

*I Simposio internacional en refrigeración de invernaderos: métodos, tecnologías y respuesta del cultivo*

## La refrigeración de invernaderos, un futuro para la horticultura de climas cálidos

- Almería, 'sede mundial' de la horticultura protegida, ha sido punto de encuentro, no sólo para los más prestigiosos especialistas de todo el mundo, sino también para numerosos estudiantes y profesionales, que presentaron sus últimos trabajos de investigación e intercambiaron opiniones sobre el futuro de las estrategias en refrigeración y gestión del clima en invernaderos



**Alonso Contreras**

*contrerasanchez@hotmail.com*

Entre el 24 y el 27 de abril de 2006, ha tenido lugar en Almería el I Simposio internacional en refrigeración de invernaderos: métodos, tecnologías y respuesta del cultivo. Casi 200 asistentes procedentes de más de 25 países confirmaron rotundamente la necesidad y el éxito en la organización de tal evento. Tres días intensos en los que se presentaron cerca 40 artículos, 50 posters y se

visitaron algunas empresas y centros de investigación punteros del campo Almeriense.

Se ha tratado ampliamente el tema de ventilación natural, su interacción con las mallas anti-insectos y el uso de sistemas de refrigeración evaporativa, como la nebulización y los paneles evaporativos o 'fog system'. Al mismo tiempo que se ha debatido en profundidad la rentabilidad del uso de la ventilación forzada y de los distintos tipos de sombreos, donde el gran triunfador resultó ser el blanqueo utilizado en Almería. Y se

**J.C. López con los asistentes durante la visita a la Estación Experimental "Las Palmerillas".**

han presentado interesantes iniciativas sobre innovadores sistemas de refrigeración para invernaderos. Todo esto, bajo un impresionante despliegue de tecnología informática y herramientas de simulación. A continuación se presenta lo más destacado del congreso.

### Ventilación natural

Un resultado muy interesante y común a numerosos

### Simposio

estudios fue la importancia de poseer una superficie de ventilación adecuada a climas cálidos, que permita tasas altas de ventilación.

El ejemplo lo daba el estudio realizado entre Pedro Romero y col., de la Universidad de Arizona, USA, e Irineo López, de la Universidad de Chapingo, México, en el que se mostró como la tasa de ventilación de sus invernaderos incrementó en un 25% al aumentar la superficie de ventilación cenital de un 6% a un 15%, y en otro 25% cuando se eliminaron las mallas anti-insectos.

Así lo mostraba también el estudio de C. Kittas y col., de la Universidad de Thessaly, Grecia, y T. Boulard, Inra (Francia), que cuantificó el descenso de la ventilación en un 65% con respecto a un invernadero sin mallas anti-insectos.

Desde el Volcani Center, Israel, M. Teitel presentó los resultados de un estudio en el que se analizaban el comportamiento de invernaderos de distintos tamaños con ventilación cenital y lateral y únicamente con ventilación cenital, equipadas con varias mallas anti-insectos. Las conclusiones más importantes fueron que el efecto de las ventanas laterales en la ventilación global de un invernadero es menor cuanto mayor sea el invernadero y que, en el caso de invernaderos pequeños la porosidad de la malla anti-insectos apenas afecta al microclima de éstos.

M. Berenguel y col., de la Universidad de Almería, y J. Pérez Parra, de la Estación Experimental de Cajamar "Las Palmerillas", en Almería, han dado a conocer sus efectivos avances en el control de temperatura, basado en el uso de modelos empíricos en invernaderos mediterráneos equipados únicamente con ventilación natural.

Las conclusiones generalizadas a todos los estudios de modelización presentados ha sido la necesidad de validar los modelos y promover su uso motivando un mayor ahorro de medios, de materia y de energía, una mayor eficiencia.

### La ventilación forzada y los nuevos métodos de refrigeración

D. H. Willits, profesor de la Universidad de Carolina del Norte y presidente de la Asae, ha presentado un estudio comparativo entre los invernaderos refrigerados sólo con ventilación natural y los refrigerados con ventilación forzada y nebulización de baja presión. En el estudio, se consiguió una mayor capacidad de refrigeración con el invernadero más costoso y la producción ascendió en este caso casi al doble. Sin embargo, la mayor incidencia de plagas, que redujo el número de frutos comercializables, y la ausencia de estudio económico no dejaron muy claro la viabilidad real de este sistema.

