

CLIMATIZACIÓN DE INVERNADEROS

INVERNADEROS FRIOS:

estructuras que no tienen control ambiental

INVERNADEROS CÁLIDOS:

estructuras que tienen control del ambiente

En general, los invernaderos logran:

- ◆ **Modificar la radiación**
- ◆ **Aumentar la temperatura diurna**
- ◆ **Aumentar la temperatura nocturna**
- ◆ **Aumentar la amplitud térmica**
- ◆ **Aumentar la humedad relativa**
- ◆ **Disminuir la acción directa del viento**

CLIMATIZACIÓN DE INVERNADEROS

TEMPERATURA DIURNA

- ◆ **Mayor respiración de mantenimiento**
- ◆ **Daños directos por calentamiento**
- ◆ **Problemas en el establecimiento de frutos**
- ◆ **Mayor demanda hídrica**
- ◆ **Desequilibrio hídrico durante el día, aún con buena disponibilidad de agua**

CLIMATIZACIÓN DE INVERNADEROS

TEMPERATURA NOCTURNA

- ◆ **Congelamiento**
- ◆ **Enfriamiento**
- ◆ **Polinización deficiente**
- ◆ **Problemas en el establecimiento de frutos**

Climatización de invernaderos en periodos cálidos

- ◆ **VENTILACIÓN**
- ◆ **REDUCCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR QUE LLEGA AL CULTIVO**
- ◆ **REFRIGERACIÓN POR EVAPORACIÓN DE AGUA**

Climatización de invernaderos en periodos cálidos

Ventilación

- Equilibrar T interior y exterior
- Cubrir deficiencias de CO₂
- Cubrir deficiencias de HR

Natural

Forzada

Efecto estático y viento

Cenital 10 %

Lateral 15 %



Efecto estático

Superficie de ventana (20 a 25 %)

0,70 m desde suelo

Altura del sensor [m]	Con ventilación cenital [°C]	Sin ventilación cenital [°C]
0,75	37	38,5
1,50	40,1	42,4
2,00	43	46,8
2,50	43,2	50,2
3,00	45	48,2

Ventilación natural:

	Tasa de renovación horaria		Salto térmico [°C]	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Cenital 5 %	15	25	8	11
Cenital 10 %	35	50	5	7
Lateral 5 %	15	25	8	11
Lateral 10 %	30	50	5	7,5
Lateral 10 % Cenital 5 %	50	70	4	5

Ventilación forzada:

Velocidad del viento: menor a 1 m/s (3,6 km/h)

Tasa de renovación: $\frac{3}{4}$ a un cambio total por minuto

Efectos negativos por mayor velocidad:

- Reducción del área foliar
- Reducción del crecimiento
- Daños en bordes de las hojas

Ventilación forzada:

Condiciones de instalación de los ventiladores

- Distancia entre ventiladores: 7,50 m para asegurar uniformidad en el flujo de aire
- Ubicación en la dirección de los vientos dominantes
- Distancia mínima sin obstáculos de 1,5 veces el diámetro del ventilador

Climatización de invernaderos en periodos cálidos

Sistemas de sombreo

Estáticos

Encalado

Mallas

Dinámicos

Cortinas móviles

Riego de la cubierta

Malla de sobreo



Tipo de invernadero	Temperatura [° C]
Aire libre	33
Invernadero sin sombreo	47
Malla negra exterior (45 %)	41
Malla negra interior (45 %)	50

