

# PRINCIPALES TIPOS DE INVERNADEROS (1ª parte)

*Types of greenhouses*

1. Introducción.
2. Invernadero Plano O Tipo Parral.
3. Invernadero En Raspa Y Amagado.
4. Invernadero Asimétrico O Inacral.
5. Invernadero De Capilla.
6. Invernadero De Doble Capilla.
7. Invernadero Túnel O Semicilíndrico.
8. Invernaderos De Cristal O Tipo Venlo.
9. Materiales Empleados En Las Estructuras.

## 1. INTRODUCCIÓN.

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas.

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

Precocidad en los frutos.

- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Inconvenientes:

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

Los invernaderos se pueden clasificar de distintas formas, según se atiende a determinadas características de sus elementos constructivos (por su perfil externo, según su fijación o movilidad, por el material de cubierta, según el material de la estructura, etc.).

La elección de un tipo de invernadero está en función de una serie de factores o aspectos técnicos:

- Tipo de suelo. Se deben elegir suelos con buen drenaje y de alta calidad aunque con los sistemas modernos de fertirriego es posible utilizar suelos pobres con buen drenaje o sustratos artificiales.
- Topografía. Son preferibles lugares con pequeña pendiente orientados de norte a sur.
- Vientos. Se tomarán en cuenta la dirección, intensidad y velocidad de los vientos dominantes.
- Exigencias bioclimáticas de la especie en cultivo
- Características climáticas de la zona o del área geográfica donde vaya a construirse el invernadero
- Disponibilidad de mano de obra (factor humano)
- Imperativos económicos locales (mercado y comercialización).

Según la conformación estructural, los invernaderos se pueden clasificar en:

- Planos o tipo parral.
- Tipo raspa y amagado.
- Asimétricos.
- Capilla (a dos aguas, a un agua)
- Doble capilla
- Tipo túnel o semicilíndrico.
- De cristal o tipo Venlo.

## 2. INVERNADERO PLANO O TIPO PARRAL.

Este tipo de invernadero se utiliza en zonas poco lluviosas, aunque no es aconsejable su construcción. La estructura de estos invernaderos se encuentra constituida por dos partes claramente diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal:

· La estructura vertical está constituida por soportes rígidos que se pueden diferenciar según sean perimetrales (soportes de cerco situados en las bandas y los esquineros) o interiores (pies derechos). Los pies derechos intermedios suelen estar separados unos 2 m en sentido longitudinal y 4m en dirección transversal, aunque también se presentan separaciones de 2x2 y 3x4. Los soportes perimetrales tienen una inclinación hacia el exterior de aproximadamente 30° con respecto a la vertical y junto con los vientos que sujetan su extremo superior sirven para tensar las cordadas de alambre de la cubierta. Estos apoyos generalmente tienen una separación de 2 m aunque en algunos casos se utilizan distancias de 1,5 m. Tanto los apoyos exteriores como interiores pueden ser rollizos de pino o eucalipto y tubos de acero galvanizado.

· La estructura horizontal está constituida por dos mallas de alambre galvanizado superpuestas, implantadas manualmente de forma simultánea a la construcción del invernadero y que sirven para portar y sujetar la lámina de plástico. Los invernaderos planos tienen una altura de cubierta que varía entre 2,15 y 3,5 m y la altura de las bandas oscila entre 2 y 2,7 m. Los soportes del invernadero se apoyan en bloques troncopiramidales prefabricados de hormigón colocados sobre pequeños pozos de cimentación.

Las principales ventajas de los invernaderos planos son:

- Su economía de construcción.
- Su gran adaptabilidad a la geometría del terreno.
- Mayor resistencia al viento.
- Aprovecha el agua de lluvia en periodos secos.
- Presenta una gran uniformidad luminosa.

