

**UNIDAD C:  
TECNOLOGIA DE CULTIVO**

**CULTIVOS PROTEGIDOS**

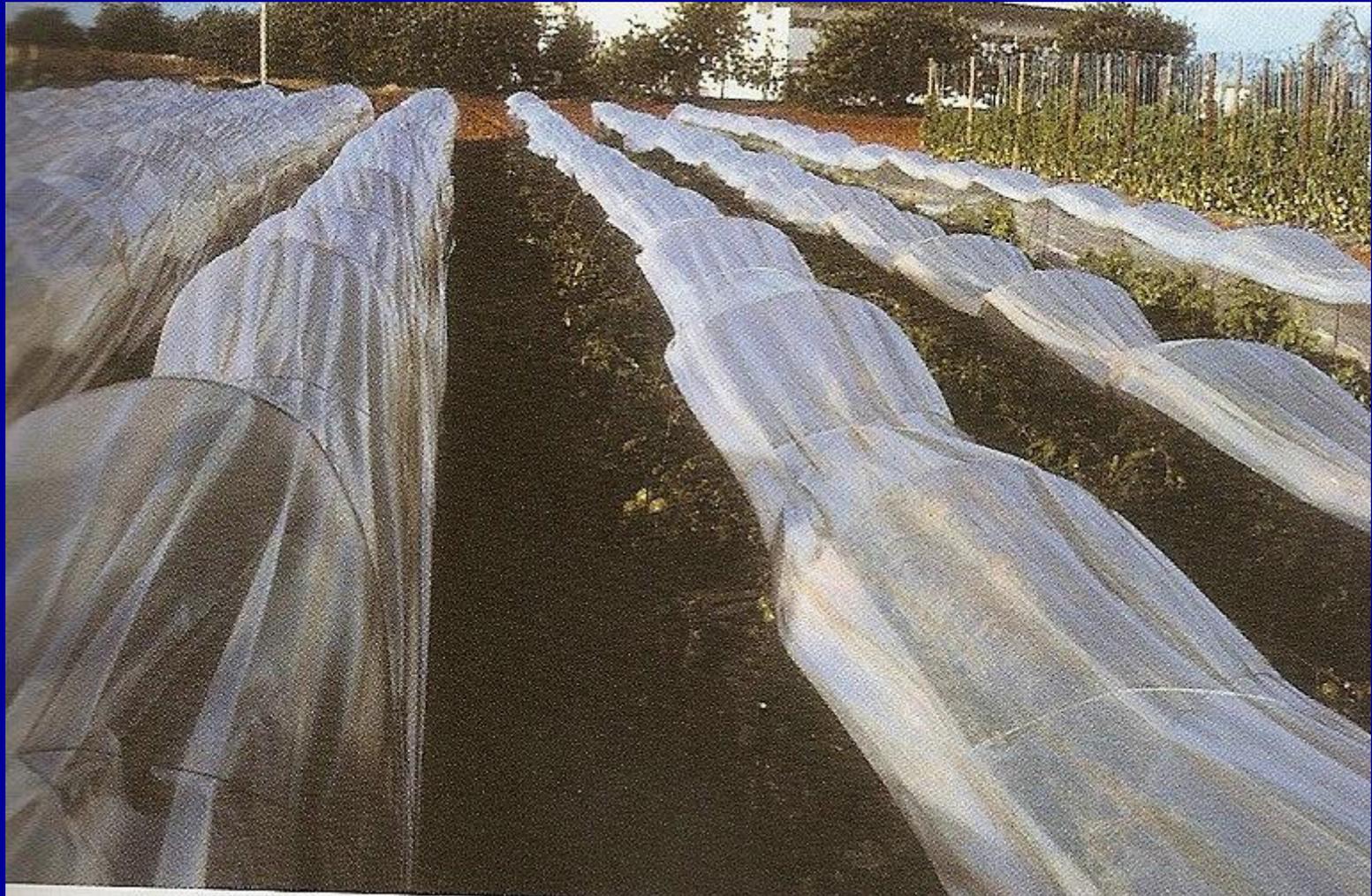
# **CULTIVOS PROTEGIDOS**

## **MODIFICACION ARTIFICIAL DEL AMBIENTE**

- En el cultivo protegido se acondiciona el microclima que rodea a las plantas.
- El sistema de protección utilizado puede ser SEMIFORZADO cuando actúa durante una parte del ciclo productivo o FORZADO (invernaderos) cuando la protección abarca todo el ciclo del cultivo.
- **INVERNADERO:** es toda construcción compuesta por una estructura que sirve de soporte a una cubierta de vidrio o film plástico













# OBJETIVOS DE LOS INVERNADEROS

- Obtener producciones en zonas no aptas climáticamente
- Obtener producciones en épocas no habituales para obtener ventajas en el mercado
- Aumentar la producción por unidad de superficie y obtener productos de mejor calidad
- Acortar los ciclos de los cultivos permitiendo un mayor número de ciclos por campaña

