

# Avances en la mecanización de invernaderos para el ahorro del consumo energético

Técnicas de ahorro energético y factores que influyen en las inversiones en tecnología para dicho ahorro

D. L. Valera, F. D. Molina,  
A. J. Álvarez, A. Peña  
y A. López.

Universidad de Almería.

**El consumo energético en los invernaderos es un factor muy importante a considerar dentro de los costes de producción, de ahí que se considere prioritaria la optimización energética de estos sistemas. Por otra parte, optimizando el consumo de energía se facilitará el cumplimiento de las regulaciones ambientales y energéticas cada vez más restrictivas que afectan al sector, logrando unos invernaderos más amigables con el medio ambiente a la vez que competitivos en el mercado europeo.**

La superficie invernada en la Unión Europea está en constante ascenso, y en determinadas zonas como el sureste de España tiene una importancia socioeconómica muy relevante. Sólo en la provincia de Almería existe una superficie invernada cercana a las 30.000 ha, produciendo más de la mitad de las frutas y hortalizas de toda la Comunidad Autónoma Andaluza, con una producción final agraria estabilizada en torno a los 2.000 millones de euros anuales y una industria auxiliar muy competitiva en los mercados internacionales. La buena situación de los agricultores puede verse amenazada por la subida del precio del combustible y por la competencia con otros países donde los gastos de producción son más bajos.

Por otro lado, cabe destacar la disminución drástica en el consumo de productos fitosanitarios que se prevé para la actual campaña, que indirectamente supone también un ahorro energético tanto en la obtención como en la distribución de los mismos. Los graves problemas fitosanitarios acaecidos en la anterior campaña han terminado de dar el empujón definitivo al control biológico, con excelentes resultados en todos los aspectos, haciendo de la lucha integrada una herramienta real en los cultivos intensivos y un paso hacia la cada vez más demandada agricultura ecológica. Sólo en Almería está previsto pasar en esta campaña de 400 a 5.000 ha de invernaderos con sueltas controladas de organismos que son enemigos naturales de las plagas (fotos 1 y 2). Todos los sectores implicados: Administraciones públicas, asocia-



Fotos 1 y 2. En Almería está previsto pasar en esta campaña de 400 a 5.000 hectáreas de invernaderos con sueltas controladas de organismos que son enemigos naturales de las plagas.

ciones de productores, empresas (biofábricas), y las recientemente creadas al efecto empresas de base tecnológica, están haciendo un gran esfuerzo para afrontar con éxito el gran reto que se avecina.

## ► Proyecto Greenergy

En el marco del Proyecto Europeo Energy Optimisation in European Greenhouses (Greenergy), en el cual participan siete Universidades, nueve asociacio-



nes de productores y once empresas, la Universidad de Almería ha liderado el establecimiento de los estándares de calidad para el uso eficiente de la energía en los invernaderos hortícolas, con el objetivo final de racionalizar el consumo energético en los invernaderos europeos.

Estos estándares establecen los requerimientos mínimos que todos los invernaderos europeos (agrupados por zonas climáticas) deberían cumplir para optimizar la eficiencia energética de varios sistemas de producción hortícolas; y perfilan los mínimos requerimientos técnicos para beneficiarse de las condiciones climáticas de cada área con el objetivo de minimizar las pérdidas de energía y maximizar la producción eficiente.

Se han revisado las más de setenta normas de carácter nacional que existen sobre el tema en Europa, y se han definido conceptos como: invernadero, tipos, materiales de cubierta, sistemas de ventilación, sistemas de refrigeración por evaporación de agua, iluminación artificial, calefacción y sistemas de distribución de calor, cogeneración, fertilización carbónica y sistemas de control climático.

Para cada zona climática y aspecto estudiado (requisitos mínimos), se han definido una serie de medidas que dependiendo de la zona climática se ha estableci-

do su carácter obligatorio, altamente recomendado, recomendado, o sin efecto significativo.