Las desventajas que presenta son:

- Poco volumen de aire.
- Mala ventilación.
- La instalación de ventanas cenitales es bastante difícil.
- Demasiada especialización en su construcción y conservación.
- Rápido envejecimiento de la instalación.
- Poco o nada aconsejable en los lugares lluviosos.
- Peligro de hundimiento por las bolsas de agua de lluvia que se forman en la lámina de plástico.
- Peligro de destrucción del plástico y de la instalación por su vulnerabilidad al viento.
- Difícil mecanización y dificultad en las labores de cultivo por el excesivo número de postes, alambre de los vientos, piedras de anclaje, etc.
- Poco estanco al goteo del agua de lluvia y al aire ya que es preciso hacer orificios en el plástico para la unión de las dos mallas con alambre, lo que favorece la proliferación de enfermedades fúngicas.

## 3. INVERNADERO EN RASPA Y AMAGADO.

Su estructura es muy similar al tipo parral pero varía la forma de la cubierta. Se aumenta la altura máxima del invernadero en la cumbre, que oscila entre 3 y 4,2 m, formando lo que se conoce como raspa. En la parte más baja, conocida como amagado, se unen las mallas de la cubierta al suelo mediante vientos y horquillas de hierro que permite colocar los canalones para el desagüe de las aguas pluviales. La altura del amagado oscila de 2 a 2,8 m, la de las bandas entre 2 y 2,5 m.

La separación entre apoyos y los vientos del amagado es de 2x4 y el ángulo de la cubierta oscila entre 6 y 20°, siendo este último el valor óptimo. La orientación recomendada es en dirección este-oeste.

Ventajas de los invernaderos tipo raspa y amagado:

- Su economía.
- Tiene mayor volumen unitario y por tanto una mayor inercia térmica que aumenta la temperatura nocturna con respecto a los invernaderos planos.
- Presenta buena estanqueidad a la lluvia y al aire, lo que disminuye la humedad interior en periodos de lluvia.
- Presenta una mayor superficie libre de obstáculos.
- Permite la instalación de ventilación cenital situada a sotavento, junto a la arista de la cumbrera.

Inconvenientes:

- Diferencias de luminosidad entre la vertiente sur y la norte del invernadero.
- No aprovecha las aguas pluviales.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Al tener mayor superficie desarrollada se aumentan las pérdidas de calor a través de la cubierta.

#### **4. INVERNADERO ASIMÉTRICO O INACRAL.**

Difiere de los tipo raspa y amagado en el aumento de la superficie en la cara expuesta al sur, con objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar. Para ello el invernadero se orienta en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol.

La inclinación de la cubierta debe ser aquella que permita que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a 60° pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulo comprendidos entre los 8 y 11° en la cara sur y entre los 18 y 30° en la cara norte.

La altura máxima de la cumbrera varía entre 3 y 5 m, y su altura mínima de 2,3 a 3 m. La altura de las bandas oscila entre 2,15 y 3 m. La separación de los apoyos interiores suele ser de 2x4 m.

Ventajas de los invernaderos asimétricos:

- Buen aprovechamiento de la luz en la época invernal.
- Su economía.
- Elevada inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Es estanco a la lluvia y al aire.
- Buena ventilación debido a su elevada altura.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento.

Inconvenientes de los invernaderos asimétricos:

- No aprovecha el agua de lluvia.
- Se dificulta el cambio del plástico de la cubierta.
- Tiene más pérdidas de calor a través de la cubierta debido a su mayor superficie desarrollada en comparación con el tipo plano.

#### **5. INVERNADERO DE CAPILLA.**

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

Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:

- Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización

sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.

· Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.· Permite la unión de varias naves en batería.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbrera está comprendida entre 3,25 y 4 metros.

Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación.

## **6. INVERNADERO DE DOBLE CAPILLA**

Los invernaderos de doble capilla están formados por dos naves yuxtapuestas. Su ventilación es mejor que en otros tipos de invernadero, debido a la ventilación cenital que tienen en cumbrera de los dos escalones que forma la yuxtaposición de las dos naves; estas aberturas de ventilación suelen permanecer abiertas constantemente y suele ponerse en ellas malla mosquitera. Además también poseen ventilación vertical en las paredes frontales y laterales.

