



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

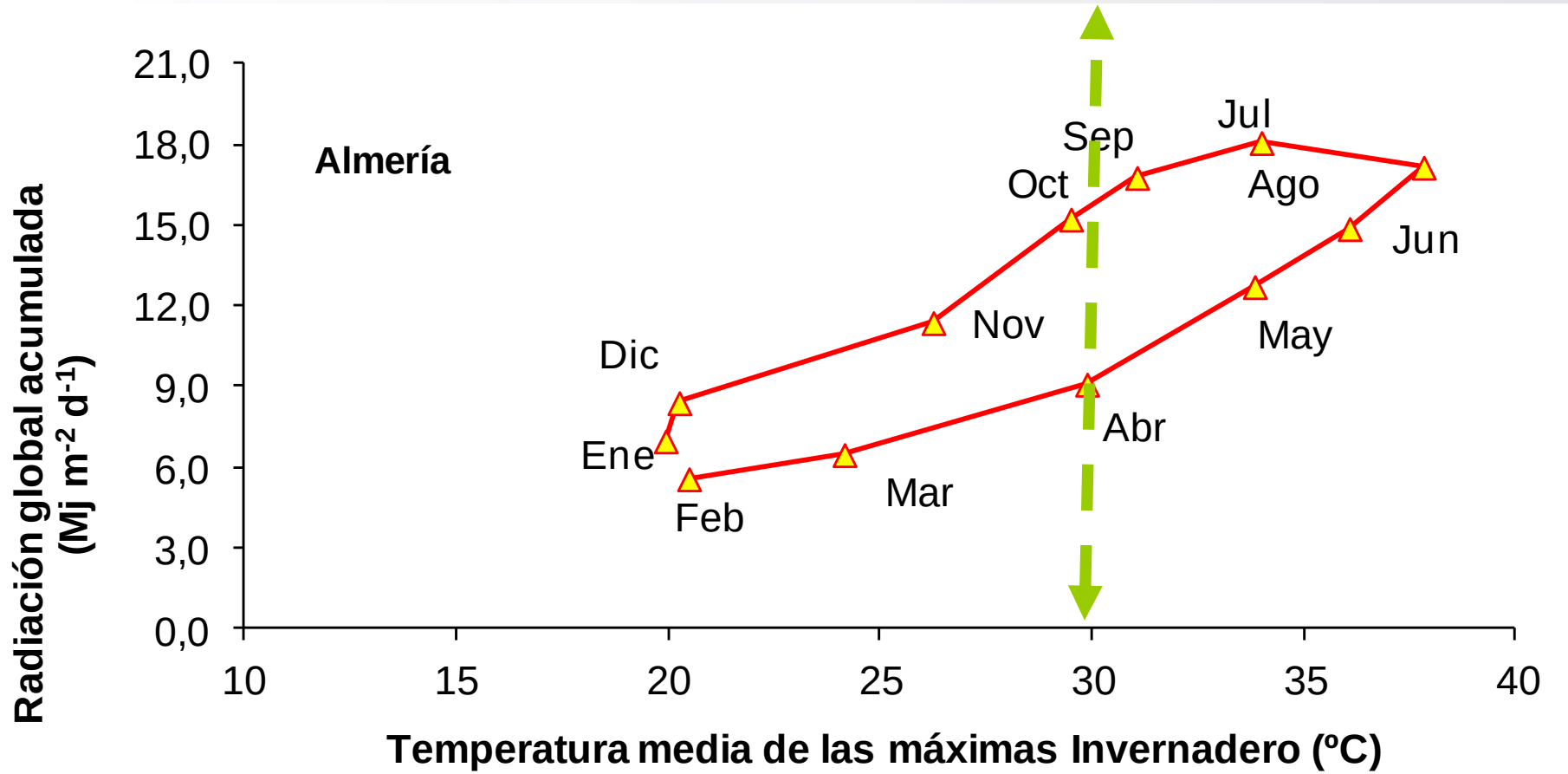
- Pantallas de sombreo
- Blanqueo

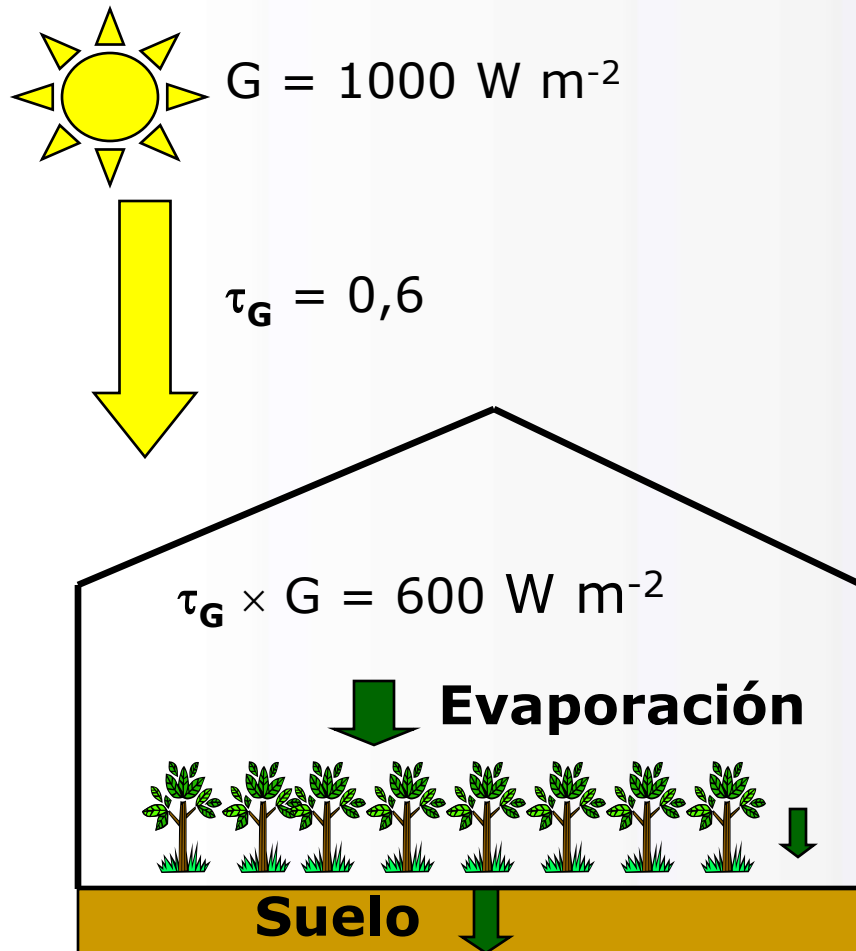
Ventilación



- 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

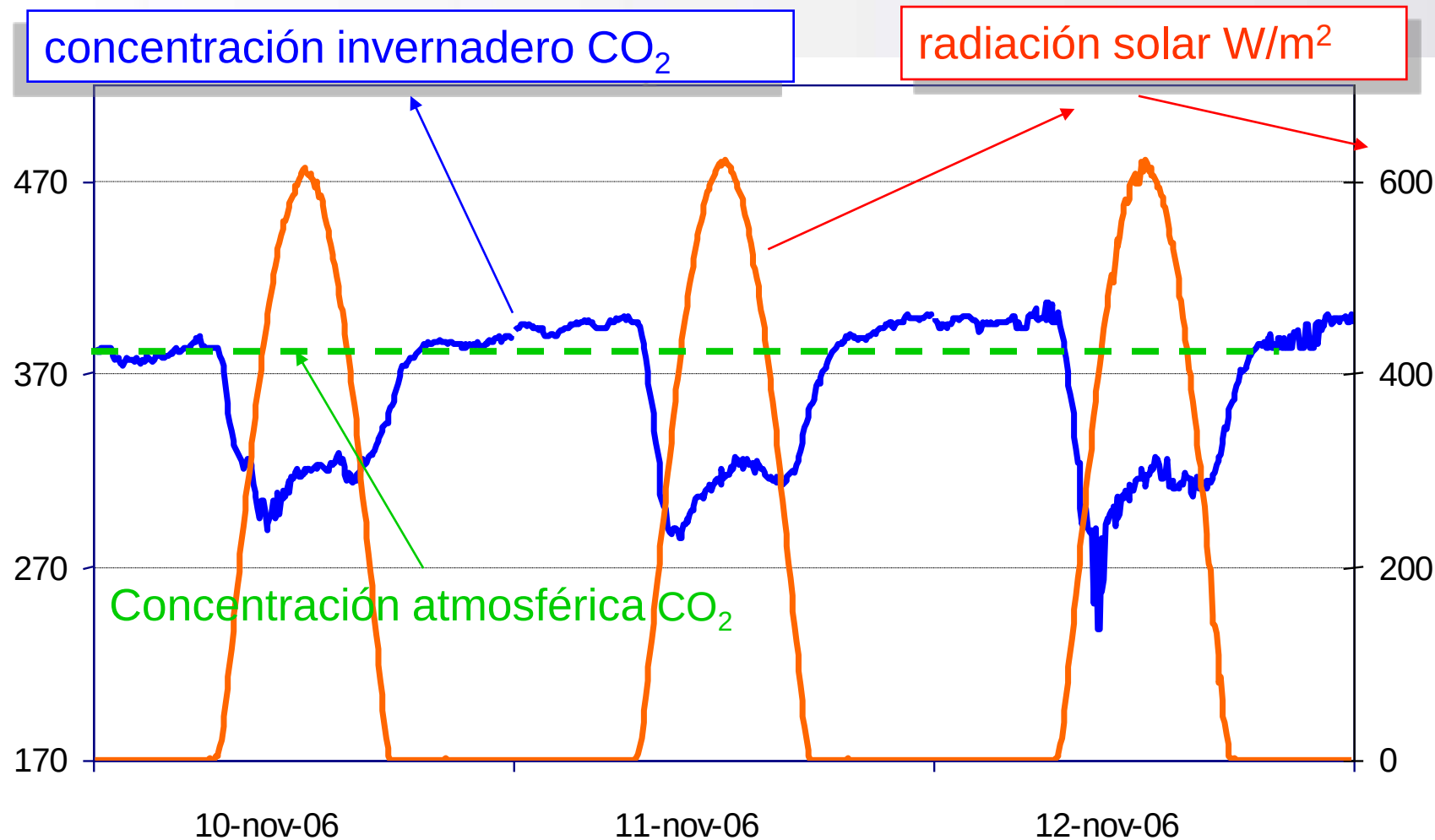


Enfermedades criptogámicas



Fisiopatías y otros problemas

Concentración CO₂ en invernadero



Las Palmerillas, 2006

FUERZAS “MOTORAS” DE LA VENTILACIÓN NATURAL

EFEECTO TÉRMICO

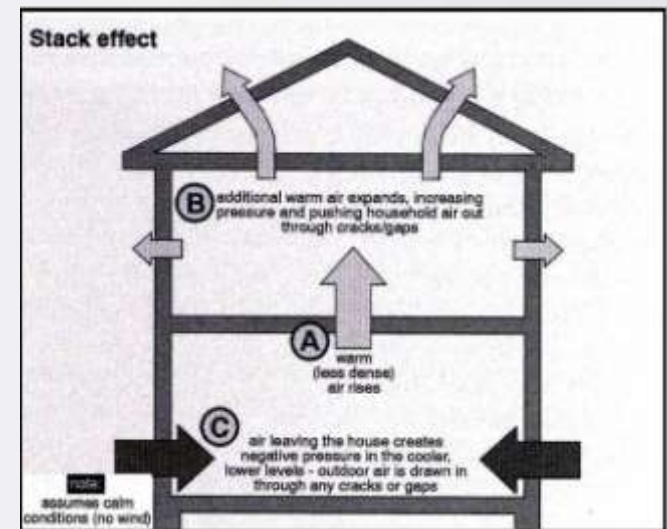
