CURSO DE HORTICULTURA Y FLORICULTURA

AÑO 2020

GUIA DIDACTICA: CULTIVOS PROTEGIDOS

Ing. Agr. Susana B. Gamboa. Ampliación: Victoria Fernández Acevedo.

Objetivos Específicos

- Conocer y diferenciar los variados tipos de protecciones utilizadas en la producción de hortalizas.
- Conocer los factores que influyen en el clima espontáneo del invernadero y su relación con el diseño.
- Discernir sobre variantes de diseño de acuerdo a los requerimientos de los cultivos para sus principales procesos fisiológicos y al clima exterior.
- Analizar las variantes tecnológicas para la modificación del clima espontáneo en el invernadero en diferentes condiciones del clima externo.

Finalidad del uso de protecciones

Superar las limitaciones que el medio ambiente impone a la producción de hortalizas fue el motor que motivo la creación de nuevas formas de cultivo realizando parte o todo el ciclo del mismo bajo protección y utilizando materiales y diseños muy variados. La finalidad de estas tecnologías es disminuir el riesgo que presenta la producción tratando de obtener alguno de los logros enumerados a continuación, de acuerdo a la complejidad de la protección utilizada:

1) Producir en épocas desfavorables para el cultivo en campo lo cual puede permitir su adelantamiento y/ o prolongar la cosecha.

2) Mejorar la calidad y los rendimientos.

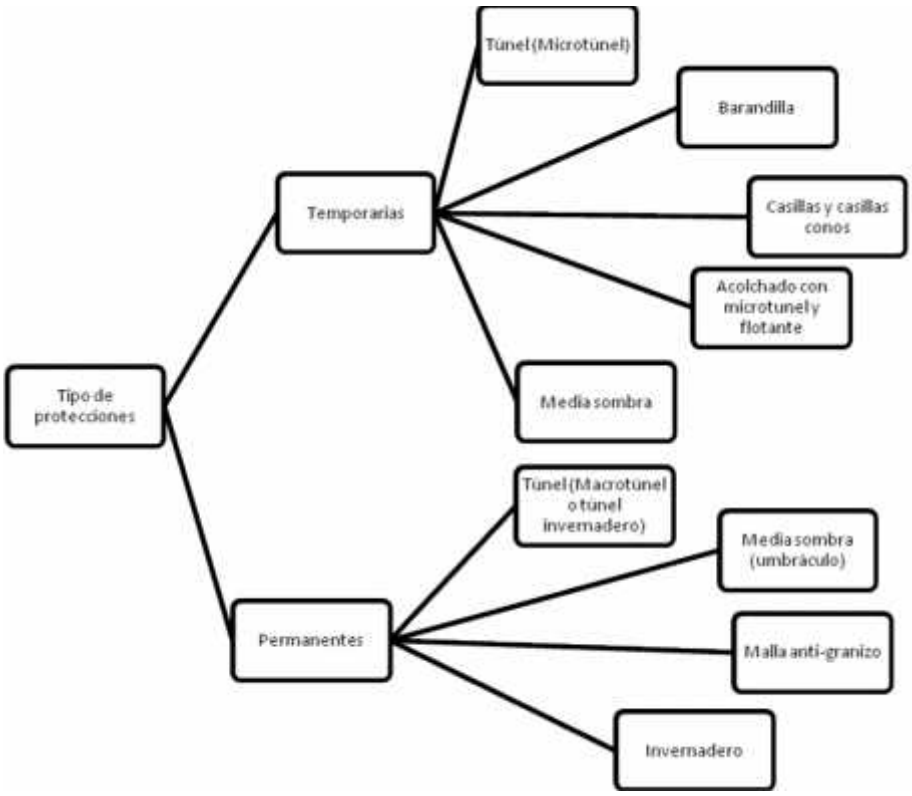
3) Disminuir los riesgos frente a fenómenos climáticos adversos como lluvias granizo, vientos, heladas, etc.

Concepto de Cultivo Protegido

Un cultivo protegido es aquel en el cual **todo su ciclo o una parte del mismo**, transcurre en condiciones de un microclima acondicionado en favor del desarrollo de las plantas.

TIPOS DE PROTECCIONES

Las protecciones pueden ser muy diversas, ya sea por las características y complejidad de sus estructuras, por la mayor o menor capacidad de control del ambiente y también por su durabilidad.



TUNELES: Este tipo de protecciones constituye un dispositivo de uso temporal, con una estructura y que confina un determinado volumen de aire entre el suelo y la protección. Tiene un uso muy generalizado en la producción hortícola, dado que permite no solo protecciones frente a heladas o climas adversos, sino iniciar el **cultivo anticipadamente.**
Son de fácil realización y de costo reducido**. Los materiales utilizados principalmente son polietileno para la cobertura y hierro, pvc, cañas o madera para la estructura o soportes**.

Para su construcción se extiende la lámina de polietileno sobre arcos de hierro, plástico o cañas que han sido previamente hincados en el terreno y luego se sujeta a los lados y en los extremos.
Bajo este tipo de protección la temperatura llega a ser altísima y **las condensaciones de humedad son realmente importantes**, por lo que se podrá utilizar solo durante ciertos periodos del desarrollo de las plantas y por muy poco tiempo.

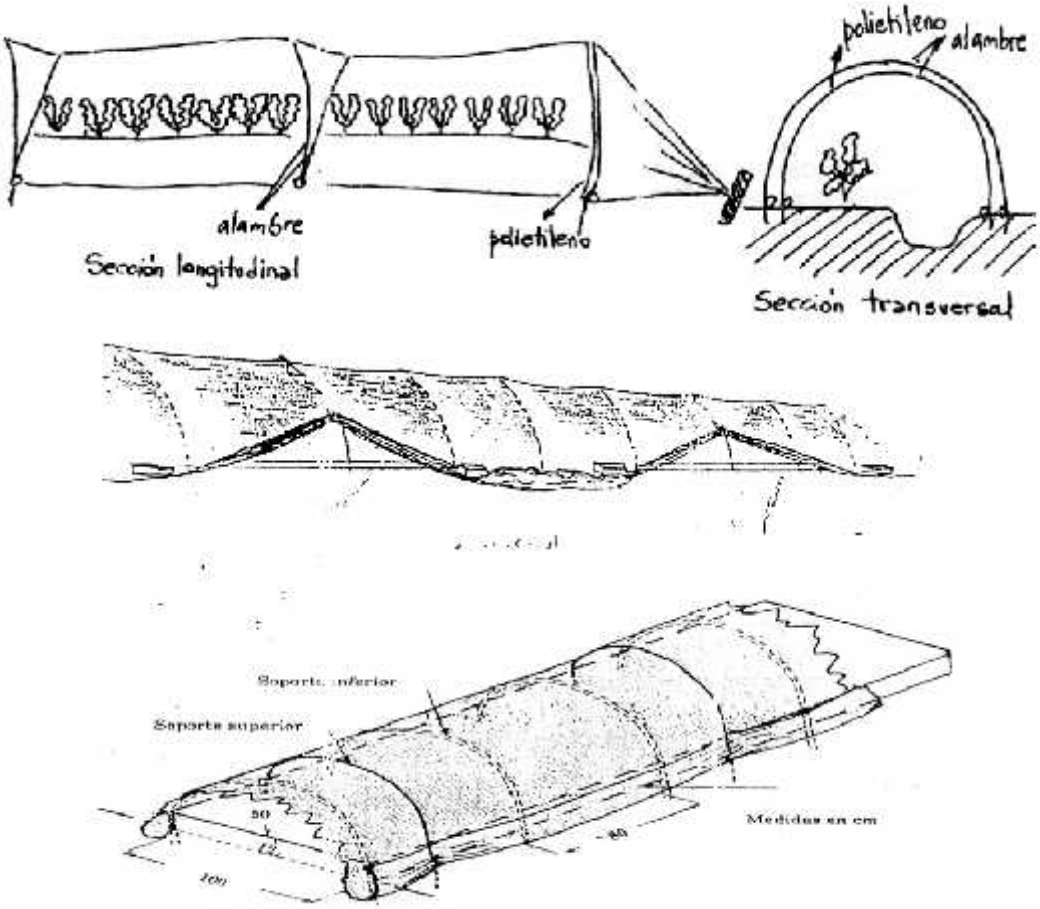
Si los cultivos bajo túnel van a estar mucho tiempo, es absolutamente indispensable construirlos de manera que **permitan realizar periódicas aireaciones del cultivo**, en este caso los túneles deben poseer dos series de arcos, uno por debajo del polietileno con función de sostener a la lámina y el otro por encima de esta y que llega hasta el suelo de modo que se pueda levantar o desplazar para posibilitar la renovación de la masa de aire contenida en su interior.

Para reducir los gastos de mano de obra en la ventilación se están utilizando films de plástico perforado que permiten un intercambio continuo aunque limitado que impide

que en el ambiente interior la temperatura y la humedad alcancen valores peligrosos para nuestro cultivo.

