

CULTIVOS BAJO FORZADO

Ing. Agr. Silvia Cantos

El cultivo protegido es aquel en el que durante todo el ciclo productivo (sistemas forzados) o durante una parte del mismo (sistemas semiforzados ó forzados parciales) se desarrolla en un medio distinto del existente al aire libre.

Entre los objetivos que se persiguen con la utilización de protecciones para los cultivos, pueden mencionarse:

- Conseguir producciones **en zonas donde el clima no lo permite** al aire libre, en condiciones comerciales.
- Conseguir producciones **en épocas distintas a la habitual** para una zona, con el fin de obtener ventajas de mercado por presentar productos “fuera de temporada”.
- **Aumentar las producciones** por unidad de superficie y obtener productos de mejor calidad
- **Acortar los ciclos de las plantas** permitiendo mayor número de ciclos por campaña

Tenemos tres alternativa de protección:

- a) Sembrar o plantar una especie sensible en la época en que existe peligro de heladas, en ese caso se protegerá al cultivo en la primera parte de su ciclo, hasta que desaparezca la posibilidad de heladas
- b) Sembrar una especie sensible en la época en que no hay peligro de heladas (verano) pero que se cosechará en otoño, momento de riesgo de heladas. En este caso el cultivo se protegerá la última parte de su ciclo, para asegurar maduración de los frutos y prolongar el período de cosecha.
- c) Sembrar una especie sensible a las bajas temperaturas, que se desea cosechar en la misma época. En este caso se requiere proteger el cultivo en todo su ciclo y adicionar energía para que se desarrolle normalmente.

Sistemas semiforzados ó forzados parciales

- a) Cajoneras o vidrieras: Estructuras para proteger a las plantas que luego serán trasplantadas al aire libre. Pueden ser de hormigón o madera y cubiertas con vidrio o polietileno. Ancho aproximado: 1,20 m y longitud variable.
- b) Barandilla de paja: Usadas en la zona pedemontaña en el Norte. Se construyen bordos ó camellones (0,6 m de altura) distanciados 1,4 m uno del otro. En la parte superior se colocan palos, alambres ó cañas, que sirven de sostén a ramas y paja, que a su vez, protegen las plantitas sembradas en la base. Se orientan de este a oeste con exposición al norte y una inclinación de 60° Se usan para proteger al cultivo de los vientos fríos y de las heladas, permitiendo adelantar los cultivos de siembra directa. La protección se mantiene durante 70- 90 días después de la siembra. Cuando pasa el peligro de heladas, se desmorona el lomo y se centra el surco. Se utiliza en tomate, pimiento y zapallito de tronco.
- c) Casillas: Se hace normalmente para zapallito de tronco, melón, pepino. Se construyen 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 al norte.
- d) Barraca cubierta: Se utiliza en cinturones verdes para la obtención de primicias. Las barracas se cubren con polietileno transparente formando una carpa. Se realiza en el momento de trasplante o siembra según la zona.

- e) Micro-túnel: Es una forma de acolchado del suelo que consiste en cubrir a la planta con una lámina de polietileno de baja densidad y protegerla del exterior desde la germinación hasta que adquiere cierto desarrollo. La lámina mantiene el calor que se desprende del suelo.
- f) Túneles bajos de polietileno: Pueden emplearse como protección de almácigos o acompañar el ciclo completo de los cultivos. Para su construcción se disponen arcos (de caña, alambre, hierro, etc.) equidistantes y alineados sobre el terreno. Sobre éstos se coloca el material de cobertura (generalmente polietileno transparente de poco espesor) que puede fijarse a los costados con tierra. Son de dimensiones variables según la finalidad.

Debe tenerse en cuenta el volumen de aire que deben contener para ser efectivos en contrarrestar el efecto del frío. Como regla general, para cada m^2 de superficie cultivada y protegida debe corresponderle como mínimo un volumen de 0,45 a 0,50 m^3 .

Es importante el manejo de la ventilación. La ventilación suave puede utilizarse para atenuar la posible inversión térmica causada por el uso de polietileno transparente. La condensación que ocurre sobre la superficie interna del polietileno tiene un doble efecto: por un lado puede dificultar la entrada de radiación solar por reflexión de la misma pero, a la vez, intercepta la radiación de onda larga del suelo, favoreciendo el balance térmico bajo el túnel.

Puede utilizarse polietileno perforado que permite un intercambio de aire continuo manteniendo los niveles de temperatura y humedad en valores adecuados y disminuyendo el requerimiento de ventilación. Los túneles también pueden construirse con doble lámina de polietileno, dejando una pequeña separación entre ambas; utilizando mulching sobre el surco o construyendo el túnel en el interior de un invernadero. Todas estas alternativas potencian su efecto.

Forzados totales: Invernaderos o invernáculos

Es toda construcción que se caracteriza por poseer una estructura que sirva de soporte a una cubierta transparente a las radiaciones necesarias para la vida de las plantas; suficiente solidez para resistir los embates del viento; un sustrato natural ó artificial con provisión de agua; dimensiones que permiten el desarrollo de las plantas y su manejo interior; aberturas que permitan intercambios de aire con el exterior.

Clima del invernadero:

Los invernaderos reciben energía radiante del sol que una vez que atraviesa el material de cobertura actúa elevando la temperatura en el interior del mismo. La transmisión de esta energía depende del tipo de material de cobertura, la forma y la disposición del invernadero.

La radiación que llega a la superficie del invernadero puede ser reflejada, absorbida o transmitida, no siendo idéntica la proporción para cada longitud de onda. La luz transmitida, a su vez, puede atravesar la cobertura en forma directa o difusa.

Los materiales utilizados en la cobertura deben cumplir básicamente con dos características:

- Máxima transparencia a la radiación solar de onda corta (360 - 2500 nm) proveniente del sol.
- Máxima opacidad a la radiación infrarroja de onda larga (> 2500 nm) emitida por el suelo, las plantas y las estructuras.

De este modo, la radiación directa atraviesa la cubierta del invernadero y es absorbida (además de reflejada y transmitida) por el cultivo, el suelo y estructura del invernadero. Estos cuerpos, durante el día, emiten parte de la energía que absorben como radiación

infrarroja lejana, que no atraviesa el material de cobertura, produciéndose un aumento de la temperatura interna del invernadero sobre la temperatura ambiente. Durante la noche, no hay ganancia de energía por parte del invernadero, pero los cuerpos que están dentro de él siguen emitiendo radiación infrarroja lejana, que es retenida por el material de cubierta, demorando el enfriamiento del invernadero, respecto a la temperatura externa.

