



**La ventilación natural del invernadero.
Optimización de la instalación.
Estrategias de manejo para mejorar el
clima.**

**Juan Carlos López Hernández
FUNDACION CAJAMAR**

Técnicas de refrigeración



Ventilación

- Forzada
- Natural

Enfriamiento por evaporación

- Nebulización
- Paneles evaporantes

Otras soluciones

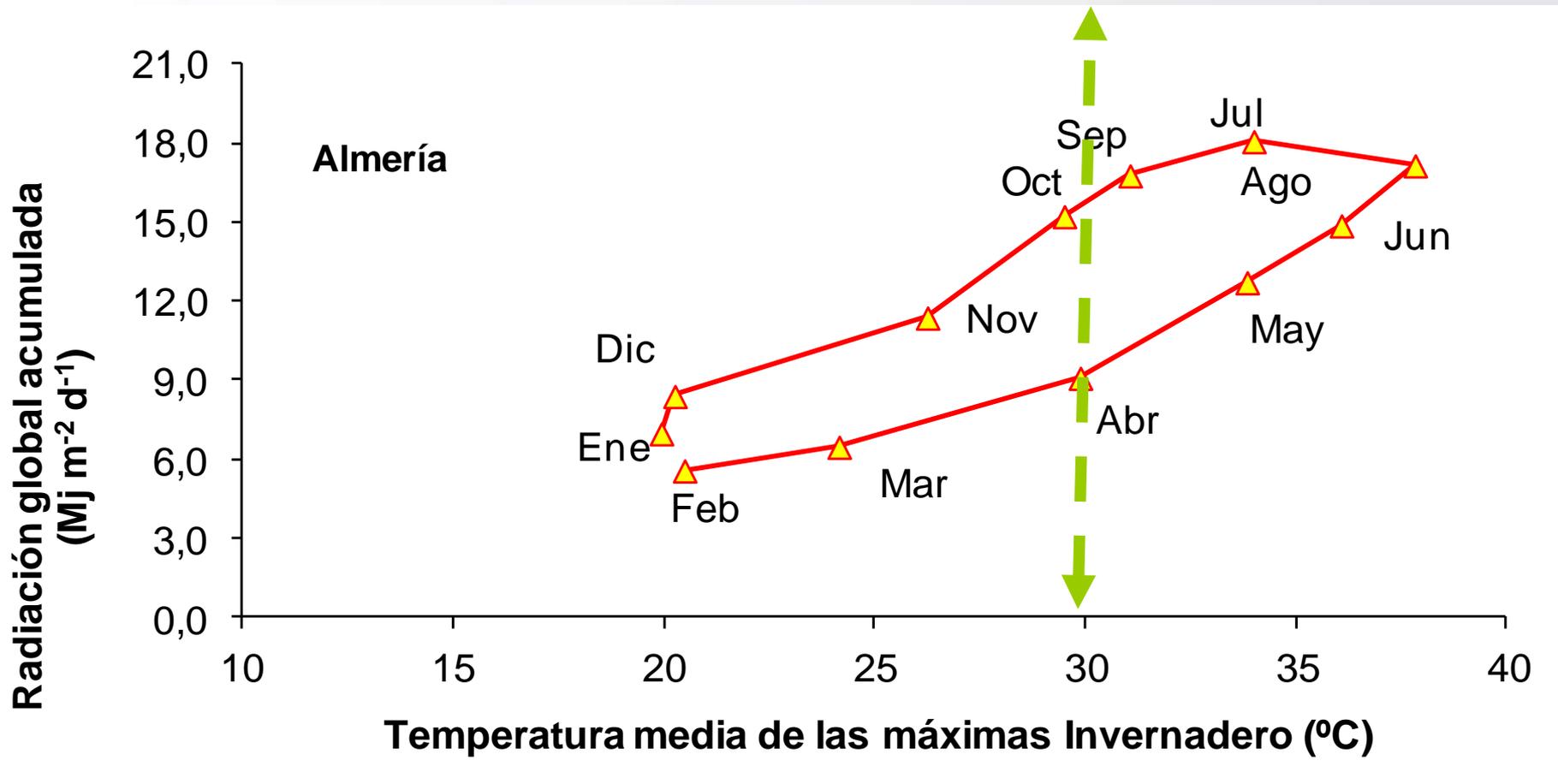
- Pantallas de sombreo
- Blanqueo

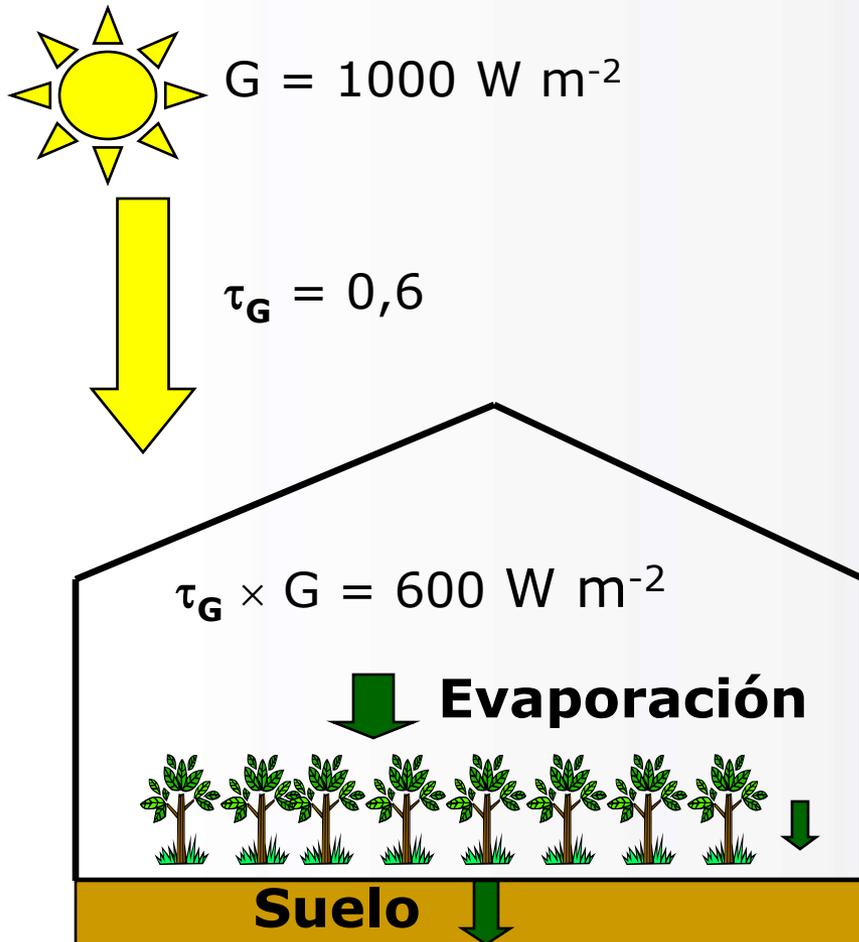
Ventilación



- Previene de temperaturas elevadas
- Aporta CO₂ a partir del aire exterior
- Control de la humedad
- El flujo de aire afecta al crecimiento de las plantas (intercambio de gas y energía entre plantas y el aire circundante)
- La ventilación es necesaria para los sistemas de refrigeración por evaporación y sombreado
- Proporciona un clima uniforme
- Reduce el consumo de energía y electricidad

Ventilar por exceso de temperatura





Un cultivo sano y bien desarrollado es capaz de retirar el 70% del exceso de energía



Ventilar para controlar la humedad

Humedad relativa (%) óptima en cultivos hortícolas

Cultivo	HR
Tomate	50-60
Pimiento	50-60
Berenjena	50-65
Pepino	70-90
Melón	60-70
Calabacín	65-80
Sandía	65-75
Judía	60-75
Fresón	70-80
Guisante	65-75
Lechuga	60-80
Acelga	60-70
Apio	65-80