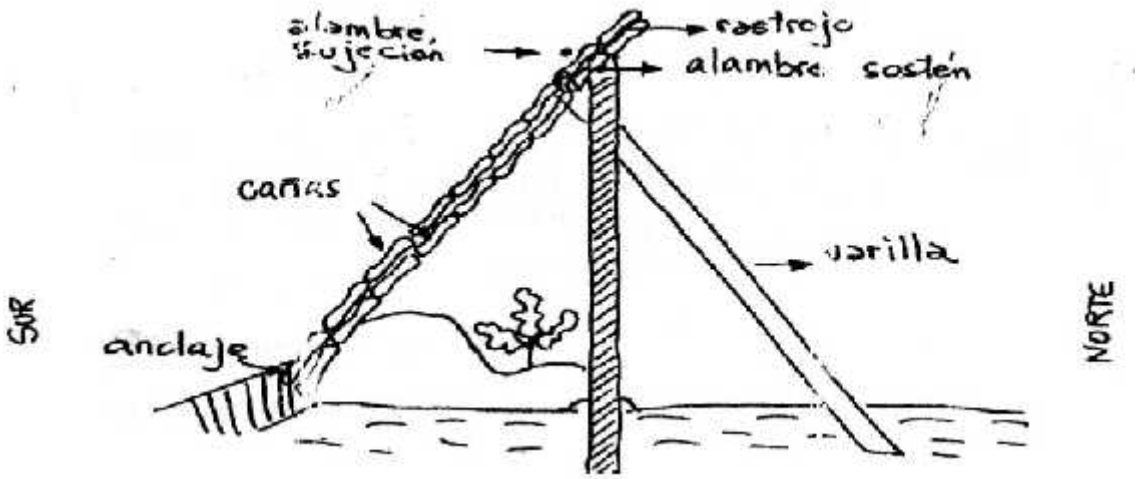
Puesto que el rendimiento térmico del túnel es mayor cuanto mayor es su dimensión, esta deberá ser lo más grande posible dentro de lo que permite cada cultivo, por lo general sus dimensiones varían entre 50 y 150 cm de ancho y 40 a 60 cm de altura; la distancia entre los arcos soportes varía según el tamaño en proporción inversa. La secciona transversal va desde el arco de medio punto hasta el muy rebajado.

Sección trasversal de túnel bajo.



Túnel bajo de polietileno con ventilación y medidas recomendadas.

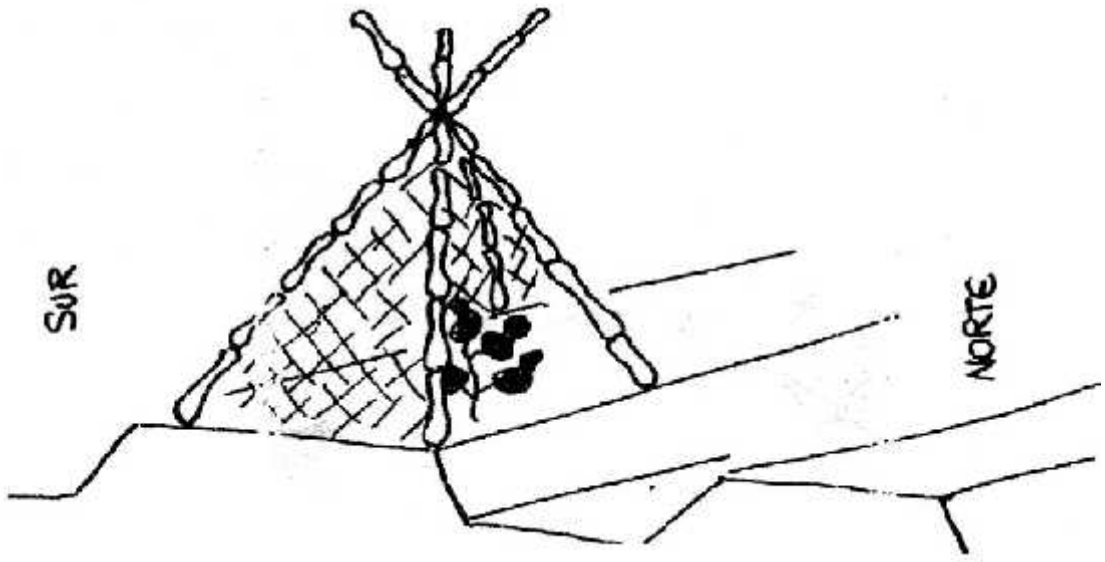
BARANDILLA: Son construcciones para obtener un adelantamiento del cultivo se suelen emplear en el caso de las Solanáceas (tomate, pimiento y berenjena).
Se utilizan cuando el cultivo se hace en siembra directa para la producción temprana.
El objetivo de las barandillas es **proteger a las plantas de los vientos fríos del sector sur y de las heladas por radiación** (pérdida de calor desde el suelo), por lo cual se orientan de E a O con exposición al Norte y con una inclinación de los parantes de 60º.
Se pueden realizar con diversos materiales, en general los más comunes de la zona: paja de cereales, totora, caña de Castilla, etc.
Se clavan del lado Sur, cañas inclinadas que apoyan en un alambre o sobre un bordo construido para tal fin y sobre las mismas se colocan el material de protección el cual es sujetado con cañas y alambre, esta protección se retira una vez pasado el peligro de heladas y el bordo se destruye paulatinamente quedando la planta en el centro del lomo.



Barandilla.

CASILLAS: Esta protección se utiliza fundamentalmente para el cultivo de **Cucurbitáceas** (melón, zapallitos y pepino). Se siembra a golpes y sobre estos puntos se construye una casilla colocando 3 estacas equidistantes en la base y atadas juntas en el extremo en forma de pirámide. Luego se cubre con paja dejando una abertura hacia el sector Norte.

CASILLAS–CONOS: Este tipo de protección es una variante de la anterior, son similares a las casillas construidas con cartón parafinado o alquitranado. Una vez pasado el peligro de heladas se retiran, pudiéndose adelantar la siembra entre 15 a 20 días en relación a un cultivo sembrado en época normal.



Casilla.

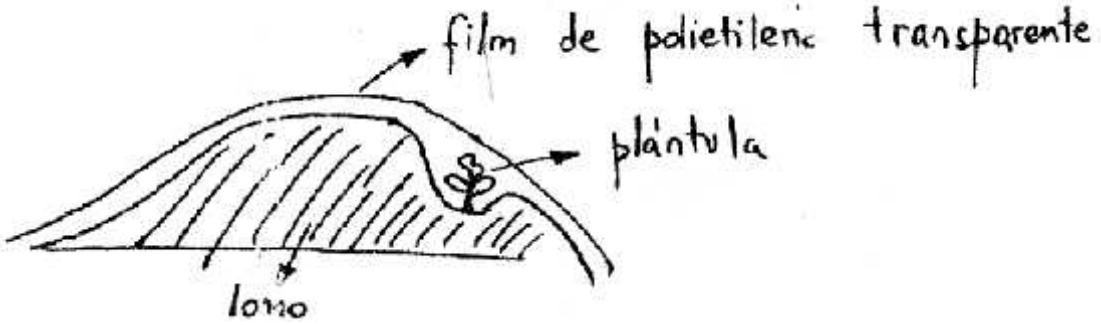
CONOS O CAMPANAS DE PLASTICO: Se usan para proteger de las heladas a cada planta por separado, son frecuentes en cultivos a pleno campo en siembras anticipadas .Se construyen de madera con polietileno o vidrio, con perforaciones que permiten el paso del aire y su renovación. Su uso no está muy difundido.

MEDIA SOMBRA: Se usa para evitar daños por radiación o altas temperaturas. Además de reducir la radiación solar, reduce la evaporación superficial y la evapotranspiración. En los cultivos de fruto reduce el asoleado o rajado y en las hortalizas de hoja, evita el bolting.

Cultivo de lechuga bajo media sombra en umbráculo en la provincia de Neuquén.

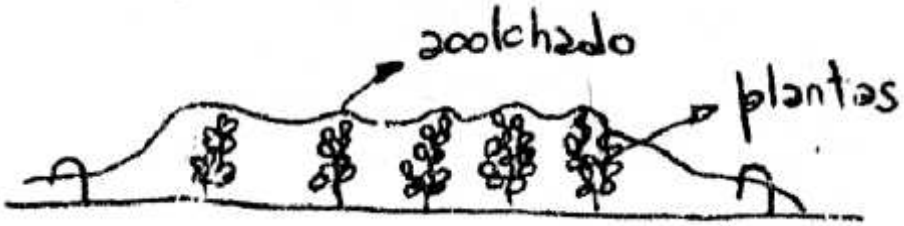
ACOLCHADO CON MICROTUNEL: Consiste en levantar lomos orientados de Este a Oeste en los cuales se realizan pozos de 10 a 15 cm de profundidad a la distancia correspondiente según la especie; en ellos se deposita la semilla y se cubre con un film fino de polietileno transparente.

Las condiciones de alta temperatura aceleran la nascencia y cuando las plantas tocan el plástico se perfora el mismo y se saca la parte aérea de la planta. Con esta tecnología se logra precocidad y aumento de rendimiento.



Acolchado con microtúnel.

ACOLCHADO FLOTANTE: (Mantas o agrotextiles no tejidos): estos materiales muy livianos y porosos se colocan directamente sobre el cultivo sin ningún tipo de soporte, a medida que esta crece la manta se eleva. Este sistema crea un microclima muy favorable para el crecimiento de las plantas, disminuyendo el efecto del viento, lluvias etc.



Acolchado flotante.

TUNEL- INVERNADERO o MACROTUNELES: Son estructuras semicirculares de aproximadamente 3 metros de ancho y de 1,5 – 2 metros de alto, aptas para el cultivo de especies de bajo porte. Se realizan con marcos de madera, tubos de PVC o hierro galvanizado cubiertos con una capa de polietileno. La diferencia con el invernadero radica en que el área de ventilación no suele ser suficiente, la cual se hace por la apertura de frente y ventana lateral, y tiene menor volumen de aire interno.

Viste interna de túnel invernadero.