$$\Phi = \frac{S}{2} C_d \left[\left(2g \frac{\Delta T}{T} \frac{H}{4} \right) \right]^{1/2}$$

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

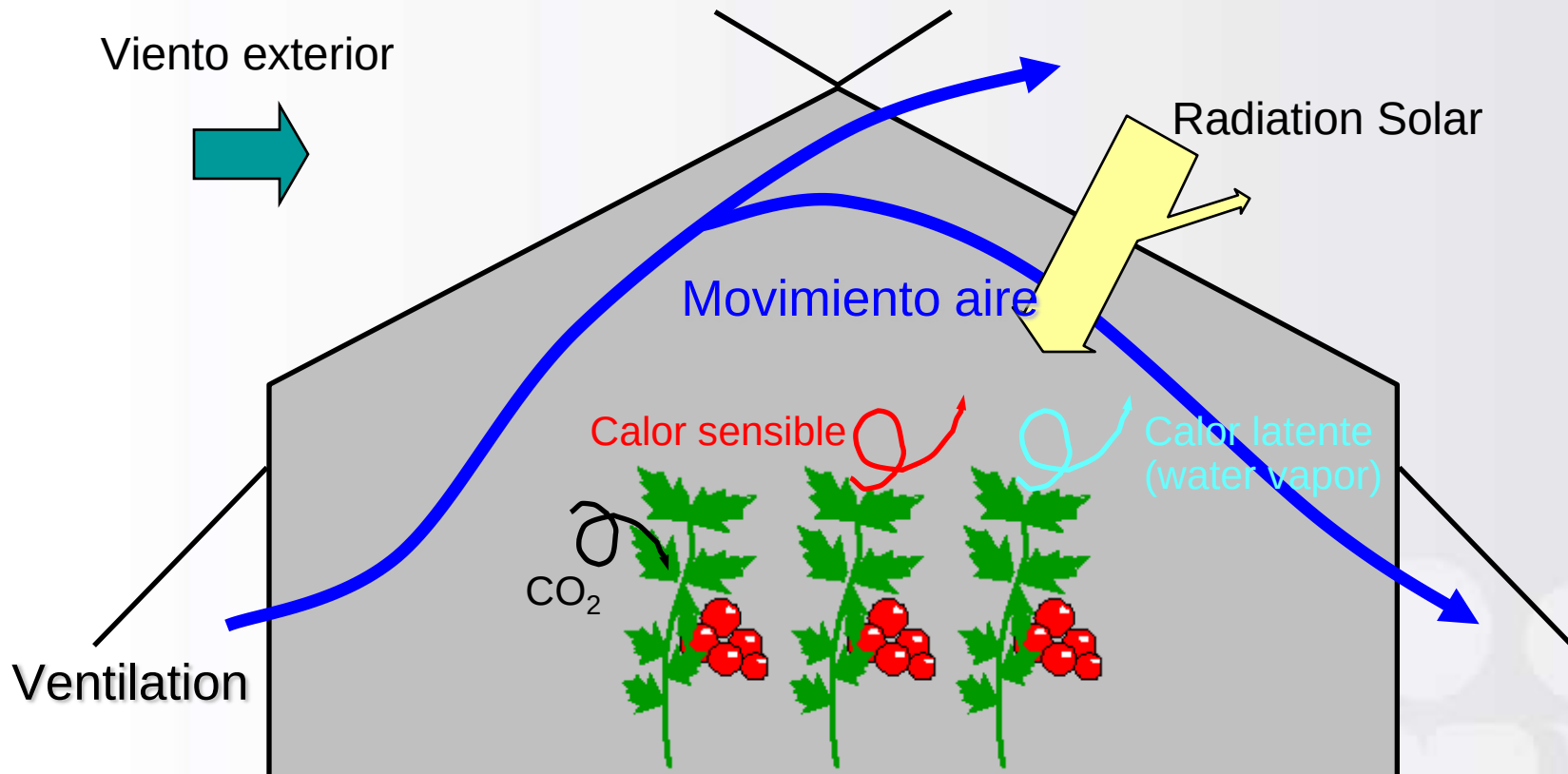
EFEECTO EÓLICO

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

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



El movimiento del aire afecta a la uniformidad del ambiente del invernadero (aire, temperatura, CO_2) 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**