# EFECTO INVERNADERO

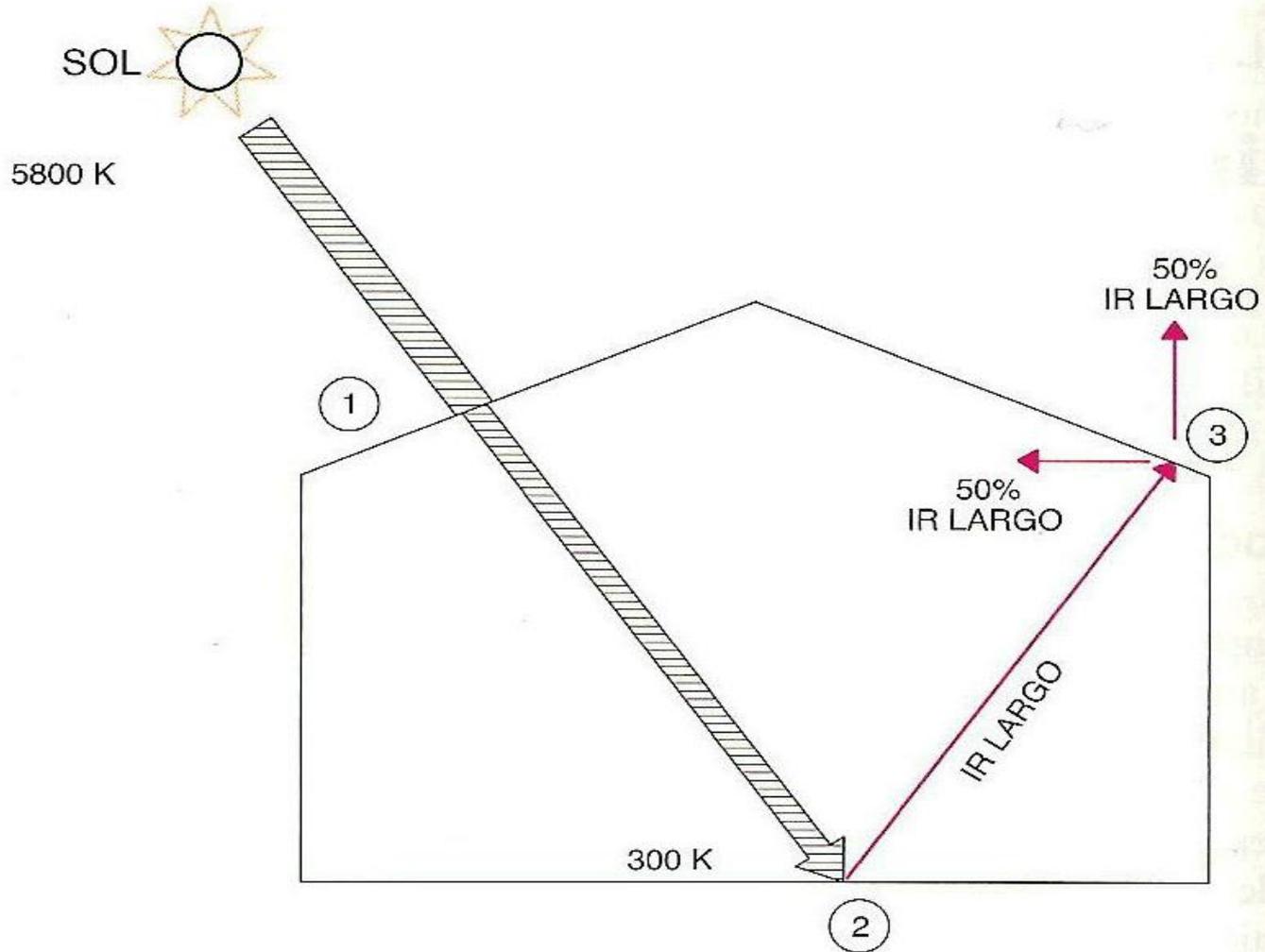
Es el resultado de dos fenómenos:

1.- Un efecto de confinamiento que reduce los intercambios de aire con la atmósfera exterior

2.- Un efecto de “trampa de calor” debido a la existencia de la cubierta. Para lograr este efecto los materiales de cobertura deben reunir dos requisitos:

- a.- Máxima transparencia a la radiación solar de onda corta (360 a 2500  $\mu\text{m}$ )
- b.- Máxima opacidad a la radiación infrarroja de onda larga ( $>$  a 2500  $\mu\text{m}$ ) emitida por el suelo, las plantas y las estructuras