Este tipo de invernadero no está muy extendido debido a que su construcción es más dificultosa y cara que el tipo de invernadero capilla simple a dos aguas.

## **7. INVERNADERO TÚNEL O SEMICILÍNDRICO.**

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero se está extendiendo por su mayor capacidad para el control de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas.

Los soportes son de tubos de hierro galvanizado y tienen una separación interior de 5x8 o 3x5 m. La altura máxima de este tipo de invernaderos oscila entre 3,5 y 5 m. En las bandas laterales se adoptan alturas de 2,5 a 4 m.

El ancho de estas naves está comprendido entre 6 y 9 m y permiten el adosamiento de varias naves en batería. La ventilación es mediante ventanas cenitales que se abren hacia el exterior del invernadero.

Ventajas de los invernaderos tipo túnel:

- Estructuras con pocos obstáculos en su estructura.
- Buena ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y al aire.
- Permite la instalación de ventilación cenital a sotavento y facilita su accionamiento mecanizado.
- Buen reparto de la luminosidad en el interior del invernadero.
- Fácil instalación.

Inconvenientes:

- Elevado coste.
- No aprovecha el agua de lluvia.

## **8. INVERNADEROS DE CRISTAL O TIPO VENLO.**

Este tipo de invernadero, también llamado Venlo, es de estructura metálica prefabricada con cubierta de vidrio y se emplean generalmente en el Norte de Europa.

El techo de este invernadero industrial está formado por paneles de vidrio que descansan sobre los canales de recogida de pluviales y sobre un conjunto de barras transversales. La anchura de cada módulo es de 3,2 m. Desde los canales hasta la cumbrera hay un solo panel de vidrio de una longitud de 1,65 m y anchura que varía desde 0,75 m hasta 1,6 m.

La separación entre columnas en la dirección paralela a las canales es de 3m. En sentido transversal está separadas 3,2 m si hay una línea de columnas debajo de cada canal, o 6,4 m si se construye algún tipo de viga en celosía.

Ventajas:

- Buena estanqueidad lo que facilita una mejor climatización de los invernaderos.

Inconvenientes:

- La abundancia de elementos estructurales implica una menor transmisión de luz.
- Su elevado coste.
- Naves muy pequeñas debido a la complejidad de su estructura.

## 9. MATERIALES EMPLEADOS EN LAS ESTRUCTURAS.

La estructura es el armazón del invernadero, constituida por pies derechos, vigas, cabios, correas, etc., que soportan la cubierta, el viento, la lluvia, la nieve, los aparatos que se instalan, sobrecargas de entutorado de plantas, de instalaciones de riego y atomización de agua, etc. Deben limitarse a un mínimo el sombreado y la libertad de movimiento interno.



Las estructuras de los invernaderos deben reunir las condiciones siguientes:

- Deben ser ligeras y resistentes.
- De material económico y de fácil conservación.
- Susceptibles de poder ser ampliadas.
- Que ocupen poca superficie.
- Adaptables y modificables a los materiales de cubierta.

La estructura del invernadero es uno de los elementos constructivos que mejor se debe estudiar, desde el punto de vista de la solidez y de la economía, a la hora de definirse por un determinado tipo de invernadero. Los materiales más utilizados en la construcción de las estructuras de los invernaderos son madera, hierro, aluminio, alambre galvanizado y hormigón armado.

Es difícil encontrar un tipo de estructura que utilice solamente una clase de material ya que lo común es emplear distintos materiales. En las estructuras de los invernaderos que se construyen en la actualidad se combinan los materiales siguientes: madera y alambre; madera, hierro y alambre; hierro y madera; hierro, alambre y madera; hormigón y madera; hormigón y hierro; hormigón, hierro, alambre y madera