#### Requisitos mínimos constructivos

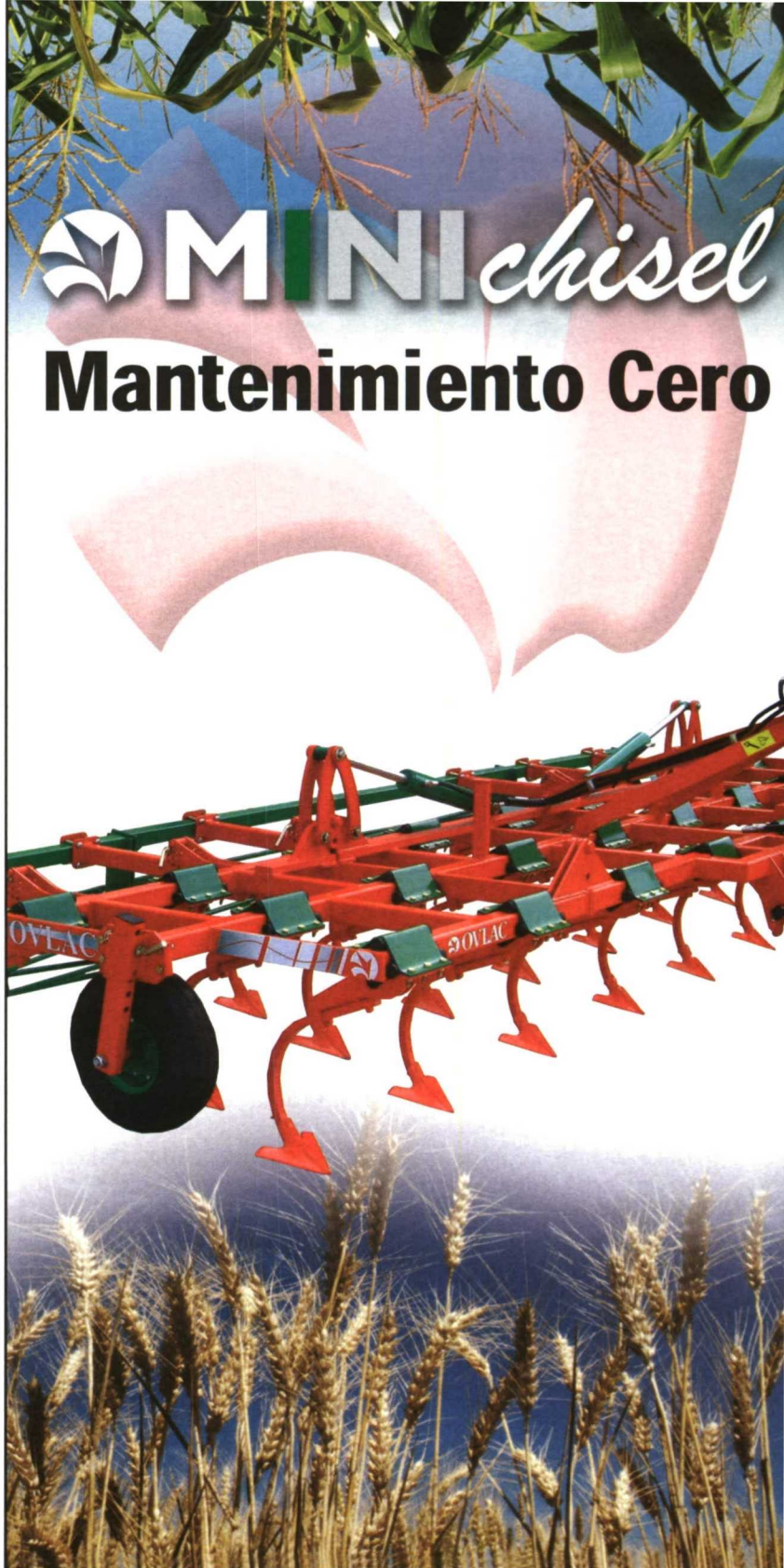
Las modificaciones estructurales están generalmente orientadas a reducir la infiltración y mejorar el aislamiento térmico de los invernaderos, de manera permanente o sólo durante los periodos más fríos del año. Se han considerado diecisiete medidas a adoptar, variable su carácter y valor en función de la zona, entre las que podemos destacar: orientación, altura mínima bajo canal, anchura máxima del invernadero, separación mínima entre invernaderos adyacentes, diseño en planta, tuberías principales de calefacción enterradas, dobles cubiertas, armazones, pendiente de la cubierta, antesalas (foto 3), etc.