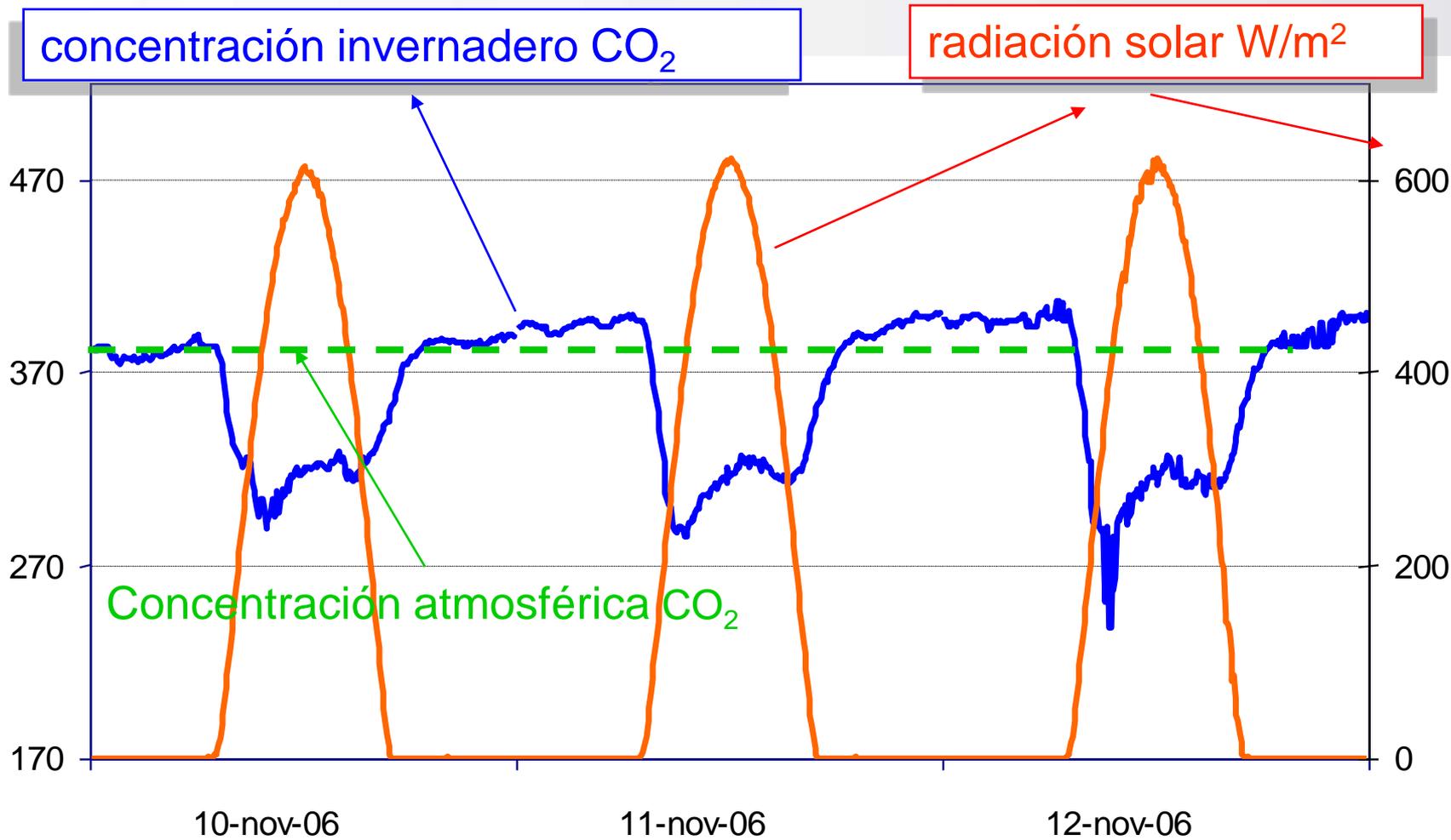


Enfermedades criptogámicas



Fisiopatías y otros problemas

Concentración CO₂ en invernadero



Las Palmerillas, 2006

FUERZAS “MOTORAS” DE LA VENTILACIÓN NATURAL

EFECTO TÉRMICO

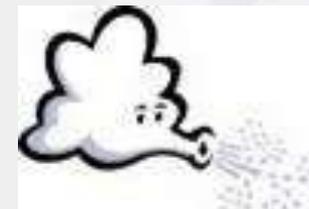
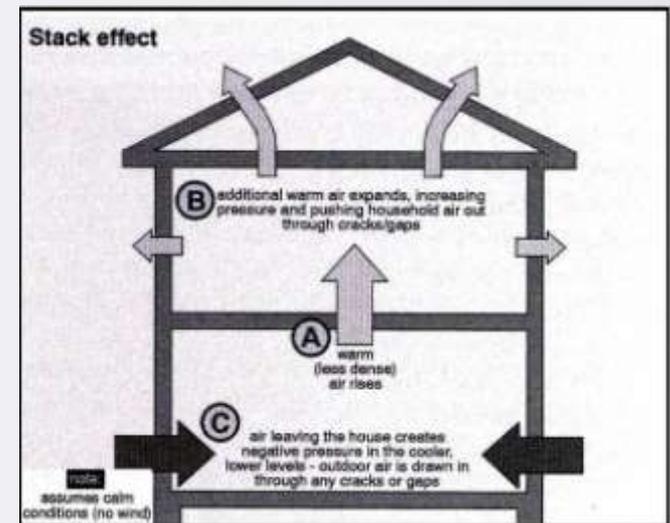
$$\Phi = \frac{S}{2} C_d \left[\left(2g \frac{\Delta T H}{T} \right)^2 \right]^{1/2}$$

DOMINA SI $V_{\text{VIENTO}} < 2-3 \text{ m s}^{-1}$

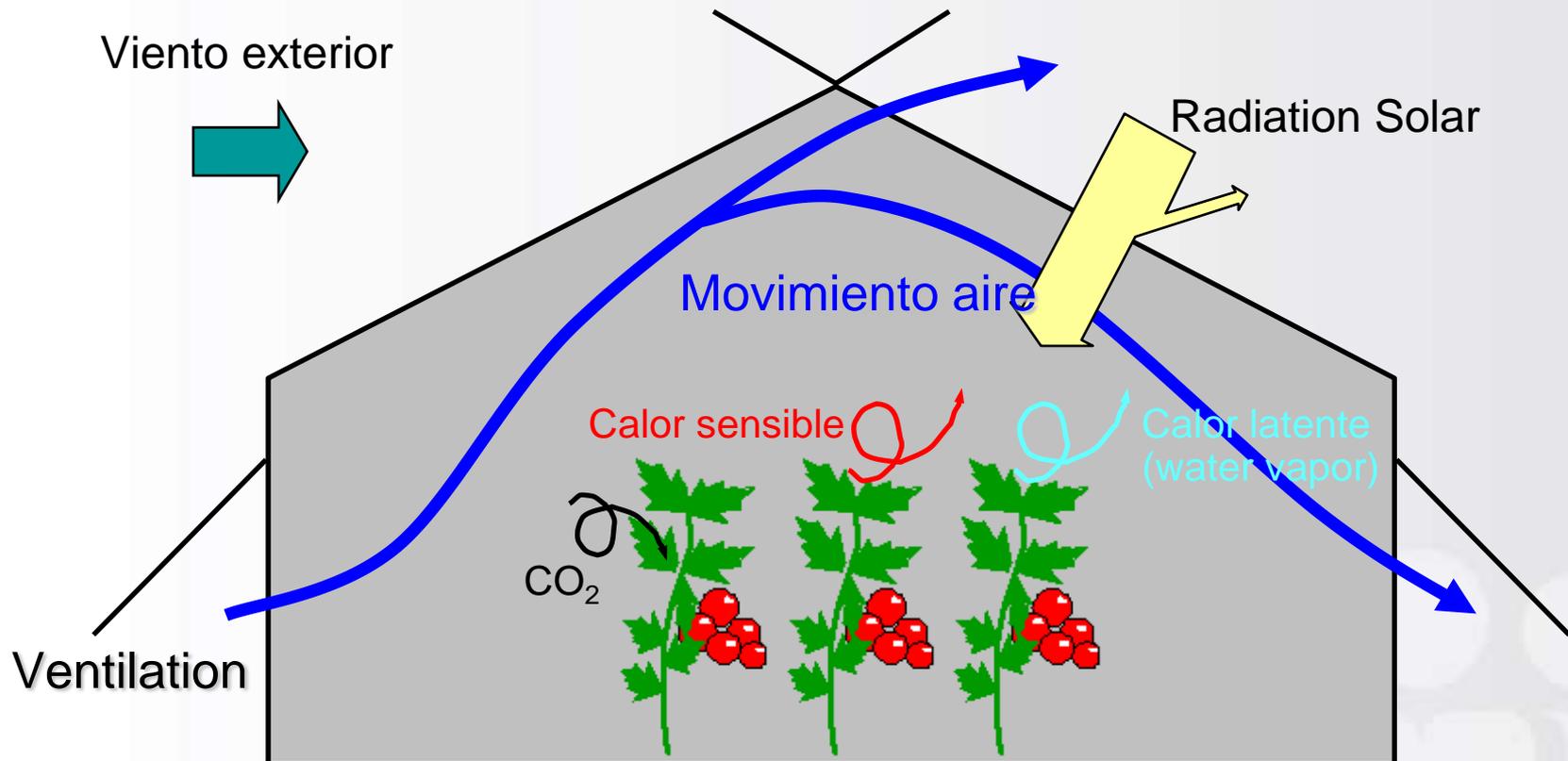
EFECTO EÓLICO

$$\Phi = \frac{S}{2} C_d \sqrt{C_w} v$$

DOMINA SI $V_{\text{VIENTO}} > 3 \text{ m s}^{-1}$



El movimiento del aire afecta a la uniformidad del ambiente del inverandero (aire, temperatura, CO₂) y al crecimiento de la planta



TAMBIÉN ES MUY IMPORTANTE VENTILAR...



