando la calefacción es por aire caliente impulsado.

- En la calefacción por aire caliente no conviene que el aire salga con temperaturas excesivas, pues si la relación  $\text{kcal/m}^3$  de aire es superior a 10 se puede producir quemaduras en las plantas.

- En calefacción por aire caliente, si la salida de aire no está bien dirigida, se puede causar desecaciones de los cultivos en las cercanías de los generadores. Hay que tener en cuenta que en el aire saturado de humedad a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ , la humedad relativa puede quedar reducida al 10% cuando se calienta a  $50^{\circ}\text{C}$ .

- En época calurosa, las instalaciones de aire caliente pueden reducir la temperatura en 3 a  $5^{\circ}\text{C}$  forzando la ventilación por medio de los ventiladores.

- La calefacción por aire, si está centralizada para varios invernaderos es más cara que cuando está individualizada.

- En cualquiera de los sistemas que se utilicen como calefacción, es conveniente fraccionar las calorías necesarias en varios aparatos generadores de calor y no hacerlo en uno sólo, con el fin de tener un margen de seguridad en caso de avería mecánica de algunos de los aparatos. Confiar en un sólo generador es correr un riesgo no comparable con la diferencia de capital invertido entre uno o varios generadores.

- Los aparatos con calefacción que quemen dentro del invernadero, si no tienen salida de humos al exterior por chimenea, pueden producir trastornos graves en determinadas plantas; en cambio, para la mayoría de las hortalizas, si la combustión es perfecta y no hay excesos derivados del azufre, el anhídrido carbónico que se produce es de gran utilidad para las plantas.

- Es necesario tener en cuenta el modo de distribución del calor, pues a medida que los sistemas se perfeccionan, lógicamente las inversiones económicas son mayores. En esta distribución del calor pueden considerarse tres casos:

a) La atmósfera del invernadero se calienta de forma -- directa y natural por medio de un foco calorífico situado en - su interior;

b) Por aire impulsado;

c) Por circulación de fluido (aire, agua, vapor, etc.)

- Cuando el tiempo de uso de la calefacción a lo largo de año es grande, se interesa una instalación de gran rendi\_\_ miento térmico, aunque sea cara; en el caso que se utilicen poco, es conveniente una calefacción que exija poca inversión, aunque el gasto de energía sea mayor.

- Cuando las necesidades de calefacción sean mínimas - se puede utilizar energía cara, como el gas y la electricidad.

Quando las necesidades de calor sean muy grandes, en\_\_ tonces se debe hacer un estudio del precio a que sale la caloría, utilizando la más económica, aún a pesar de que tengamos - que hacer mayores inversiones en las instalaciones.

- En las instalaciones de agua caliente no es aconseja\_\_ ble utilizar propano y electricidad a partir de las 100.00 --- kcal/hora.

- Por debajo de 500.00 Kcal/hora, es aconsejable emplear gas-oil, por encima de esas necesidades térmicas es preferible utilizar gasóleo.

- El gas propano para calefacciones que queman dentro del invernadero y cuyos gases no se eliminan al exterior, tiene la ventaja, respecto a los otros combustibles sólidos y líquidos, de que no deja ningún residuo de combustible sulfurado.

- Cuando haya necesidad de calentar el invernadero en las horas de luz solar, el gas propano quemado dentro del invernadero produce anhídrido carbónico y vapor de agua, compuestos éstos muy útiles tanto para la fotosíntesis como para la humidificación del ambiente atmosférico.

- El costo de una instalación alimentada por propano es bastante inferior a otras instalaciones de producción de calor por otro tipo de energía.

- La mayoría de los combustibles necesitan energía eléctrica para la impulsión de la combustión; en el caso de gas propano no es necesario.

#### 4.5.1.2. Ventilación.

El crecimiento de las plantas usualmente ocurre más rápido en altas temperaturas.

Sin embargo, las temperaturas muy altas pueden dar como resultado plantas de baja calidad. Por lo que se deberá bajar la temperatura en días calientes. (Laurie A. 1970).