#### Requisitos de los materiales usados como cubiertas de invernaderos

Se propone el uso de materiales térmicos (foto 4) y de máxima transmisión de la radiación PAR. En este apartado se han considerado ocho medidas: requerimientos mínimos en cuanto a la transmisión mínima de la radiación solar y máxima de la infrarroja, sombreo, limpieza de la cubierta, reparación, sustitución y dobles o múltiples cubiertas.



Foto 3. Dentro de los requisitos mínimos constructivos se han considerado diecisiete medidas a adoptar. Entre ellas se encuentra la construcción de antesalas para mejorar el aislamiento térmico de los invernaderos.



# MINI chisel

## Mantenimiento Cero

El sistema Non Stop patentado por Ovlac a base de tacos de caucho aporta todas las ventajas de un sistema tradicional de muelle y elimina totalmente el mantenimiento. Sin bulones. Sin casquillos. Olvídate de engrasar. Olvídate de las holguras.

 **OVLAC**



**OVLAC, S.A.**  
**POLIGONO INDUSTRIAL, P-163**  
**E-34200 VENTA DE BAÑOS (PALENCIA) ESPAÑA**  
Tel.: +34 979 76 10 11  
Fax: +34 979 76 10 22  
E-mail: [comercial@ovlac.com](mailto:comercial@ovlac.com)  
Web: <http://www.ovlac.com>





Foto 4. Entre los materiales usados como cubierta de invernaderos se propone el uso de materiales térmicos y de máxima transmisión de la radiación PAR.



Foto 5. La ventilación natural debería ser optimizada, considerándose ocho medidas entre las que se encuentra el uso de recirculadores.

## Requisitos mínimos de ventilación

La ventilación natural debería ser optimizada, debido entre otros aspectos, al coste de la ventilación forzada. Se han considerado ocho medidas: orientación de las ventanas cenitales, superficie de ventilación, porosidad de las mallas anti-insectos, hermeticidad, periodicidad en la calibración de los anemómetros, recirculadores (foto 5), extractores y sistemas totalmente automatizados de ventilación.

## Requisitos mínimos de refrigeración

Estos serán necesarios y altamente recomendados en

aquellas zonas en las que tanto la ventilación natural como la forzada son insuficientes para mantener la temperatura óptima del cultivo. Las siguientes medidas deberían ser consideradas: paneles evaporadores (foto 6), nebulización, aislamiento del suelo y automatización completa de la refrigeración.

## Requisitos de los sistemas pasivos suplementarios

Conforman la base de bajo coste energético para disminuir en consumo en sistemas de ventilación y refrigeración. Se han establecido once medidas entre las cuales destacamos: dobles cubiertas, materiales aislantes,

pantallas térmicas, mantenimiento de las pantallas, compartimentación, aislamientos extras.

## Requisitos mínimos para la iluminación artificial

Estas medidas son necesarias y recomendables en las zonas donde la radiación solar no tiene suficiente duración o intensidad para el cultivo. Las siguientes medidas deberían considerarse: fuente de luz, mantenimiento, distribución de la luz, calibración, métodos especiales para el encendido automático, filtros, control de frecuencia y automatización total.