POR LA MAÑANA PARA ELIMINAR GASES POTENCIALMENTE FITOTÓXICOS Y NOCIVOS EN SISTEMAS DE CALEFACCIÓN DE AIRE COMBUSTIÓN POR COMBUSTIÓN DIRECTA



ANTES DE ENTRAR AL INVERNADERO A TRABAJAR DESPUÉS DE REALIZAR TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS

UNA BUENA VENTILACIÓN DEBE CONTRIBUIR TAMBIÉN A MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO DE LOS TRABAJADORES DEL INVERNADERO.



POR LA MAÑANA, EN CASO DE USAR SUBLIMADORES POR LA NOCHE, ANTES DE ENTRAR A TRABAJAR AL INVERNADERO

UNO DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE LOS INVERNADEROS DE ALMERÍA

VENTILACIÓN NATURAL DEFICIENTE

**INSUFICIENTE AREA
DE VENTANAS**

**TIPOS DE VENTANAS
POCO EFICACES**

**USO DE MALLAS ANTI-
INSECTO DE BAJA
POROSIDAD**

Métodos de estudio de la ventilación natural



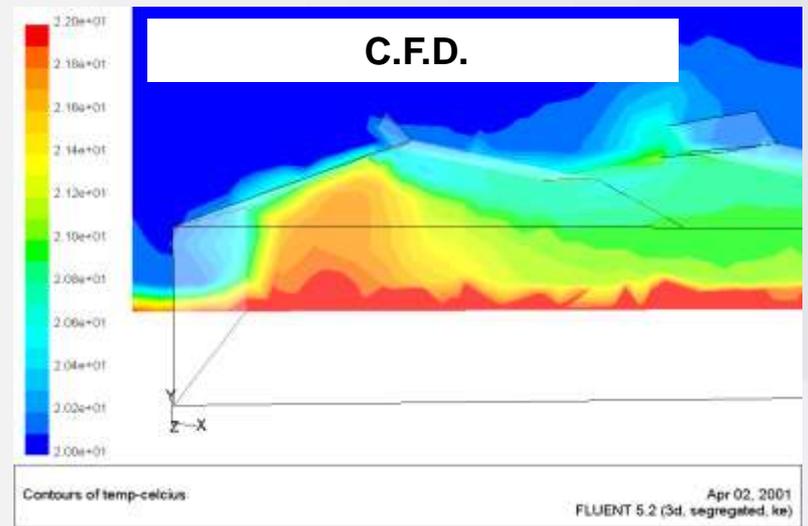
GAS TRAZADOR



TÚNEL DE VIENTO



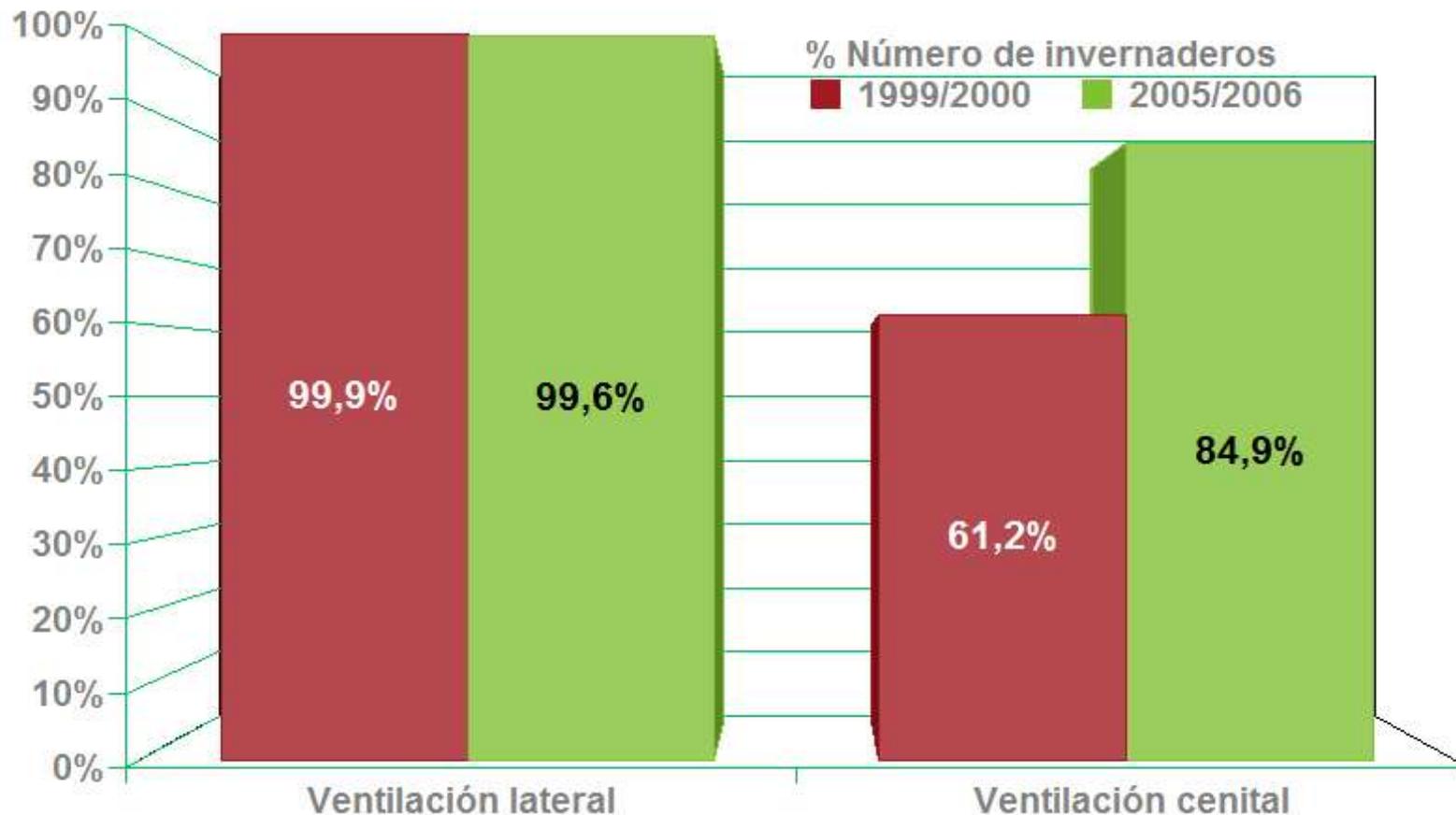
TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN



Evolución de la incorporación de ventanas al invernadero

Superficie de ventilación recomendada 25% (sin malla)

Superficie de ventilación media en Almería 12%



Mayor altura del invernadero



Evolución de la altura del invernadero parral



Altura a cumbre
Raspa y amagado
(m)

Ventanas deslizantes

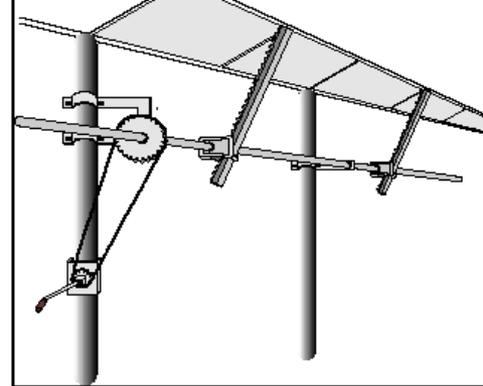


Figura 1.9-Ventana cenital abatible manual

Ventana cenital abatible



Ventana lateral enrollable



Ventana cenital enrollable



Ventana cenital abatible

Mejor abatible que enrollable en el techo

Combinar ventanas laterales con cenitales duplica la ventilación

Ventana de Sombrerete



Ventana de Medio Arco





Ventana Centrada

Ventana Supercenit



A row of greenhouses with butterfly-shaped ventilation windows. The greenhouses are covered in a translucent material and supported by a metal frame. The sky is blue with some clouds.