## MATERIALES DE CUBIERTA PARA INVERNADEROS, DESARROLLO DE NUEVAS FORMULACIONES. (1ª parte)

*News Plastic films for greenhouses*

1. Resumen
2. Introducción
3. Materiales De Cubierta
4. Materiales Rígidos
  - 4.1. Vidrio
  - 4.2. Polimetacrilato De Metilo Pmm
  - 4.3. Policarbonato Pc
  - 4.4. Poliéster
  - 4.5. Policloruro De Vinilo Pvc
5. Materiales Flexibles
  - 5.1. Policloruro De Vinilo (Pvc)
  - 5.2. Copolímero De Etileno Y Acetato De Vinilo (Eva)
  - 5.3. Polietileno
6. Desarrollo De Nuevas Formulaciones
  - 6.1. Filmes Antivirus
  - 6.2. Filmes Antibotrytis
  - 6.3. Filmes Fotodegradables
  - 6.4. Multicapas

- 6.5. Antigoteo
- 6.6. Filmes Biodegradables
- 6.7. Filmes Para Solarización
- 7. Conclusiones

## **1. RESUMEN**

La agricultura intensiva es pieza clave en la economía almeriense. La elevada concentración de invernaderos además de riqueza también genera residuos que se incorporan al suelo, agua y atmósfera. Los materiales de cubierta son una parte importante de éstos. Los desarrollos de las nuevas formulaciones se dirigen hacia una mejora de las propiedades mecánicas y ópticas, las cuales pueden reducir el volumen de residuos ( mediante materiales más duraderos ) y el uso de fitosanitarios ( a través de plásticos fotoselectivos ).

## **2. INTRODUCCIÓN**

La buena situación en la que se encontraba el cultivo de uva de mesa durante la década de los 50, debido a sus buenas cualidades para resistir los envíos a grandes distancias, se desvaneció con el desarrollo de los medios de transporte (se redujeron en tiempo las distancias) y la aparición de aranceles (Arancel Aduanero Común). En el año 1958, se construyó el primer invernadero de plástico en España, concretamente en Las Islas Canarias. Cinco años más tarde, se iniciaron los primeros ensayos en la zona costera de Almería (Roquetas de Mar). Se adoptó el sistema 'enarenado', procedente de la costa granadina (Pozuelo y La Rábida), donde se utilizaba una capa de arena en superficie que conseguía aumentar las producciones. Fue a partir de 1970 cuando los invernaderos experimentan su gran expansión. Así, apareció el invernadero tipo 'Parral', desarrollado a partir de la estructura procedente del cultivo de uva de mesa a base de postes de madera y un tejido de alambre, al cual se le añadió un segundo tejido de alambre para sujetar las láminas de plástico que formaban el material de cubierta. Desde entonces la expansión de los invernaderos ha sido continua en extensión y calidad de los mismos. Todo este espectacular desarrollo también tiene su lado negativo y es el fuerte impacto sobre el medio ambiente.

## **3. MATERIALES DE CUBIERTA**

La reducción de los intercambios de aire con la atmósfera exterior, la transmisión de onda corta ( radiación solar ) y la absorción parcial o total de radiación de onda larga por el material de cubierta provocan un aumento de temperatura con respecto al exterior: Efecto Invernadero.

De un material de cubierta debemos esperar que :

- Durante su vida útil conserve sus características
- La transmisividad a la luz solar sea la máxima posible
- La transmisividad a la radiación de onda larga sea mínima

Son características deseadas para una mayor precocidad, productividad y calidad de las cosechas. Dada la amplia gama de materiales existentes los clasificaremos en dos grupos: rígidos y flexibles.

## **4. MATERIALES RÍGIDOS**

### **4.1. Vidrio**

Fue el primer material utilizado en los invernaderos hasta la aparición de los materiales plásticos. Necesita de estructuras sólidas y estables que soporten su peso y eviten la rotura del material por desplazamientos de la misma. El utilizado para invernadero tiene un espesor de 2 a 4 mm con una densidad de 2.400 kg/m<sup>3</sup>. Presenta una alta transmisividad a la radiación solar y nula a la infrarroja de onda larga. Los elementos estructurales producen importantes sombras dentro del invernadero.