Las temperaturas pueden reducirse usando ventiladores y buenos sistemas (evaporadores, enfriadores). Grandes ventiladores son panel colocados en un lado del invernadero, un panel de fibra propicia es colocado en el lado opuesto al ventilador el cual deberá mantenerse humedo por una circulación constante de agua alimentándola desde la parte superior. Todas las ventanas se cierran para que el aire humedo que penetra por los paneles de fibra se enfríe por evaporación.

Un eficiente sistema de ventilación en los invernaderos es necesario para el éxito en el desarrollo de las plantas, ayuda a regular la temperatura del aire, provee circulación de aire, ajusta el nivel de la humedad y proporciona nueva dotación de oxígeno y dióxido de Carbono.

En el pasado, los invernaderos de vidrio fueron construidos con ventiladores en banda en las paredes, las ventanas se abrían manualmente, debido a éste tipo de operación que consu-



mia tiempo, el sistema fue mecanizado. Un motor eléctrico se acopió a cada grupo de ventanas. Por medio de apropiados interruptores los productores pueden abrir y cerrar rápidamente cualquier sección de ventanas. Más tarde el sistema fue mas automatizado conectando las ventanas y ventiladores a termostatos, para abrir y cerrar manteniendo un nivel de temperatura en el termostato.

En los mas nuevos invernaderos el sistema de ventilación ha cambiado. La mayoría de los nuevos no tienen línea de ventiladores ya que el aire es intercambiado con el exterior por tubos con ventiladores montados al final de las paredes de la estructura.

Un ventilador con sistema de jet, junto a un largo tubo de polietileno montado longitudinalmente en el invernadero, este tubo perforado es unido por un lado al ventilador y del otro lado se sella. Los ventiladores son controlados de manera que se pueda introducir aire del interior al exterior y del exterior al interior.

Las ventajas de éste sistema es que el aire frío del exterior es mezclado con aire caliente antes de entrar en contacto con las plantas, circulación de aire, mantiene niveles de humedad y temperatura.

#### 4.5.2. Humedad relativa.

La humedad relativa es la humedad contenida en el aire con alta humedad relativa tiene un alto contenido de vapor de agua. El aire con bajo contenido de humedad relativa, está seco. La humedad relativa está relacionada con la temperatura de los invernaderos, si la temperatura aumenta, la humedad relativa disminuye a menos que se proporcione humedad relativa al aire. -- Contrariamente, la humedad relativa aumenta si la temperatura disminuye y se mantiene el suministro de vapor de agua (Laurie, A. 1970).

Con el riego de las plantas u con asperciones de agua se puede elevar la humedad relativa y calentando aire frío del exterior en el invernadero se puede bajar el nivel de la humedad.

Tanto el exceso como la escasez de humedad puede dañar a los cultivos; así como bajo altas condiciones de humedad relativa algunas enfermedades pueden convertirse en un serio problema

#### 4.5.3. Sistemas de bióxido de Carbono.

El uso de bióxido de Carbono ( $CO_2$ ) es común en la producción de algunos cultivos de invernadero; el bióxido de Carbono es vital para el proceso de fotosíntesis. Apropiadamente usado puede incrementar el crecimiento y producir madurez precoz en -

algunos cultivos. El uso de bióxido de Carbono es incrementado en las épocas del año en que la ventilación de los invernaderos es mínima.

El bióxido de Carbono para cultivos se obtiene de diferentes formas; envases especiales para gas a presión pueden ser adquiridos fácilmente. El bióxido de Carbono es liberado y distribuido por tubos a través del invernadero según las necesidades.

El bióxido de Carbono también puede ser generado por combustión de combustibles como gas natural, Propano o Keroseno.

El equipo que se usa de diseño especial para éste propósito el uso de equipo inadecuado podría dar como resultado una combustión incompleta con la formación de gases como el Etileno Monóxido de Carbono con los cuales son dañinos para las personas y a las plantas.