Ventanas Mariposa



Inv. Venlo: Ventanas cenitales continuas



Ventanas Guillotina

Mejoras en la ventilación natural

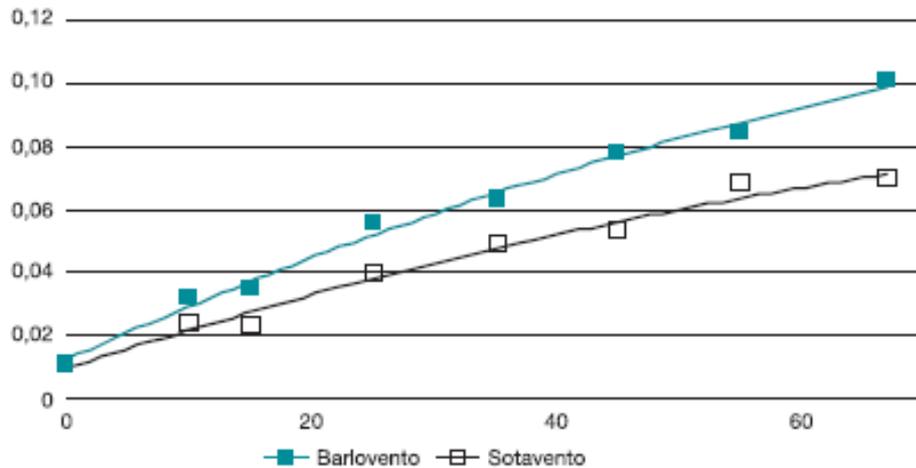


Las ventanas laterales abren desde abajo, para maximizar el efecto chimenea, y abren hasta 3 m para obtener máxima ventilación en las épocas de más temperatura para limitar el salto térmico.

Invernadero Parral



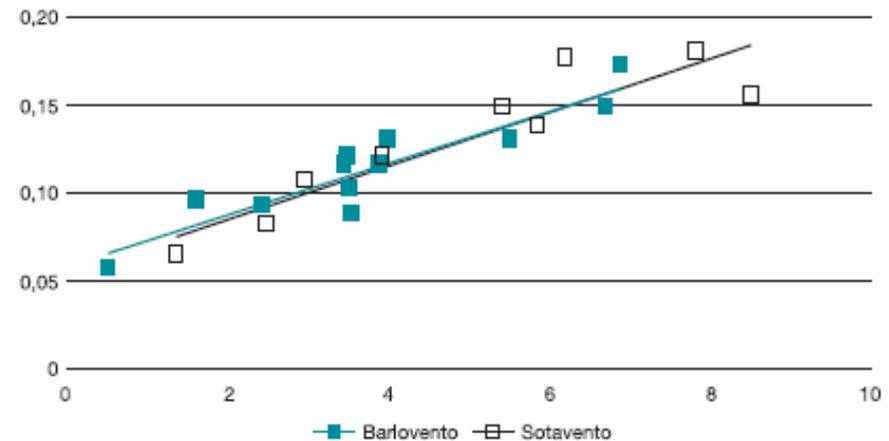
Gráfico 6. Tasa de ventilación ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$) en función del ángulo de apertura ($^\circ$) de la ventana



* Con ventanas abatibles la tasa de ventilación no crece linealmente a medida que se abre el alerón.

- En **ventanas abatibles cenitales**: Mayor ventilación a Barlovento que a Sotavento
- Mayor superficie de ventana mayor Tasa de ventilación

Gráfico 7. Tasa de ventilación ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$) en función de la velocidad del viento (m/s) en invernaderos tipo parral con ventanas enrollables



* La dirección del viento no tiene ninguna influencia sobre la tasa de ventilación en invernaderos de raspa y amagado con ventanas cenitales enrollables.

En **ventanas enrollables cenitales**: Igual ventilación a Barlovento que a Sotavento

Figura 6. Vectores de velocidad del aire dentro y alrededor de la primera capilla sobre la que incide el viento para ventilación de barlovento y de sotavento