## Requisitos mínimos para la calefacción

Estas medidas son necesarias y recomendables en zonas de clima frío, con alto riesgo de heladas. Las modificaciones propuestas están orientadas a optimizar la recuperación de la energía calorífica y proporcionar calor a las plantas de una manera eficiente. Se han definido veintidós medidas, entre las que destacamos: aislamiento de las calderas, eficiencia, integral de temperatura, mantenimiento, comprobación de los sensores, regulación de las bombas de recirculación, condensadores combinados, dobles calderas,

turbuladores, precalentamiento del aire, recirculadores y control automático por ordenador.

## Requisitos mínimos para la cogeneración

Estas medidas son recomendadas en zonas donde son indispensables sistemas de calefacción de alto coste, que pueden hacer viables los sistemas de cogeneración. Se han considerado seis medidas relativas a: inspección, adición de gases para eliminar los niveles de óxidos de nitrógeno, refrigeración del gas, almacenamiento calórico mínimo, control de pérdidas de calor y automatización total.

## Requisitos mínimos de los sistemas de distribución de calor

Estas medidas son recomendadas y necesarias en áreas con clima frío y alto riesgo de heladas. Las modificaciones en los sistemas de calefacción están orientadas a optimizar la recuperación de energía calorífica y proporcionar calor a las plantas de manera eficiente. Se han considerado las siguientes medidas: temperatura homogénea, aislamiento de tuberías hasta los invernaderos, dos sistemas independientes de gestión del calor, sistemas variables de calefacción y uso de calefacción por aire.



Foto 6. Para cumplir con los requisitos mínimos de refrigeración se propone, entre otros, el uso de paneles evaporadores.



### Requisitos mínimos para el almacenamiento de calor

Estas medidas son recomendadas y necesarias en áreas con clima frío y alto riesgo de heladas. Las modificaciones en los sistemas de calefacción están orientadas a optimizar la recuperación de energía calorífica y proporcionar calor a las plantas de manera eficiente. Se han considerado las siguientes medidas: aislamiento de tanques para reducir las pérdidas de calor, control modular del almacenamiento por el ordenador del clima, almacenamiento diurno y transmisión de la energía calorífica por la noche.

### Requisitos mínimos para el abonado carbónico

Estas medidas están orientadas a suplir la cantidad de CO<sub>2</sub> necesaria par el correcto desarrollo del cultivo. Se han considerado entre otras las siguientes medidas: periodicidad en la

calibración de los sensores, concentración interior (foto 7), cogeneración y mantenimiento.

### Otros requisitos

Este apartado incluye medidas no contempladas específicamente en los apartados anteriores, como son: integración de la temperatura, regulación y calibración de todos los sensores, aditivos antigoteo y tratamiento de los materiales de cubierta para prevenir infecciones fúngicas y daños en las plantas, uso de sensores en las plantas, ventilación de los sensores y control de los gradientes de temperatura.

### Sistemas de control

Finalmente la norma establece varias medidas relativas a los sistemas de control, como por ejemplo: control climático por ordenador, predicción climática y la integración de todos los dispositivos en el mismo sistema de control.

### Técnicas de ahorro energético

Esencialmente en el agrosistema invernadero se puede ahorrar energía mejorando las estructuras y los sistemas de calefacción. Las modificaciones estructurales generalmente reducen la infiltración y mejoran el aislamiento térmico del invernadero, de forma permanente o sólo durante los periodos más fríos. Las modificaciones de los sistemas de calefacción tratan de optimizar la recuperación de energía calorífica de los quemadores y suministrar el calor a las plantas de manera más eficiente. Existen otros aspectos a considerar entre los que podemos destacar la disminución del porcentaje de superficies laterales frente al total y de la pendiente de la cubierta.

En primer lugar se deben utilizar materiales de cubierta térmicos,

es decir, lo más impermeable posible a las radiaciones infrarrojas de onda larga. Las técnicas de conservación de energía, como construcción de invernaderos de doble pared inflados o uso de pantallas térmicas, además de disminuir las pérdidas de calor y aumentar la temperatura del invernadero producen otros cambios en su microclima; como por ejemplo la disminución de la tasa de ventilación, con efectos generalmente negativos. Por ello su instalación debe tener en cuenta estos inconvenientes y prever la forma de solventarlos.