# ESQUEMA DEL EFECTO INVERNADERO



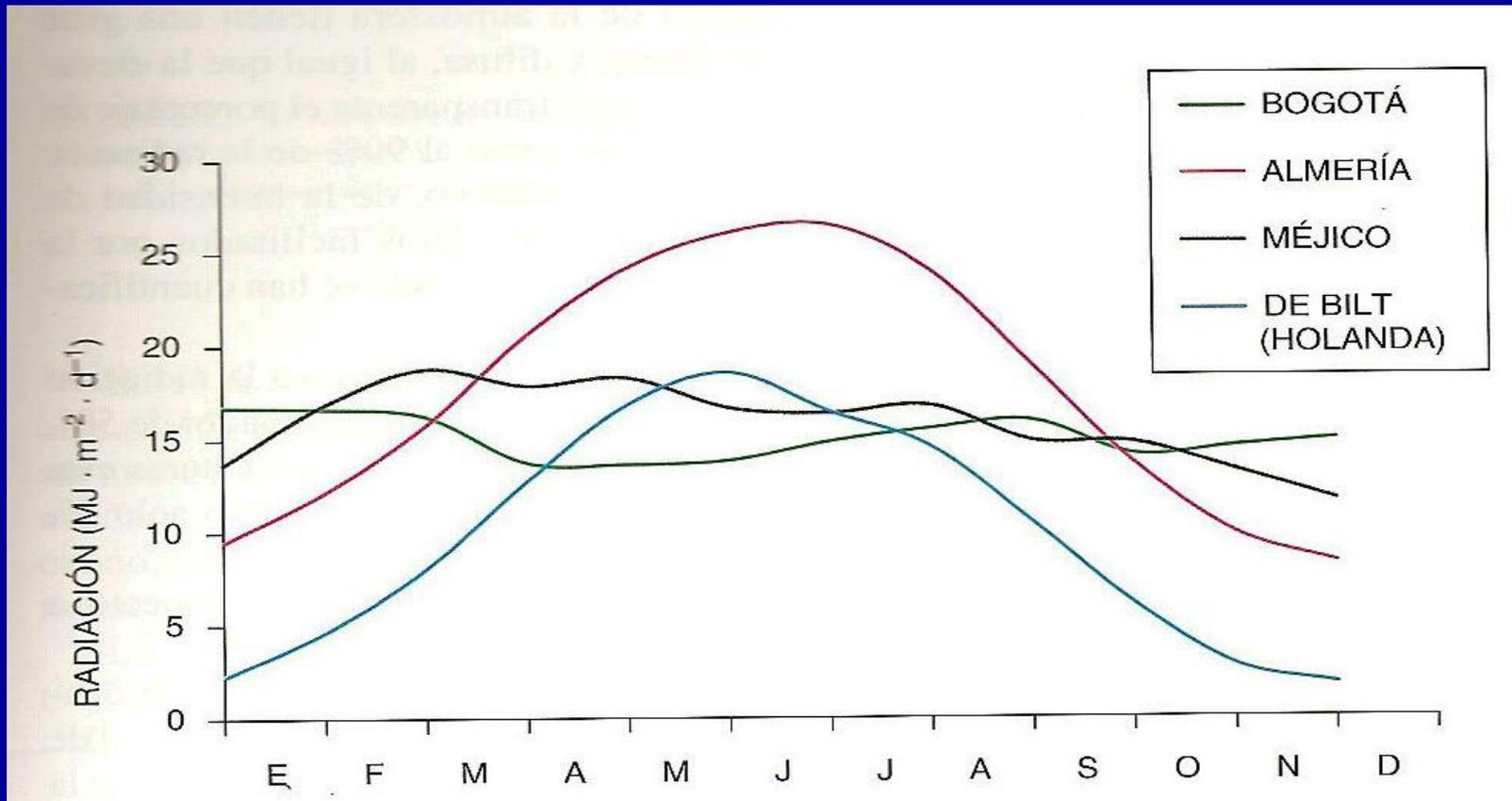
# RADIACIÓN SOLAR

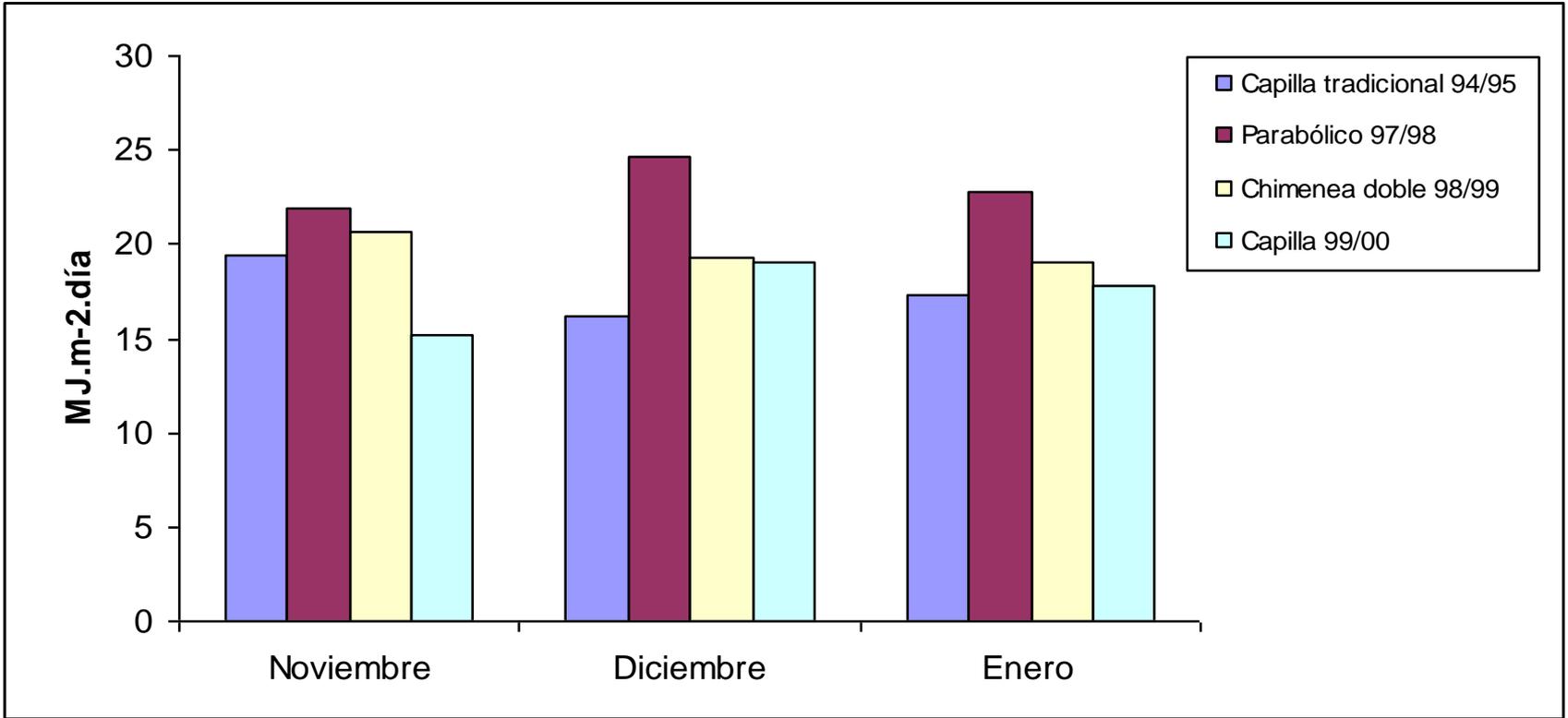
Es la mayor carga energética que recibe el invernadero y depende de factores