La primera de las innovaciones presentadas fue el estudio de Silke Hemming y col., de la Universidad de Wageningen, Holanda, basado en comparar los distintos materiales de cubierta existentes opacos a la radiación infrarroja corta (NIR). El fundamento es permitir el acceso al invernadero sólo de la luz (energía) que la planta necesita, la visible, y así evitar que las temperaturas asciendan más de lo imprescindible. Este es un método que promete, sin embargo, en la actualidad aún no existen materiales óptimos.

En otra dirección, M. Souliotis y col., investigadores de la Universidad de Patras, Grecia, persiguieron el control de la iluminación y la temperatura mediante el uso de lentes Fresnel, las cuales, de forma similar a las lupas, concentran la radiación solar

en un punto. Estas lentes, combinadas con colectores térmicos o fotovoltaicos, permitirían la recolección de la energía extra. En los resultados obtenidos sobre maquetas, entre el 60 y el 80% de la radiación solar transmitida puede ser absorbida por este método, proporcionando un descenso de 4 a 6°C en la temperatura.

Desde el Reino Unido, P.J.C. Hamer y B.J Bailey, del Instituto de Investigación 'Silsoe', en colaboración con la Universidad de Portsmouth, presentaron un estudio económico con el que analizaron varios modelos productivos equipados con distintos sistemas de refrigeración y de calefacción. De ellos, los que han resultado ser más rentables han sido, en orden, los CHP, las cubiertas selectivas de radiación y los sistemas endotérmicos de energía.

Dignos de mención son también el uso de agua de mar para aumentar la eficiencia de los sistemas de refrigeración por paneles evaporativos en zonas cálidas y húmedas, un cd-room interactivo dotado con modelos didácticos de simulación del clima y un nuevo método de producción de algas dentro del invernadero parral.

### Movimiento del aire y uniformidad en el clima

Enrique Rico y col., de la Universidad de Queretaro,

**Se han presentado las posturas, métodos de trabajo y resultados preliminares de los estudios más avanzados de la actualidad, los cuales prometen traer en un futuro no muy lejano grandes soluciones para uno de los grandes problemas de la horticultura en zonas semiáridas, la refrigeración**



México, han presentado los resultados obtenidos comparando la ventilación cenital de un invernadero multitúnel (10%) y la de un nuevo diseño cuyas aguas tenían la forma de aletas de tiburón (30%). Las tasas de ventilación fueron tres veces mayores en el segundo tipo y la distribución fue también más homogénea.

Muy interesantes han sido los resultados del estudio realizado por E.J. Baeza y col., de la Estación Experimental "Las Palmerillas", y J.I. Montero, del Irta, en Barcelona. Curiosamente, para todas las combinaciones de ventanas cenitales, la ventilación realizada disminuía si el número de capillas aumentaba de 2 a 10 y volvía a aumentar a partir de aquí. La mejor respuesta la daba el invernadero con ventanas en ambas aguas y en todas las capillas, que realizó mayor número de renovaciones y

*De derecha a izquierda N. Castilla (España), J. Meneses (Portugal), J. Perez-Parra (Convener, España), B.J Bailey (Convener, España), G. Giacomelli (USA) y J.I. Montero (Convener, España).*

tuvo mayor homogeneidad.

Lee Inbok y col., de la Universidad de Seoul, con una gran demostración de su dominio en el uso de los CFD en 3D, han mostrado videos de simulaciones que con los que han descrito una reducción de la ventilación de hasta un 66% en las configuraciones típicas del venlo cuando los vientos cambian de perpendiculares a paralelos a las ventanas.

También se ha mostrado la menor velocidad y el patrón menos homogéneo de distribución térmica de los invernaderos en respuesta a estas diferencias de dirección del viento.

### Métodos de refrigeración evaporativa y estrategias de sombreado

S. Sase y col., del Instituto Nacional de Ingeniería Rural de Japón, en colaboración con C. Kubota y col., de la Universidad de Arizona (USA) han presentado un estudio que proponía un nuevo algoritmo de control de tem-



Visita a "Watergy", un proyecto surgido de la colaboración de varios países europeos, entre los cuales están Alemania, Holanda y España. Se trata de un invernadero cerrado, sin ventilación natural, cuya refrigeración está basada en los procesos de transmisión energética por convección entre el aire y un intercambiador de calor. Su gran ventaja es la evasión de las plagas, que no pueden entrar ya que no hay ventanas.

peratura y humedad. En éste la temperatura se controlaba por el sistema de nebulización y la humedad por el manejo y apertura de las ventanas. El nuevo algoritmo permitió simular con éxito la refrigeración conseguida y ha demostrado la eficacia del sistema para mantener la temperatura y la humedad dentro de las consignas deseadas.