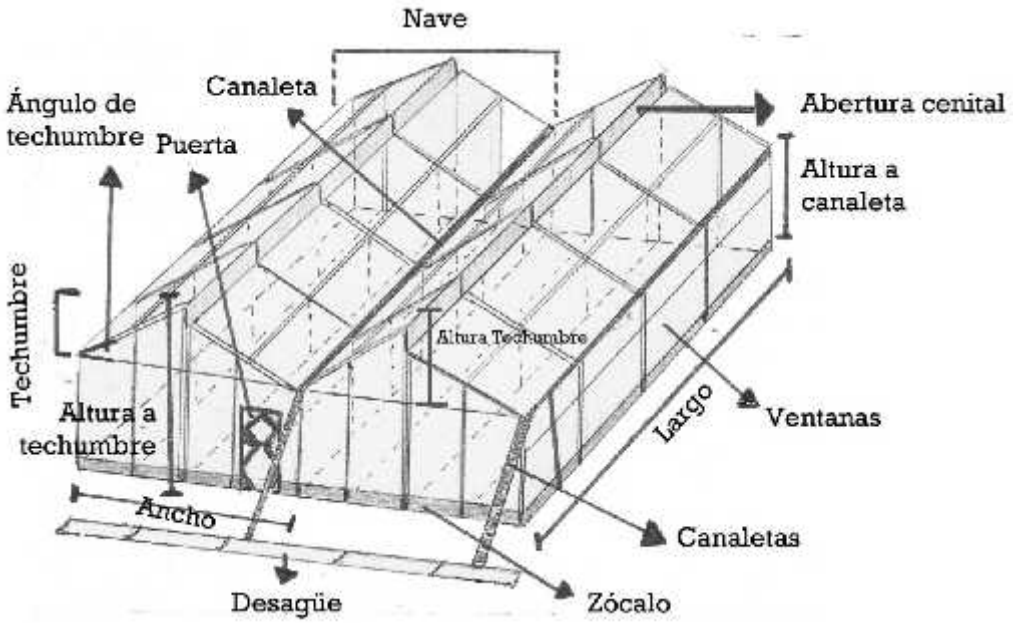
INVERNADERO: De acuerdo a la norma AFNOR V57001 de la Unión Europea se define a los invernaderos como:

"Recursos destinados al cultivo y a la protección de las plantas explotando la radiación solar y cuyas dimensiones permitan a un hombre trabajar cómodamente en su interior".

De acuerdo a la definición anterior surge que el invernadero se caracteriza por poseer:

- Una cubierta transparente a las radiaciones necesarias para la vida de las plantas, lo que ocasiona una modificación del clima exterior.
- Una estructura que le permite sostener la cubierta, con dimensiones apropiadas para las especies a cultivar y para que un hombre trabaje en su interior.
- Un sustrato natural o artificial con provisión de agua
- Dispositivos que permitan intercambios de aire con el exterior.
- Eventualmente dispositivos para evitar valores extremos no deseados en los parámetros climáticos.

Invernaderos



Partes de invernadero tipo capilla modificado.

EL CLIMA EN EL INVERNADERO

Se llama clima espontáneo del invernadero al que se registra en el interior de una estructura sin intervención energética importante (aporte de calor, ventilación forzada u otras.).
El clima natural de un lugar sufre modificaciones en el interior de un invernadero, y estas dependen de:

- Naturaleza del material de cobertura
- Forma y dimensiones del invernadero
- Aberturas
- Cultivo
- Orientación de la estructura.
- Exposición a los vientos predominantes.

Las características del clima en el invernadero están relacionadas con ciertos factores climáticos y con el balance que se opera entre las ganancias y pérdidas energéticas que se registran durante el día y la noche respectivamente.

FACTORES DEL CLIMA DE LOS INVERNADEROS

El ambiente en un invernadero está representado por un grupo de factores climáticos, tales como radiación, temperatura, humedad relativa y concentración de CO^2, los cuales afectan el desarrollo y crecimiento de la planta.
Para poder interpretar cómo se manifiesta el clima interno del invernadero y sus posibles variaciones, es necesaria una aproximación al conocimiento de las variables que influyen en ese clima interno y a los cambios que se verifican el exterior del invernadero (radiación, viento, temperatura).
Esto permite tomar medidas preventivas para tener las mejores condiciones para el cultivo y también para optimizar gastos de insumos para la climatización, que generalmente son de alto impacto en los costos operativos del cultivo en invernadero.

⁕ Radiación Solar

La radiación o energía luminosa emitida por el sol llega a la superficie terrestre bajo la forma de onda o energía electromagnética. De todo el espectro electromagnético, llegan a la superficie de la Tierra las radiaciones comprendidas entre los 200 y 3000 nm, dentro del mismo se ubican tres tipos de radiación

- La radiación ultravioleta con longitud de onda de 290 a 360 nm
- La radiación visible de 360 a 760 nm
- La radiación térmica de 760 a 3000 nm

Las radiaciones que emite la Tierra son de longitud de onda larga. La gran diferencia de temperatura entre el sol y la tierra, determina una emisión de radiación calórica muy diferente; el máximo de radiación solar se sitúa en 500 nm mientras que el máximo de

radiación de la superficie terrestre está en 10000 nm. Espectro de emisión de la radiación

Espectro de emisión de la radiación

La radiación solar que llega a la Tierra es la suma de la luz directa y de la luz difusa, y se denomina Radiación global (Rg). En el interior de un invernadero penetra una fracción de la misma que podría llamarse Radiación Global del Invernadero (Rgi).

Los materiales de cobertura del invernadero, en función de su composición y de la luz que reciben, van a reflejar una parte de la radiación recibida impidiendo su paso al interior, absorber otra y el resto transmitirlo al interior mediante los siguientes fenómenos físicos:
- Absorción: captación de la radiación que incide, la cual es transformada en calor.
-Reflexión: cambio de dirección de un rayo o una onda, que ocurre en la superficie de separación entre dos medios.
-Transmisión: un cuerpo deja pasar la radiación a través de sí mismo.
-Difusión: desviación de la radiación en todas las direcciones, por las partículas en suspensión.

El cultivo bajo invernadero difiere del cultivo al aire libre en que las radiaciones son más bajas en invierno y que puede haber pérdidas de alrededor de 30-50% por reflexión y absorción del material de cubierta, así como de los elementos de construcción del invernadero.

De la radiación solar recibida por el invernadero, la que utiliza la planta para el proceso fotosintético se encuentra entre 400 y 700 nm y es conocida como radiación fotosintéticamente activa (PAR).
Ella constituye alrededor del 50% de la radiación solar global que llega al nivel de la tierra, pero sólo una pequeña proporción de la misma es absorbida por las plantas para el proceso fotosintético mientras que el resto es convertido en calor.
La mayoría de los rayos solares penetran durante el día a través de los materiales de cobertura del invernadero.
El objetivo a perseguir será que durante la noche, gran parte de la radiación emitida por las plantas y suelo (onda larga-calórica), no puedan atravesar el material de cubierta hacia el exterior del mismo para lograr que se mantenga el calor generado dentro del invernadero. Este fenómeno es lo que se denomina **“Efecto Invernadero”.**

La radiación solar luego de atravesar la cubierta incide sobre el suelo del invernadero, las plantas y cualquier otro objeto. De esta radiación ingresada, una parte es reflejada desde la superficie interna. Parte de esta radiación reflejada atraviesa la cubierta y parte es reflejada nuevamente al interior del invernadero. El remanente de la radiación que ingresa es transformado en calor al tomar contacto con las diferentes superficies.

De estas superficies el calor es liberado en el aire del invernadero por convección. Desde la superficie del suelo a su vez el calor es conducido en el suelo.

Así mismo durante el día, una porción de la energía calórica se consume en la evaporación del suelo y la evapotranspiración del cultivo y permanece en el invernadero como calor latente en forma de vapor de agua. Esto es importante en períodos cálidos, como mecanismo regulador de las altas temperaturas. Luego, ese calor latente es otra vez liberado cuando se condensa el vapor de agua sobre la pared interna de la cubierta y otras superficies de menor temperatura que el aire del invernadero.

Durante la noche además, sin radiación solar, el flujo de energía se revierte y el calor almacenado en el suelo está en gran parte disponible para el calentamiento del invernadero. Dependerá de ciertos componentes del diseño, el que pueda permanecer en el interior o que sea liberado al exterior mediante pérdidas de distinta naturaleza.

⁕**Temperatura**

La temperatura no es un factor de crecimiento en el sentido de que no aporta energía o constituyentes, pero sí controla las tasas de reacciones metabólicas que dan lugar al crecimiento y desarrollo de la planta. Estos procesos hacen de la temperatura el principal factor de crecimiento. De hecho, cada especie vegetal tiene su crecimiento determinado por unos niveles de temperatura que son específicos incluso para cada estadio fisiológico y fenológico.

La distribución de la temperatura en un invernadero es muy diferente de aquella que se verifica al aire libre. El aire interno de un invernadero no calefaccionado cerrado es siempre más caliente durante el día y generalmente durante la noche que el aire externo. **La diferencia de temperatura depende principalmente de la radiación y el volumen del invernadero.** Ante un incremento de la intensidad de radiación, como el que se puede dar entre un día nublado y uno despejado, se operará un aumento considerable de la temperatura del aire del invernadero, mientras que la temperatura del aire exterior prácticamente resultará la misma.

La magnitud del aumento de temperatura del aire de un invernadero por influencia de la radiación solar y el grado de variación diaria en la temperatura depende del tamaño del invernadero y consecuentemente del volumen de aire encerrado.
Las variaciones más pronunciadas de temperatura entre el día y la noche ocurren en construcciones con pequeño volumen de aire, siendo importantes también el tipo de material de cobertura, el espesor y la existencia de simple o doble capa porque pueden favorecer o prevenir pérdidas energéticas durante la noche.