Desde la superficie del suelo el calor es conducido en profundidad.

La radiación solar no puede ingresar en el invernadero con total intensidad. La magnitud de esa pérdida de intensidad está sujeta a:

- Efectos de reflexión y absorción de la radiación por parte de la superficie “transparente” del material de cobertura, dependiendo de la composición química y el espesor del mismo.
- La presencia de superficies opacas propias de la construcción, que no pueden ser atravesadas por la radiación (10% en los casos más desfavorables)
- Deposición de partículas de polvo sobre la superficie, en combinación con la condición del tiempo. Se acentúa con tiempo seco y puede alcanzar a ocasionar una reducción del 4% en áreas no industriales y hasta del 50% en áreas industriales al cabo de 10 meses.

La radiación solar directa es la mayor carga energética que recibe el invernadero. La fracción de radiación que efectivamente llega a los cultivos depende de una serie de factores no modificables como: latitud, época del año, hora del día y topografía del sitio y de factores modificables como: el tipo de invernadero, orientación, ángulo de techumbre y propiedades ópticas del material de cobertura.

La principal variable que determina la intensidad de la componente de radiación solar que incide sobre una superficie y la capacidad de ésta para reflejar, transmitir o absorber los rayos solares es el *ángulo de incidencia*. El ángulo de incidencia es el que existe entre el rayo solar y la línea normal a la superficie de captación. Cuanto más perpendicular a la superficie del techo es el ángulo de incidencia de la luz solar, mayor será el pasaje de luz. Cuanto mayor es la inclinación de los rayos solares, mayor será la reflexión.

Temperatura del aire en el interior del invernadero: El aire dentro 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 volumen del invernadero (dado por el tamaño del mismo). Las estructuras con pequeños volúmenes de aire sufren variaciones más pronunciadas en la temperatura entre el día y la noche.

Dentro de un invernadero, la temperatura aumenta con la altura. El perfil térmico que se produce debe ser tenido en cuenta para el manejo de los cultivos. En el caso de cultivos de alto porte como tomate, pepino, melón, etc. debería hacerse un bajado del cultivo, de modo que las altas temperaturas no afecten el crecimiento del brote apical y el establecimiento de los nuevos racimos.

Se debe resaltar la importancia de la altura de los invernaderos en climas de alta radiación y temperatura ya que las variaciones bruscas de temperatura se disminuyen aumentando la relación volumen: superficie del invernadero. La única manera de aumentar esta relación es mediante la altura de las estructuras. Además, la altura asegura que la canopia del cultivo no se vea afectada por el aumento de temperatura que se produce cerca de la cobertura plástica.

La forma de transporte del calor en el suelo del invernadero es similar al exterior, sin embargo, a una misma profundidad, la temperatura interna es más elevada y la amplitud térmica menor.

Humedad relativa en el interior del invernadero: En un sistema en el que no se verifican variaciones del contenido de vapor de agua y de la presión atmosférica, al aumentar la temperatura se observa una disminución de la humedad relativa (HR) y un aumento del déficit de saturación (DS). Por el contrario, si la temperatura se mantiene constante, al aumentar la humedad específica se tiene un aumento de la HR y una disminución de DS.

El DS tiene gran importancia desde el punto de vista fisiológico ya que, junto a la temperatura de las hojas, determina el gradiente de presión de vapor que regula el proceso transpiratorio. El DS en el invernadero varía de 0 a 30-35 mbar, mientras que los valores óptimos se encuentran entre 2 y 10 mbar.

La HR y el DS dependen estrechamente de la temperatura del aire y de la cantidad de vapor de agua que éste contiene y, por lo tanto, del balance hídrico del invernadero. Entre las fuentes de aprovisionamiento de vapor de agua pueden considerarse: evapotranspiración, irrigación, intervenciones climatizantes específicas. Las pérdidas de vapor de agua, se producirán a causa de la ventilación, condensación y deshumidificación.

En condiciones de elevada evapotranspiración, el contenido en vapor de agua tiende a aumentar y, consecuentemente, la HR. En general, durante el invierno la HR en los invernaderos calefaccionados es menor por la noche, mientras que durante el día se tienen valores más elevados. En primavera y otoño la HR es mayor por la noche y menor por el día; estas fluctuaciones son aun más marcadas en los meses de verano, cuando en el periodo nocturno se pueden alcanzar valores de 100% para descender a valores de 20-40% durante el día, lo que puede, en condiciones de abastecimiento hídrico inadecuado, problemas de estrés hídrico en las plantas.

Otro problema relacionado a la humedad del aire es el de la condensación del vapor de agua bajo la forma de gotas.

Anhídrido carbónico: Si bien no es admitido como un elemento meteorológico convencional, juega un rol significativo como parámetro atmosférico en la climatología de invernadero. La cantidad de CO₂ en la atmósfera es de 350 ppm aproximadamente, pudiendo variar entre 0,02 y 0,04%. La concentración de este gas varía mucho más en el interior de un invernadero.

A la noche, como resultado del flujo de CO₂ del suelo, aumenta su concentración. En las primeras horas de la mañana en un día despejado la concentración de CO₂ en un invernadero es más alta que en la atmósfera. En cuanto aumenta la intensidad luminosa, hay una bajada rápida de CO₂ que alcanza niveles muy bajos. Este nivel se mantiene durante algunas horas, hasta que la intensidad luminosa comienza a disminuir; momento en que aumenta gradualmente la concentración para alcanzar los niveles iniciales.

Durante el invierno, en días nublados, la concentración de CO₂ puede ser más baja que en días despejados, debido a que los invernaderos pueden permanecer cerrados todo el día.

En época primaveral, la alta temperatura que se llega a alcanzar en el interior del invernadero obliga a ventilarlo y, por lo tanto, el nivel de CO₂ que puede haber disminuido, vuelve a su nivel normal. En días con intensidad lumínica alta y cultivos desarrollados, la caída de la concentración del CO₂ puede ser tan pronunciada, que el intercambio de aire entre el invernadero y el exterior no alcance a restablecer el equilibrio; esto determina una disminución en la actividad fotosintética. En ese caso, habría que implementar ventilación forzada, remoción de aire dentro del invernadero, ó fertilización con CO₂.