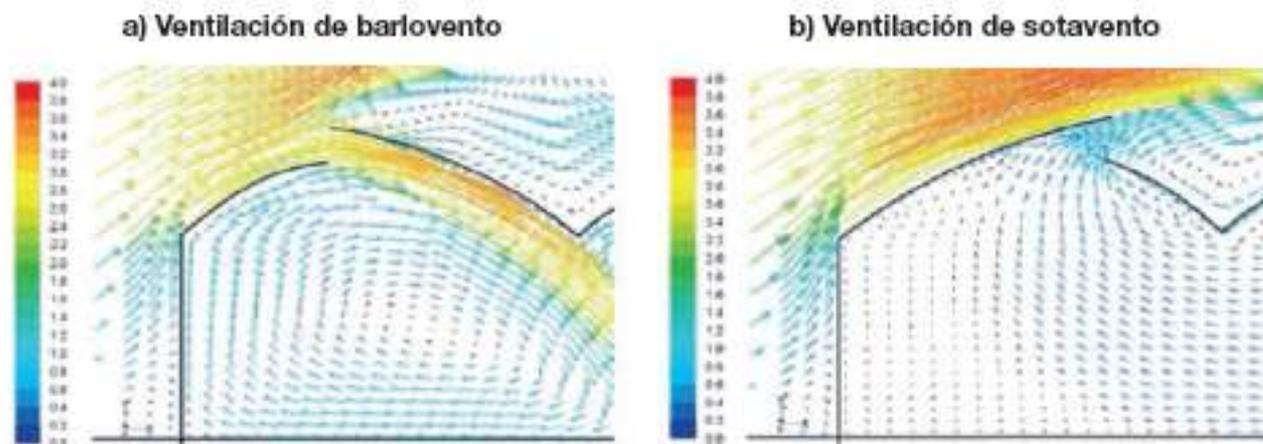
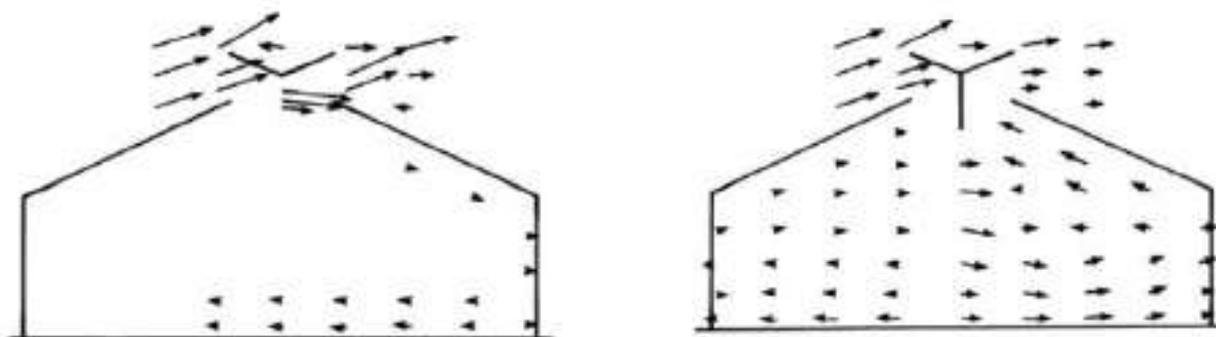
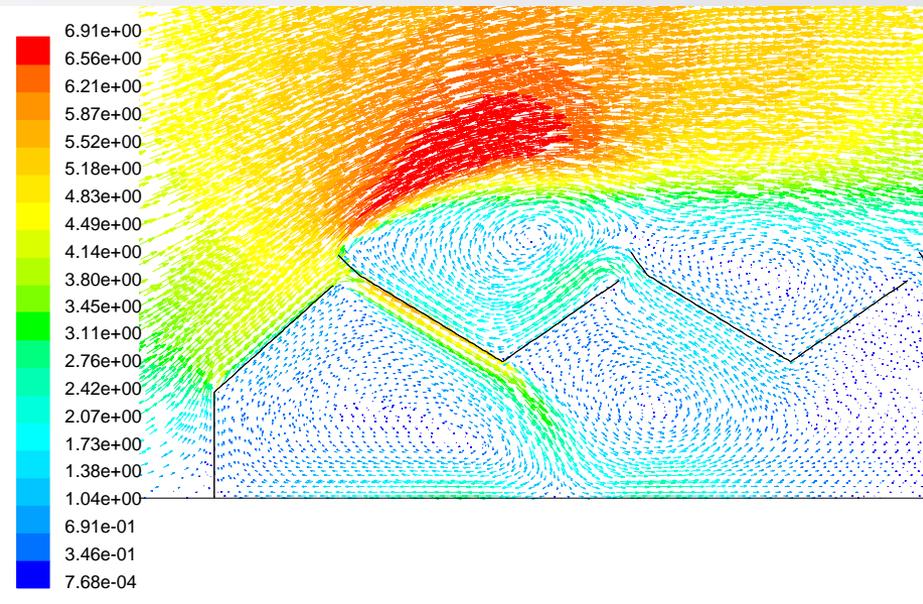
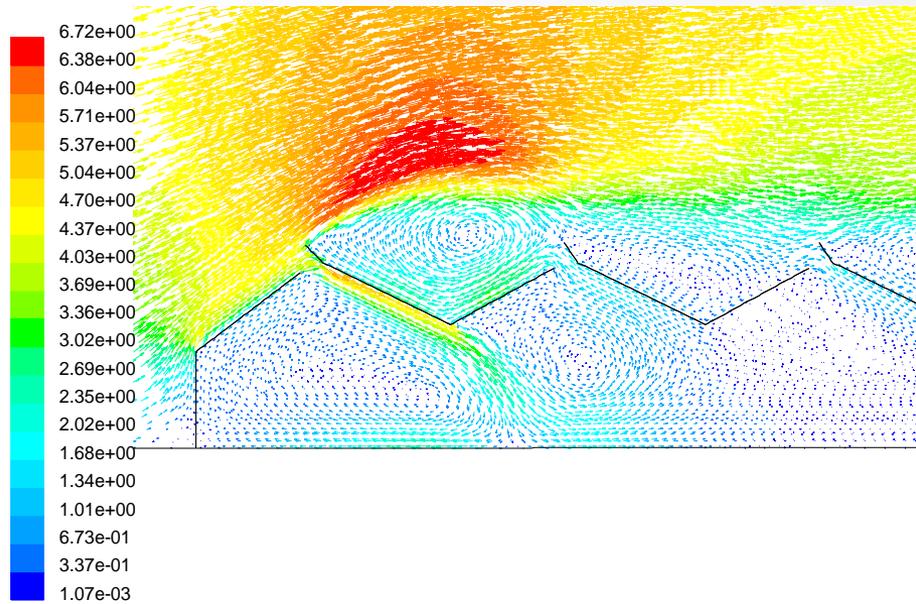
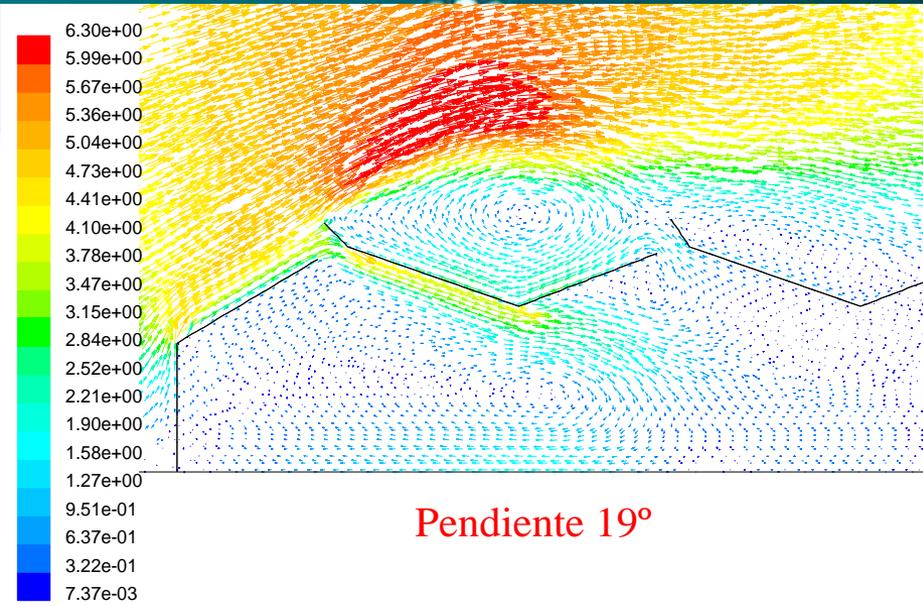
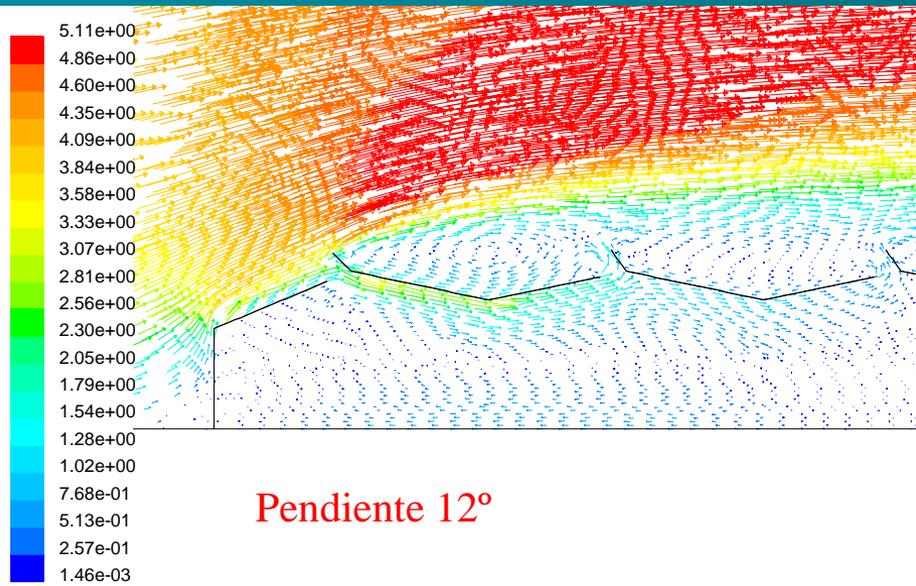


Figura 9. Efecto de un deflector colocado bajo las ventanas cenitales sobre la circulación interior del aire



Fuente: Nielsen (2002).

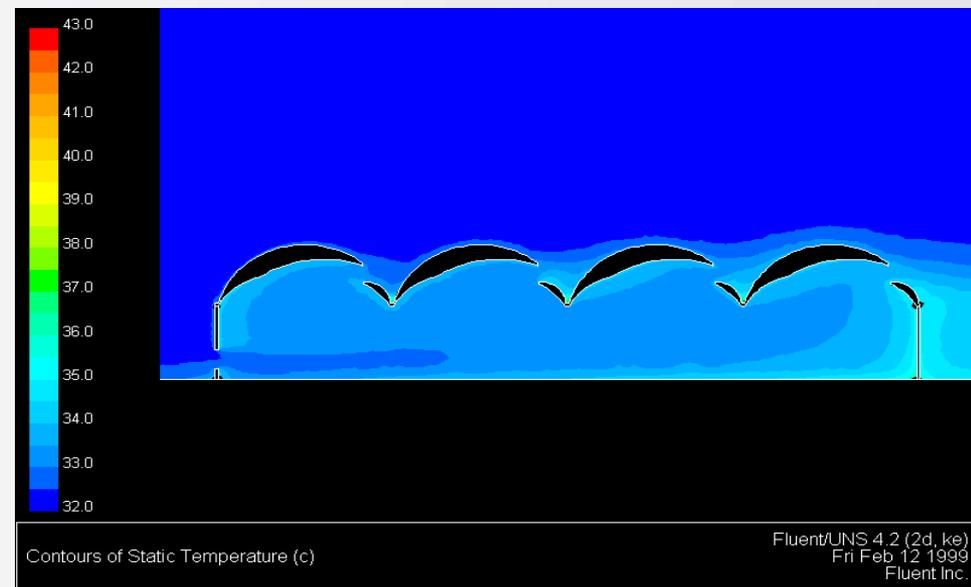
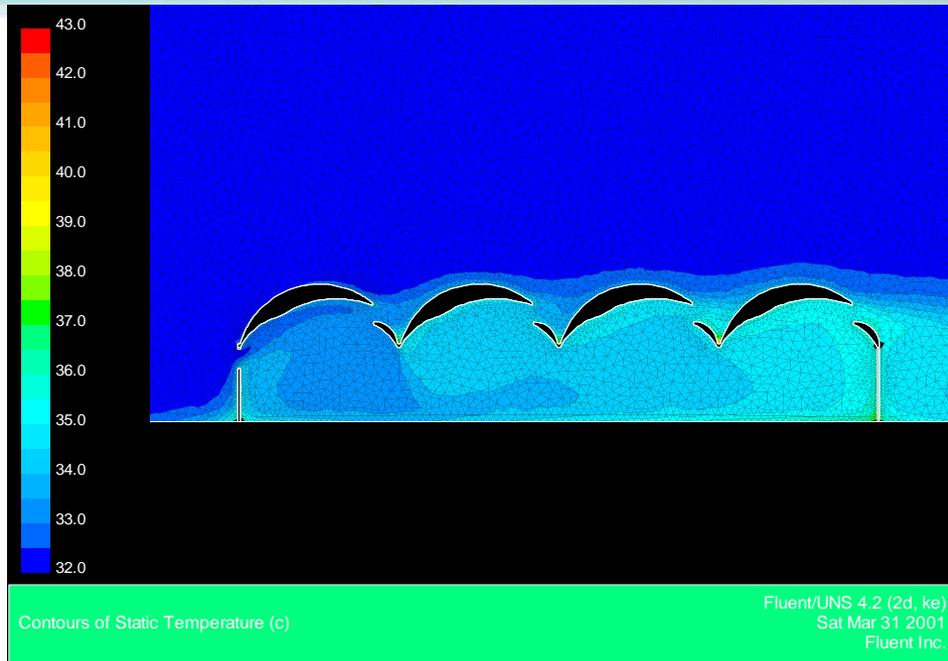