El bióxido de Carbono es utilizado por las plantas solo durante el día cuando la luz es disponible para la fotosíntesis.

Se puede proporcionar altos niveles de bióxido de Carbono en días brillantes debido al incremento de la fotosíntesis que se lleva a cabo cuando la intensidad lumínica aumenta. (Laurie A. 1970).

#### 4.5.4. Iluminación.

La luz es uno de los factores más importantes en el desarrollo de las plantas.

La fotosíntesis no se realiza en ausencia de la luz. Los productores muestran más interés a la intensidad de la luz y la luz la duración de la misma.

##### 4.5.4.1. Intensidad Lumínica.

La intensidad de la luz solar varía dependiendo de la estación del año.

Mientras que la intensidad de la luz afecta directamente a la fotosíntesis, podemos considerar otros hechos; alta intensidad lumínica proporciona también incrementos en la temperatura y baja de humedad. El exceso en altas temperaturas puede limitar el crecimiento, y baja humedad relativa puede incrementar la transpiración.

El incremento en la transpiración da como resultado en mayor uso de agua por las plantas y las necesidades de riego y su frecuencia aumentan; por lo que los cultivadores deberán hacer ajustes para días brillantes como ventilación, y de ser posible enfriar el invernadero dentro de un rango aceptable.

La fertilización también tiene una relación directa a la intensidad lumínica. Durante periodos de alta luz intensa, mayores cantidades de fertilizante deberán de ser suministrados. - Lo cual será hecho con mayor frecuencia. Sin embargo, durante periodos de baja intensidad la fertilización deberá ser utilizada en menores cantidades.

Dar un espacio suficiente a las plantas es una práctica de manejo muy importante. Algunas plantas pueden colocarse juntas en los periodos del año en que la intensidad lumínica es mayor. En contraste, durante los meses de baja intensidad, algunas plantas son colocadas mas distanciadas.

Cuando se requiere atenuar la intensidad de la luz se utilizan algunos métodos como:

a) Un líquido sombreador puede ser rociado sobre el exterior del invernadero.

b) Dentro del invernadero se pueden instalar varios tipos de mayas las cuales proporcionarán el porcentaje de iluminación requerida.

#### 4.6. Riego.

Las plantas requieren de una adecuada cantidad de suelo húmedo para un óptimo en el crecimiento. La cantidad y frecuencia del riego se basa en muchos factores como la clase de planta, es

tado de crecimiento o desarrollo, así como las condiciones ambientales incluyendo:

- a) Tipo de sustrato.
- b) El tipo de maceta o cama de desarrollo.
- c) Temperatura
- d) Luz.
- e) Humedad.
- f) Movimiento de aire.

La mayoría de el agua es aceptable para riego, pero siempre debe estar revisada, en ciertas áreas donde se utilice agua de municipio el contenido de flúor puede ser alto, suficiente para dañar ciertos cultivos como la familia de las Liliáceas que son especialmente susceptibles al flúor. Si el PH del suelo es ajustado a 6.8 -7.0, la mayor parte del riego por daño por flúor es eliminado.

Los sistemas de riego pueden agruparse en cinco categorías:

#### 4.6.1. Riego Manual.

El riego Manual es raramente usado grandes productores, mucha labor y alto costo hacen de este proceso antieconómico. Donde sea usado este sistema manual se requiere una cebolla al final de la manguera para romper la fuerza de el agua, ya que sin ella el suelo es fácilmente lavado o sacado fuera de la maceta.

#### 4.6.2. Riego Perimetral.

El riego Perimetral es usado a menudo por camas de flores de corte. Un tubo de plástico es anclado firmemente alrededor por la parte de afuera rociadores se colocan insertados alrededor generalmente a 0.5 a 0.8 Mts en el tubo. El agua es rociada desde los rociadores a la cama abajo del forraje.

Una variación es cuando se usa manguera de plástico porosa para riego la cual requiere mínima presión de agua.