La orientación y el tipo de techumbre del invernadero también influencian la variación de la temperatura interna. La distribución vertical de temperatura es diferente en el interior del invernadero respecto del aire libre. Mientras que en el exterior con sol radiante, la temperatura de la capa de aire en relación al suelo disminuye con la altura, en el invernadero se presenta en sentido inverso (la temperatura aumenta a medida que se asciende a las capas superiores). En relación a la temperatura en el perfil del

suelo y la variación diaria, en la parte superior son mayores en el exterior que en el interior del invernadero.

⁕Anhídrido carbónico (CO2)

El carbono, C, es el principal componente de la biomasa de la planta, constituyendo el 40-45% de su materia seca total. Es absorbido como CO2 de la atmósfera a través de la fotosíntesis. La concentración óptima de CO2 en el ambiente (definida como aquella con la que las plantas alcanzan un 98% de la tasa máxima de crecimiento), oscila entre 600 y 1000 ppm. La concentración normal en el aire ambiente es de 300 a 400 ppm.

En un invernadero con cultivo, la variación en la concentración de dióxido es pronunciada entre el día y la noche. A la noche, como resultado del proceso respiratorio y del flujo de dióxido del suelo, aumenta su concentración. Durante el día debido al consumo por la asimilación por el cultivo, cae su concentración. En días con intensidades lumínicas relativamente altas, la caída en la concentración es muy pronunciada. El intercambio de aire entre el invernadero y el ambiente exterior no es suficiente para balancear la concentración de dióxido de carbono. La caída pronunciada en la concentración de este gas determina una disminución en la tasa fotosintética. De ahí el interés de enriquecer la concentración de CO2 del aire de los invernaderos.

⁕ Humedad del aire

El contenido de vapor de agua en el aire afecta directamente el proceso de transpiración, el cual es muy importante para el mantenimiento de la turgencia, el transporte de asimilados y elementos minerales y el descenso de temperatura de la planta en periodos de elevada intensidad de radiación solar. La transpiración consiste en una salida de vapor de agua de la planta a través de las células estomáticas situadas en la superficie foliar. La apertura y cierre estomáticos están regulados principalmente por la diferencia de presión de vapor de agua que hay entre la cavidad subestomática y el aire. Bajo condiciones óptimas de hidratación de la planta, hay mayor cantidad de agua contenida en dicha cavidad que en el exterior, es entonces cuando se puede producir la apertura estomática, la consiguiente salida de vapor de agua hasta el equilibrio y, a su vez, la entrada de CO2 a la cavidad subestomática indispensable en el proceso fotosintético. Este proceso de apertura de estomas da lugar a una presión de succión transmitida a las raíces, donde se absorben el agua y los elementos minerales disueltos, y su transporte a la vez de involucrar este movimiento actúa también como regulador de la temperatura de la planta.

Desde el punto de vista del control climático el valor que se maneja normalmente es la humedad relativa, la cual indica el contenido de vapor de agua en el aire a una temperatura del aire determinada, como porcentaje de la capacidad máxima en la saturación.

La humedad relativa del aire del invernadero está estrechamente vinculada a la temperatura del aire y a la ventilación.

Durante el día, a medida que aumenta la temperatura del aire baja la humedad relativa y durante la noche en un invernadero cerrado y relativamente hermético, la

disminución de las temperaturas de las paredes, atmósfera y superficie vegetal determina el aumento de la humedad relativa.
En el interior de un invernadero los incrementos de humedad estarán relacionados con los procesos transpiratorios del cultivo, la evaporación del suelo y eventualmente por el aporte de sistemas de humidificación. Las pérdidas de vapor de agua, se producirán a causa de la ventilación del invernadero y la condensación que suele ocurrir agua en la cara interior del techo y las paredes.

PÉRDIDAS ENERGETICAS DEL INVERNADERO

Los intercambios energéticos entre el interior del invernadero y el exterior hacen intervenir a todos los modos de transferencia de calor: Radiación, Conducción y Convección.

- **RADIACION:** Es la transferencia de energía desde una sustancia o cuerpo con mayor temperatura a otro con menor temperatura. Cualquier sólido, líquido o gas tiene la capacidad de absorber o emitir radiación.

Esta pérdida se produce a través de **la cobertura del invernadero**, y estará influenciada por las características de los materiales de cobertura y por las condiciones ambientales en el exterior. Se llama transparencia a la capacidad que tiene un material de cobertura para dejar pasar la mayor cantidad de radiación solar. Un material ideal de cobertura para lograr un buen “efecto invernadero” será aquel que deje pasar las radiaciones de onda corta e impida el paso de las de onda larga hacia el exterior.

- **CONDUCCION**: es la transferencia o pérdida de calor por acción molecular, dentro de un mismo material o de un material a otro.

- **CONVECCION**: Es la transferencia de calor mediante el movimiento de un fluido, en este caso el aire. Incluye dos tipos de pérdidas de calor: **infiltración** (a través de juntas, fisuras, agujeros) y **ventilación** (introducción de aire exterior más fresco).

También pueden presentarse perdidas por mecanismos conjuntos de conducción-convección a través de las cubiertas. Esto estará influenciado por la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior, la velocidad del viento y la conducción del suelo.

RELACIÓN ENTRE LOS FACTORES DEL CLIMA EN EL INVERNADERO Y LOS PRINCIPALES PROCESOS FISIOLÓGICOS EN LOS CULTIVOS

❊ **Fotosíntesis y Luz**

En principio un aumento de energía luminosa (PAR) dará lugar a un incremento de la tasa fotosintética. Si partimos de una situación de baja intensidad luminosa (15 -100 W/m2), un aumento de la misma (> 100 W/m2) se corresponderá con un aumento de la tasa fotosintética. En las condiciones de ciertas regiones productoras del país, la intensidad luminosa no es un problema desde el punto de vista de PAR, sí lo es, en

cambio, en cuanto a la radiación calorífica que da lugar a un incremento excesivo de la temperatura del aire en los invernaderos.

❊ **Fotosíntesis y CO2**

La planta absorbe CO2 bajo la influencia de la luz, que en combinación con el agua celular, es transformado a azúcares. La concentración de [CO2] en el aire oscila entre 300-400 ppm, si disminuye, la tasa fotosintética se reduce rápidamente. Los límites de [CO2] en el aire, mínimos y máximos varían entre especies y entre estados de desarrollo así como dependen de las intensidades de los otros factores ambientales interrelacionados.

❊ **Fotosíntesis y temperatura del aire**

Influye en la velocidad de la reacción fotosintética para producción de azúcares, y en la posterior rotura de los mismos durante el proceso respiratorio. Por ello, el control de la temperatura debe enfocarse a buscar el nivel óptimo en el cual haya un equilibrio entre la tasa fotosintética y la respiratoria. En la mayoría de las plantas a –5ºC la fotosíntesis se detiene.
Se considera que el **intervalo óptimo** se encuentra entre 18 y 20 ºC, temperaturas superiores no implican un incremento de tasa fotosintética, es más, por encima de 35ºC, la tasa fotosintética se reduce drásticamente. El proceso respiratorio está fuertemente ligado a la temperatura, éste se inicia a 5 ºC y entre 5 y 30 ºC la tasa respiratoria se incrementa fuertemente. Con temperaturas superiores a 40 ºC la reducción es drástica y puede dañar fuertemente a la planta. Por tanto, la temperatura condiciona tanto la producción de azúcares en el proceso fotosintético como su reparto hacia el proceso respiratorio o a la división celular.

❊ **Transpiración**

El proceso transpiratorio ocurre en los estomas situados en la superficie foliar. La apertura y cierre estomático están influidos por la luz, la concentración de [CO2] y el contenido de agua en sus células. La humedad relativa en la cavidad subestomática es del 100%; cuando la humedad relativa en el aire del invernadero es inferior, el vapor de agua “sale” del estoma y se opera la transpiración. Cuando la transpiración cesa, se detiene la absorción hídrica (absorción pasiva, sin costo energético para la planta) y con ella la de elementos minerales. Esto puede tener un efecto negativo en la calidad de las células producidas y, es por ello, que es necesario mantener el proceso transpiratorio a un nivel mínimo que asegure la absorción.
Desde el punto de vista del control externo de este proceso se puede actuar de dos formas:
1) Bajo condiciones de escasa luminosidad y baja temperatura en las que se ve minimizada la actividad fisiológica, interesa aumentar la temperatura del aire ligeramente y ventilar para disminuir la humedad relativa en el entorno de la planta para provocar una aceleración del proceso transpiratorio.

2) Ante situaciones de elevada intensidad luminosa, que daría lugar a una intensificación excesiva de la transpiración, que podría provocar deshidratación, sería de interés sombrear para limitarla.

En definitiva se trata de evitar el acercamiento a las temperaturas críticas que limiten el crecimiento de la planta. No obstante, durante los periodos de mínima transpiración (por la noche) puede haber absorción con costo energético para la planta (absorción activa) obtenida del proceso de respiración en las raíces. Esto puede provocarse mediante el aumento la temperatura radicular.

Estructura y materiales del Invernadero.