Instalación del invernadero

Cuando se proyecta la construcción de un invernadero deben tomarse en cuenta las características climáticas de la zona, y aspectos particulares del lugar.

Respecto al AMBIENTE CLIMÁTICO, es necesario considerar los parámetros que lo caracterizan como:

- Evolución de las temperaturas medias diarias, extremas y estacionales
- Humedad relativa
- Período libre de heladas
- Insolación real y potencial, la intensidad de la radiación solar
- Duración del día
- Pluviometría mensual
- Régimen de vientos de la zona (velocidad máxima, ráfagas, dirección predominante).

Respecto a las CONDICIONES DEL LUGAR A UBICAR LA ESTRUCTURA, se debe tener en cuenta:

- a) **Cercanía de servicios:** especialmente agua para riego, vivienda del operario responsable, red vial, comunicaciones y suministro de energía eléctrica.
- b) **Pendiente del terreno:** la superficie debe estar bien nivelada, más alta que los terrenos circundantes y rodeada de zanjas ó canales que permitan rápido escurrimiento de las lluvias
- c) **Calidad del agua:** se debe garantizar abastecimiento y calidad del agua necesaria para el riego. La mayoría de los cultivos tienen requerimientos específicos en sales y PH y son sensibles a las aguas de mala calidad.
- d) **Tipo de suelo:** El suelo debe ser de textura y PH más favorable para las especies a cultivar, calidad uniforme en toda la superficie, buen drenaje, equilibrado en elementos nutritivos, sin exceso de sales, con una flora benéfica. Es fundamental un análisis de suelo previo a la construcción para evitar futuros inconvenientes.
- e) **Dirección y velocidad de los vientos:** Estas dos variables en vientos no deseados, ejercen una acción mecánica (daños sobre la estructura y/ó cubierta) e influyen en el incremento de las pérdidas de calor.

En zonas no protegidas es necesario considerar la implantación de una cortina rompevientos.

Las cortinas tienen una serie de efectos sobre el microclima de la zona que protegen;

- Reducen la velocidad del viento: ligado a su altura, permeabilidad y distancia a la zona que deben proteger. Se prefiere cortinas con un 50 % de porosidad, que protegen entre 10 y 12 veces su altura.
 - Modifican los intercambios de radiación: de día, interceptan y reflejan parte de la radiación solar, lo que provoca una distribución heterogénea de la luz; sin embargo, durante la noche reducen las pérdidas de calor de la zona.
 - La reducción de la velocidad del viento, conjuntamente con los efectos sobre la radiación, resulta en un incremento de las temperaturas diurnas y menor reducción de las nocturnas de la zona protegida. Igual efecto tienen sobre la humedad relativa.
 - Como consecuencias agronómicas, protegen al cultivo dentro de la estructura de la deshidratación, caída de flores, etc, generan ganancia en la precocidad por el aumento de temperaturas y disminución del estrés hídrico por el aumento de la HR, así como también, mayores probabilidades de enfermedades, si no hay una buena ventilación
- f) **Orientación del invernadero:** En la elección de la misma influye la llegada y distribución de la radiación dentro del invernáculo. Sin embargo, en la práctica, la

orientación está condicionada por la parcelación existente y por la dirección de los vientos dominantes.

- Latitud: Tiene relación directa con el ángulo de incidencia de la luz, y por lo tanto, con la radiación que atraviesa la cobertura. Cuanto más perpendicular al techo son los rayos, mayor será el pasaje de luz. Al alejarse de la región ecuatorial, los rayos caen en forma cada vez más oblicua, reflejándose hacia el exterior y desaprovechándose cada vez en mayor grado. Por lo tanto, cuanto mayor sea la latitud de una localidad, mayor importancia cobrará la orientación del invernadero.

- Epoca del año: La orientación debe ser escogida de manera tal que permita la máxima captación de energía solar en el periodo invernal ya que la mayoría de la producción se lleva a cabo durante otoño- invierno- primavera. La orientación debe ser tal que la entrada de radiación sea mayor y, además, evitar el sombreado de las líneas de cultivo.

Según transcurra el tiempo de invierno a verano, las diferencias en favor de la orientación este- oeste respecto a norte- sur tienden a disminuir. Teóricamente desde setiembre, el factor orientación no tiene influencia respecto a la cantidad de luz transmitida.

Para la región Norte, es aconsejable que tanto las líneas de cultivo como la estructura, tengan una orientación NO- SE.

Lo enunciado anteriormente es válido cuando se construye un invernadero aislado. Cuando se considera un conjunto de ellos (varias naves adosadas) hay que considerar la proyección de la sombra de cada una de las naves sobre la siguiente.

- El viento tiene distinto efecto sobre las distintas partes del invernadero. La pared en barlovento (dirección que viene el viento) duplica a la presión que soporta la pared en sotavento. En el techo la cara orientada en sotavento sufre presiones que tienden a elevarlo. Es conveniente que el eje principal del invernadero se ubique en dirección a los vientos dominantes y que no haya puertas ni ventanas con esa ubicación.

TIPOS DE INVERNADEROS

DIMENSIONES: El objetivo es brindar a las especies las condiciones más convenientes para su desarrollo y diagramar las características de la estructura que contribuyan a generar un microclima favorable en épocas de temperaturas críticas. También debe tenerse en cuenta criterios como:

- Costo del m² de construcción
- Disponibilidad de mano de obra para el trabajo generado
- Rendimiento de los equipos, que normalmente exigen dimensiones mínimas que justifiquen su utilización
- Posibilidad de construir distintos módulos, uno al lado del otro, adosados o no, pero compartiendo instalaciones comunes

La relación largo: ancho juega un rol muy importante en el microclima que se generará en el interior. De esta relación depende la **superficie expuesta del invernadero**, es decir, los m² de paredes que estarán en contacto con el clima exterior.

Las pérdidas de calor del invernadero son directamente proporcionales a su superficie expuesta: cuanto mayor sea, más se enfriará el interior en épocas de bajas temperaturas.

Otro criterio referido al tamaño relaciona la superficie con el volumen. Es el **volumen unitario** ó cociente entre el volumen interior (m³) y superficie de suelo cubierta (m²). Como regla general, existen las siguientes relaciones:

Túneles: V/S de $1\text{m}^3/\text{m}^2$ y $1,7\text{m}^3/\text{m}^2$

Invernaderos - túnel: V/S de $1,7\text{m}^3/\text{m}^2$ y $2,5$ ó $3\text{m}^3/\text{m}^2$

Invernadero propiamente dicho: V/S superior a $3\text{m}^3/\text{m}^2$

Este criterio de clasificación permite definir la **inercia térmica**: no se enfriará ó calentará bruscamente. Cuanto mayor sea el volumen de aire retenido, mayor será la cantidad de calor acumulada durante el día por unidad de superficie que se irá perdiendo durante la noche en forma más o menos rápida según la eficacia del material de cobertura.