### **4.2. Polimetacrilato de Metilo PMM**

Es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m<sup>3</sup>. Presenta buena resistencia mecánica y estabilidad. Tiene alta transmisividad a la radiación solar ( > 83 % ) y baja a la radiación de onda larga . Se presenta en forma de doble pared con espesores de 8-16 mm.

#### 4.3. Policarbonato PC

Es también un material termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el PMM. Se presenta en forma de doble pared con espesores entre 4-16 mm.

#### 4.4. Poliéster

Fabricado con poliésteres insaturados y reforzados con fibras minerales u orgánicas. Éstas proporcionan resistencia mecánica y mejoran la difusión de la luz. Este material presenta buena transmisividad a la luz solar y baja a la radiación de onda larga. Necesita ser aditivado para evitar su rápida degradación por la radiación UV.

#### 4.5. Policloruro de vinilo PVC

Se obtiene por polimerización del monómero cloruro de vinilo. Se presenta en placas lisas u onduladas con espesores entre 1 a 1,5 mm. Para mejorar su comportamiento se añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV.

### 5. MATERIALES FLEXIBLES

Son materiales sintéticos, compuestos generalmente por moléculas orgánicas con un elevado peso molecular. Son termoplásticos ,es decir, permiten ser sometidos a diferentes ciclos térmicos pudiendo ser fundidos y solidificados tantas veces sea necesario. Son materiales ligeros, de fácil transporte y manipulación.

Propiedades Básicas:

- Índice de fluidez: informa sobre la procesabilidad del polímero, así como de las futuras propiedades mecánicas y ópticas. Está relacionado con el peso molecular y por ello con la viscosidad.
- Densidad: informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad, permeabilidad y propiedades térmicas del polímero.
- Distribución del peso molecular: amplitud de pesos moleculares que constituyen el polímero.
- Tipo y contenido de comonomeros: con el PE se pueden polimerizar distintos monómeros. Uno muy común es el Acetato de Vinilo, para conseguir el copolímero EVA. El contenido de los comonomeros afecta a las propiedades mecánicas , ópticas y de soldadura.

TRANSFORMACIÓN: El proceso de extrusión consiste en aplicar calor y presión con el fin de fundir la resina de polietileno y forzarla a pasar por un orificio de dimensiones determinadas. Es un proceso continuo que permite la fabricación de láminas y tuberías. Las condiciones de transformación afectan directamente a las propiedades de los filmes: temperatura, velocidad de enfriamiento, orientación del film (dirección en el sentido de la máquina). La técnica más extendida en agricultura es el soplado, donde el orificio tiene forma circular dando lugar al globo de salida.



La coextrusión es la técnica utilizada para fabricación de filmes multicapa. Cada una de las capas puede ser compuesta de distintos polímeros. Es una técnica que permite combinar varias propiedades en una sola lámina. La mayoría de los filmes multicapa para agricultura están formados por 3 capas.



El primer síntoma de degradación del plástico es la disminución de la radiación que llega al cultivo. Las principales causas son: las agresiones procedentes de elementos químicos utilizados como fitosanitarios, agresiones provocadas por la acción del viento y temperaturas elevadas, extracción de los aditivos por continuas condensaciones y la agresión por radiación UV procedente del Sol (ésta tiene suficiente energía como para romper los enlaces entre las moléculas).

### 5.1. Policloruro de vinilo (PVC)

Es un material rígido que mediante plastificantes se consigue transformar en flexible. Las láminas se fabrican por calandrado lo que limita el ancho de lámina a 2 m, llegando hasta 8 m mediante sucesiva soldaduras. Su densidad es de 1250 - 1500 kg/m<sup>3</sup>, siendo más pesado que el PE. Su resistencia al rasgado es muy baja, por lo que requiere de estructuras poco agresivas que mantengan bien sujeta la película. También se le añaden antioxidantes, estabilizantes y absorbentes UV. Transmite la luz visible en porcentajes elevados, pero con baja dispersión. Su elevada electricidad estática hace que el polvo se adhiera fácilmente, restándole transmisividad. Su elevado contenido en cloro le proporciona un buen efecto barrera al IR.