#### 4.6.3. Riego en maceta.

El riego en macetas frecuentemente acompañado por los sistemas de riego por goteo o por el de espagnetti. Un tubo principal abajo en el centro tiene muchos pequeños tubos conectados los cuales son anclados a cada maceta. Este sistema también puede ser usado para plantas colgantes.

#### 4.6.4. Riego por capilaridad.

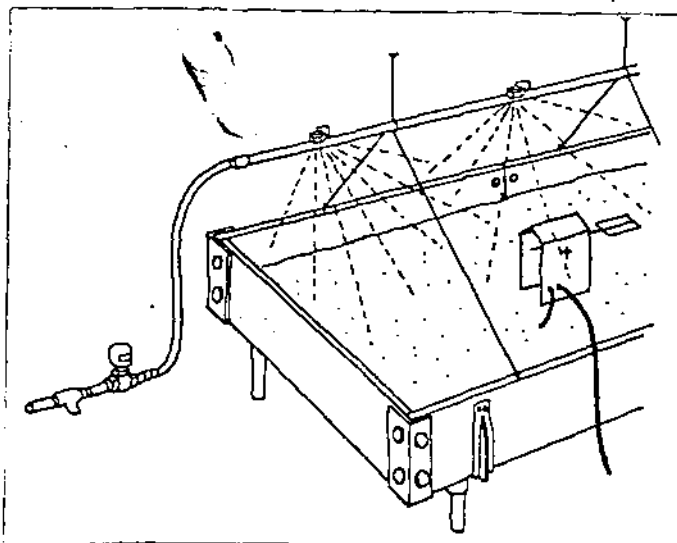
El riego por capilaridad es una alternativa para desarrollar plantas de follaje en cual no se debe mojar. Para instalar este sistema se deberá colocar en los bancos o mesas delgado plástico. Una cama de fibra delgada sobre el plástico la cual es humedecida constantemente por irrigación porosa, manguera porosa que corre a lo largo del banco o cama, las macetas con plantas son colocadas sobre éste manto de fibra de la cual toman agua por medio de la acción capilar (Capilaridad es la acción

**BIBLIOTECA FACULTAD DE AGRONOMIA**

del agua para moverse verticalmente a través del suelo). El crecimiento de algas puede ser un problema.

#### 4.6.5. Riego por aspiración.

Debido al alto potencial de enfermedades usado en muy pocos cultivos como camas de plantas, tomate, o plantas de flor de corte en estados tempranos de desarrollo, los rociadores son instalados en un tubo que corre a lo largo. Para esquejes o semilleros, rociadores que produzcan un rocío extremadamente fino.





#### 4.7. Envases y recipientes para el cultivo de plantas.

##### 4.7.1. Cajas.

Fundamentalmente son charolas de poca profundidad, de madera, plástico o metal, con agujeros para drenaje en el fondo. - Son útiles para poner a germinar o para enraizar éstas cajas se debe usar una madera durable como de ciprés, cedro o sequoia. - Las de lámina de fierro galvanizada, así como las de plástico - pueden apilarse para su almacenamiento.

##### 4.7.2. Macetas de barro.

Macetas de barro rojo porosas, pierden humedad con facilidad y son pesadas.

También se rompen con facilidad y su forma redonda no permite acumulaciones de sales tóxicas, requiriendo remojarlas antes de volver a usarse. Sin embargo, pueden esterilizarse con vapor, pueden usarse repetidas veces.

##### 4.7.3. Macetas de Plástico.

Las macetas de plástico, redondas y rectangulares, presentan muchas ventajas. Se pueden volver a usar, son livianas, ocupan poco espacio para guardarse ya que pueden encajarse una en otra y no son porosas. Algunos tipos de ellas son frágiles -

y exigen un manejo cuidadoso, las macetas y cajas de plástico no pueden esterilizarse con vapor, pero los organismos patógenos más comunes pueden eliminarse con una inmersión en agua caliente (70°C) durante 3 minutos sin que se dañen. (Hartmann, Kester 1975).