Malla de sombreo

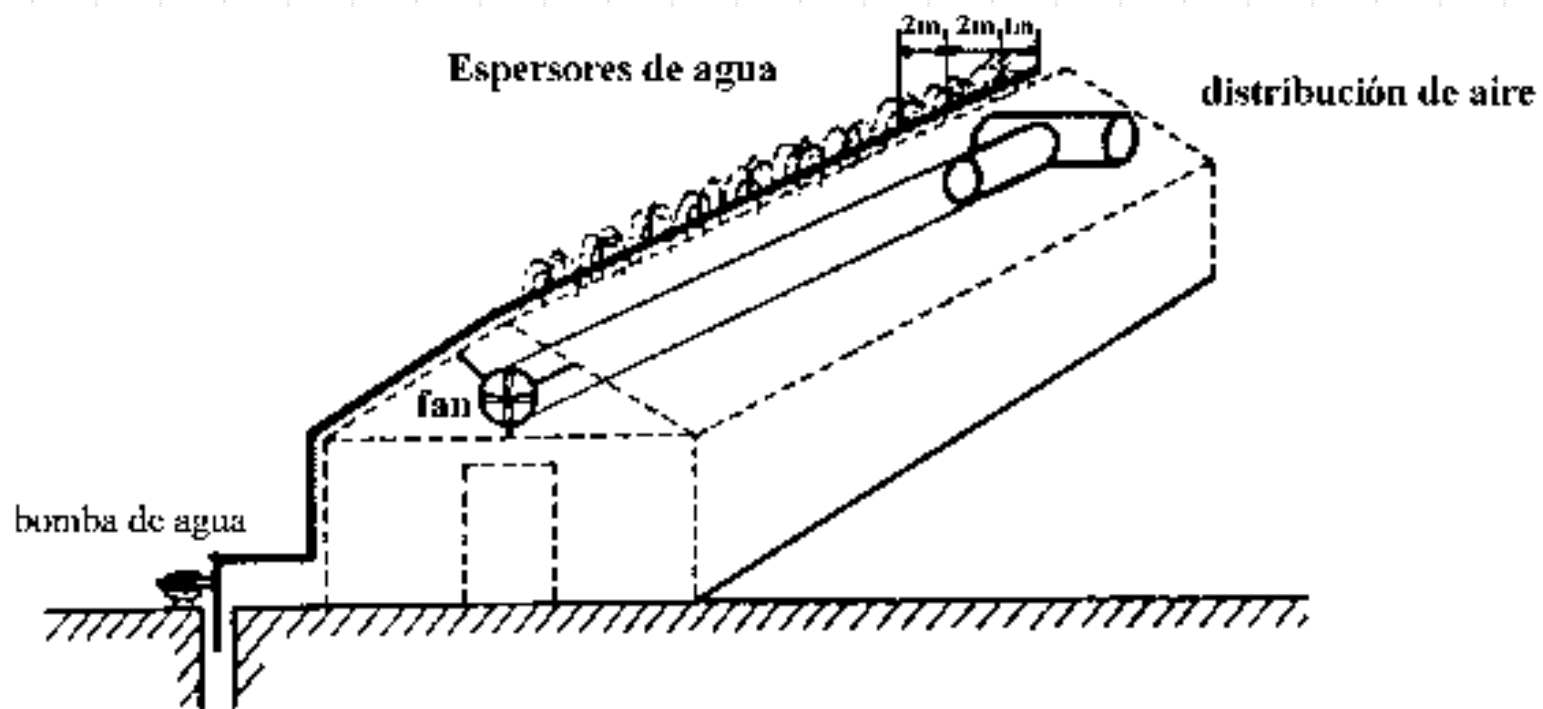
y

renovaciones de aire

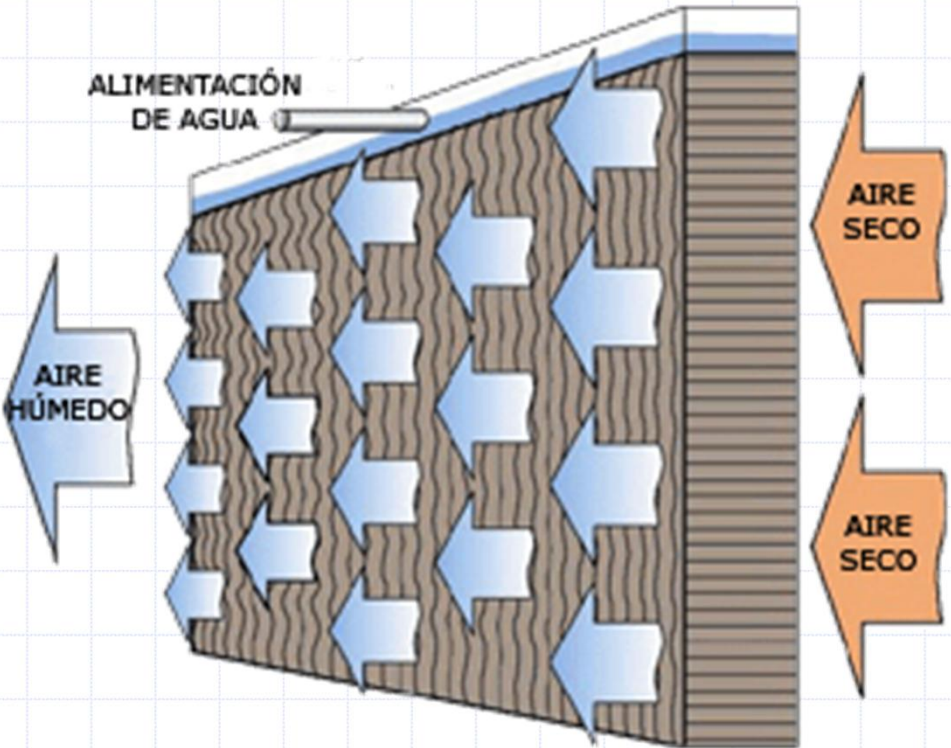


Tipo de sombreo	10 renovaciones [T en °C]	40 renovaciones [T en °C]
Malla aluminizada	30	27
Malla blanca	32	27
Malla negra	36	29
Sin malla	36	28