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

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



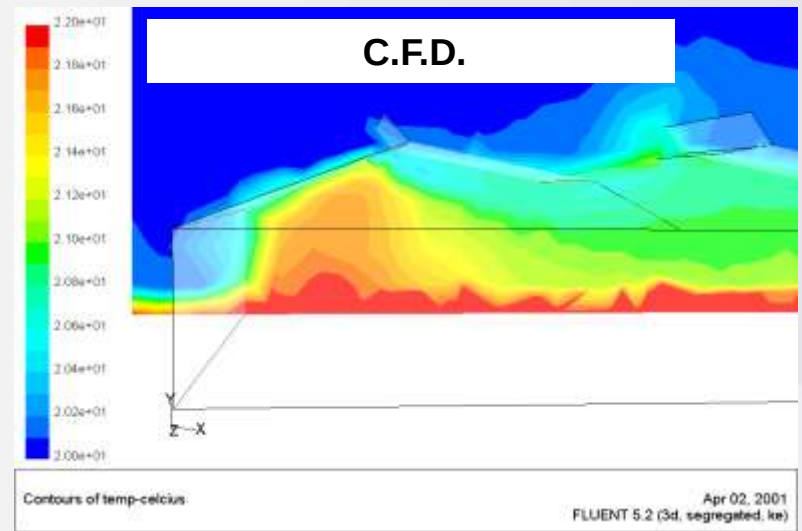
TÚNEL DE VIENTO



TÉCNICAS DE VISUALIZACIÓN



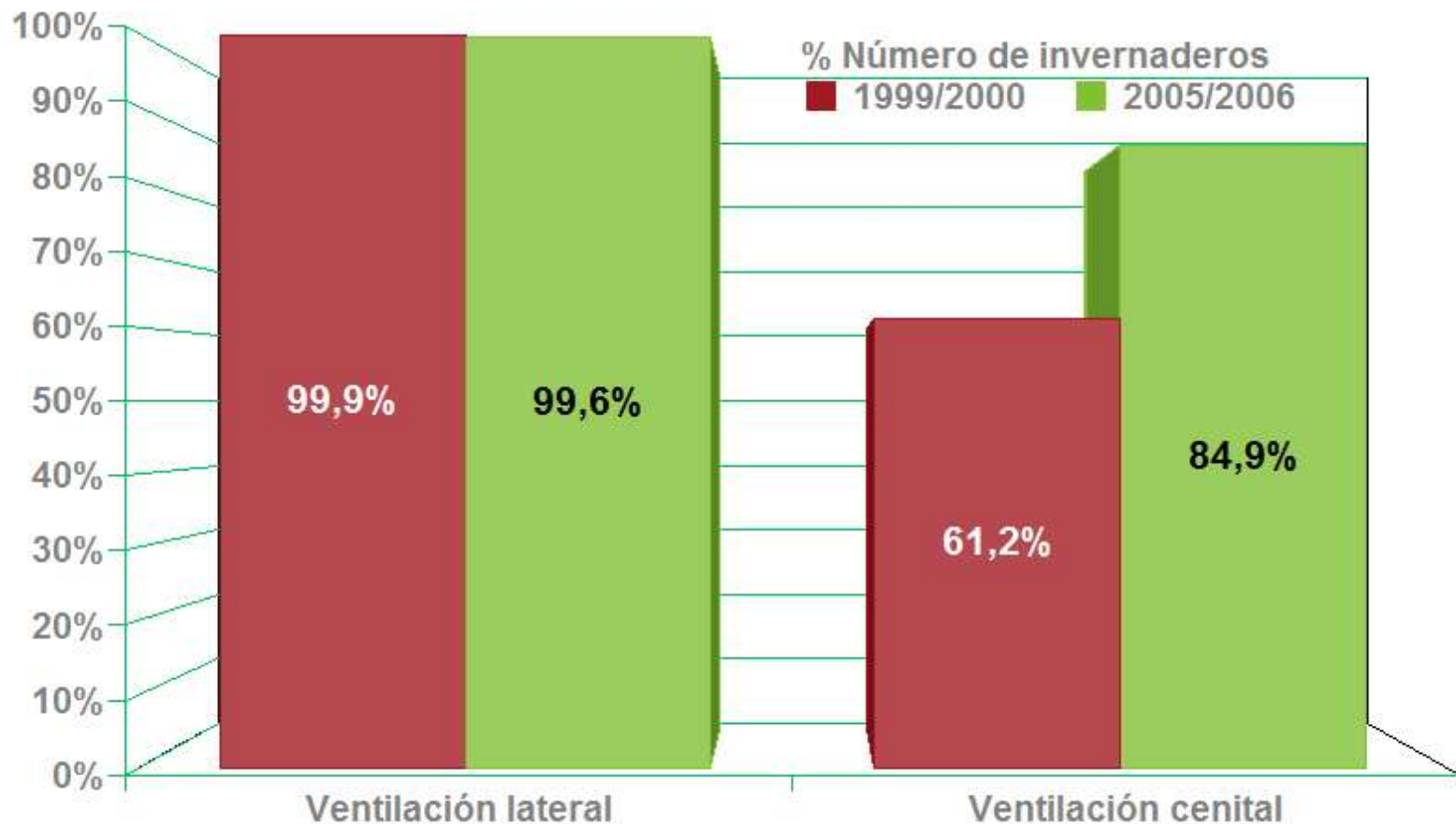
C.F.D.



Evolución de la incorporación de ventanas al invernadero

Superficie de ventilación recomendada 25% (sin malla)

Superficie de ventilación media en Almería 12%



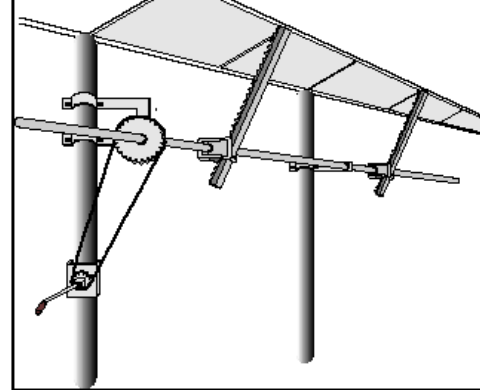
Mayor altura del invernadero



Evolución de la altura del invernadero parral



Ventanas deslizantes



Ventana cenital abatible

Figura 1.9-Ventana cenital abatible manual

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 Sombrero



Ventana de Medio Arco





Ventana Centrada

Ventana Supercenit



A row of greenhouses with butterfly-shaped ventilation windows. The greenhouses are covered in translucent plastic and supported by a metal frame. The ventilation windows are located on the upper part of the side walls, designed to open like butterfly wings for airflow. The sky is blue with some clouds.

Ventanas Mariposa



Inv. Venlo: Ventanas cenitales continuas

The image shows a long, multi-story industrial building under a clear blue sky. The building features a series of large, rectangular windows with dark frames, which are identified as guillotine windows. The roof is made of corrugated metal and has a complex structure with various beams and supports. The building is situated on a light-colored ground, possibly a paved area or a road.