NO MODIFICABLES: latitud, época del año, hora del día y topografía del terreno

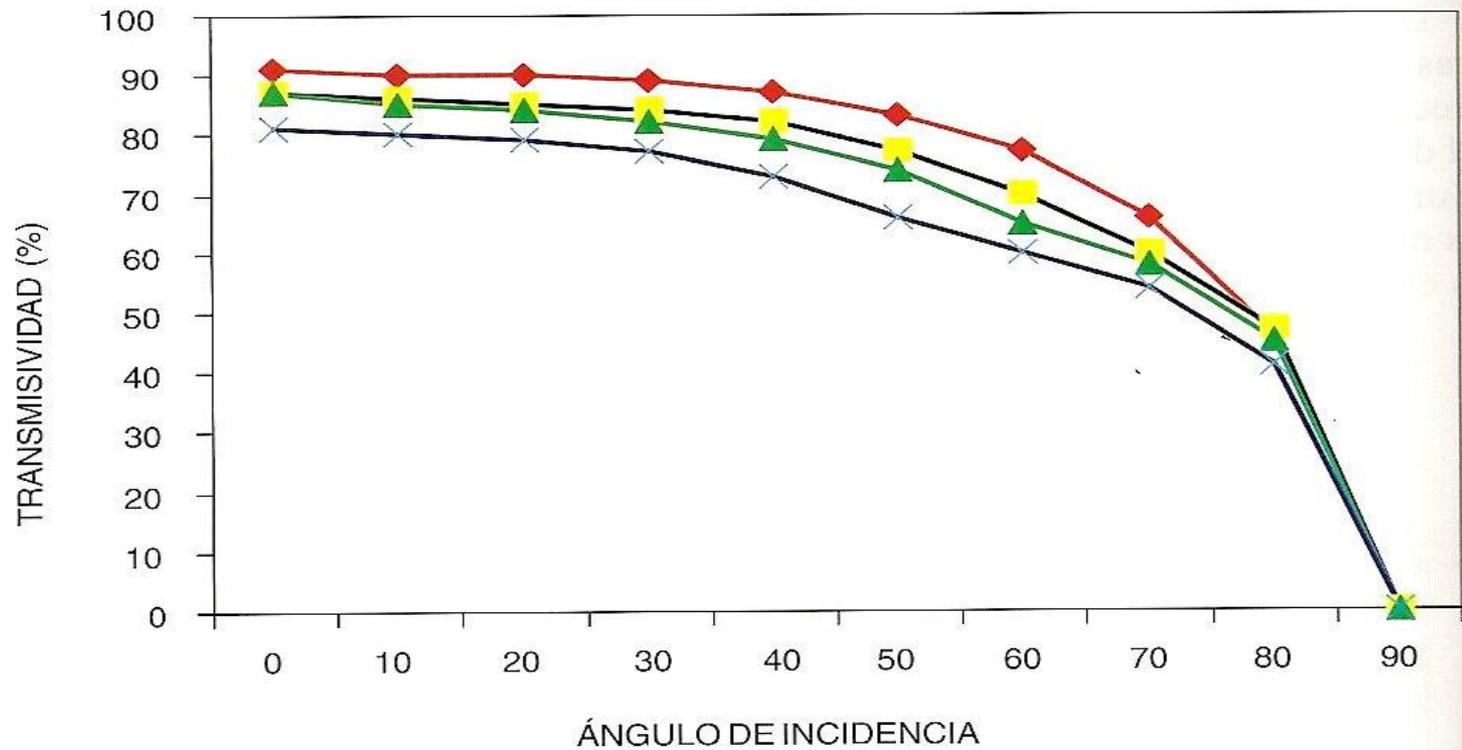
MODIFICABLES: ángulo de la techumbre, material de cobertura, orientación y tipo de invernadero

# EFECTO DE LA LATITUD en la evolución de la radiación solar total diaria a lo largo del año





# TRANSMISIVIDAD A LA RADIACIÓN DIRECTA (%) SEGÚN EL ÁNGULO DE INCIDENCIA



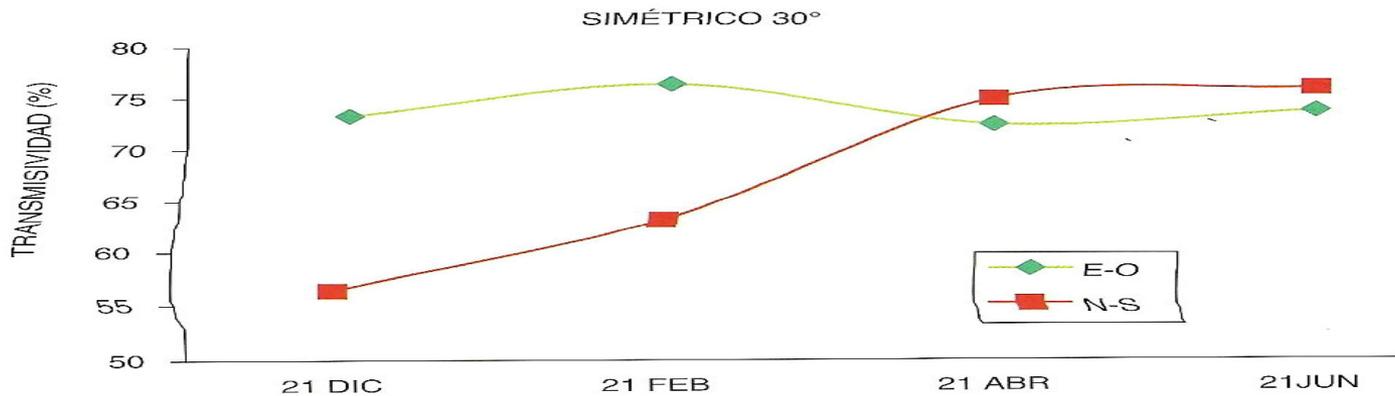
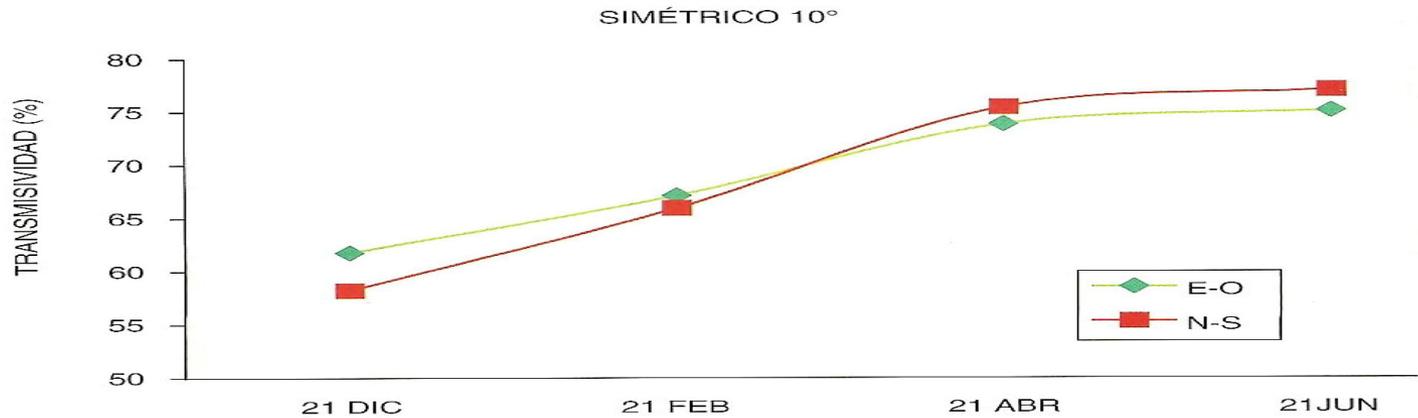
—◆— TRICAPA NUEVO