Humedad y Condensación

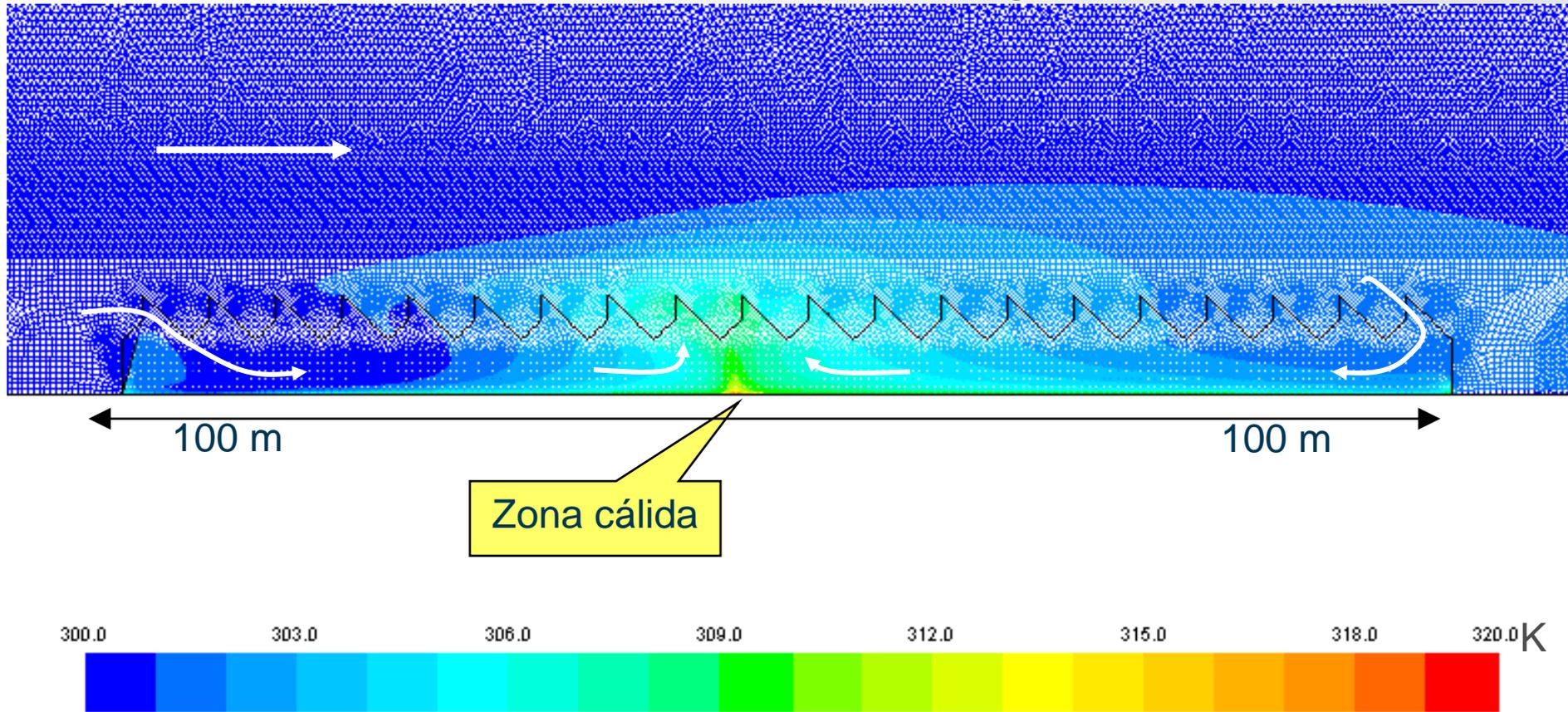
The image shows a close-up of a textured surface, likely a ceiling or a wall, with a diagonal pattern of ridges. The surface appears to be covered in a fine layer of moisture or condensation, giving it a slightly glossy and uneven appearance. The lighting is somewhat dim, highlighting the texture and the way the moisture has settled on the surface.

- Pendiente suficiente para que escurra el condensado
- Aditivos antigoteo para aumentar transmisión de luz

Posición de la apertura de la ventana lateral



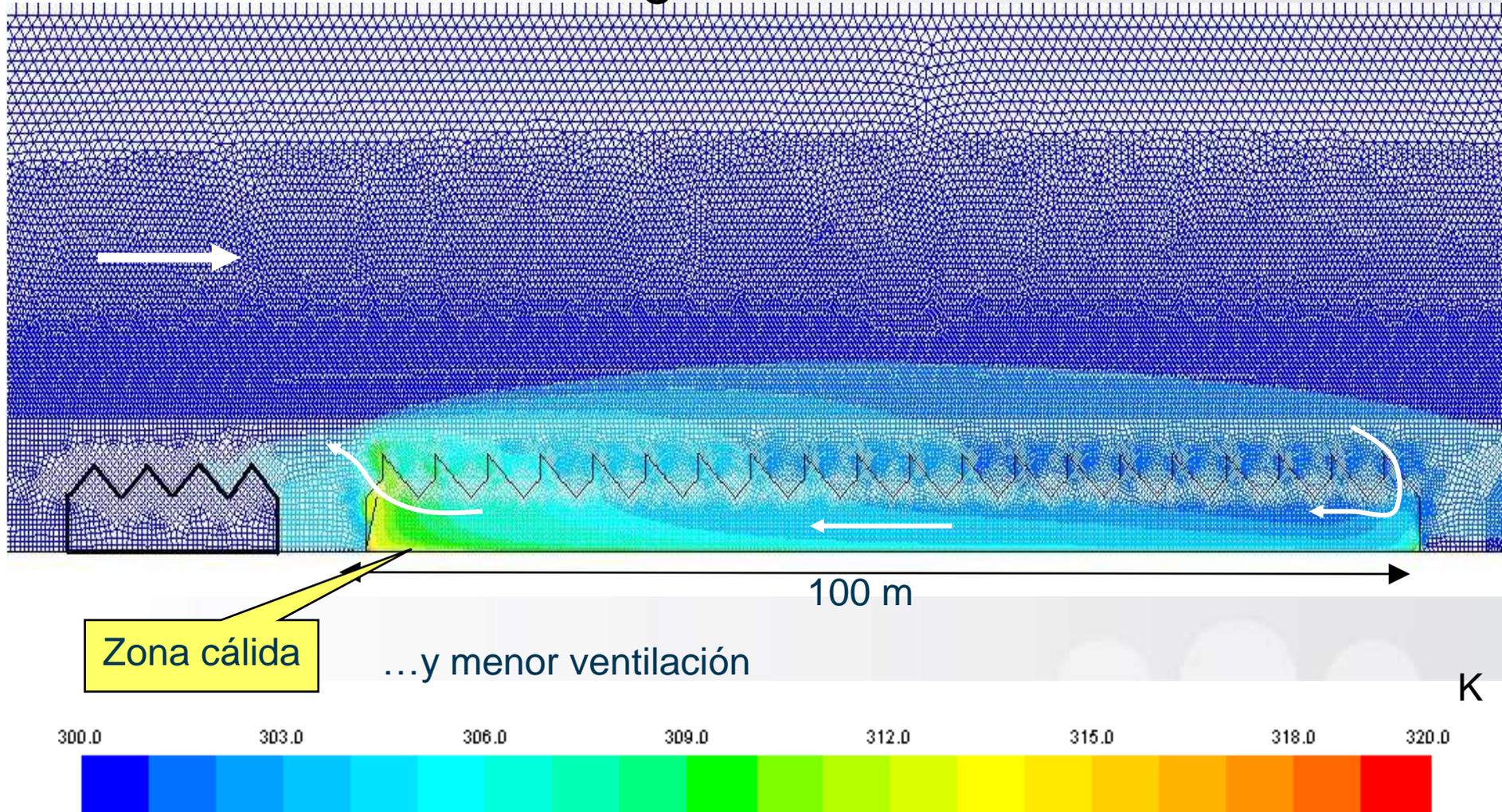
Ventilación de invernaderos grandes



Contours of Static Temperature (k)