Se aconseja que el volumen unitario del invernadero en ningún caso sea inferior a 3, y la forma más apropiada de obtener valores mayores es aumentando la altura de la estructura.

Las estructuras altas aportan numerosas ventajas desde el punto de vista climático: mejor ventilación, posibilidad de introducir equipos de calefacción, pantallas térmicas, etc.

ESTRUCTURA: Puede estar construida por diversos materiales. Entre los más comunes se encuentra la madera y el metal (hierro ó aluminio).

La madera presenta alta disponibilidad y bajo precio. En general el m^2 de invernadero de metal cuesta 3 veces más que el de madera, pero el costo de mantenimiento de la estructura de madera es 5 veces superior al metal.

Un invernadero de madera construido con postes bien estacionados, sin aristas que dañen la cubierta, asegura un período de mantenimiento de 1- 2 años y una vida técnica y económica de 10 años. Un invernadero metálico construido con piezas bien galvanizadas, tiene un período libre de mantenimiento no menor a 3 años y una vida útil de 25 años ó más.

Características diferenciales

Madera	Estructuras menos luminosas Menor conductividad térmica (ahorro energético en caso de calefaccionar) Menores dimensiones libres que las estructuras metálicas: ancho 7 m con postes distanciados 2 a 3 m Menor facilidad de mecanización en el interior Menor cierre hermético de aberturas Fácil de trabajar, cortar, encuadrar en la propia obra
Hierro y acero	Máxima iluminación Mayor conductividad térmica que la madera Máxima anchura libre en naves Cierre más hermético de aberturas Mayor facilidad y rapidez de montaje (a nivel profesional) A veces hay reacciones electrolíticas entre piezas galvanizadas y aleaciones de aluminio, que destruyen el galvanizado
Aluminio	Ventajas de construcción pero costo elevado Resistencia a la corrosión Variada forma de perfiles disponibles Relativa debilidad de las soldaduras (50% menos que otras estructuras)

FORMA: La forma del invernadero tiene importancia primordial en dos conceptos: la luminosidad interior y la resistencia al viento; siendo importantes la **forma del techo** y el **ángulo de techumbre**.

Los de techo curvo transmiten mayor cantidad de luz que los planos, y en éstos, la pendiente influye notablemente. La elección de la pendiente adecuada en los techos a dos

aguas favorece la entrada de luz. En general, la pendiente promedio óptima varía entre 25° y 30°. En cuanto a la homogeneidad, el de mejor comportamiento es el tipo curvo. Las formas mas utilizadas, sus dimensiones y características sobresalientes, se muestran en el siguiente cuadro:

<p>Semicilíndrico o túnel</p> <p>Dimensiones: Altura central: 2,4 a 2,8 m Ancho: 4 a 8 m</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia a vientos • Alta transmisión de luz • Fácil instalación (materiales flexibles o rígidos) • Poco volumen de aire retenido (inversión térmica) • Recomendable para cultivos de porte bajo a medio
<p>Con techumbre curva</p> <p>Dimensiones: Ancho: 6 a 8 m Largo variable</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a vientos • Buena transmisión de luz solar • Alta inercia térmica • Espacio interior libre • Construcción de media a baja complejidad • Difícil ventilación (no acoplar más de 25 a 30 m)
<p>Techo a dos aguas o capilla</p> <p>Dimensiones: Pendiente del techo variable según radiación y pluviometría (15 a 35°) Ancho: 6 - 12 m y mayores. Altura de laterales: 2 a 2,5 m Altura cumbre: 3 a 3,5 m (hay más bajos pero no es recomendable)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de mediana a baja complejidad • Materiales de bajo costo, según la zona • A igual altura cenital, menor volumen encerrado que los invernaderos curvos • Elementos de soporte interno que producen mayor sombreado • Ventilación: dificultosa cuando estos invernaderos se agrupan en baterías
<p>Diente de sierra: formado por la unión en batería de naves a un agua, orientadas de un modo que penetre a través de una única pendiente la mayor cantidad de luz posible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente ventilación (lateral + cenital) • Mayor sombreado que el tipo capilla por mayores elementos estructurales • Menor volumen de aire encerrado • Difícil evacuación del agua de lluvia (canaletas)
<p>Tipo parral</p> <p>Dimensiones: Altura central: 3- 3,5 m Ancho: 20 m ó más Largo: variable Pendiente: inexistente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gran volumen de aire encerrado • Bajo sombreado • Resistente a vientos • Deficiente ventilación (sólo por los laterales) • Riesgo por precipitaciones intensas • Techo de escasa pendiente (baja captación de luz solar)
<p>Abrigos múltiples (baterías)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Economía de materiales • Mejor aprovechamiento del espacio • Mejor orientación de las hileras de cultivo • Problemas de ventilación (para disminuir temperatura y humedad relativa) • Requieren ventilación cenital adecuada • Requieren canaletas para desagüe • Generalmente la primera estructura sombrea a las siguientes

COBERTURA: Es el elemento que ejerce la verdadera protección del cultivo. Ofrece una barrera a los factores atmosféricos adversos (frío, lluvias) y permite el aprovechamiento de los favorables (luz, calor). A su vez, deben presentar resistencia física, duración e

inalterabilidad suficientes para hacer rentable su utilización.
Hay dos características básicas que se requieren:

- Máxima transparencia a la luz solar (onda corta)
- Máxima capacidad de retención del calor (opacidad a la radiación de onda larga)

Los materiales utilizados para la cobertura son el vidrio y el plástico, cada uno de los cuales tiene ventajas y limitaciones. Debido a sus propiedades térmicas cada vez más satisfactorias, el plástico está reemplazando al vidrio en todo el mundo, especialmente en zonas de inviernos templados.