—■— TRICAPA USADO

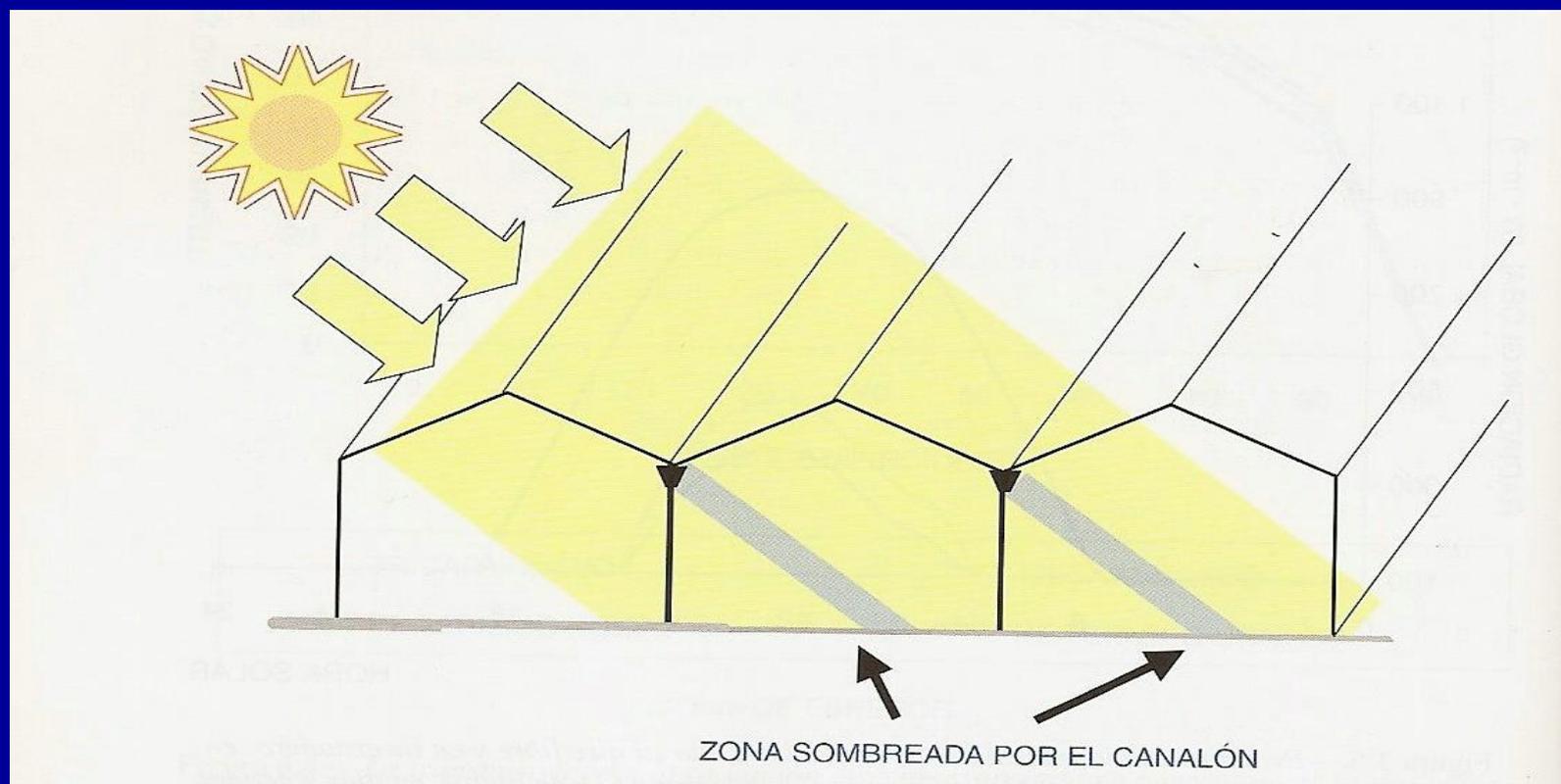
—▲— PE TÉRMICO NUEVO

—×— PE TÉRMICO USADO

# INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN Y PENDIENTE DE LA CUBIERTA EN LA TRANSMISIVIDAD GLOBAL MEDIA DIARIA



La orientación E-O en invernaderos multimodulares proyecta sombras sobre el módulo adyacente



## **Clasificación de invernaderos**

### Por su tamaño

Túneles: con una relación V/S entre 1/1 y 1,7/1

Invernaderos – túnel: con relaciones V/S entre 1,7/ 1 y 2,5 a 3/1

Invernaderos propiamente dichos: relación V/S mayor a 3/1

### Por su forma

Tipo parral

Tipo capilla

Parabólicos

### Por la temperatura

Fríos : 5 a 8°C

Templados: 12 a 15°C

Calientes: 20 a 25°C









# **BALANCE TÉRMICO**

En los intercambios energéticos con el exterior intervienen todas las formas de transferencia de calor: por radiación térmica, por conducción y por convección