Los materiales utilizados en la estructura de un invernadero pueden ser:

Materiales	Ventajas	Desventajas
Madera	Más barato y de alta disponibilidad. Baja conductividad térmica (mayor ahorro energético). Buena resistencia a las cargas. Fácil montaje de la cobertura.	Poco luminosa. No permite la construcción de estructuras tan grandes como los modelos metálicos. Si se utilizan maderas poco estacionadas estas tienden a deformarse lo cual puede restar hermeticidad al complementarla con la cobertura.
Hierro y acero	Difundido en Europa. Permite un ancho libre de naves, por ausencia de soporte interno. Muy luminosas, de rápido y fácil montaje. Posibilidad de disponer de elementos modulares que abaratan la construcción. Ofrecen una buena hermeticidad por las posibilidades de un buen montaje de las coberturas. Larga vida útil.	Costo mucho más elevado que la madera. Dificultad para hacer ajustes “in situ“. Problemas de corrosión en contactos de piezas mal galvanizadas. Requieren un delicado montaje de la cobertura.
Aluminio	Más idóneo, aunque está reservado exclusivamente para fines muy específicos, como lo es la investigación, las producciones de gran valor comercial, etc. Mucha resistencia a la corrosión y a los agentes atmosféricos. No tiene prácticamente costo de mantenimiento. Alta duración.	Alto costo. Relativa debilidad de las soldaduras. No soporta cargas importantes
Hormigón	Alta resistencia a todo tipo de carga. Larga duración. Mínimo costo de mantenimiento	Alto costo. Poco luminoso. Presenta dificultades para montar la cobertura.

Otros elementos estructurales son**:**

- Puertas: Facilitan el acceso de los operarios y herramientas. Deben abrir hacia afuera, o ser corredizas para evitar desaprovechar superficie del interior del invernadero. Además, deben tener buenos cierres para impedir su apertura accidental con ráfagas de viento.
- Ventanas: Son las responsables de la ventilación, deben abrir y cerrar correctamente. Siempre deben abrir hacia arriba, pues cuando se cierran se superponen con el zócalo contribuyendo a la hermeticidad.
- Canaletas: Se utilizan para la canalización y evacuación del agua.
- Zócalos: Se encuentran en el perímetro con una altura de 70 cm desde el nivel del suelo. Se utilizan para la hermeticidad del invernadero y para la protección del cultivo.
- Cimientos: ayudan en la seguridad y duración de la estructura.

Ubicación de invernadero

Frecuentemente las características del terreno ya disponible determina las del invernadero: Orientación, exposición a los vientos, pendiente, composición del suelo, dimensiones y formas.
No obstante de ser posible condicionar la elección del terreno a las exigencias de la estructura a construir, será necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

1) Ubicación del terreno: considerar la cercanía a diversos servicios, especialmente la provisión de agua para riego, vivienda del encargado de la quinta, caminos, accesos, comunicaciones, energía eléctrica.

2) Pendientes del terreno: La superficie ocupada por el invernadero debe estar bien nivelada, algo más alta que el terreno circundante y rodeada de zanjas o **canales que permitan un rápido escurrimiento de las lluvias**. Debe ponerse especial atención a la zona de drenaje de las canaletas del invernadero.

3) Calidad del agua disponible: se debe asegurar **el abastecimiento y la calidad** del agua necesaria para el riego, teniendo presente que las especies cultivadas en invernadero suelen ser muy sensibles a las aguas “duras”.

4) Tipo de suelo: Debe seleccionarse aquel de textura y pH más favorable para las especies que se deseen cultivar, buen drenaje, sin exceso de sales, equilibrado en elementos nutritivos. Un **análisis del suelo** previo a la construcción es fundamental para evitar futuros inconvenientes que devengan en enmiendas costosas, bajos rendimientos y calidad de lo producido.

5) Dirección y Velocidad de los vientos: Debe buscarse la protección contra vientos no deseados, ya que afectan al invernadero, ejerciendo una acción mecánica (daños sobre la estructura y/o cubierta) e influyendo en el incremento de las pérdidas de calor. En zonas no protegidas es necesario considerar la implantación de cortinas forestales rompevientos.

Factores del diseño de invernaderos relacionados con la radiación solar

Orientación

La orientación de los invernaderos tiene influencia en la cantidad y uniformidad de la radiación dentro del invernadero.

La orientación se denomina según la dirección de su **eje longitudinal del invernadero.**

Mediciones registradas a más de 40º de latitud demuestran que la orientación E-O supera a la N-S en cuanto a la cantidad de luz transmitida durante el invierno.

En primavera, la orientación prácticamente no tiene influencia sobre la cantidad de luz transmitida y en el verano la orientación N-S supera ligeramente a la orientación E-O.

La luminosidad de un invernadero orientado N-S es más uniforme, pues las sombras principales cambian de posición más rápidamente durante el día, y en el caso de varias estructuras adosadas, con orientación E-O puede ser importante la proyección de sombra de un invernadero sobre otro.

A pesar de la desuniformidad la mayoría de los autores recomienda la orientación **E-O en aquellas regiones donde la cantidad de luz invernal puede llegar a ser limitante** para el cultivo de hortalizas, situación que se da en latitudes superiores a los 25-30º.

Forma del Techo

La forma del techo influye de manera notable en la captación de luz y en la homogeneidad de la distribución interna. Los invernaderos de techos curvos son los que permiten lograr mayor transmitancia[1] seguidos por los tipos capilla y capilla modificado.

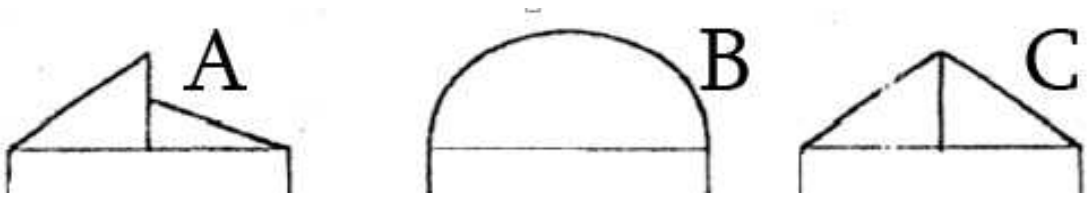
En cuanto a la homogeneidad, el diseño de mejor comportamiento es el tipo curvo.

Como regla general, se puede determinar:

Las **cubiertas curvas**, proporcionan alta iluminación y permite evacuar correctamente el agua y nieve. Las **formas elípticas,** también presentan características similares a los curvos pero en zonas rigurosamente frías pueden presentar problemas con depósitos de nieve.

Las **formas planas** o de escasa inclinación, tienen menor captación de luz que las formas curvas, presentan pocos problemas con el viento pero no se recomiendan para climas lluviosos.

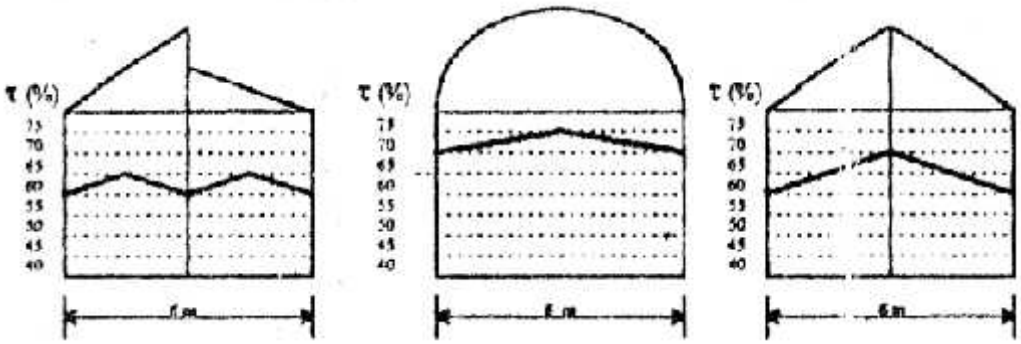
Las formas a **2 aguas,** presentan buena captación de buena luz, y evacuación de las lluvias.



A. Capilla modificada. Curvo. C. Capilla.

1 **transmitancia**: magnitud que expresa la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en la unidad de tiempo.

Angulo de Techumbre:
Se define como el ángulo formado por la cubierta del techo y la horizontal. En épocas invernales el techo plano es claramente el más desfavorable. A partir de una pendiente de 10º la transmitancia comienza a crecer, situándose el óptimo entre los 20 –30 º de pendiente.



Incremento porcentual de la energía transmitida en función de la tipología del invernadero. (Nivel de transmitancia medido a 1,50 m de altura según una transversal)

Cubierta de invernadero

Los materiales utilizados como cubierta persiguen el objetivo de actuar como barrera a los factores desfavorables como fríos, lluvias, granizo y permitir el aprovechamiento de los factores ambientales favorables para el desarrollo de los cultivos.

La importancia del material de cubierta radica fundamentalmente en su influencia sobre el **balance energético**, ya que es a través de esta superficie donde se produce la mayor parte de los intercambios energéticos entre el ambiente exterior y el confinado.
El material de recubrimiento tiene que favorecer la entrada de la radiación solar incidente (máxima transparencia a las radiaciones que van del U.V largo al I.R cercano) y al mismo tiempo limitar, especialmente en las horas nocturnas, la pérdida de energía térmica acumulada (mínima transparencia a las radiaciones del I.R. lejano, mayores a 3000 nanómetros). La combinación de estas dos características hace que en condiciones espontáneas o sin auxilio de un sistema de climatización, las temperaturas del interior superen a las del aire libre.