Mar 22, 2010
ANSYS FLUENT 12.1 (2d, pbns, rngke)

Invernaderos grandes: obstáculos



Efecto de las mallas en las ventanas



Las mallas en las ventanas de los invernaderos permiten controlar la entrada de insectos: mosca blanca, trips , tuta ...



Insectos vectores de virus:

- *Frankliniella occidentalis*



Tamaño de hueco para exclusión: $\varnothing < 0,19 \text{ mm}$

- *Bemisia tabaci*



Tamaño de hueco para exclusión: $\varnothing < 0,24 \text{ mm}$

- *Tuta*



Tamaño de hueco para exclusión: $\varnothing < 2 \text{ mm}$

¿Qué malla podemos poner para impedir la entrada de insectos ?



Las mallas en las ventanas provocan una reducción de la renovación del aire (T^a , HR, CO_2) y luz

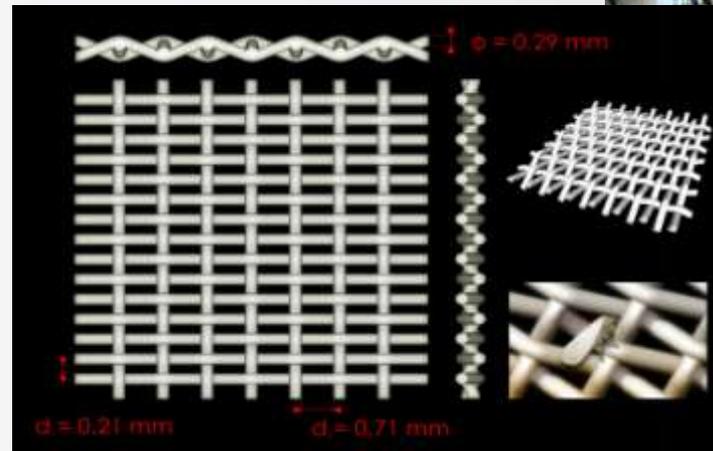
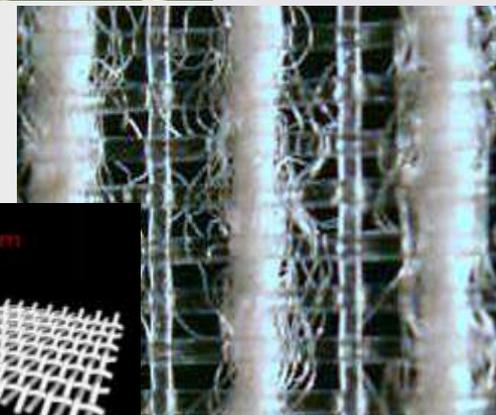
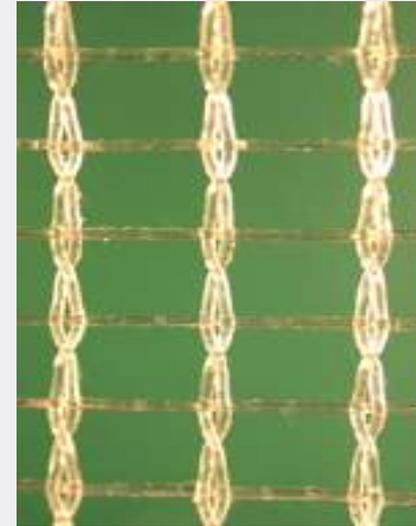
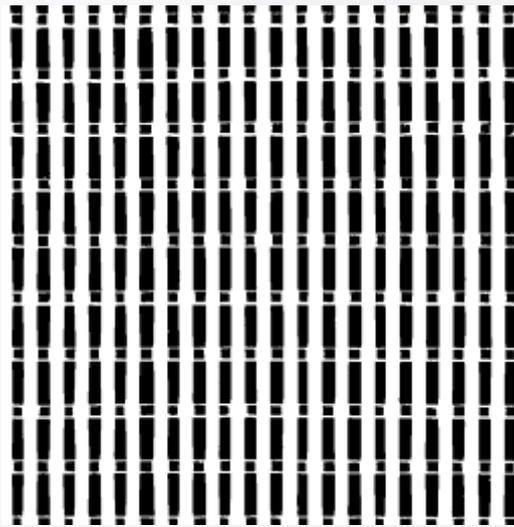
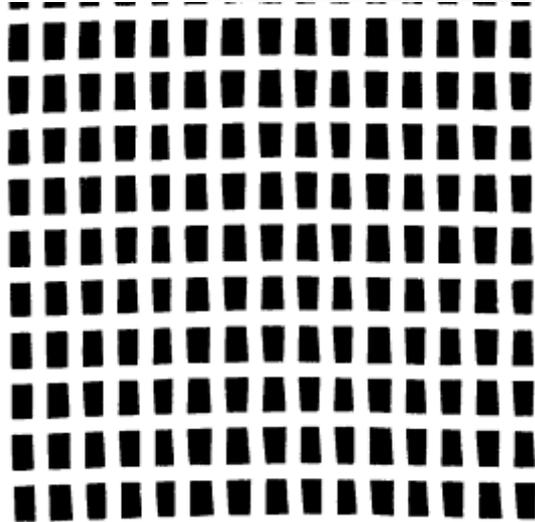


Superficie de ventilación recomendada 25% (sin malla)

Superficie de ventilación media en Almería 12% (con malla)