## **Intercambios por radiación**

A. Provenientes: del suelo y de la atmósfera y del ambiente y la vegetación

B.- Emitidos hacia el ambiente por la estructura y la cubierta

## **Intercambios por convección**

Con el ambiente exterior

Con el ambiente interior

Con el suelo

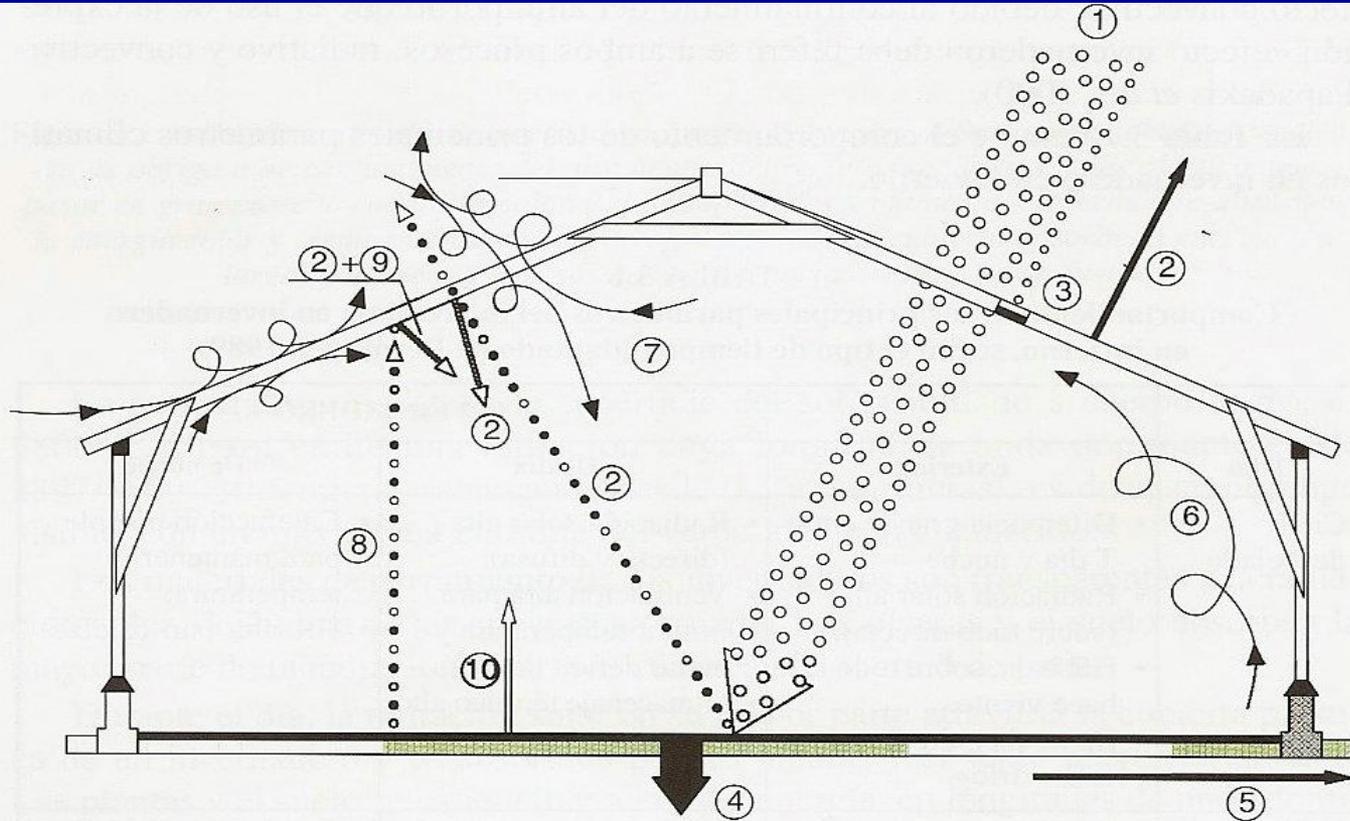
A través de la pared no estanca

## **Intercambios por conducción**

En el suelo inferior

A través de la pared

# Balance de radiación y de energía en un invernadero



- ① RADIACIÓN SOLAR
- ② REFLEXIÓN
- ③ ABSORCIÓN
- ④ FLUJO DE CALOR HACIA EL SUELO
- ⑤ FLUJO HORIZONTAL DE CALOR

- ⑥ FLUJO DE CALOR HACIA EL AIRE
- ⑦ VENTILACIÓN E INTERCAMBIO DE CALOR
- ⑧ RADIACIÓN DEL SUELO
- ⑨ RADIACIÓN DE CUBIERTA
- ⑩ EVAPOTRANSPIRACIÓN

# Intercambios energéticos por conducción- convección

Comprenden:

- 1.- Los intercambios en el interior del invernadero
- 2.- Los intercambios en la parte externa del material de cobertura
- 3.- Los intercambios entre el interior y el exterior

En este último caso el calor pasa por unidad de superficie ( $m^2$ ) y de tiempo (h) y hay que considerar:

- A.- Del aire interior a la cara interna del material de cobertura
- B.- A través del material de cobertura

Además de la diferencia de temperatura, considera la conductibilidad térmica del material y su espesor

- C.- De la cara exterior del material de cobertura al aire exterior.  
Cobra relevancia la velocidad del viento

## Perdidas por conducción y convección

$$Q_{cc} = \frac{S_d K_{cc} (T_i - T_e)}{S_c} \quad \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^2 \text{ suelo cubierto}}$$

S<sub>d</sub>: superficie desarrollada del invernadero (m<sup>2</sup>)

S<sub>c</sub>: superficie cubierta (m<sup>2</sup>)

K<sub>cc</sub>: coeficiente global de pérdida de calor por conducción-convección. Considera el tipo de pared y su espesor

T<sub>i</sub>: temperatura interior a mantener en el invernadero en función del tipo de cultivo

T<sub>e</sub>: temperatura exterior

Las mayores pérdidas ocurren a través de las paredes y son proporcionales a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior y aumentan con la velocidad del viento

# Pérdidas de calor por renovación del aire del invernadero

$$Q_{ren} = \frac{V}{Sc} R \delta (H_{int} - H_{ext}) \frac{\text{Kcal}}{\text{h m}^2 \text{ suelo cubierto}}$$

V: volumen del invernadero (m<sup>3</sup>)

R: tasa o índice de renovación (h<sup>-1</sup>)

•Varía en función del estado del invernadero de 0.75 a 4 y en función de la velocidad del viento. En un día calmo varía entre 0.3 a 3 dependiendo de la calidad de la construcción y puede triplicarse cuando el viento pasa de 0 a 18 Km/h

Las pérdidas a través de las ranuras son 1/10 de las pérdidas totales y pueden alcanzar el 25% con viento de 25 Km/h