Características de los materiales para cobertura

FLEXIBLES	Espesor (micrones)	Transmisión luz (%)	Transmisión IR (%)	Inalterabilidad	Retención del calor	Resistencia mecánica	Vida media
PE	100- 150	70- 85	55- 70	UV y T altas lo degradan	poco	baja	1 año
PELD	150- 200	70- 85	55- 70	Resiste UV y T altas	poco	media	1,5 años
PELD Térmico	100- 200	80- 85	15- 18	Estable ante UV	bueno	muy buena	2- 3 años
Copolímero EVA	200	90	38	Altamente estable ante UV y altas T	excelente	buena	> 3 años
PVC	200	80- 90	28- 32	T altas lo degradan		baja	
RÍGIDOS	mm						
VIDRIO	3	100	0	Exelente	excelente	mala	15- 20 años
POLIESTER	1- 2	85	4		muy bueno		Idem
Policarbonato	4- 16	75- 83	0				Idem
PVC	0.8	84	6				Idem

Cuando se analiza la transmisión de luz de los materiales de cubierta, es necesario tener en cuenta la influencia del material de estructura. Los materiales de mejor comportamiento, normalmente son los más pesados y necesitan estructuras que producen más sombreado. Si tenemos en cuenta este detalle, los invernaderos de polietileno son los que mayor proporción de luz dejan pasar.

Vidrio: Es el material de mejores propiedades ópticas. Presenta alto costo y elevado peso, por lo que requiere de estructuras muy sólidas y rígidas. Es necesario realizar limpieza y sellado para mantener una buena transmisión de la luz y disminuir pérdidas por renovación de aire.

Poliéster fibra de vidrio: Es un excelente sustituto del vidrio. Tiene gran poder de difusión de la luz. No se utilizan demasiado por su alto costo.

Policloruro de vinilo (PVC): Puede ser rígido (placas) o flexible. La principal desventaja del film es la poca resistencia al rasgado una vez dañado o perforado y el ancho en que se comercializa. Esto no lo hace aptos para estructuras de palo y alambre.

Polimetacrilato de metilo ó vidrio acrílico. Tiene propiedades ópticas excelentes y mayor resistencia que el cristal. Viene en placas, siendo esta la causa de su escasa utilización (alto

costo).

Copolímeros EVA: Es una combinación de etileno y acetato de vinilo en diferentes proporciones, que a su vez modifica las propiedades. El acetato de vinilo eleva la resistencia al impacto y reduce la resistencia al rasgado, aunque esta es mayor a la del PVC.

Polietileno: Es el material más utilizado por su precio bajo, si bien tiene inconvenientes. Los principales son su baja duración y su alta permeabilidad a las radiaciones de onda larga. En la actualidad, se le incorporaron aditivos de "Larga duración", que lo protegen de la radiación ultravioleta y "larga duración térmico", que lo hacen más opaco a la radiación de onda larga. Es muy resistente al rasgado lo que lo hace apto para estructuras de palo y alambre. Otras ventajas son: su bajo peso, se comercializa en anchos variables, y buena difusión de la luz.

En la actualidad se está trabajando mucho en este material (Polietileno), mediante la incorporación de aditivos que mejoran aún más sus propiedades. Entre ellas podemos mencionar:

* Efecto antigoteo ó "Antifog". Los aditivos reducen la diferencia entre la tensión superficial de la gota y el material de cobertura, evitando la condensación en forma de gotas y proporcionando la formación de una capa de líquido continuo. Con esto se logra suprimir el goteo sobre los cultivos y aumentar la transmitancia, debido a la ausencia de gotas que reflejan la luz.

* Fotoselectividad: En este caso, los aditivos actúan como filtros fotoselectivos fluorescentes que aumentan dentro del invernadero la radiación fotosintéticamente activa.

* Dispersión de la luz: Mediante aditivos, se busca elevar la proporción de luz difusa, frente a la directa, para reducir sombreado de las estructuras, del cultivo y disminuir los daños por luz directa (Escaldado de frutos).

Colocación y sujeción de coberturas:

En el momento de decidir el tipo de estructura a construir, debe tenerse en cuenta el sistema de fijación sobre la misma del material de cubrimiento. Esto es particularmente importante en las estructuras metálicas clásicas pues tanto en el caso de la madera como en el del aluminio, o bien es muy simple o bien ya vienen resuelto en función del tipo de piezas utilizadas.

Considerando que el polietileno, en el mejor de los casos, durará 3 años, mientras que las estructuras entre 10 y 25 años, un invernadero requerirá entre 4 y 6 recambios de cobertura. En este caso, la facilidad del sistema de anclaje de la cubierta a la estructura es fundamental.

OTROS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE IMPORTANCIA

Puertas: Su función es facilitar el acceso de operarios y herramientas. Es un elemento que contribuye a la menor hermeticidad en la construcción. Se aconseja construir una puerta de dos hojas: una, fija, sólo permite la entrada de tractores y otros medios mecánicos. La otra, más pequeña, de uso permanente para el paso del personal.

Las puertas deben cerrar muy bien y tener juntas lo más perfectas posibles para evitar infiltraciones de aire inconvenientes.

Conviene que abran hacia fuera. Lo más habitual para puertas de grandes dimensiones es que sean corredizas. En algunos invernaderos toda la parte frontal puede quitarse fácilmente, lo que resulta muy práctico en el momento de entrar con tractores o cuando se requiere una buena ventilación ya que quitando la parte frontal y trasera se consigue una buena corriente de aire.

Ventanas: Por ser las responsables de la ventilación del invernadero, deben cumplir con dos requisitos: que cierren bien, cuando debe mantenerse el calor y que se puedan abrir mucho cuando se requiere buena ventilación.

Las ventanas siempre deben abrir hacia arriba; de este modo, al estar cerradas, se superpone su cobertura con el zócalo del invernadero, lo que contribuye a su hermeticidad.

Cuanto más simple y más barata es la construcción de una cobertura, más complicada suele ser la apertura y cierre correcto de las ventanas.

La ventilación natural del invernadero puede ser lateral (por ventanas en las paredes de mayor longitud) o cenital (apertura en el techo).

La distribución de temperatura dentro del invernadero no es uniforme, sino que se producen perfiles térmicos. En general se observa un aumento de la temperatura hacia el techo, más marcado en los invernaderos sin ventilación cenital.

Respecto a la superficie de ventanas, las laterales deben representar del 20 al 25% de la superficie cubierta para garantizar una correcta ventilación natural. Tienen que comenzar a una altura no inferior a 0,70 m desde el suelo. Si se dispone de ventilación lateral y cenital se estima como valor aconsejable el 10% de superficie de ventilación cenital y el 15% de superficie lateral respecto al total de la cubierta.