### 5.2. Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA)

Sintetizado por calentamiento suave de etileno y AV en presencia de peróxidos. La proporción usual en AV para agricultura oscila entre el 6% y el 18%. Mayor contenido en AV aumenta su opacidad al IR pero disminuye su resistencia mecánica. Los problemas más importantes que presentan son: su plasticidad (cuando se estiran no recuperan), quedan fríos; gran adherencia al polvo lo cual en zonas secas y de vientos constantes (como Almería) donde el polvo en el aire es abundante, pueden provocar reducciones en más de un 15% en transmisividad a la radiación solar. Además, son más difíciles de lavar por las lluvias debido a su alta carga electrostática. Otro uso es como doble techo en concentraciones de hasta un 6% en AV y espesores de 75-100 µm. Las propiedades de los copolímeros EVA dependen fundamentalmente de dos factores: peso molecular y contenido en acetato de vinilo. El peso molecular determina el comportamiento del flujo en estado fundido y las características mecánicas y resistencia química en general, se mide a través del índice de fluidez. La introducción del AV en la cadena de PE causa una reducción en cristalinidad y un aumento de la polaridad.

### 5.3. Polietileno

Es el material plástico más extendido, debido a su precio, a sus buenas propiedades mecánicas, y a la facilidad para incorporar aditivos que mejoran sus prestaciones.

El PE junto al polipropileno (PP) y al PVC, son los termoplásticos de más consumo. El PE se obtiene mediante la polimerización del etileno utilizándose en su fabricación varios procesos y sistemas catalíticos. La mayor parte del PE para invernaderos se fabrica por el proceso de alta presión y catálisis de radicales libres mediante peróxidos.

Atendiendo a su densidad los PE se clasifican:

- baja densidad < 930 kg/m<sup>3</sup>
- media densidad 930-940 kg/m<sup>3</sup>
- alta densidad >940 kg/m<sup>3</sup>

Para cerramiento de invernaderos se utiliza sólo el de baja densidad (baja cristalinidad) y alto peso molecular (bajo índice de fluidez). Una de las características del PE es que su alargamiento en el punto de rotura es cercano al 500%. Un material se considera degradado cuando su alargamiento se ha reducido en un 50% de su valor inicial. El polietileno, al igual que todas las poliolefinas es degradado por la radiación UV y el oxígeno. La exposición a la intemperie provoca su rotura al perder las propiedades mecánicas.

Esto se corrige añadiendo:

- absorbentes de radiación UV (derivados de benzotriazoles y benzofenonas)
- secuestradores de radicales libres
- desactivadores (sales orgánicas de níquel)
- estabilizantes (Hindered Amines Light Stabilizers)

Se puede hacer dos grandes grupos de aditivos:

- Aditivos de proceso: destinados a evitar la degradación térmica durante la extrusión (antioxidantes) o para mejorar la procesabilidad del polímero.
- Aditivos de aplicación: Se añaden al polímero con el fin de obtener las cualidades deseadas: deslizantes, antibloqueo, estabilizantes frente a UV, aditivos térmicos, pigmentos.



Los filmes de PE normal, sin aditivos, tienen una vida corta en zonas con elevada radiación. Esto se mejora añadiendo aditivos que limitan la acción de la radiación UV, consiguiendo aumentar la vida del plástico, es el PE Larga Duración.