δ : densidad del aire: 1,293 Kg/m<sup>3</sup>

H<sub>int</sub> – H<sub>ext</sub>: entalpía del aire interior y exterior al invernadero (Kcal/Kg)

## **Pérdidas energéticas a través del suelo**

Varían con el tipo de suelo y su contenido de humedad

Su cálculo es muy complejo y a efectos prácticos se estima que representan entre un 5 y un 10% de las pérdidas totales

### **Otras fenómenos asociados**

Evaporación – transpiración- condensación

Estado del cultivo

Materiales de soporte







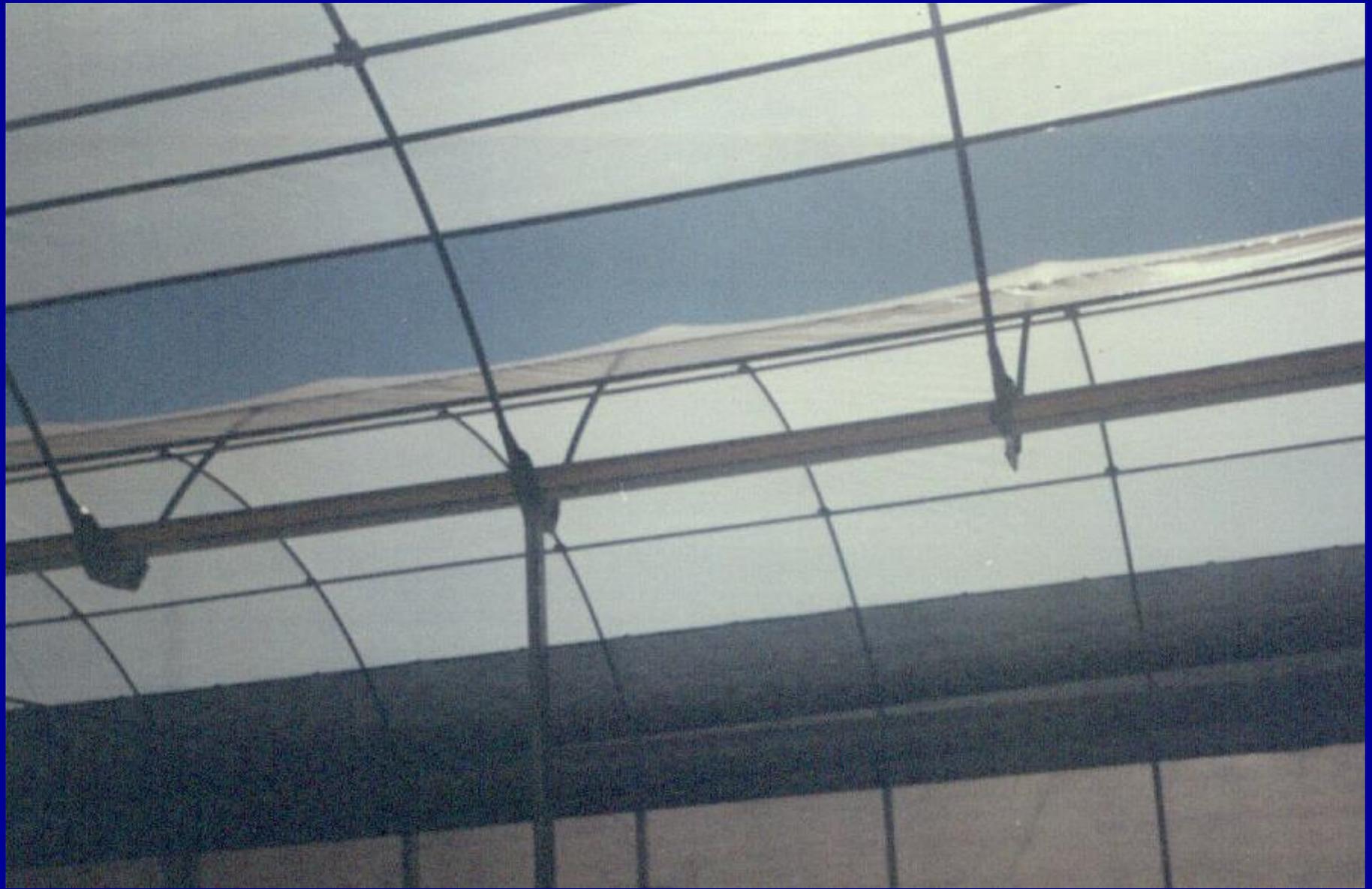




19 8:48









# MATERIALES DE CUBIERTA UTILIZADOS EN INVERNADEROS

## a.-VIDRIO

## b.-PLÁSTICOS

### 1.- Placas rígidas

Poliéster reforzado con fibra de vidrio

Policarbonato (PC)

PVC o Cloruro de polivinilo

PMMA (polimetacrilato de metilo)

### 2.- Láminas flexibles

Polietileno de baja densidad (PEBD)

normal

larga duración (LD)

térmico (IR)

Copolímero de EVA (etilen-vinil-acetato)

PVC

Multicapa

# PROPIEDADES DE LOS FILMES

## Propiedades ópticas o radiométricas

1.- Transmisividad a la radiación solar (80 a 90%)

    Reflectividad (5 a 14%)

    Absortividad (5 a 30%)

    Poder difusor

2.- Opacidad a las radiaciones caloríficas

3.- Rendimiento térmico:  $(t^{\circ}\text{ext} - t^{\circ}\text{int}) h$

## Propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción, al rasgado y al impacto

Ligereza

Flexibilidad

Durabilidad

## Características de los materiales flexibles

	PE	PE-LD	PE-IR	EVA	PVC
Espesor (mm)	0,1	0,18	0,18	0,18	0,18
Peso (g/m <sup>2</sup> )	92	165	173	179	230
Transmisividad PAR – Directa	91%	88-90%	85-86%	90%	90%
– Difusa	90%	86%	86%	76%	89%
Transmisividad IR largo	68%	63-65%	<25%	18-27%	10-15%
Duración en clima poco agresivo (campañas)	1	3 ó más	3	3	2