Ventanas Guillotina

Mejoras en la ventilación natural

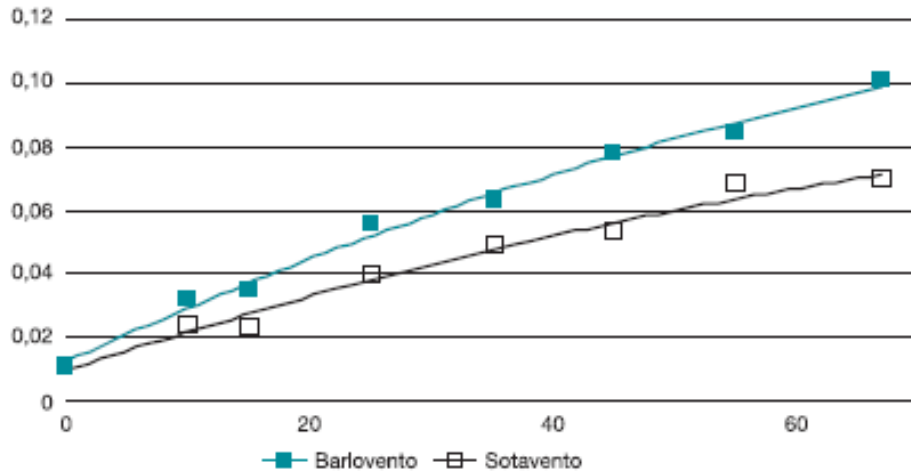


Las ventanas laterales abren desde abajo, para maximizar el efecto chimenea, y abren hasta 3 m para obtener máxima ventilación en las épocas de más temperatura para limitar el salto térmico.

Invernadero Parral



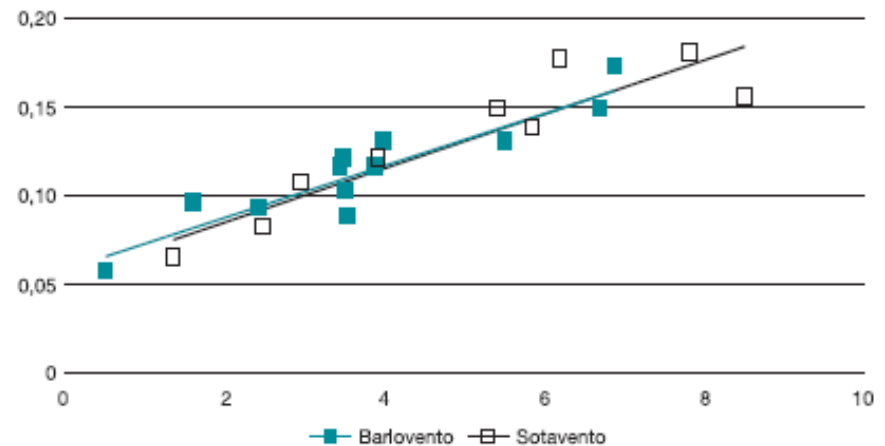
Gráfico 6. Tasa de ventilación ($\text{m}^3 \text{s}^{-1} \text{m}^{-2}$) en función del ángulo de apertura ($^\circ$) de la ventana