Para que la ventilación sea efectiva con estos porcentajes, es muy importante aumentar la altura de los invernaderos.

Canaletas y bajantes de agua: en prácticamente todos los invernaderos están previstas la recolección, canalización y evacuación del agua de lluvia, para que no cause problemas en las proximidades o en determinados puntos del propio invernáculo. En algunos casos, donde se busca aprovechar el agua de lluvia, debe disponerse de depósitos adecuados para su almacenamiento.

En todos los casos la cubierta hace las veces de cuenca de recolección y en función del número de vertientes de la cubierta deben existir las canaletas adecuadas, con la inclinación correcta, para recoger y conducir el agua caída.

En algunos casos la canaleta puede constituir un elemento más de la estructura, con lo cual además de un posible ahorro de material se logra una sensible mejora de la iluminación interior al evitar la repetición de elementos opacos en la estructura.

Zócalos: Cumplen dos funciones de importancia: contribuyen a la hermeticidad del invernadero y protegen al cultivo recién trasplantado, de la acción directa del viento.

Los zócalos deben estar presentes en todo el perímetro y la altura más adecuada es de 70 cm. desde el nivel del suelo.

Se construyen con el mismo material de cobertura que el resto de la estructura, excepto en algunos invernaderos metálicos que combinan polietileno y materiales rígidos.

Cimientos: La magnitud de los cimientos está dada en función de la importancia de la construcción, de la duración y de la seguridad que se pretende obtener.

Los invernaderos artesanales de madera, generalmente no cuentan con ninguna base. El enterrado de los postes a profundidades entre 0,7 y 1m resulta eficiente, en zonas poco ventosas.

Los invernaderos metálicos, por su mayor vida útil, siempre llevan cimientos.

Tirantes: según el tipo de estructura es frecuente que lleve tirantes, es decir, piezas de refuerzo para determinados tipos de esfuerzo. Una estructura bien calculada puede ser mucho más "ligera", es decir, construida con menos cantidad de material (con lo cual se logra mayor ahorro económico, menos obstáculos interiores y menos pantallas a la luz).

MANEJO DE LOS EFECTOS AMBIENTALES EN LOS CULTIVOS FORZADOS

La mayoría de las especies hortícolas que se cultivan bajo invernáculo requieren temperaturas de aire moderadas para un óptimo desarrollo: 16 a 28 °C. Por debajo de los 10- 12°C y por arriba de los 30- 32°C , detienen su desarrollo.

Valores muy altos ó muy bajos de radiación solar y condiciones de humedad relativa baja por varias horas, afectan su calidad comercial.

Existen distintas técnicas, tanto en invierno como en verano, para mejorar las variaciones del clima dentro del invernáculo.

MANEJO DE LA TEMPERATURA DURANTE LOS MESE FRIOS

Hay técnicas PASIVAS, que ayudan a conservar el calor acumulado por el suelo durante el día, sin necesidad de energía. Por ej: doble techo, pantallas térmicas, túneles de plástico dentro de la estructura. Brindan la posibilidad de proteger a los cultivos contra las heladas, pero no aseguran temperaturas que eviten la detención del crecimiento y la producción de las especies.

Los sistemas pasivos pueden lograr mantener la temperatura 2 a 3 °C más alta que en los invernáculos sin protección, solo cuando el cultivo es pequeño y no cubre totalmente el suelo. A medida que crece y sombrea el suelo, éste acumula menos calor durante el día y el efecto es menor.

- Los dobles techos ó dobles paredes son más eficientes cuanto más cerca estén entre sí las 2 capas de polietileno. El sistema mejora si se insufla aire entre ellas. En presencia de calefacción, contribuyen a ahorrar hasta un 30 % de combustible. Sin embargo, reducen la entrada de luz al invernáculo en un 10%.
- Túneles de plástico. Se colocan sobre los surcos de cultivo, por encima de un bastidor de alambre que se apoya en la estructura del invernadero.

Las técnicas ACTIVAS aportan calor al invernáculo y requieren para su funcionamiento el uso de un combustible. Por ejemplo: calefacción por aire y por agua caliente.

Permiten darle a los cultivos las temperaturas necesarias que necesitan para crecer y producir.

Estos sistemas sólo resultan eficientes en estructuras totalmente herméticas, sin roturas en la cobertura ni aberturas que cierren mal.

- La calefacción por aire caliente con manga de distribución es la que se encuentra más difundida en nuestro país. Cada estructura requiere un cálculo particular para instalar un equipo con la potencia térmica adecuada.
- La calefacción por agua caliente ó el riego con agua caliente, son alternativas menos usadas. En este último caso, se colocan tuberías de hierro ó PVC a 20 cm de profundidad, y 50 cm de separación entre tubos. El agua caliente no debe ser superior a los 50°C.

MANEJO DE LA TEMPERATURA DURANTE LOS MESES CÁLIDOS

Las técnicas PASIVAS son las más accesibles y aplicables a cualquier estructura.

- Ventilación natural. Es el método más barato para bajar la temperatura. Es importante abrir bien las ventanas, aún en época invernal, si el día es soleado, para reducir la humedad relativa y permitir la entrada de CO₂. Las aberturas cenitales son de suma importancia en situaciones de falta de viento y cuando el cultivo es alto y obstruye las aberturas laterales.

En invierno debe favorecerse la acumulación de energía solar en las horas de mayor temperatura, esto se logra abriendo el invernadero, en días soleados, cuando la temperatura exterior se acerque a los 18- 20°C. En verano hay que impedir un exceso de temperatura interior, por lo que el invernadero debe quedar abierto aún durante las noches.

- Sombreado. Es una técnica que ha demostrado su eficacia en bajar las temperaturas durante el verano. Si se hace con cal ó barro no es fácil de implementar en estructuras tipo

triple capilla. Si se hace con red media sombra, resulta más costoso, pero se puede retirar rápidamente cuando ya no se necesita.

Encalado: Se pinta con soluciones de cal hidratada + adhesivo toda la superficie externa de la estructura, utilizando mochilas ó cualquier equipo con picos de aspersión. La intensidad del sombreado se regula con la densidad de cal aplicada por unidad de superficie. La aplicación nunca es totalmente uniforme, y deben retocarse las zonas más lavadas después de una lluvia. Para retirar, se usa una solución de agua + lavandina común, friccionando con un cepillo de goma espuma bajo un chorro de manguera de alta presión.