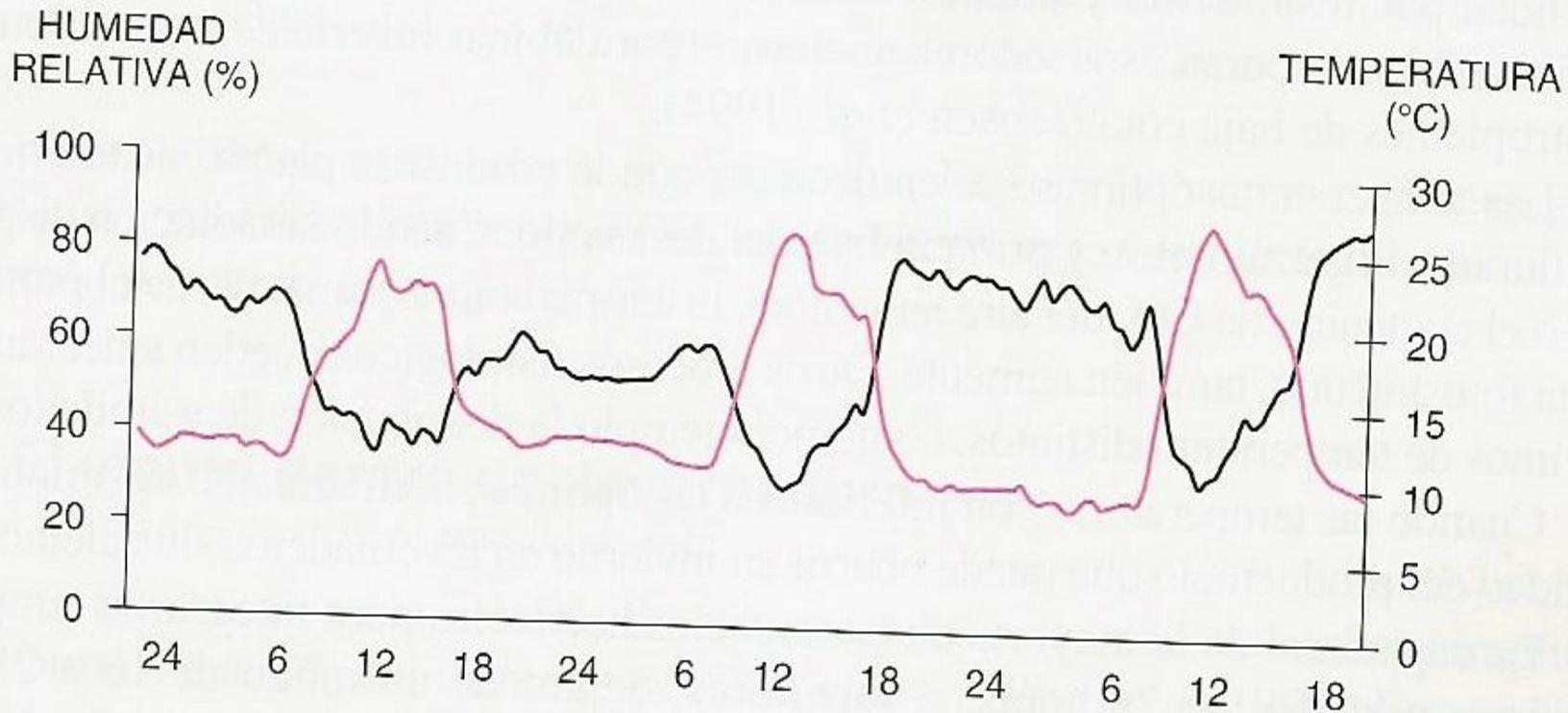
## FILMES ESPECIALES

- 1.- De larga duración (poseen aditivos fotoestabilizadores)
  - 2.- Térmicos (con bloqueadores de la radiación IR larga)
  - 3.- Antigoteo (con aditivos que modifican la tensión superficial)
  - 4.- Multicapa
  - 5.- Fotoselectivos
    - a.-Antitérmicos (filtran la radiación IR corta)
    - b.-Antiplagas (bloquean parte de la radiación UV)
- Estudiado en *Botrytis*, *Sclerotinia*, *Alternaria*, mosca blanca y *Frankliniella occidentalis*
- 6.- Difusores

## Características de los materiales rígidos

	<b>Vidrio hortícola</b>	<b>Poliéster armado</b>	<b>PVC biorient.</b>	<b>PMMA doble</b>	<b>PC doble</b>
Espesor (mm)	4	1	0,9	16	6
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	10	1,5	1,45	5	1,4
Inflamabilidad	No	Fácil	No	Media	Media
Transm. PAR	90%	80-85%	79-85%	82%	75-80%
Transm. IR largo	1%	4%	1-2%	2%	5%
Duración (años)	>20	10	10	20	10

# Humedad relativa y temperatura del aire bajo invernadero



## HUMEDAD RELATIVA

$$HR = \frac{e}{e_s} \cdot 100$$

$$DS = e_s - e$$

El DS y la temperatura de las hojas determinan el gradiente de presión de vapor que regula el proceso transpiratorio

En el invernadero el DS varía entre 0 a 35 mbar

Los valores óptimos varían entre 2 y 10 mb correspondiendo a una HR de 55 a 90 % y una T° de 20 °C.

La HR y el DS determinan el “balance hídrico” del invernadero

Fuentes de suministro de vapor de agua: evapotranspiración, irrigación, nebulización)

Procesos que disminuyen la cantidad de vapor de agua: condensación, ventilación, de humidificación

Otro fenómeno asociado a la HR es la condensación

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

Alpi, A; Tognoni, F. 1991. Cultivo en invernadero. Ed. Mundi-Prensa. 350 p.-

Bernat Juanos, C; Vitoria, J.J; Martínez Ros, J. 1990. Invernaderos. Construcción, manejo, rentabilidad. 194 p.-

Castilla, N. 2005. Invernaderos de plástico. Ed. Mundi-prensa. 462 p.-

Matallana, A; Montero, J.P. 1993. Invernaderos. Diseño, construcción y ambientación. Ed. Mundi-prensa. 160 p.-