#### 4.7.4. Macetas de fibra.

Existen macetas pequeñas de 5 a 10 CM, redondas y cuadradas formadas por el prensado de turba mezclada con fibra de madera y que llevan adicionado fertilizante. Se venden secos, pudiendo conservarse por tiempo indefinido. También son biodegradables y se colocan en el terreno con todo y planta.

#### 4.7.5. Bloques de turba o fibra.

Son bloques de material sólido, a veces son hoyos ya preparados. Por lo regular, se incorpora fertilizante al material. Uno de los tipos está hecho con turba muy comprimida, y, cuando se le agrega agua, se hincha al tamaño debido, quedando lo suficientemente suave para que se le inserte la estaca o semilla. Es en esencia estos bloques se vuelven parte de la unidad de plantación y se colocan en el suelo junto con la planta.

#### 4.7.6. Vasos de papel parafinado y de espuma de plástico. (Styrofoam)

Cuando a estos recipientes se les hacen hoyos para escurri-

miento, resultan satisfactorios para cultivar y transferir -- plantas jóvenes. Son baratos, livianos y requieren de poco espacio para guardarlos.

#### 4.7.7. Recipientes de cartón cubiertos con asfalto.

Son apropiados como recipientes temporales de plantas. Son de bajo costo, fuertes, de poco peso y pueden apilarse con facilidad. Se pueden hacer con cartón asfaltado del tipo emplearon en la construcción, dando forma a los pedazos cortados en tamaños adecuados, en los casilleros de una caja de siembra con divisiones.

#### 4.7.8. Recipientes de metal.

Muchas plantas se cultivan y venden en latas de 41, 11 y 191 algunos están barnizadas para retardar la oxidación. En las macetas de metal la temperatura del suelo suele ser más alta que en aquellas de plástico (Hertmann, Kester. 1975)

#### 4.7.9. Bolsas de polietileno.

Las bolsas de polietileno con agujeros en el fondo para escurrecimiento pueden llenarse con un medio poroso para enraice, y colocarse en los bancos de propagación con las bocas abiertas.

#### 4.8. Sustratos.

Hay diversos medios y mezclas de éstos que se usan con el fin de colocar semillas a germinar y hacer enraizar estacas. Para tener buenos resultados se requieren las siguientes características (Richards. S. 1964).

\_El medio debe ser lo suficientemente firme y denso para mantener las estacas o las semillas en su sitio durante el enraizado y la germinación; su volumen no debe variar mucho, ya sean seco o mojado; resulta inconveniente que tenga un encogimiento excesivo al secarse.

\_Debe retener la suficiente humedad para que no sea necesaria regarlo con mucha frecuencia.

\_Debe estar libre de malezas, patógenos, nematodos, etc.

\_No debe tener un nivel excesivo de salinidad.

\_Debe poderse esterilizar con vapor sin que sufra efectos nocivos.

\_Debe contener una suficiente provisión de nutrientes para la germinación de las semillas.

#### 4.8.1. Suelo.

El suelo esta formado por materiales en estado sólido, líquido y gaseoso, y para que las plantas tengan crecimiento satisfactorio, debe haber un equilibrio de estos materiales.

En la porción sólida encontramos formas orgánicas e inorgánicas. La parte inorgánica está constituida por residuos de roca madre, estos compuestos inorgánicos varían en tamaño, desde la grava hasta las partículas coloidales de la arcilla, determinando la textura del suelo. Las partículas gruesas sirven principalmente como sostén del resto del suelo, mientras que la fracción coloidal sirve como almacén de nutrientes que son absorbidos por la planta.

La porción orgánica del suelo está formada por organismos - tanto vivos como muertos, los vivos son insectos, gusanos, hongos, bacterias y raíces de plantas, y los restos en diverso estado de descomposición, (llamado humus) es, en gran parte, coloidal, y ayuda para la retención del agua y los nutrientes de las plantas.