Malla 20 x 10

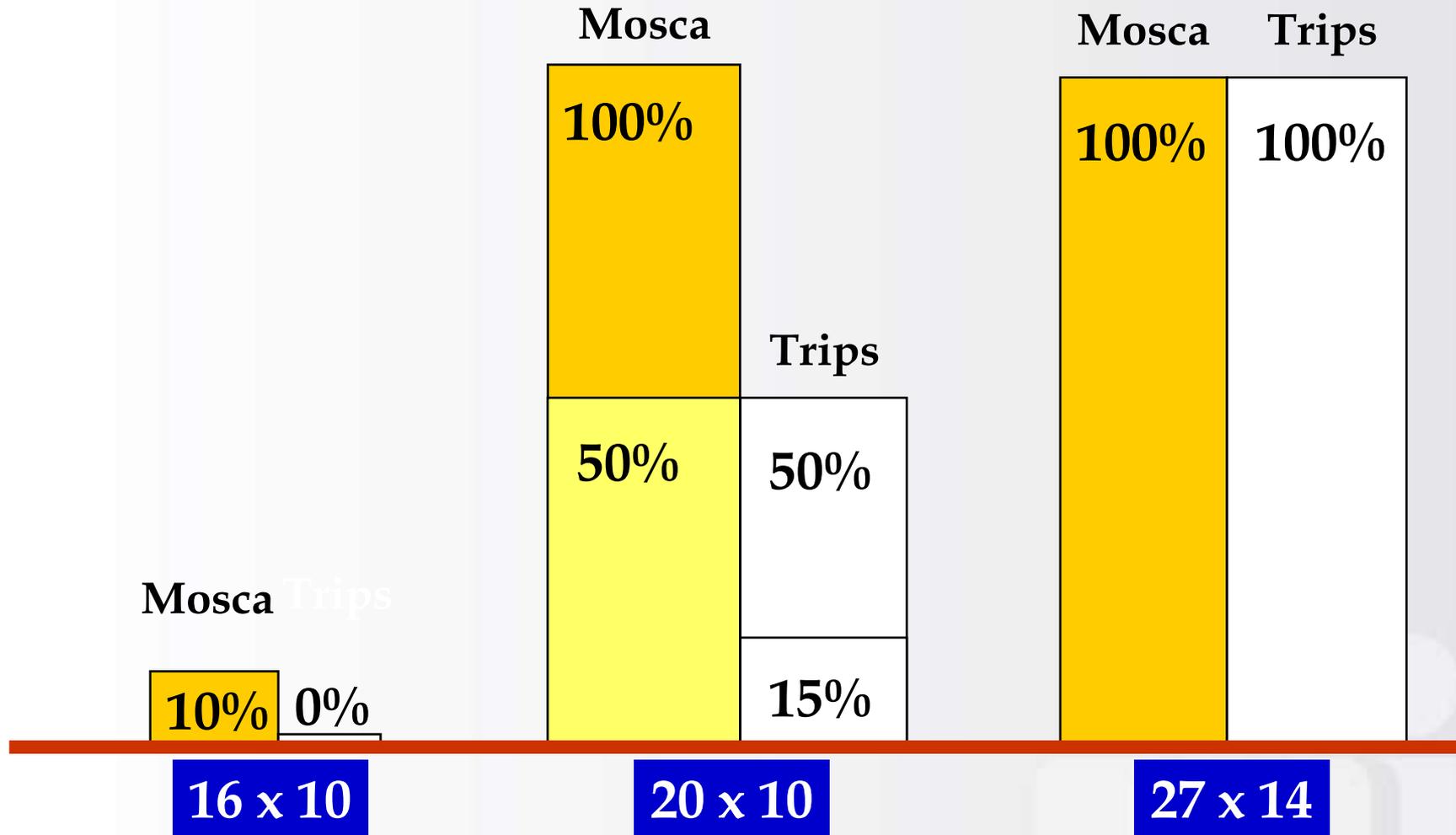
Malla 16 x 10



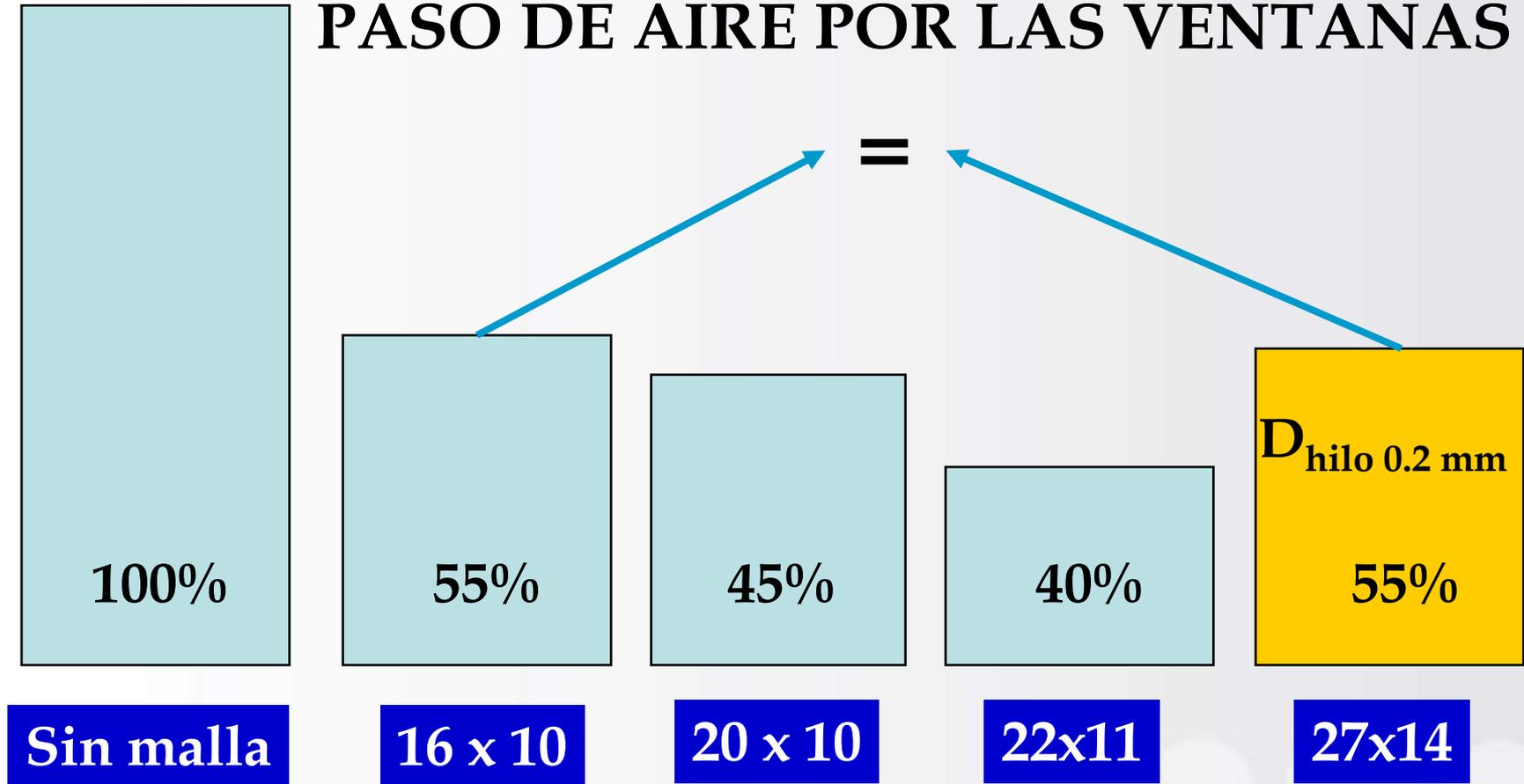
Malla: características a definir

- Entrada de insectos: dimensión del hueco (2D, 3D)
- Diámetro del hilo
- Resistencia al flujo de aire
- Propiedades ópticas
 - Transmisividad espectral
 - Reflexión espectral
- Acumulación de polvo
- Propiedades mecánicas
- Resistencia UV : 5 años, 3 años ...
- Uniformidad

Exclusión de las plagas



PASO DE AIRE POR LAS VENTANAS



Efecto de las mallas en las ventanas sobre la ventilación

LAS MALLAS REDUCEN LA VENTILACIÓN

SOLUCIONES

- Aumentar la superficie de ventilación (aconseja $> 20 \%$)
- Ventanas más eficientes (abatibles frente enrollables)
- Combinar ventanas laterales y cenitales
- Diseño del invernadero (pendiente, geometría, orientación)
- Utilizar mallas más eficientes

LIMPIEZA DE MALLAS



Doble techo en invernaderos



■ Ventajas:

- Aumento de la temperatura mínima nocturna (2-3°C en dobletechos cerrados y 1-2°C en dobles techos abiertos).
- Reducción de las oscilaciones de T^a y HR.
- Eliminación del goteo sobre el cultivo (muy importante en el control de enfermedades fúngicas, fisiopatías y básico para instalar con éxito el *A. swirskii* en pepino medio-tardío)



■ Problemas (usándolo mal):

- Reducción de la ventilación: golpes de calor a mediodía
- Problemas fitosanitarios.
- Actividad de planta (malas condiciones de transpiración)
- Reducen la radiación
- Agotamiento de CO₂

Cuando no hay altura suficiente:
 Doble techo estrecho de "poniente a levante" (Láminas plásticas perpendiculares a las líneas de cultivo)



Muy utilizado en pepinos extra-tardíos y con calefacción

Ventilación por los pasillos
 (en doble techos de "poniente a levante")



Colocar la tira del pasillo de manta térmica para permitir algo de ventilación durante el día (poco eficaz, pero puede ser suficiente en algunos casos).

Doble techo estrecho de "norte a sur"
 (Láminas plásticas paralelas a las líneas de cultivo)



Se deja una separación bastante grande entre las tiras plásticas, con lo que queda un doble techo muy ventilado bajo el que apenas se consigue incremento térmico. ES MÁS UN PARAGUAS QUE UN ABRIGO.

En los invernaderos de zonas cálidas, como los de Almería, la ventilación natural es esencial:

- Es la forma más barata, sencilla y efectiva que tiene el agricultor para actuar sobre el clima del invernadero.**
- Su estudio es complejo porque depende de las condiciones del clima exterior y de la geometría de cada invernadero**



Muchas Gracias