Riego de la cubierta

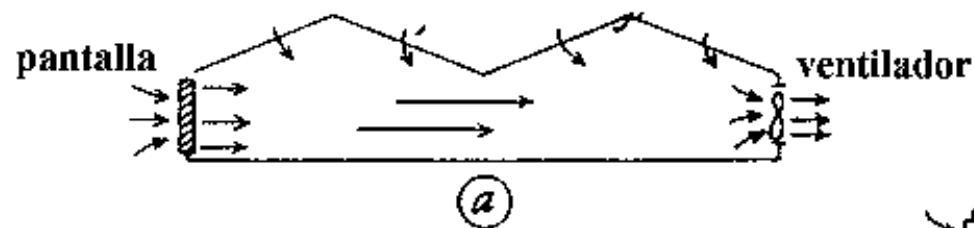


Refrigeración por evaporación de agua

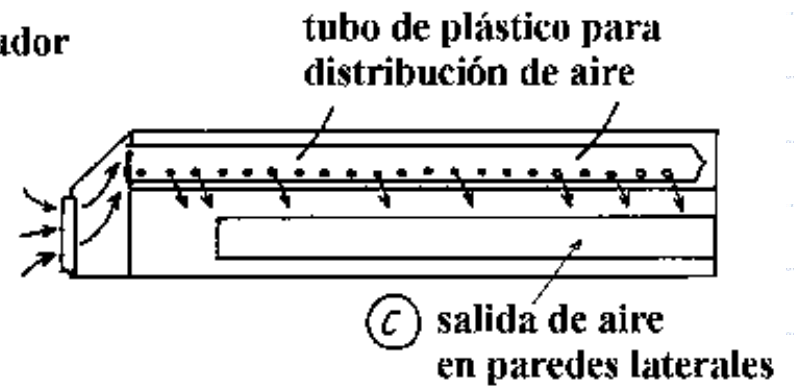
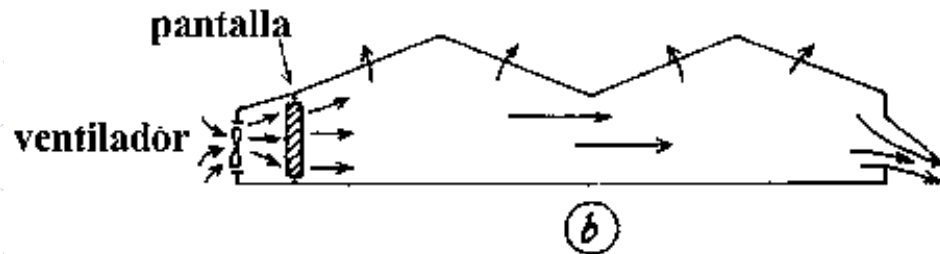


Pantalla evaporadora

sistema de presión negativa



sistema de presión positiva



Nebulización fina, niebla o "fog"



Gotas de 10 micras

Mínima velocidad de caída

Que se evaporen antes de caer sobre las plantas

Climatización en periodos fríos

Objetivos:

- Lucha contra heladas
- Mantener la T sobre niveles que no produzcan daño
- Mantener la T en niveles óptimos para el cultivo

✓ **SELECCIÓN DEL MATERIAL DE CUBIERTA**

✓ **TÉCNICAS DE AHORRO ENERGÉTICO**

✓ **SISTEMAS DE CALEFACCIÓN**

Materiales de cubierta



Materiales flexibles:

T nocturna: 2 a 2,5° C

Materiales rígidos:

T nocturna: 4 a 5° C



Técnicas de ahorro energético

(mantenimiento de la T)



Pantalla térmica

Reflejar el infrarrojo lejano

Flexible – móvil

Anticondensación

Resistente

Aislantes

Sin calefacción:

Eleva T nocturna: 2 a 4° C

Con calefacción:

Ahorro energético



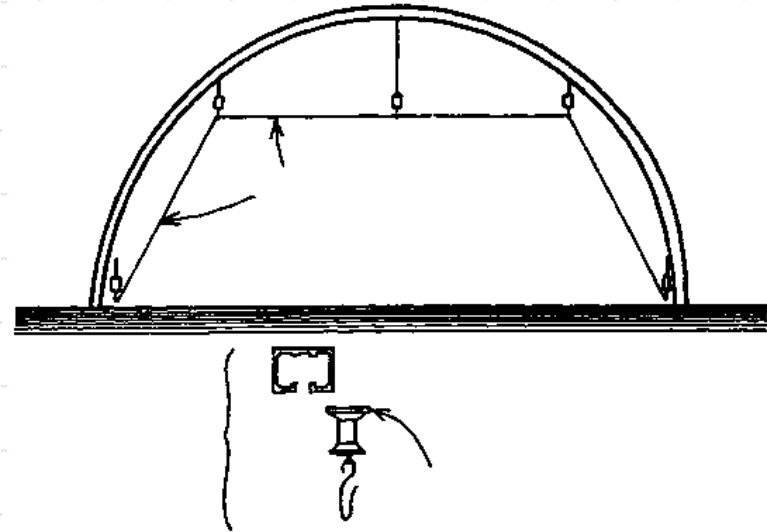
Pantalla térmica

EFECTOS:

- Mantiene la temperatura de las hojas por encima de 1 °C
- Reduce la T del techo (peligro de condensación)
- Reduce pérdidas por infiltración
- Aumenta la humedad del ambiente
- Puede generar sombra

Técnicas de ahorro energético

Pantalla térmica



Técnicas de ahorro energético

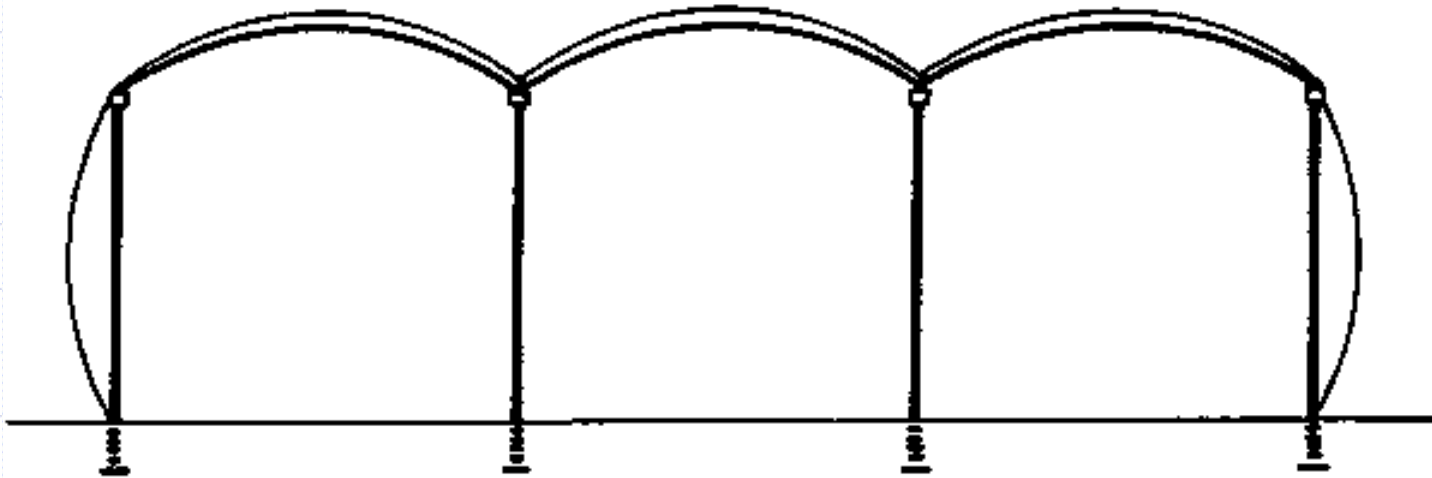
Paredes dobles

Sin calefacción:

Eleva T nocturna: 2 a 3° C

Con calefacción:

Ahorro energético: 45 %



Sistemas de calefacción

Convección

(calentamiento del aire)

Tuberías aéreas de agua
caliente

Aerotermos

Generadores de aire caliente
(salto térmico mínimo)

Generadores y distribución de
aire caliente por mangas de
polietileno

Conducción

En el suelo, a nivel del cultivo

Por tuberías enterradas

Por banquetas

Sistemas de calefacción



Calefacción por agua



Caldera que calienta el agua,
la circulación puede ser
pasiva o activa.