La parte líquida del suelo, está formada por agua que contiene cantidades variables de minerales en solución, así como -- oxígeno y dióxido de Carbono. Estos entran a la planta en forma de solución.

La parte gaséosa es importante ya que suelos mal drenados el agua reemplaza al aire, privando a las raíces del oxígeno para la vida.

#### 4.3.2. Arena.

La arena está formada por pequeños granos de piedra, de alrededor de 0.05 a 2.0 de diámetro. La arena de grado más satisfactorio para el enraizamiento de estacas es la que se usa para enlucidos en albañilería. De preferencia se debe fumigar o tratar con calor antes de usarla. La arena no contiene casi nutrientes minerales y no tiene capacidad amortiguadora respecto a sustancias químicas. Casi siempre se usa con otro material orgánico.

#### 4.3.3. Turba.

La turba se forma de restos de vegetación acuática, de marismas, de ciénegas o de pantanos, que se ha preservado bajo el agua en un estado de descomposición parcial.

Hay tres tipos de turba: Musgo Turboso, Turba de Pantanos y musgo de turba.

#### 4.3.4. Musgo Esfagníneo.

El musgo esfagníneo comercial está constituido por los res

tos deshidratados de plantas de pantanos ácidos del género Sphagnum. Es relativamente estéril, de poco peso y con una gran capacidad de retención del agua, pudiendo absorber de ella unas 10 a 20 veces su peso. Tiene un PH. de alrededor de 3.5. Contiene unas sustancias fungistática específica, lo cual explica su capacidad para inhibir el ahogamiento de las plántulas que se desarrollan en él.

#### 4.8.5. Vermiculita.

Este es un material micáceo que se expande al calentarse de reacción neutra, con una buena capacidad de amortiguación ("buffer"), insoluble en agua, pero capaz de absorberla en grandes cantidades, tiene una capacidad relativamente alta para intercambio de cationes y, por consiguiente puede retener nutrientes en reserva y liberarlos más tarde.

#### 4.8.6. Perlita.

Material blanco-grisáceo de origen volcánico, se usan partículas de 1.5 a 3.1 mm. La perlita retiene agua en proporción de tres a cuatro veces su peso. Prácticamente neutra pero sin capacidad de amortiguamiento y no tiene intercambio de cationes y no contiene nutrientes minerales. Resulta muy provechosa para incrementar la aireación es una mezcla.

#### 4.3.7. Compost.

Son los residuos del jardín hojas pasto descompuestos etc. Puede resultar muy útil como material húmifero para retener la humedad, aunque tiene un valor limitado como nutriente de las plantas.

#### 4.8.8. Corteza Desmenuzada, Aserrín, Viruta de madera.

Estos materiales son subproducto de aserradero. Se pueden usar en mezclas de suelos sirviendo para el mismo objeto que el musgo turboso, excepto que su proceso de descomposición es más lento. Algunos materiales en especial cuando están frescos, pueden contener materiales tóxicos para las plantas.

#### 4.9. Fertilización.

Diez y seis elementos son considerados esenciales para el desarrollo de las plantas. De éstos el hidrógeno, oxígeno y Carbono son generalmente aportados en cantidades suficientes por el aire y el agua.

Los elementos mayores; nitrógeno, fósforo, y Potasio son aportados en forma de fertilizantes comerciales.

Los elementos menores; azufre, calcio y mangesio son considerados importantes ya que pueden limitar el crecimiento de los vegetales.



El azufre es frecuentemente un ingrediente que incide en algunos fertilizantes por lo que se requiere un análisis de suelo para determinar su requerimiento, no así el alcio y el magnesio que deberán ser aportados separadamente.

Los micronutrientes son elementos utilizados en muy pequeñas cantidades y son: Hierro, Manganeso, Boro, Cloro, Zinc, Cobre y Molibdeno. Usualmente no se requiere aportaciones de micronutrientes si el medio de desarrollo contiene suelo y el PH se encuentra en los rangos recomendados. Es un hecho que el exceso de estos puede ser tóxico a las plantas y causar daño considerable.