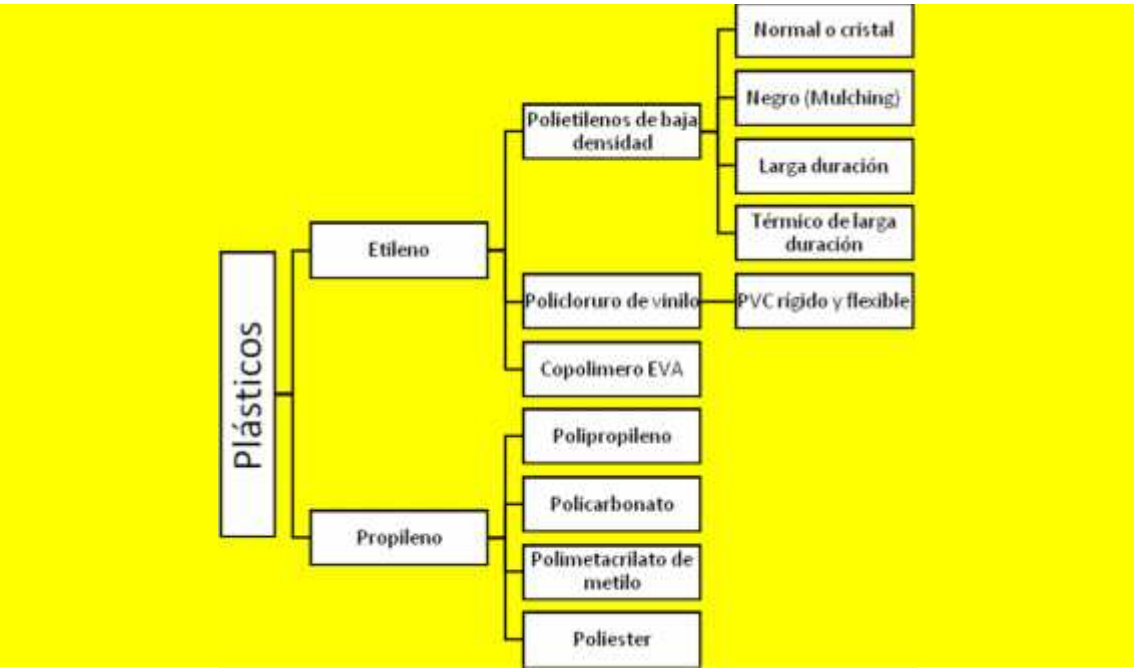
Cabe destacar, que los coeficientes de transmitancia de la luz solar (de la radiación global) y los coeficientes de transmitancia de la banda PAR son de magnitud similar, por lo cual los primeros proporcionan una información adecuada del comportamiento relacionado a la banda PAR.

Además, el espesor de los materiales de recubrimiento, no tiene prácticamente influencia en la transmitancia de la luz solar directa.

Existen en la actualidad, dos grandes grupos de coberturas: el vidrio y los plásticos.

Material	Características	Ventajas	Desventajas
Vidrio	Característico de invernaderos antes de los años '70. Conserva sus propiedades en el tiempo. No se altera con ácidos ni humedad.	Gran duración. Elevada trasmisión en el espectro visible. No modifica el espectro de emisión solar. Tiene buen efecto invernadero. No transmite ondas de longitud superiores a los 4600 micrómetro (el suelo y las plantas emiten entre 5000 y 35000 micrómetros)	Alto costo. Elevado peso. Riesgo de rotura, con daño a los operarios. Dificultad en montaje.
Plásticos	Principales coberturas actuales. Gran variabilidad de materiales.	Bajo peso. Menor riesgo de rotura. Fácil montaje. Menor corto que el vidrio.	Se alteran sus propiedades con el tiempo, por el sol y los plaguicidas.

Materiales plásticos: Son los más difundidos en los invernaderos actuales de todo el mundo. Son materiales sintéticos derivados del petróleo. Existen de diferente tipo con características particulares. Según los monómeros que le dan origen se pueden clasificar en:



Y según sus características se pueden clasificar en:

1) Laminados flexibles: PVC (flexible), Polietileno, Acetato de Vinilo (EVA)

2) Planchas rígidas: PVC (rígido), Poliéster estratificado, Polimetacrilato de metilo y Policarbonato.

Polietileno: Es el polímero más usado. Permite la fabricación de films "especiales", mediante la adición al polímero de aditivos apropiados de manera de obtener en un solo producto efecto térmico, larga duración, antigoteo, etc.
La degradación del polímero, **producida por la luz y la temperatura**, se obstaculiza mediante el agregado de antioxidantes y antiactínicos.
En nuestro país es el más difundido, se presentan tres tipos:

1) Polietileno normal o cristal: Este material se degrada por efecto de las **radiaciones ultravioletas y de las altas temperaturas.** Presenta buena transparencia de día, por la noche deja escapar el 60-70% de las radiaciones térmicas. Permite poca difusión de la luz incidente (10-15%). Su vida útil se estima en **menos de 1 año**. No es un material que se recomiende para la cobertura de un invernadero.

2) Polietileno Larga Duración (LD): Posee inhibidores de las radiaciones ultravioletas de modo que la duración puede alcanzar a **2 -3 cosechas (18 meses**).

3) Polietileno Larga Duración Térmica: (LDT): Este tipo de polietilenos además de poseer las características señaladas para la **inhibición de las radiaciones ultravioletas** que le otorgan durabilidad, presenta la característica de retener las radiaciones nocturnas de longitud de onda larga; deja escapar aproximadamente solo el 15-18% y posee buena difusión de la luz incidente. Tiene una **duración mayor a 2 años.**

TIPOS DE INVERNADERO

Se pueden identificar diversos diseños de invernaderos, que involucran diferentes tipos de estructuras, materiales de cobertura y técnicas de construcción apropiadas según los casos. Entre ellas se mencionan las siguientes:
1. Invernadero Túnel
2. Invernadero Capilla (a 2 aguas)
3. Invernadero Capilla modificado (tipo chileno)
4. Invernaderos en diente de sierra.
5. Invernaderos con techumbre curva
6. Invernadero tipo "parral" o "Almeriense"
7. Invernadero holandés (Tipo Venlo)

1. **Invernadero-túnel**
Es difícil establecer una línea divisoria entre lo que es un invernadero y un macrotúnel, por no existir un parámetro definido. No obstante, se ha optado como medida de clasificación el volumen de aire encerrado por cada metro cuadrado de suelo. En general, de acuerdo a diferentes opiniones al respecto, podemos definir como invernadero aquella estructura que supera los 2,75-3,00 m3/m2.

2. **Invernadero capilla (a dos aguas)**

Se trata de una de las estructuras más antiguas, empleadas en el forzado de cultivos, muy empleados en nuestro país, fundamentalmente en la **zona de La Plata**. La pendiente del techo (cabio) es variable según la radiación y Pluviometría (variando normalmente entre **15° y 35°**).

Las dimensiones del ancho, varían entre 6 y 12 m (incluso mayores), por largo variable.

Las altura de los laterales varían entre **2,0-2,5 m y la de cumbrera 3,0-3,5 m** (también se construyen más bajos que los señalados, pero no son recomendables). La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas, no ofrece dificultades; tornándose más dificultosa cuando varios de estos invernaderos se agrupan formando baterías.

Invernaderos tipo capilla. Neuquén.

3. Invernadero en dientes de sierra

Una variación de los invernaderos tipo capilla, que se comenzó a utilizar en zonas con **muy baja precipitación y altos niveles de radiación,** fueron los invernaderos a una vertiente. Estos invernaderos, contaban con una techumbre única inclinada en ángulos que variaban entre **5° y 15°** (orientados en sentido este-oeste y con presentación del techo hacia la posición del sol -norte para el hemisferio sur-). El acoplamiento lateral de este tipo de invernaderos dio origen a los conocidos como “dientes de sierra”. La necesidad de evacuar el agua de precipitación, determinó una inclinación en las zonas de recogida desde la mitad hacia ambos extremos. Generalmente, la pendiente del ángulo agudo se ubica hacia el lado de máxima luminosidad y en la parte vertical se utiliza ventilación cenital.

Invernaderos dientes de Sierra metálicos

4. Invernaderos tipo capilla modificado

Se trata de una variante de los tipo capilla (muy utilizados en la V región de Chile, y promovidos por el Programa Hortalizas del INIA), muy utilizados en nuestro país en la provincia de **Corrientes y Buenos Aires**. La modificación (respecto al tipo capilla) consiste en el ensamble a diferentes alturas de cada cabio, lo que permite generar un espacio para una **ventana cenital** (lucarna). Las dimensiones más comunes de estos invernaderos son: Ancho de cada módulo: 6,0 m. Altura lateral: 2,4 m. Altura cenital: 3,6 m. Abertura cenital (lucarna): 0,3-0,5 m.

Los postes se colocan cada 2,0 m (tanto en el lateral como en la parte central), utilizándose postes sulfatados o bien, impregnados con brea al menos en los 0,40-0,60 m que van enterrados).

Invernaderos tipo capilla modificado. Corrientes.

5. Invernaderos con techumbre curva

Este tipo de invernaderos, tienen su origen en los invernaderos-túneles. Por lo común, son de tipo **metálicos** (caños de 2”a 2,5” de diámetro o bien perfiles triangulares con hierro redondo trefilado de 8-10 mm de diámetro) o bien con techumbres metálicas y postes de madera.

Dentro de este tipo de invernaderos, pueden encontrarse diferentes alternativas según la forma que adopta el techo (i.e. circulares, semielípticos (medio punto, ojivales, etc.). Las dimensiones más comunes de estos invernaderos van de 6,0-8,0 m de ancho por largo variable. Generalmente, constan de ventilación cenital.

En la zona del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe, existe una alternativa de muy bajo costo (más próxima al tipo semielíptico) construida con postes de madera y techumbre de madera arqueada o caña. Se trata de una estructura muy endeble y de muy baja altura, tornándose en una importante limitante para el clima de la zona. También, se encuentran en la zona patagónica, dado las características de radiación.

Invernadero curvo. Chile.