* 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

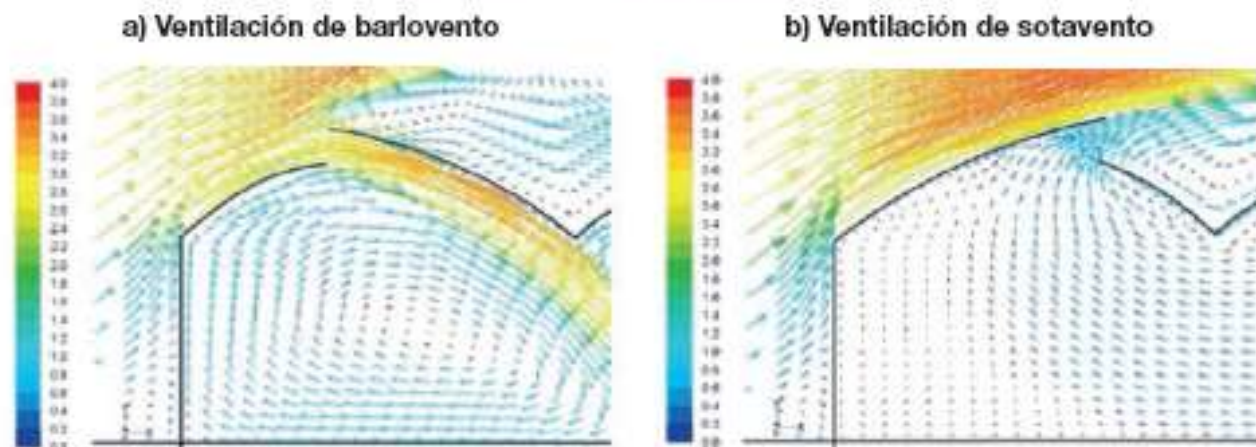
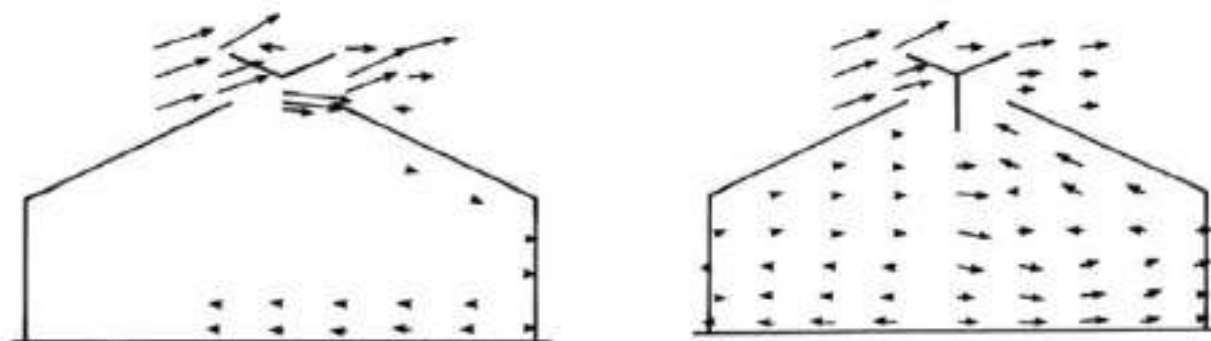
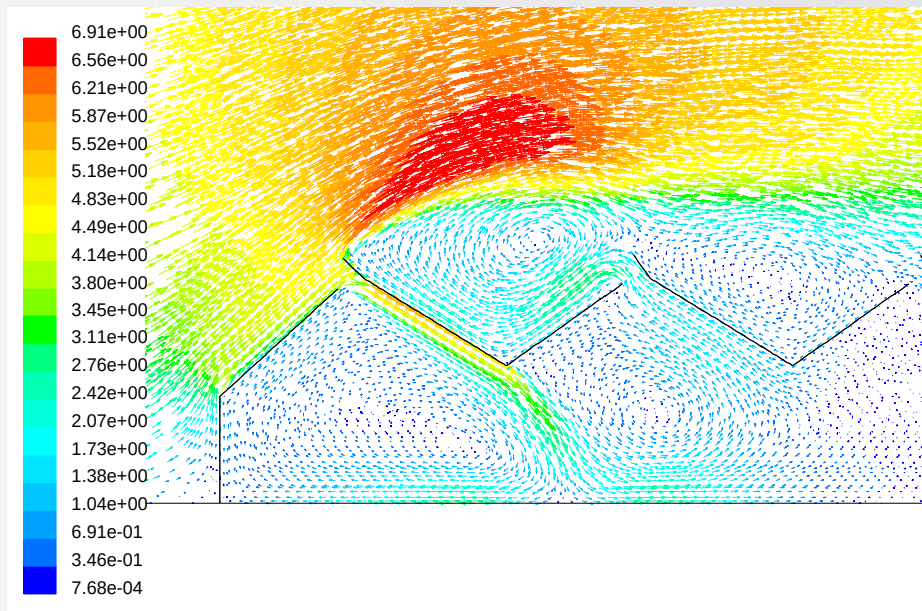
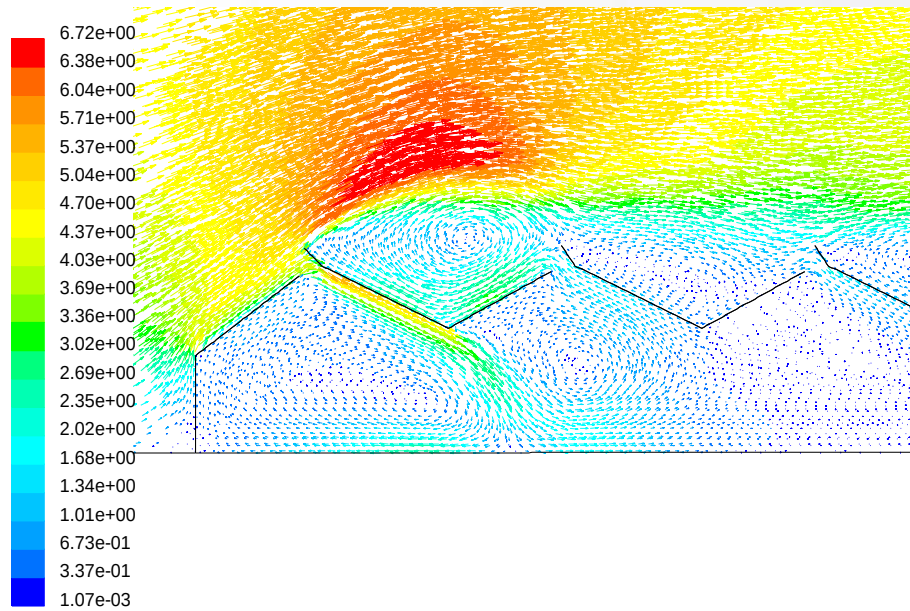
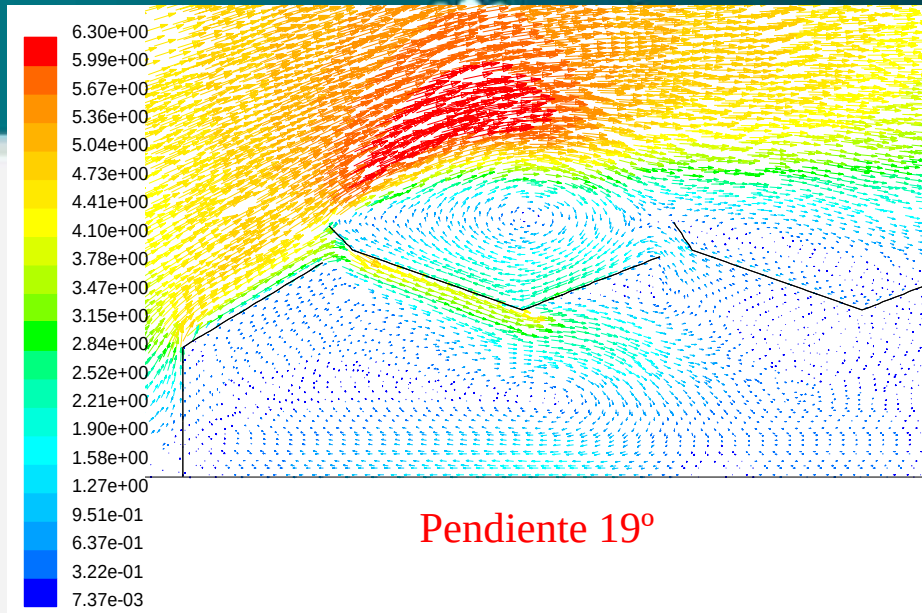
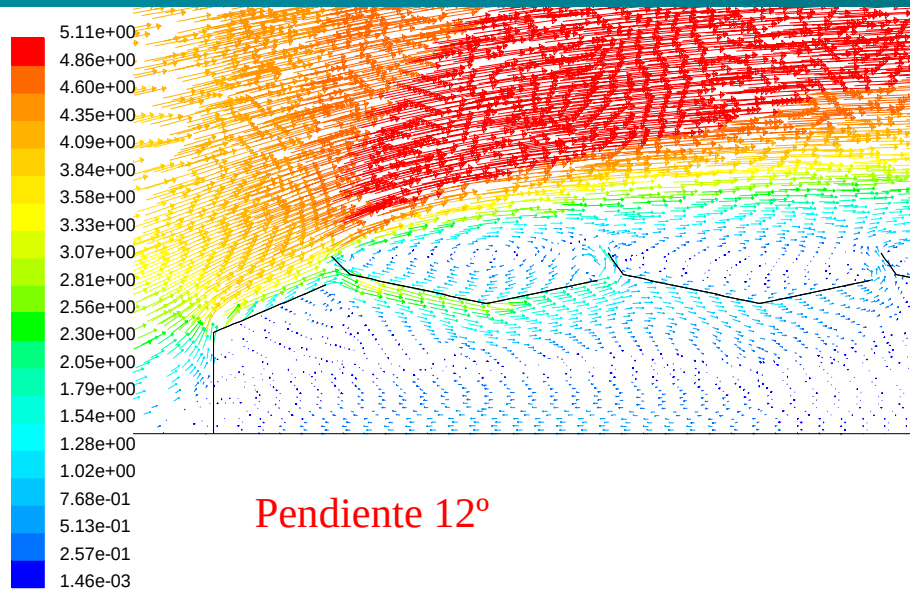


Figura 9. Efecto de un deflector colocado bajo las ventanas cenitales sobre la circulación interior del aire



Fuente: Nielsen (2002).