En los invernaderos se utilizan fertilizantes de tres tipos: Secos, líquidos y de acción retardada. Los fertilizantes secos pueden ser orgánicos e inorgánicos y son incorporados con el suelo o aplicados en su superficie. Estos fertilizantes son de baja concentración y de acción lenta.

Los fertilizantes líquidos son generalmente vendidos en forma de polvo soluble. Estos fertilizantes son obtenidos de fuentes inorgánicas y los nutrientes son disponibles para las plantas casi inmediatamente. Después de su aplicación los nutrientes no alcanzan un nivel tan alto como los fertilizantes secos por

lo que los fertilizantes líquidos deben aplicarse mas frecuentemente.

Los fertilizantes de acción retardada como "Osmocots" o "MagAmp" pueden ser mezclados con el medio o aplicados en la superficie. Este tipo de fertilizante es cubierto con un tipo de material plástico el cual permite la liberación de los nutrientes en un periodo de tiempo, usualmente de 3 a 12 meses.

#### 4.3.1. Programas de fertilización.

Se deberá tener una decisión sobre el tipo de fertilizante la cantidad y el método a usar en un cultivo dado para proporcionar a las plantas con los nutrientes que requiere. Generalmente el primer paso es planificar el programa de fertilización por lo que se requiere evaluar el PH y nutrientes contenidos en el medio de desarrollo antes de que el cultivo sea plantado. El fertilizante será entonces proporcionado en forma periódica para mantener la necesidad de nutrientes.

Después de plantar, las aplicaciones de fertilizantes son realizadas por uno de cuatro métodos:

- 1) Fertilizantes secos aplicados en la superficie de medio
- 2) Fertilizantes líquidos en aplicaciones a varios intervalos
- 3) Fertilizantes de acción retardada aplicados en la superficie del medio.

4) La combinación de fertilizantes líquidos y de acción retardada.

#### 4.9.2. Fertilizantes Secos.

Son materiales como el superfosfato de calcio, los cuales deberán ser mezclados con el medio antes de que el cultivo sea plantado ya que estos materiales no son rápidamente solubles. -- La aplicación de estos fertilizantes al suelo después de plantados el cultivo es indeseable debido a que este puede dañar las hojas de las plantas si queda en contacto con ellas. El fertilizante seco es usado ocasionalmente en los cultivos de flor de corte, pero raramente en los de maceta.

#### 4.9.3. Fertilizantes líquidos.

Es el programa de fertilización más común, los fertilizantes líquidos se pueden aplicar semanalmente, mensualmente o en cada riego (constante alimentación). Pequeñas cantidades de fertilizante frecuentemente tienden a prever uniformidad en el aprovisionamiento de los nutrientes para las plantas. Los fertilizantes son unidos a los riegos por medio de inyectores. Estos aparatos introducen o inyectan soluciones de fertilizante concentrado en el agua de riego o manteniendo un buen balance de nutrientes en el suelo. Las unidades de inyección son bombas que operan cuando el agua pasa a través de ellas, a determinada cantidad de fertilizante será mezclada en el agua.

Una alternativa puede ser el uso de sifones proporcionados, los cuales se calibran en proporción de 1:15. Este tipo de inyectores usado generalmente con riego manual ya que un cambio en la presión del sistema puede alterar la armonía de alimentación del agua y fertilizante.

#### 4.9.4. Fertilizantes de acción retardada.

Este tipo de fertilización tiene un número de ventajas:

- a) Provee una constante fuente de nutrientes.
- b) Ahorre de mano de obra.
- c) Provee a las plantas de nutrientes aún cuando la frecuencia del riego es baja.

Excelentes resultados se han obtenido con la combinación de programas como el líquido con el de acción retardada, utilizando un 50% de fertilizante para cada método variando de acuerdo a los análisis realizados durante el período de duración del cultivo.