6. Invernadero tipo parral (almeriense)

Son invernaderos originados en la provincia de Almería (España), de palos y alambres, denominados “parral” por ser una versión modificada de las estructuras o tendidos de alambre empleados en los parrales para uva de mesa. En nuestro país, este tipo de invernadero tuvo su mayor difusión en **las provincias del NOA (particularmente Salta).** Actualmente existe una versión moderna a los originales, que se construyen con caños galvanizados como sostenes interiores, permaneciendo el uso de postes para los laterales de tensión o aún, siendo reemplazados también éstos por muertos enterrados, para sujeción de los vientos, constituidos por doble alambre del 8. Los invernaderos suelen tener una altura en la cumbrera de **3,0 a 3,5 m**, la anchura variable, pudiendo oscilar en 20 metros o más por largo variable. La **pendiente es casi inexistente**, o bien (en zonas con pluviometría de riesgo) suele darse 10°-15°, lo que represente altura de los laterales del orden de 2,0-2,3 m. Se ventila solamente a través de las aberturas laterales. En la techumbre sólo se utiliza un doble entramado de alambre, por entre el cual se coloca la lámina de polietileno, sino otra sujeción.

Invernadero tipo parral. España.

7. Invernadero tipo Venlo (holandés)

Son invernaderos de vidrio, los paneles descansan sobre los canales de recogida del agua pluvial. La anchura de cada módulo es de 3,2 m y la separación entre postes en el sentido longitudinal es de 3 m. Estos invernaderos carecen de ventanas laterales (puede ser debido a que en Holanda no existen demasiadas exigencias en cuanto a ventilación). En cambio, tiene ventanas cenitales, alternadas en su apertura (una hacia un lado y la siguiente hacia el otro) cuyas dimensiones son de 1,5 m de largo por 0,8 m de ancho. Son de fácil hermeticidad e implementación de climatización, se usan principalmente para investigación o producción de plantas ornamentales por su alto costo.

Invernadero tipo venlo. Holanda.

MODIFICACIONES DEL CLIMA DEL INVERNADERO

Las modificaciones que se pueden realizar están referidas a las necesidades de climatización en periodos fríos y en periodos cálidos. Las técnicas de climatización disponibles se clasifican en activas y pasivas de acuerdo a si existe o no aporte energético para su implementación.

Climatización	Sistemas activos	Sistemas pasivos
Periodos Fríos	Calefacción por agua caliente Calefacción por aire caliente	Doble techo Pantalla térmica Aspersión de agua en cubierta
Periodos Cálidos	Paneles evaporantes Aspersión de agua	Ventilación Sombreado

Climatización en periodos fríos

Durante el invierno, la temperatura nocturna que se registra en el interior de los invernaderos puede bajar hasta límites peligrosos para las especies en cultivo. Para evitar estos descensos nocturnos de la temperatura, se pueden aplicar sistemas activos o pasivos.

Sistemas activos

Calefacción aérea:
El sistema está provisto de una caldera donde el agua se calienta y circula simplemente por gravedad, es decir por diferencia de densidad entre la que sale de la caldera y la que entra (circulación pasiva).
También puede disponerse de una bomba (circulación forzada). Las tuberías de hierro se disponen a lo largo de las paredes laterales del invernadero, en la parte aérea y a nivel de la cubierta vegetal. La temperatura del agua alcanza los 60 ºC y es un sistema bastante costoso que se limita a producciones muy rentables.

Calefacción del suelo:
El sistema se compone de tuberías radiantes enterradas o sobre el suelo, por las que circula el agua caliente. Se debe tener en cuenta que pueden presentarse problemas si hay mucha diferencia entre la temperatura del suelo y la del ambiente, por ejemplo: una temperatura de 26ºC en el suelo y 7ºC en el ambiente en un cultivo de tomate, darán como resultado un mayor desarrollo vegetativo respecto a un cultivo sin calefaccionar, pero con altas posibilidades de malformaciones de fruto por la baja temperatura ambiente.
Esta técnica deberá tener en cuenta no solo la relación antes señalada, sino también el cambio de las propiedades físico - químicas del suelo inducidas por el calor. Se emplean tuberías de PE[2] y PVC. La velocidad del agua dentro de las tuberías de distribución deberá estar entre 0,5 y 1 metro /seg., para garantizar la homogeneidad de la temperatura y el buen aporte de calor. Debe manejarse con precaución ya que el calor puede modificar las propiedades físico - químicas del suelo.

[2] PE = Polietileno

Calefacción del suelo para trabajo sobre mesadas en producción de plantas de interior. Holanda.

Por Aire Caliente:

Las partes fundamentales de estos equipos son:

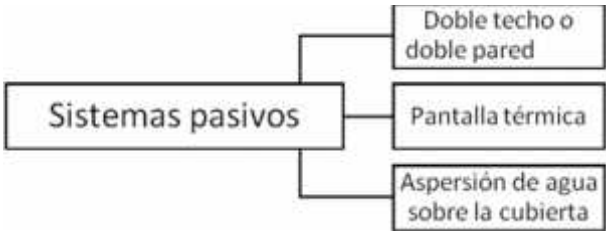
- Un ventilador que hace circular el aire, extrayéndolo del exterior o del interior del invernadero.
- Un quemador de combustible.
- Un intercambiador de calor que tiene una serie de aletas que se calientan con la combustión y entre las que circula el aire.

La salida del aire caliente se realiza a través de una serie de orificios direccionales o bien de mangas de polietileno, provistos de una serie de orificios.

Salida de aire caliente para climatización de invernadero.

Sistemas Pasivos

Estas técnicas **NO aportan calor**, solo protegen al cultivo del escape nocturno del calor acumulado durante el día por el suelo y los cultivos



Doble Techo y/o Doble Pared:
El sistema consiste en la instalación manual de otra película de polietileno de 50 a 100 micrones de espesor, separada unos pocos centímetros de la cubierta principal. Se aconseja como separación óptima entre ambas capas unos 2 a 10 cm. Si se aumenta la separación se aumentan las pérdidas por conducción - convección, puesto que el aire confinado en la doble pared o techo puede moverse con mayor libertad. La separación entre ambas láminas por medio de aire a presión es una variante mejorada del sistema anterior. El ahorro energético puede estimarse en un 30% y la pérdida de luz en un 10%. Este ahorro energético es más importante en noches con alta velocidad de viento.
Cuando el cultivo es pequeño y queda gran parte del suelo sin cubrir, la acumulación térmica durante las horas de radiación solar es importante y por lo tanto, a la noche el doble techo permite conservar el ambiente con 1 a 3 ºC más en el aire – Este pequeño aporte puede prevenir la muerte del cultivo por heladas, pero no alcanza para asegurar a las plantas de tomate por ejemplo, las temperaturas mínimas de crecimiento y el cultivo permanecerá inactivo.
El doble techo en un invernadero con calefacción activa permite ahorrar hasta un 30 % de combustible (FAO.1988).

Pantalla térmica:
Es una cobertura de polietileno o de materiales aluminizados que tiene por objeto impedir el escape de la radiación infrarroja larga emitida durante las noches por el suelo y las plantas, al mismo tiempo que reducen el volumen de aire en el interior del invernadero.

Estas pantallas deben estar provistas de algún sistema de montaje que permita su corrimiento durante el día a fin de no restar luminosidad a los cultivos.

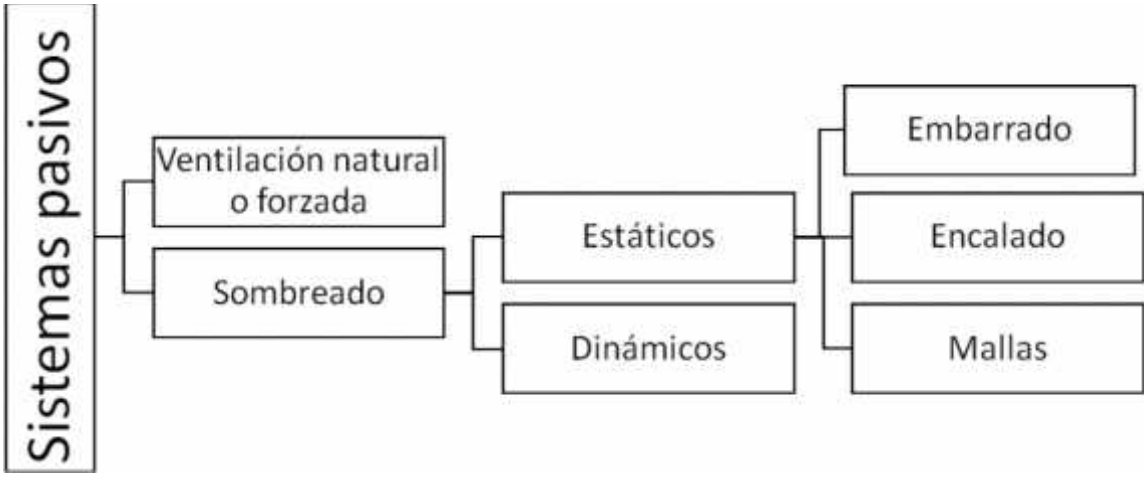
Aspersión de agua sobre la cubierta:
Consiste en asperjar agua sobre la cubierta del invernadero durante las horas en que se producen las heladas. Se forma una capa de hielo de un par de centímetros de espesor que actúa como aislante al escape de calor del interior.

Es muy económico y efectivo pero tiene el inconveniente de utilizar gran volumen de agua por noche que debe ser canalizada o reciclada para evitar encharcamientos en los alrededores de las estructuras. Además es importante utilizar agua con bajo contenido de sales para evitar depósitos sobre la cubierta.

En nuestro país todavía no se han generalizado los sistemas de calefacción fundamentalmente por un problema de costos. En la región pampeana se recurre al **encendido de carbón en latas** o tambores para "salvar" un cultivo durante las noches con heladas; esta práctica no se recomienda por los depósitos de combustión que quedan sobre los cultivos y en la cara interior de la cobertura. También se utilizan pequeños **hornos donde se queman distintos combustibles** de los que sale un caño hacia el exterior que recorre un sector del invernadero emitiendo calor.