Embarrado: se aplica barro mas o menos diluido por el interior de la cobertura.

Sombrado con malla: se usan mallas de polipropileno, tipo media sombra, más o menos abiertas de acuerdo al grado de sombreado que se desee.

El sombreado y la ventilación deben ir asociados, ya que la malla absorbe la radiación solar y la convierte en calor, que hay que evacuar.

Hay mallas negras, y blancas ó aluminizadas. Cuando se utiliza mallas negras, siempre deben ubicarse afuera del invernáculo, por su mayor capacidad de absorción de la luz. Las blancas son más efectivas que las negras y pueden colocarse en el interior. No conviene usar mallas de colores porque absorben radiación en el espectro que corresponde a su color complementario y desequilibra el espectro de luz que llega al cultivo.

ILUMINACION ARTIFICIAL

El crecimiento de un cultivo está determinado por el factor más limitante; diversas experiencias han demostrado que la luz, en zonas de latitudes altas (mayores a 30° LN ó LS) es escasa durante el invierno. Cuando la luz es limitante, la aplicación de otros métodos como la calefacción ó la fertilización no alcanzan una plena eficiencia.

- Las lamparas de sodio de alta presión son las más convenientes para iluminar a los cultivos, ya que el espectro en que iluminan es aprovechado por las plantas para distintos procesos: fotosíntesis, fotomorfogénesis, etc.

De acuerdo a la potencia y al haz de luz que emita cada lámpara, se puede determinar el número de unidades y la altura a la que deben colocarse.

También se debe determinar el número de horas/día en que las lamparas deben estar encendidas. Donde es posible hacer instalaciones más sofisticadas, también se puede variar la intensidad de la luz, lo que aumenta la eficiencia de la instalación.

Experiencias en San Pedro, evaluaron los efectos de la lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400 watts sobre plantines de tomate y su incidencia en el aumento de temperatura de aire y suelo. Como resultados: hubo un aumento de 1 a 1,5°C de temperatura en el aire, los plantines producidos bajo luz tuvieron una mayor relación raíz/parte aérea (mayor capacidad para arraigar después del trasplante, mayor resistencia al estrés hídrico en las primeras semanas, menor porcentaje de reposición y mayor adelanto del cultivo.

MANEJO DE LA HUMEDAD

La humedad que tenga el invernadero depende del agua que tenga el suelo y de la humedad del ambiente exterior, además de la temperatura existente.

Se puede corregir los defectos de humedad con varios métodos:

- Riegos en los pasillos ó distribución en el ambiente de recipientes con agua, evitan mínimos críticos para las plantas.
- Enriqueciendo el agua del ambiente con riegos por aspersión, nebulización (mist-system), refrigeración por humectación (cooling-system).
- Incrementando la evapotranspiración en invernaderos cerrados con temperaturas del aire relativamente bajas.

Con el mecanismo de refrigeración por humectación (cooling- sistem), se introduce aire más frío y mayor humedad que en el exterior. Consiste en colocar paneles de viruta humedecidos en una pared frontal del invernadero y ventiladores extractores en la pared frontal opuesta, y se impulsa aire por medio de un ventilador por el panel humedecido.

Los excesos de humedad son más difíciles de corregir. Se puede utilizar:

- Ventilación natural. Es la más utilizada. El manejo de la ventilación de un invernadero, al modificar el intercambio de calor y vapor de agua, afecta sensiblemente la humedad relativa: la condición de aire seco puede obtenerse al incrementar la temperatura del aire o por ventilación.
- La renovación forzada de aire consiste en establecer una corriente de aire mediante ventiladores- extractores, en la que se extrae aire caliente del invernadero y el volumen extraído es ocupado por aire de la atmósfera exterior; con este sistema, solo se puede conseguir una temperatura idéntica a la exterior.
- Aumentando la temperatura mediante calefacción (si el ambiente en el invernáculo lo permite).

COBERTURA DE SUELO

La cobertura de suelo ó mulching es una práctica muy común en cultivos hortícolas y consiste en cubrir la superficie del suelo con materiales orgánicos o inorgánicos.

Los materiales inorgánicos incluyen diferentes tipos de plástico, destacándose el polietileno de color cristal, negro y blanco. Los materiales orgánicos incluyen vegetales secos o verdes y rastrojos de cereales u otros cultivos.

El uso del polietileno como mulch plástico comenzó en los años 50 y a partir de allí, se considera un componente mas de un sistema intensivo de producción hortícola, que incluye además fertirrigación, trasplantes en contenedores, barreras rompevientos, túneles bajos o mantas, etc.

Los efectos que se logran sobre el cultivo con la aplicación del mulching difieren con las características del material de cobertura empleado y con las del ambiente en donde se realiza el cultivo.

Influyen notoriamente sobre:

1. **Humedad del suelo:** al ser el plástico impermeable al vapor de agua y a los líquidos impide la evaporación del agua del suelo, y queda a disposición de las plantas cultivadas. Las perdidas por evaporación que se producen por las perforaciones hechas para que salga al exterior el tallo son compensadas por la recuperación del agua de lluvia a traves de los mismos.
2. **Temperatura del terreno:** Durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas por el sol. Durante la noche el film detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones calóricas del suelo a la atmósfera, fenómeno que depende, en mayor o menor medida, de las características específicas del film.
3. **Estructura del suelo:** el acolchado con plástico presenta una estructura ideal par el desarrollo de las raíces de las plantas. Encuentran humedad suficiente a poca profundidad, lo que hace que haya raíces más numerosas, mas largas en sentido horizontal. Con el aumento de raicillas se asegura a la planta mayor succión de agua, sales minerales y fertilizantes.
4. **Fertilidad de la tierra:** el aumento de la temperatura y la humedad del suelo favorece la nitrificación y la consecuente absorción de nitrógeno por la planta; por otro lado, las lluvias no lavan el suelo.

5. **Crecimiento de malezas:** el desarrollo de las malezas bajo la lámina plástica depende del color de la misma, es decir, de su permeabilidad a la luz solar.
6. **Protección de frutos:** el film plástico actúa como barrera de separación entre el suelo y la parte foliar de la planta, evitando que los frutos estén en contacto directo con la tierra, mejorando su calidad y presentación comercial. Es muy aconsejable para aquellas plantas que produzcan frutos rastreros, porque evitan pudriciones, ataques de insectos y enfermedades criptogámicas.