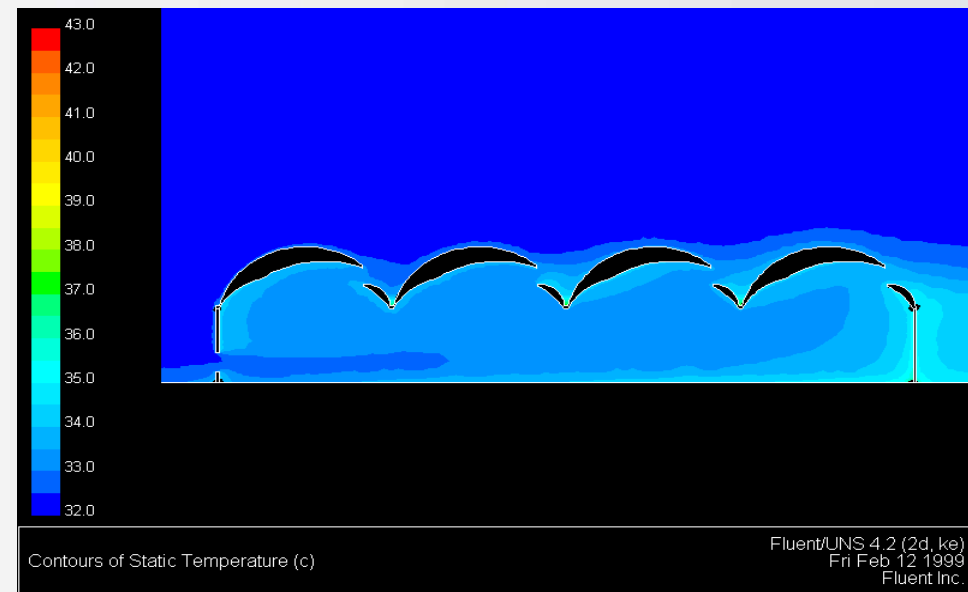
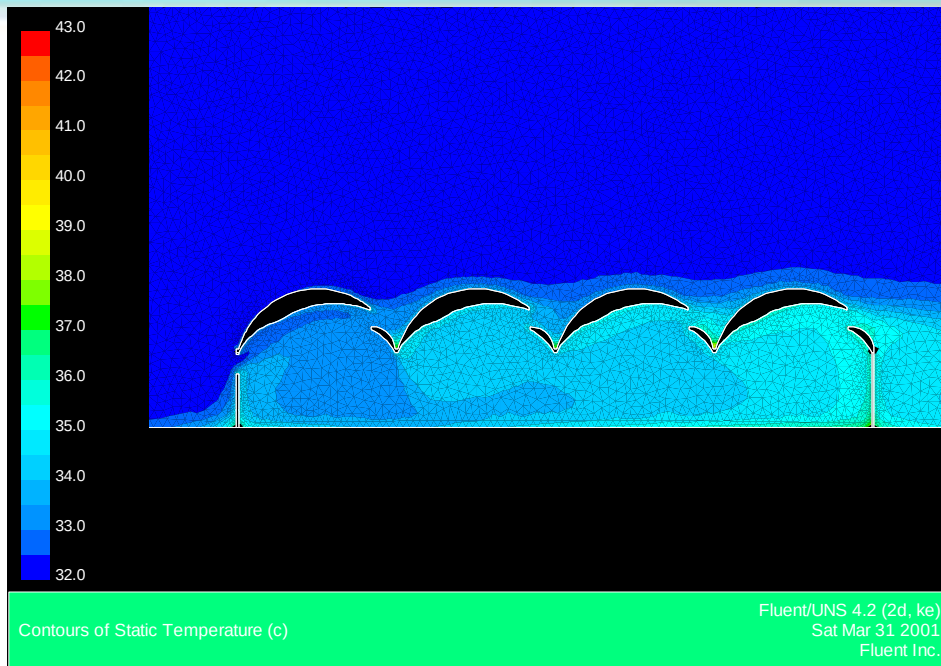


Humedad y Condensación

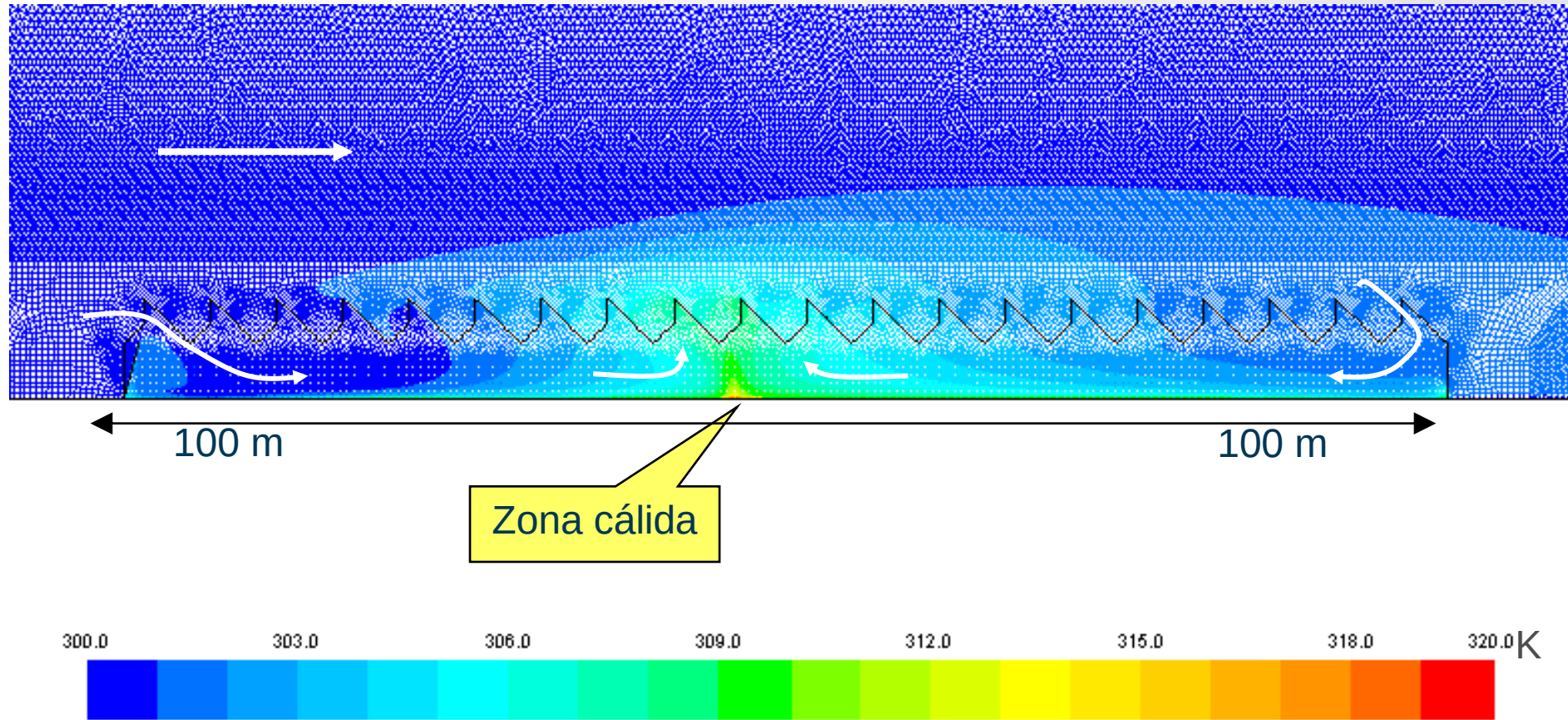
A close-up photograph of a textured surface, possibly a roof or wall, showing diagonal streaks of condensation or water runoff. The streaks are lighter in color than the surrounding material, which appears to be a dark, granular material like asphalt or concrete. The streaks run from the top left towards the bottom right, following the slope of the surface. The lighting is bright, creating a strong contrast between the wet and dry areas.