Climatización en periodos cálidos

La climatización de invernaderos en los periodos cálidos es más difícil que en los períodos fríos .Se cuenta con sistemas activos y pasivos que tienden a reducir las excesivas temperaturas y a evitar los descensos peligrosos de la humedad relativa.



Ventilación Natural o forzada

El objetivo que persigue es una adecuada renovación de volumen de aire del invernadero, la cual debe ser de aproximadamente 40 renovaciones /hora. En función de ello debe **diseñarse la superficie de puertas y ventanas o la capacidad de los ventiladores**, fundamentalmente en estructuras de varios módulos acoplados. En el caso de la ventilación natural, la renovación de aire tiene dos fuerzas:

1) **Efecto Estático**: El movimiento del aire se da por diferencia de presión como consecuencia de una diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del

invernadero. La superficie de las ventanas juega un rol fundamental en la renovación de aire cuando interviene esta fuerza.

2) **Efecto Viento**: La velocidad del viento mejora la renovación del aire del invernadero. El efecto del viento supera al efecto estático cuando la velocidad del mismo es mayor a 1m/seg.

Las aberturas laterales del invernadero deben representar **del 20 al 25 % de la superficie** cubierta para que el salto térmico (diferencia de temperatura entre el interior y el exterior) sea mínimo.
No obstante, resulta más eficiente la combinación de ventanas laterales y cenitales, que laterales solamente.
En cuanto a la ventilación cenital optima, esta debiera representar el **10 % de la superficie cubierta.** Para que la ventilación sea efectiva con estos porcentajes es muy importante una buena altura de los invernaderos; además se recomienda que las aberturas laterales comiencen a una altura no inferior a 0.70 m del suelo.

Sombreado
El sombreado es la técnica de refrigeración más utilizada en la práctica, pero presenta algunos inconvenientes. Uno de ellos es que gran número de productos para sombreado no son efectivos. La reducción de la temperatura se logra a base de **cortar más de lo conveniente el porcentaje de radiación fotoactiva, mientras que el infrarrojo corto llega en exceso a los cultivos**. En otros casos la reducción de la radiación no causa descenso térmico, por ejemplo cuando se utilizan pantallas de ahorro de energía durante el verano con el objetivo de sombrear, ya que dichas pantallas pueden reducir mucho la renovación del aire. Si bien estos sistemas de sombreado no modifican mucho la temperatura ambiente, sí permiten modificar el balance energético de la canopia, y por lo tanto disminuyen la temperatura foliar.
El sombreado debería ser tal que el cultivo llegue a su saturación lumínica al medio día. Los sistemas de sombreo pueden dividirse en 2 grupos:

1) **Sistemas Estáticos**: Son aquellos que una vez instalados sombrean el invernadero de manera constante sin posibilidad de graduación y control. Dentro de este sistema se hallan: el encalado, el embarrado, el uso de mallas de polipropileno negras, de colores o aluminizados. Cada una de estas prácticas tiene sus particularidades.

Encalado: Consiste en recubrir la cara exterior con pintura blanca, generalmente se aplica carbonato de calcio o cal apagada en toda la superficie externa de la cobertura. Suele hacerse con mochila, es una práctica económica y eficaz. En zonas de pocas lluvias se prefiere el carbonato cálcico porque es más fácil de eliminar por lavado. En zonas más húmedas es preciso usar soluciones de cal apagada. Un inconveniente técnico es la permanencia de la cal en la **cobertura durante periodos de baja radiación** y como su aplicación no puede hacerse nunca con homogeneidad, existen diferencias en la cantidad de luz que llega a las plantas.

Embarrado: Se aplica barro más o menos diluido por el interior de la cobertura con un rodillo de lana o una pinceleta. Debe preverse su cepillado cuando ya no se lo desee teniendo en cuenta que los restos caen sobre el cultivo.

Sombreado con mallas: Suelen ser de polietileno, aunque se usan también otros materiales como el polipropileno, poliéster o derivados acrílicos; existen también materiales aluminizados que presentan la ventaja de reflejar parte de la radiación como calor. La mayoría de las redes de sombreo son poco selectivas, es decir reducen tanto la transmisión de radiación fotoactiva como la del infrarrojo corto. Lo deseable sería reducir al máximo la radiación infrarroja dejándola en el exterior del invernadero. Aunque esto limita la vida útil de la red y se complica la instalación, la reducción de temperatura es más adecuada. La malla exterior se calienta con la radiación, pero se refrigera con el aire exterior del invernadero. Son más costosas que las prácticas de encalado y embarrado pero tienen la ventaja de poder retirarse fácilmente cuando ya no son necesarias pudiendo utilizarse durante varios años. Si se colocan en el interior, hay que tener en cuenta que **absorben calor.**

Sombreado con malla exterior. México.

2) **Sistemas Dinámicos**: Son los que permiten un control de la radiación solar en función de las necesidades del cultivo.

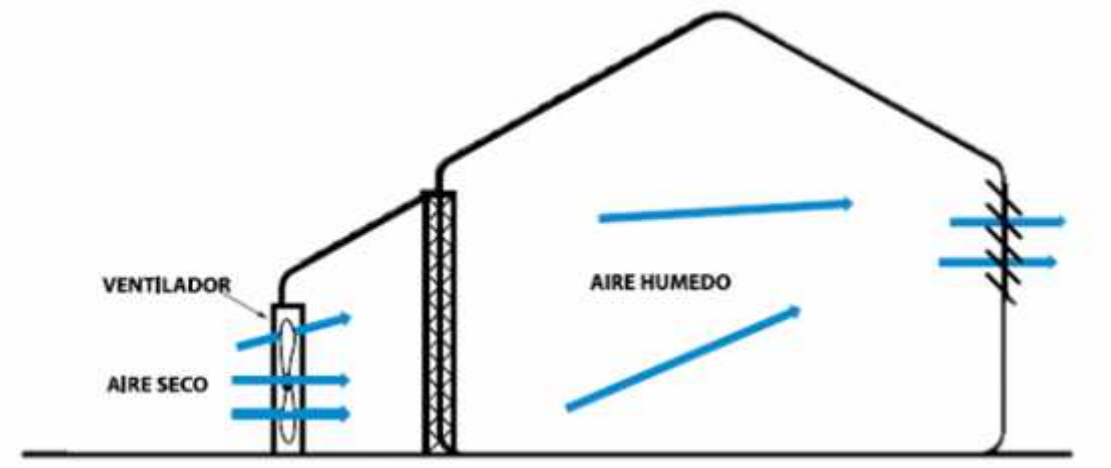
Sistemas Activos

Refrigeración por evaporación de agua

Este sistema se basa en la transformación de la energía incidente en calor latente por evaporación de microgotas de agua, emitidas por aparatos de aspersión. Se denomina **brumización** cuando las gotas tienen un tamaño superior a los 200 micrones; estas gotas caen al suelo o al cultivo desde donde se evaporan más o menos rápidamente según las temperaturas de estas superficies. Se denomina **fog-system** cuando las gotas tienen menos de 100 micrones y quedan en **suspensión** en el aire hasta su completa evaporación.

Paneles Evaporantes o "Cooling pad"

Estos paneles de fibra o celulosa, que se encuentran húmedos de forma permanente, se caracterizan porque suelen enfriar y saturar de humedad el aire exterior que se introduce, por ventiladores, en el invernadero en su paso a través de los paneles. El enfriamiento es mayor cuanto más seco sea el aire exterior.



Funcionamiento de los paneles evaporantes.

Bibliografía

1. Robledo Pedro Félix et al. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura Ediciones Mundi Prensa.
2. INTA. 1993. La producción de hortalizas en invernadero. Curso a distancia. Modulo 2 El invernáculo.
3. Alpi, A et al. 1991. Cultivo en invernadero .Ediciones Mundi Prensa
4. Ferrato Jorge .1993. Control de altas y bajas temperaturas en cultivos bajo cubierta plástica y balance energético.
5. Ferrato Jorge .1993. Guía de Trabajos Prácticos Universidad Nacional de Rosario. Forzado.
6. Francescangelli Nora et al. 1996. El invernadero Hortícola. Estructuras y manejo de los cultivos.
7. Universidad Nacional del Litoral. FAVE 1996 Curso de producción de hortalizas bajo invernadero.
8. Bouzo, Carlos A.; Gariglio Norberto F. 2009 Tipos de invernaderos. www.ecofisiohort.com.ar
9. Martinez, P.F., Roca D., Sway, R. Martinez M., Blasco X., Herrero, J.M., Ramos, C. Avances en el control de los factores del clima para el cultivo en invernadero. IVIA. Universidad Politécnica de Valencia. Comunidad Valenciana Agraria
10. INTA. 2013. Manejo del invernadero: curso a distancia sobre manejo del invernadero. Módulo 1.
11. INTA. 2014. Protecciones para cultivos hortícolas para el norte de la Patagonia. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle, Rio Negro. Argentina.
12. Erik van Berkum. 2012. Greenhouse Heating systems. http://blog.maripositas.org/horticulture/greenhouse-heating-systems
13. Hydroenv. Catálogo de malla media sombra. http://www.hydroenv.com.mx/catalogo
14. Rufepa. 2014. Tipos de invernadero. http://www.rufepa.com
15. Hortelana. 2013. Tipos de invernadero. http://www.hortelana.com/hortelana.html
16. Maroto, J.V. 2013. Elementos de horticultura general. Ediciones mundi- prensa.
17. Di Benedetto, A. 2004. Cultivo intensivo de especies ornamentales. Editorial facultad de agronomía.

Febrero, 2016.