Sistemas de calefacción



Aerothermo

- Calentamiento convectivo del aire
- Intercambiador de calor (tubos) por los que circula agua caliente
- Ventilador que impulsa el aire caliente



Sistemas de calefacción

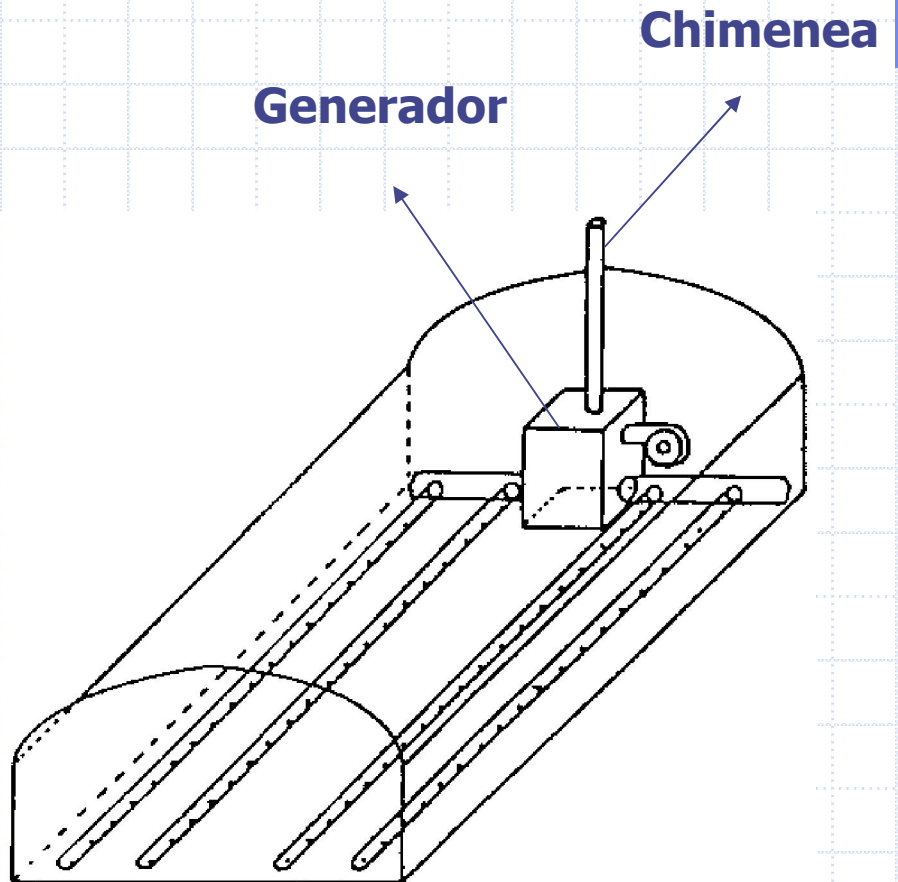
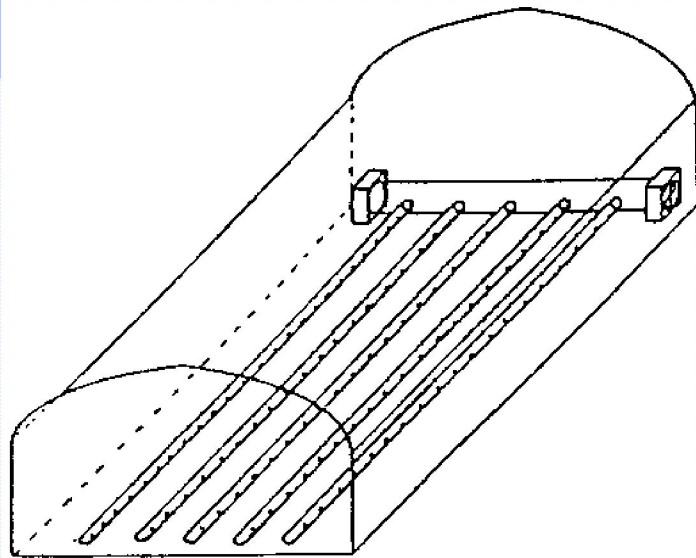
Calefacción por aire



con pantallas
térmicas

Sistemas de calefacción

Calefacción por aire



Por energía solar



Tubos de 200 a
250 micras

El agua almacena
calor y luego lo
cede