Un punto novedoso en esta sección y que se ha incluido en una de las visitas fue "Watergy", un proyecto surgido de la colaboración de varios países europeos, entre los cuales están Alemania, Holanda y España.

"Watergy" es un invernadero cerrado, sin ventilación natural, cuya refrigeración está basada en los procesos de transmisión energética por convección entre el aire y un intercambiador de calor. La gran ventaja de este invernadero cerrado es la evasión de las plagas, que no pueden entrar ya que no hay ventanas. Para más información: [www.watergy.com](http://www.watergy.com).

Estudios sobre el uso de pantallas evaporativas o "Pad and Fan", coordinados por G.

Giacomelli, de la Universidad de Arizona, han mostardo su buen comportamiento y capacidad refrigeración. Sin embargo, este no es un sistema económico y su uso se limita a zonas sin escasez de agua.

### Respuesta del cultivo a la ventilación y la refrigeración

En esta sección M.M. González-Real, de la Universidad de Cartagena, ha presentado un interesante estudio realizado junto a A. Baille, de la misma Universidad, en el que los resultados han mostrado que no ha existido un aumento del crecimiento en pimiento al usar pantalla de sombreo.

Por su parte, el blanqueo usado si ha tenido a resultados positivos en cuanto a la conducción estomática ya que en este caso ha doblado la del cultivo sin refrigerar. Con respecto a la refrigeración evaporativa se ha establecido que un DPV adecuado debe estar por debajo de 2.5 kPa para nuestros cultivos.

En adición, A. Baille y col, en colaboración con J.C. Gázquez y col., de la Estación Experimental "Las Palmeri-



Foto de grupo de todos los asistentes al I Simposio Internacional en Refrigeración de Invernaderos: métodos, tecnologías y respuesta del cultivo

llas", han remarcado el hecho de que los sistemas de refrigeración evaporativa tienen un gran efecto sólo cuando el cultivo es pequeño y que las diferencias de producción de pimiento bajo los diferentes sistemas de refrigeración no son significativas como para hacer una inversión económica alta, es decir, el blanqueo parece dar la mejor relación entre inversión y resultados para este cultivo.

P. Lorenzo y col., del Centro de Investigación y Formación Agraria de Almería, han dado a conocer que el uso de pantallas móviles de sombreo mejora de la Eficiencia del Uso del Agua, un 47% y un 62% para tomate y pepino respectivamente, pero que esta eficiencia disminuye al usar aguas de mayor contenido en sales. Por tanto éste no es un método aconsejable en zonas de alta demanda evaporativa e indisponibilidad de agua de buena calidad.

### Técnicas de exclusión de insectos

Mucho de lo que se ha presentado en esta sección ha estado relacionado con el uso de las mallas anti-insectos, el efecto que tienen en reducir sus poblaciones dentro de los

invernaderos y la disminución inevitable de la tasa de ventilación que provocan.

Sin embargo, la expresión malla anti-trip se ha visto desprovista de su valor en el estudio presentado por E. Baeza, de la Estación Experimental "Las Palmerillas" y coordinado por F.J. Cabrera, del mismo centro.

En él se han mostrado unos videos de cómo un trip se paseaba hacia adentro y hacia fuera de una malla 'antitrip' (30.1 x 21.4 hilos) como se le antojaba. Así, se remarcó la necesidad de analizar los parámetros de una malla en 3 dimensiones, teniendo en cuenta no sólo el número de hilos a lo largo y ancho de la malla sino también su grosor y los ángulos que forman.

Finalmente se ha acordado la importancia de seguir trabajando en este sentido y realizando simposios de esta índole de forma regular.

#### Para saber más...

- El artículo completo en: [www.horticom.com64377](http://www.horticom.com64377)
- [www.coolingsympalmeria06.com](http://www.coolingsympalmeria06.com)
- [www.laspalmerillas.cajamar.es](http://www.laspalmerillas.cajamar.es)