La radiación recibida sobre la Tierra es una fracción de la recibida fuera de la atmósfera y dependerá de la masa de aire, turbidez de la atmósfera y contenido de agua en el aire. Esta fracción es la responsable del calentamiento del invernadero, siendo absorbido por las plantas y suelo. También éstos, al ser cuerpos negros se comportan como tales y emiten radiación a diferentes longitudes de onda. La atmósfera ejerce de barrera a gran parte de la longitud de onda larga, sin embargo, hay un tramo entre 7 y 14µm, donde se encuentra la denominada Ventana de la Atmósfera, ya que por ella se pierde "inevitablemente" parte de energía emitida por los cuerpos negros, y que puede dar lugar a las inversiones térmicas. Precisamente es en esa franja donde se actúa para reducir las pérdidas desde el invernadero. La diferencia en temperaturas provocada por el efecto térmico puede variar en varios grados centígrados dependiendo de las condiciones atmosféricas. El PE tiene buena transmisividad a la radiación solar pero baja opacidad al infrarrojo (>70%) lo que provoca un escaso efecto invernadero. Mediante el uso de aditivos se consigue que el material absorba en esa franja la radiación, es el llamado PE térmico.

## 6. DESARROLLO DE NUEVAS FORMULACIONES

Los nuevos desarrollos se encaminan hacia materiales que mejoran sus propiedades mecánicas y hacia una selectividad de la radiación (cantidad y calidad).

Las plantas, plagas, hongos, etc., tienen preferencia por determinadas longitudes de onda. Los plásticos fotoselectivos modifican la cantidad y calidad de la radiación. Así, la zona del infrarrojo cercano (700-1000 nm) induce un alargamiento de la planta. Estudios sobre la fotomorfogénesis han mostrado la gran influencia que ejerce la calidad espectral de la radiación sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La relación de los flujos de fotones rojo/rojo lejano (610-700/700-800 nm) actúa sobre el alargamiento de los tallos. En el rojo (610-700) y azul (410-510) es donde se concentra la mayor radiación aprovechada en fotosíntesis (radiación PAR).

### 6.1. Filmes antivirus

La expansión de los virus se ve favorecida por la presencia de vectores (como la mosca blanca). Es sobre éstos donde se incide de forma directa, al modificar las bandas de radiación que absorbe el material de cubierta. Experiencias en campo muestran que cubiertas con absorbentes UV protegen de infecciones de mosca blanca (*Bemisia Tabacci*), trips (*Frackliniella occidentalis*) y minador (*Lyriomiza trifolii*).

### 6.2. Filmes antibotrytis

La producción de esporas, viabilidad y crecimiento están condicionados por factores como la luz, la humedad y temperatura. Si se rompe el ciclo de desarrollo se distorsiona su expansión. La radiación UV-b incide sobre la esporulación de la *Botrytis Cinerea* y otros hongos, de igual forma la luz monocromática azul inhibe este proceso.

### 6.3. Filmes fotodegradables

Únicamente tiene uso en acolchados, donde una vez concluida la vida del plástico se desintegra y basta con arar para que los restos desaparezcan. Este proceso a nivel de invernadero no sería factible: la dificultad para determinar el momento en que el plástico debe degradarse en campo (depende de la radiación acumulada, estructura del invernadero, tratamientos fitosanitarios, etc.) es elevada, al igual que su incorporación al suelo.

### 6.4. Multicapas

La coextrusión de varias películas pretende combinar distintas propiedades para mejorar las prestaciones del material (aunque en la práctica dichas propiedades no son tan independientes entre capas). En el mercado los más empleados son los tricapas aunque también existen bicapas (que no implican tres campañas o dos).

De un tricapa lo que cabría esperar es:

- Capa externa: resistencia a la degradación por UV, resistencia al rasgado, rigidez, transparencia y evitar la fijación del polvo.
- Capa intermedia: efecto termoaislante, elasticidad y difusión de la luz.
- Capa interna: efecto termoaislante y antigoteo.

El PE y EVA son los materiales más utilizados en la coextrusión. Así la coextrusión de EVA entre dos capas de PE (llegando hasta un 28% AV) limita la transmisividad al IR a valores inferiores al 10% mejorando la transparencia a la transmisión solar y dando mayor resistencia al material resultante.

### 6.5. Antigoteo

Intentan aumentar la transmisividad y reducir el ataque de enfermedades. Como principales desventajas, hoy día, presentan: una rápida pérdida de los aditivos y una importante acumulación de polvo por su carga electrostática.