TIPOS DE PLÁSTICOS UTILIZADOS EN MULCHING

Las coberturas plásticas del suelo de mayor uso en la agricultura están constituidas por resina de polietileno. Por distintos procesos, se convierten en laminas muy delgadas y flexibles. El principal polietileno utilizado es el de baja densidad, obtenido de la polimerización del etileno a muy baja presión.

Se pueden incorporar aditivos en el plástico para modificar o exaltar alguna característica de la lamina: pigmentos para darle un color, agentes deslizantes, antioxidantes, inhibidores y estabilizadores de la luz UV, retardantes de inflamación y aditivos para su foto degradación.

Las radiaciones que inciden sobre un cuerpo pueden ser reflejadas, transmitidas o absorbidas por el mismo. Las radiaciones calóricas absorbidas por el cuerpo pueden propagarse en forma de calor por conducción, convección y radiación.

Los porcentajes de reflexión, transmisión o absorción varían según el tipo de plástico, su espesor y pigmentación.

COLOR

El color de la cobertura determina el comportamiento de su energía radiante y su influencia en el microclima que rodea a la planta. Además, afecta directamente la temperatura de la superficie de la cobertura y las temperaturas del suelo debajo de la misma.

Los tres tipos de coberturas utilizadas en la producción comercial de hortalizas son los de color negro, transparente y la blanca sobre fondo negro.

Plástico negro

Es un cuerpo opaco negro **absorbedor** y **radiante**. Absorbe la mayoría de las radiaciones de longitud de onda UV, visible e IR de la radiación solar interceptada, volviendo a radiar la energía absorbida en forma de calor ó radiaciones IR de onda larga, al suelo y la atmósfera. Debido a esto, el suelo, durante el día, se calienta poco; gran parte de la energía absorbida por el mulch negro se pierde hacia la atmósfera como radiación y convección.

El aumento de temperatura que se origina en la superficie del plástico puede causar serios problemas como: quemaduras a las plantas jóvenes que permanecen en contacto con la lámina (especialmente en verano), riesgos mecánicos, ya que se dilatan de día y se contraen de noche, pudiéndose rasgar y causar daños a los cultivos por los aleteos que provoca el viento en las zonas desgarradas.

Una forma de mejorar el aumento de la temperatura del suelo es asegurando buen contacto entre el mulch y la superficie del suelo: de esta manera, la energía absorbida por el plástico negro se puede transferir al suelo por conducción.

Por otro lado, como no transmite las radiaciones visibles, no se realiza fotosíntesis, y en consecuencia, las malezas no se desarrollan. Esto significa una reserva de agua y de fertilizantes del suelo para las plantas cultivadas.

Por la noche, su poca permeabilidad a las radiaciones calóricas y el escaso calentamiento del suelo da lugar a que exista cierto riesgo de helada, en noches frías y con cielo despejado.

No obstante, el plástico negro, al actuar favorablemente sobre la estructura del suelo, produce mayores rendimientos que en suelos no protegidos, y una ligera precocidad en las cosechas.

Plástico transparente

Tiene la propiedad de **absorber poca** radiación solar pero **transmite** entre el 80 y 90 % de la misma, dependiendo del espesor y la opacidad del polietileno. Esto provoca un notable calentamiento del terreno (efecto invernadero), que favorece el crecimiento de los cultivos. También da lugar al crecimiento de las malezas, que compiten con el cultivo por fertilizantes y agua, además de levantar la cubierta. Sin embargo, mueren por asfixia, debido a las altas temperaturas que se originan en el suelo ó por quemaduras, al estar en contacto con la superficie del film.

Conviene siempre aplicar un mulching plástico en suelos con baja población de malezas, ó realizar aplicaciones de herbicidas con anterioridad.

Durante el día, el suelo se calienta de tal forma que se producen condensaciones en la cara interior del plástico como consecuencia de la evaporación del terreno. Estas condensaciones actúan como pantalla de las radiaciones del suelo hacia la atmósfera, impidiendo que el mismo se enfríe rápidamente por la noche.

Los dos efectos combinados diurnos y nocturnos contribuyen a la obtención de cosechas precoces, limpias, sanas y más productivas.

Plástico Blanco con fondo negro ó metalizado

Esta cobertura absorbe poca parte del calor que recibe, porque es muy **reflectiva**. El poco calor que recibe lo transmite por radiación hacia el suelo y lo retiene en su casi totalidad por ser su cara interior de color negro.

Al reflejar la luz, permite a las plantas aprovecharla con mayor intensidad; además, dispersan la luz, con lo que evitan una concentración de los rayos en puntos específicos. Esta reflexión y dispersión de la luz crea alrededor de la planta un entorno más luminoso. Resulta eficaz para repeler insectos, como los pulgones que se desarrolla en las partes menos soleadas de las plantas.

Esta cobertura proporciona una temperatura menor en el suelo que la transparente y que la negra. Se emplea para establecer cultivos como coliflor ó tomate en verano y obtener producciones tardías.

Últimamente, se han desarrollados mulches con longitud de onda selectiva. Estos transmiten selectivamente radiaciones de algunas regiones del espectro electromagnético. Absorben la radiación fotosintéticamente activa y transmiten la radiación solar infrarroja, combinando las propiedades del plástico transparente (mayor temperatura del suelo) y del plástico negro (retardo de crecimiento de malezas). Todavía están en investigación los efectos que provocan distintos colores de plástico sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Bouzo, C.A.; Gariglio, N.F. Invernaderos: Aspectos Generales a tener en cuenta. Documento de Extensión nº 31. Facultad de Ciencias. Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. 12 p.
- Francescangeli, N. Curso: El invernadero Hortícola: Estructuras y climatización. EEA San Pedro, INTA. 25 p.
- Frutihortícola, Año I Nº2, Neuquén. Sobre Cultivos Protegidos... : 15- 19.
- Garbi, M. Cultivos Protegidos. Cátedra de Horticultura. Departamento de Tecnología. Universidad de Luján. 11p.
- Jovicich, E. Coberturas plásticas de suelo en la producción de hortalizas. Primeras jornadas técnicas sobre el cultivo de melón. EEA San Juan, INTA. : 11- 16.
- Pilatti, R.A. y otros. Cultivos bajo Invernaderos: tomate, pimiento, frutilla, apio. 164 p.
- Sitta, G. El ABC de la horticultura protegida. Edit. Mundi- Prensa. 89 p.