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

Posición de la apertura de la ventana lateral



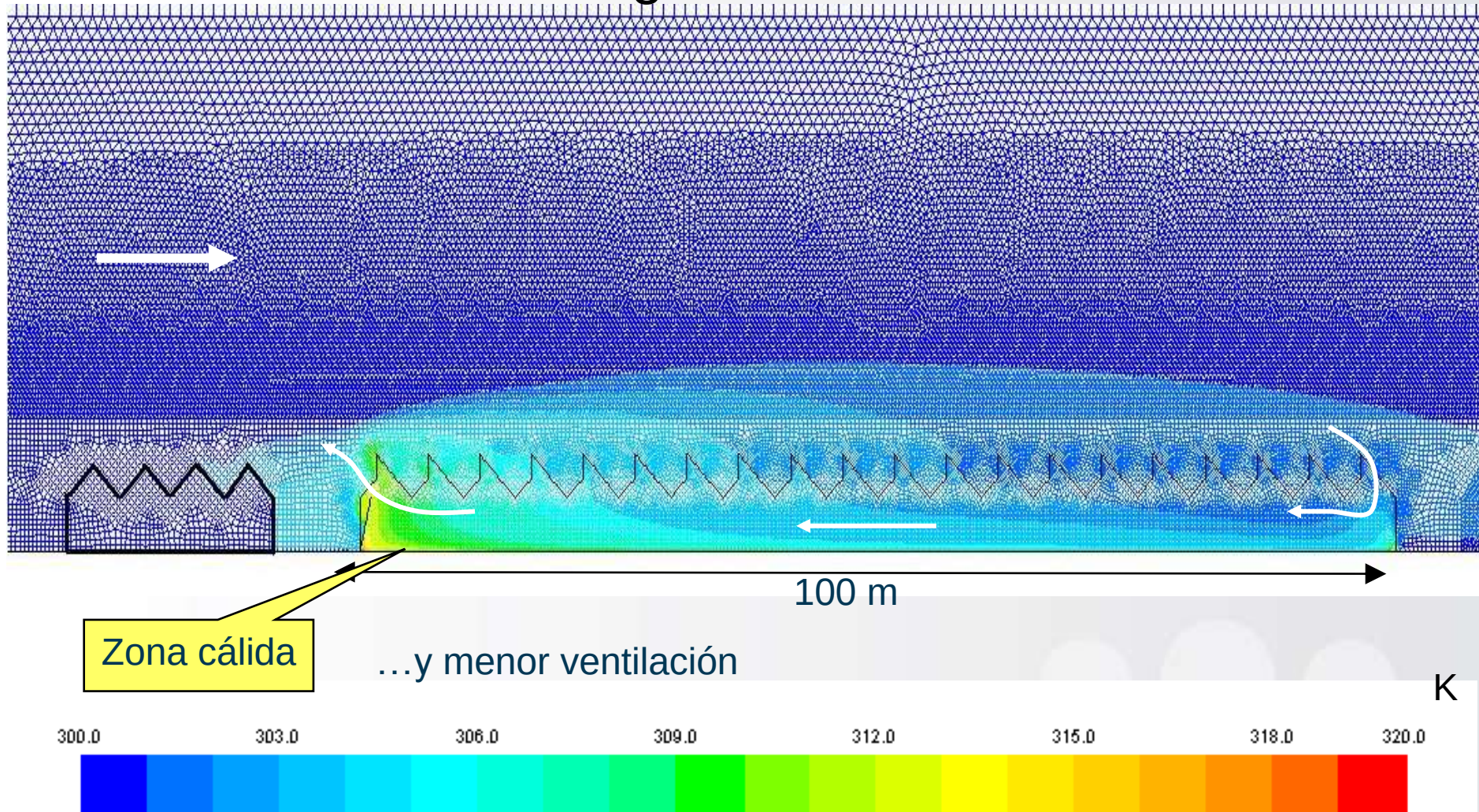
Ventilación de invernaderos grandes



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

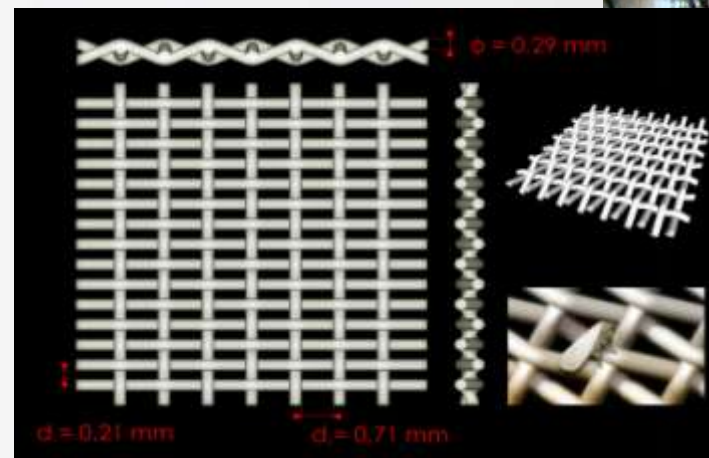
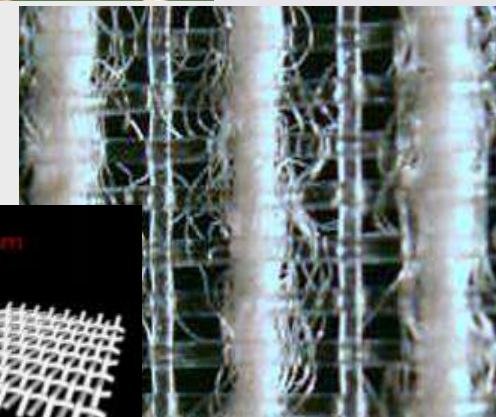
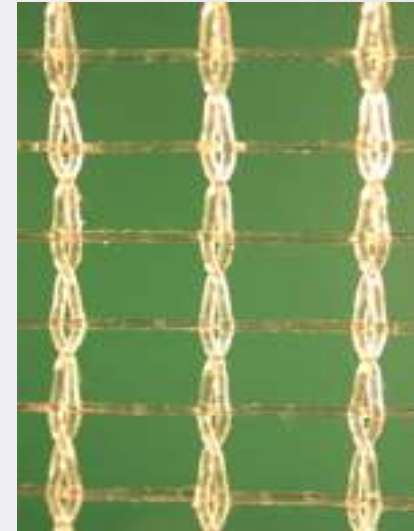
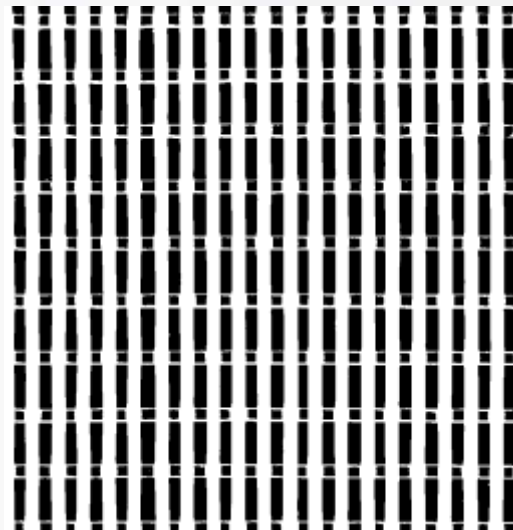
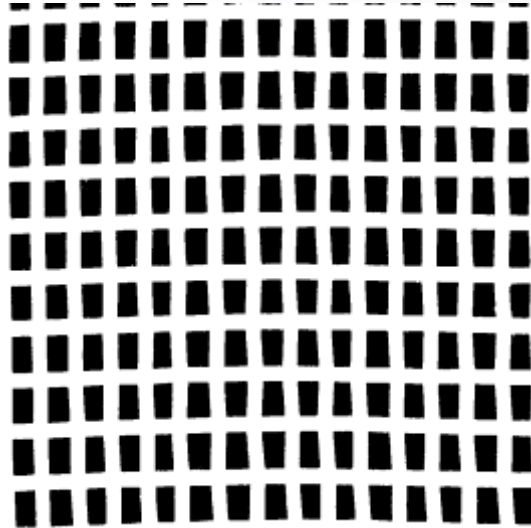


Superficie de ventilación recomendada 25% (sin malla)