Están aditivados con elementos que modifican la tensión superficial, haciendo que la gota de agua en contacto con el material de cubierta tenga un ángulo más pequeño, tendiendo a ser plana. Esta propiedad lleva a que las gotas que se condensan en la cara interna del plástico tiendan a unirse unas con otras. Si la estructura permite (sujeción de cubierta e inclinación) la eliminación de esa capa de agua, se evitaría el goteo sobre los cultivos y por ello el riesgo de enfermedades y quemaduras. En estructuras con poca pendiente y con malla de alambre para sujetar el material de cubierta (invernadero 'parral'), la eliminación del agua no ocurre. No obstante la forma plana de las gotas, aumentara la transmisividad al reducir las reflexiones de luz. Se están desarrollando nuevas formulaciones, donde los aditivos antigoteo permanecen durante toda la vida útil del plástico, cosa que no ocurría hasta hace poco (desaparecían en pocos meses). En cuanto a la mayor afinidad por el polvo, se han reducido en un 50% esas concentraciones (pasando de 3 g/m<sup>2</sup> a menos de 1.5 g/m<sup>2</sup>).

### 6.6. Filmes biodegradables

Existen estudios para caracterizar y aislar determinadas bacterias que degraden el polietileno, que en definitiva es un compuesto orgánico.



Los plásticos convencionales presentan:

- 1- baja área de superficie y relativa impermeabilidad
- 2- elevado peso molecular de el material plástico.

Los microorganismos tienden a atacar el final de las largas moléculas. Para hacer que un plástico sea degradable es necesario reducirlo a pequeñas partículas con gran área superficial y posteriormente reducir su peso molecular.

### 6.7. Filmes para solarización

Aunque no entra dentro del apartado de cubierta para invernadero, su utilización dentro del mismo lo hace interesante para realizar desinfecciones del suelo de cultivo.

Es una técnica de desinfección de terrenos de cultivos alternativa al uso de plaguicidas. La combinación de calor y humedad eliminan la mayor parte de organismos patógenos: hongos, nemátodos y malas hierbas. El plástico una vez extendido sobre el suelo humedecido, actúa como otro pequeño invernadero. Se han desarrollado nuevas formulaciones que aumentan la temperatura alcanzada por el suelo, mediante una mayor transmisividad a la radiación solar por el efecto antigoteo. Así podemos evitar el uso de desinfectantes químicos o por lo menos reducirlo. También existen trabajos que apuntan a que este proceso mejora la estructura del suelo, incorporando otra ventaja a esta técnica.

## 7. CONCLUSIONES

El fuerte desarrollo que está experimentando la agricultura intensiva necesita ir acompañado de medidas que hagan sostenible este crecimiento. Con respecto a los materiales de cubierta, principalmente, se está trabajando en dos líneas:

- a) Mejora de las propiedades mecánicas
- b) Mejora de las propiedades ópticas

El desarrollo de materiales más longevos ( sin reducción de sus propiedades ) es una de las mejores opciones para reducir en origen el uso de materiales plásticos. Retirar el material de cubierta cada tres o más años en vez de cada dos, implica una reducción anual del material a reciclar.

El mayor conocimiento del efecto de las diferentes longitudes de onda sobre las plantas y animales, está dirigiendo los nuevos desarrollos de materiales hacia una modificación de las franjas de radiación para producir diferentes efectos: antigoteo, antibotrytis, antivirus, etc., los cuales implicarían una reducción en el uso de fitosanitarios con el consiguiente beneficio ambiental. Nuestra agricultura intensiva se está encaminando hacia un mayor control del clima en invernadero, ello implica mejoras en estructuras e incorporación de sistemas que nos permitan un control activo (calefacción, refrigeración, enriquecimiento carbónico, etc.), lo que va a provocar un mayor consumo energético, por lo que todos estos avances deberían ir acompañados de estudios minuciosos tanto a nivel económico como medioambiental.

Grupo Ecologista Mediterráneo

**Autor:**  
Juan Carlos López Hernández