## 5. Conclusiones y recomendaciones.

### 5.1. Conclusiones.

El desarrollar buenas técnicas en invernaderos y diagnosticar posibles fallas con el presente trabajo como una herramienta disponible para su empleo.

Los factores que influyen la productividad de un invernadero son muchos. El no emplear prácticas de producción adecuadas reduce los beneficios potenciales del uso de invernaderos y limita la productividad.

El entender los factores que intervienen en la productividad de los invernaderos y sus aplicaciones ha sido el objeto de esta tesis, no tiene la intención de contestar todas las preguntas que se pueden tener, si no pretende ayudar a resolver los problemas que pueden limitar la capacidad de producción.

#### 5.2. Recomendaciones.

Cada invernadero tiene factores que limitan su rendimiento; corrigiendo esos factores, los rendimientos aumentarán, un proceso continuo de técnicas y correcciones serán un desafío permanente en el aumento del rendimiento.

Un productor es tan bueno como lo es su invernadero. El beneficio se obtiene cuando las técnicas son usadas junto con otras fuentes de información y de esta forma hacer la obtención de mayores rendimientos y ganancias.

La persona que se dedique necesitará todos los hechos disponibles acerca del cultivo y del invernadero.

Hay personas que hablan de la necesidad de un afinamiento preciso de las prácticas de manejo. Ser un buen técnico e iden-

tificar las fallas es una de las formas de mantener los cultivos valiosos en buen rendimiento.

Son pocos los agricultores que estudian en forma sistemática sus campos. Una de las razones para no hacerlo podría ser la falta de información. Pero lo más importante es la de estar calificado para emplear técnicas y diagnosticar fallas.

Además del estudio, la práctica y el contacto con los especialistas ayudará en cualquier situación.

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

- 1.- SERRANO, CERMEÑO. INVERNADEROS INSTALACION Y MANEJO MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION MADRID 1983. ESPAÑA.
- 2.- ALPI A. TOGNONI F. CULTIVO EN INVERNADERO. EDICIONES MUN-PRESA. MADRID 1987. ESPAÑA.
- 3.- LAURIE ALE X THE GREENHOUSE WORKER STUDENT MANUM OHIO AGRICULTURAL EEDUCATION OURRICULUM MATERIAL SERVICE THE OHIO STATE UNIVERSIY. OHIO 1981. E.U.A.
- 4.- MEAGITER TORRENCE, GREENHOUSE GARDENING. LAWE PUALISHING CA. - MENLO PARK CA 1982. E.U.A.
- 5.- WLCH A.W. THE NURBERY WORKER, STUDENT MANUAL, OHIO AGRICULTU--RAL EDUCATION CURRICJLUM MATERIALS SERVICE THE OHIC - STATE UNIVERSITY OHIO 1981. E.U.A.
- 6.-LARSON ROY A. INTRODDUCION A LA FLORICULTURA, AGT. EDITOS S.A.- MEXICO 1988 PRIMERA EDICION.
- 7.- MEISTER PUBLISHING CO. GREENHOUSE GROWER MAGACINE GREENHOUSE--PUBLISHING CO ABRIL 1988 E.U.A.
- 8.- RANCH SMITH PUBLISHING, GREENHOUSE MANAGER MAGACINE FORT WORTH TEXAS OCTUBRE 1987. E.U.A.
- 9!- HARTMAN HUDSON T. KESTER DALE E PROPAGACION DE PLANTAS PRINCIPIOS Y PRACTICAS EDITORIAL CONTINENTAL MEXICO 1984.

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

2.- GLOCRNER GROWER SUPPLTES, WHOLESale CATALOG FOR THE COMERCIAL GRO-  
WER NEW YORK 1988,1989. U.S.A.

1.- BALL J. GEO INC. GROWER TALKS MAGAZINE TOWN RONA, WEST CHICAGO AG95  
to 1986. E.U.A.