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

Malla 20 x 10

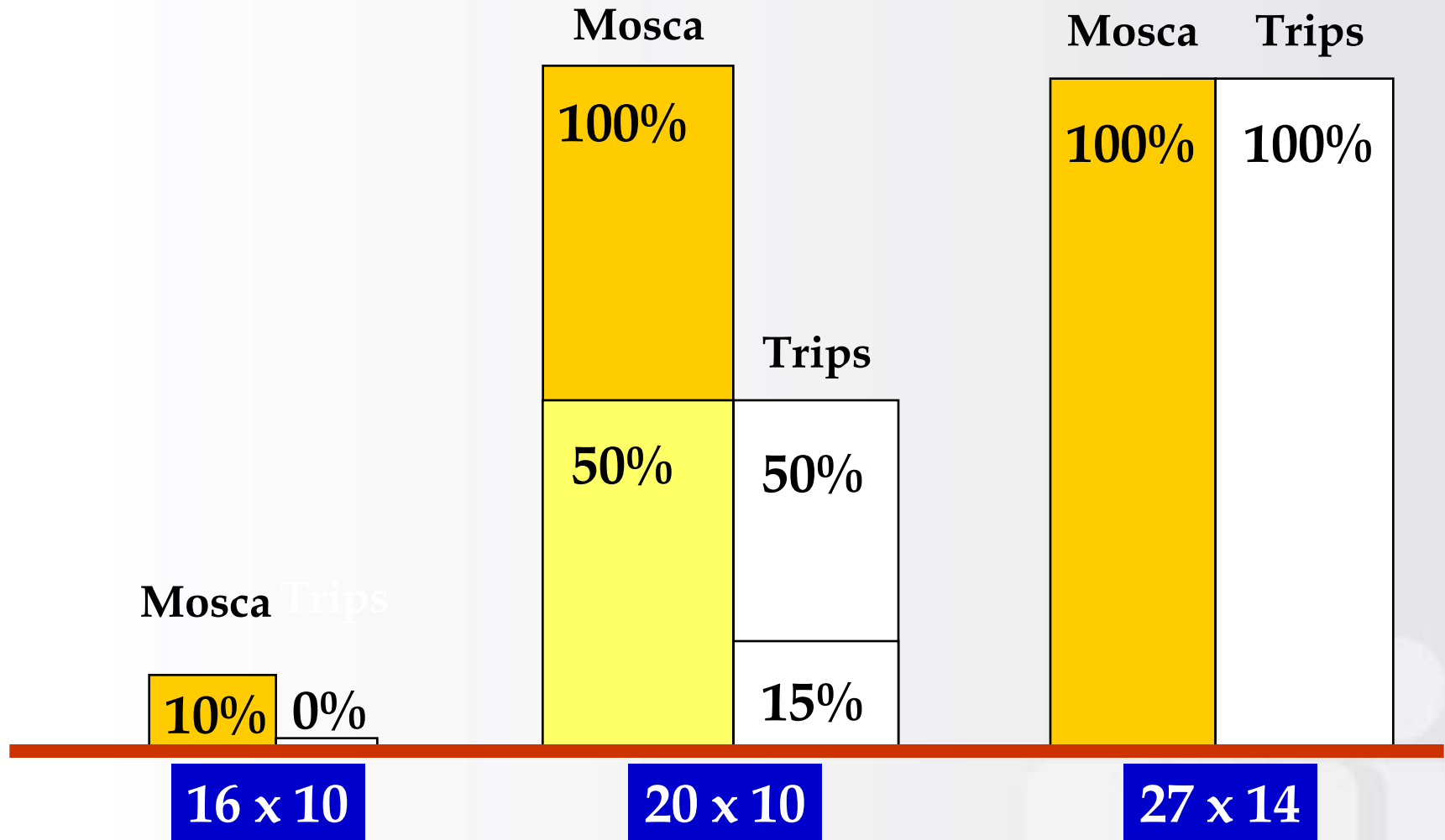
Malla 16 x 10



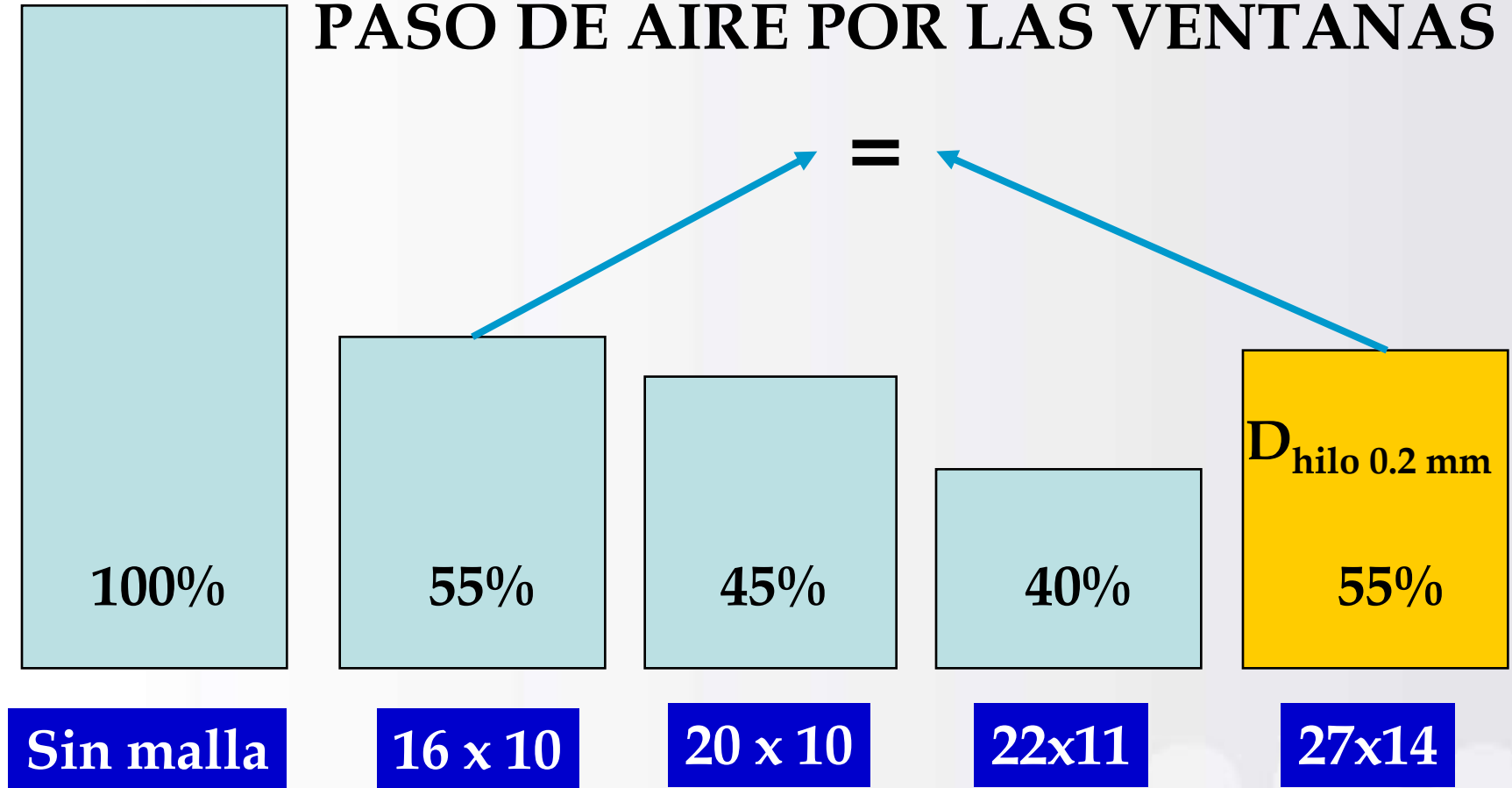
Malla: características a definir

- 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



An aerial photograph of a vast agricultural field, likely a greenhouse or covered walkway system. The structure consists of a series of long, parallel, covered paths that create a grid-like pattern across the landscape. The ground between the paths is covered in green vegetation, possibly crops or grass. The overall scene is a large-scale agricultural operation.

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