### Pantallas térmicas

Las pantallas térmicas reducen significativamente las pérdidas de calor en los invernaderos y disminuyen el volumen de aire a calentar, por lo que se han extendido en toda Europa para economizar los gastos de combustible en invernaderos con calefacción.

Permiten disminuir el consu-

# Kubota



## TRACTORES KUBOTA

# SERIE ME

Un nuevo aire en las  
prestaciones de los tractores  
recorre Europa



# Kubota



mo de combustible destinado a calefacción del 20 al 27%, dependiendo del tipo de pantalla utilizada. Su empleo durante la noche también produce un almacenamiento de energía en el suelo y el cultivo que repercute de forma positiva durante el día.

En cuanto al sistema de confección de las pantallas se pueden distinguir dos tipos: mallas de fibras tejidas y mallas laminares o de cintas. Según la forma en que se colocan las pantallas en relación a la estructura del invernadero se pueden distinguir varios tipos: suspendidas horizontalmente, enrollables exteriores y enrollables interiores.

## Invernaderos con paredes dobles

Los invernaderos con dobles paredes son un método eficaz contra las bajas temperaturas invernales. Este tipo de invernaderos se construyen incorporando una segunda lámina de polietileno de 50 ó 100  $\mu\text{m}$  de espesor (125 ó 250 galgas). Este método puede reducir las pérdidas de calor en un 40-50 y de hasta un 57% en el consumo de calefacción.

Este sistema de control climático está aún poco extendido en los invernaderos españoles y su utilización se limita a algunos semilleros donde es muy importante el control climático para un correcto desarrollo de las plántulas, más sensibles a las variaciones de temperatura que las plantas ya desarrolladas.

## Micotúneles

Los micotúneles son estructuras de pequeño porte, cubiertas por una lámina de polietileno de 50  $\mu\text{m}$  de espesor y entre 0,5 y 1 m de anchura. Se usan sólo para las primeras etapas de crecimiento, puesto que después las hojas tocan el plástico y es necesario quitarlo para que las plantas sigan creciendo. Permiten aumentar la temperatura en el aire que rodea las plántulas, al disminuir las pérdidas energéticas por radiación infrarroja durante la noche. Ubicándolos por encima de las tuberías de calefacción permiten grandes ahorros de energía al limitar enormemente las pérdi-



Foto 7. Una de las medidas para un correcto desarrollo del cultivo es el control de la concentración interior de  $\text{CO}_2$ .

das de calor por convección hacia el resto del invernadero.

## Aumento de la hermeticidad del invernadero

Los mayores ahorros de energía están relacionados principalmente con la disminución de la tasa de infiltración de aire en los invernaderos. Así, en un invernadero viejo que no esté correctamente cerrado, se podrían conseguir ahorros de hasta un 40% en combustible sólo sellando todas las grietas por las que se producen las fugas de calor. Si el invernadero es relativamente nuevo y con un cerramiento adecuado, una mayor hermeticidad solo podría producir un ahorro del 5% anual. Cada vez es más importante la hermeticidad de los invernaderos, debido al ahorro energético y fundamentalmente a que supone una barrera física al paso de insectos vectores de virus.

Una ventana parcialmente abierta puede permitir varias renovaciones de aire por hora, siendo necesario un aporte adicional de combustible para calentar este aire. Durante el invierno se

pueden cerrar algunas de las ventanas del invernadero y cubrirlas con plástico para reducir la infiltración de aire. También deben utilizarse materiales aislantes donde existan fisuras en la estructura, alrededor de las puertas y las aberturas y dónde se une el material de cubierta a los soportes de la estructura. Igualmente es necesario tapar y sellar cualquier otro tipo de hendiduras para asegurar que el invernadero queda perfectamente aislado (tapar los orificios por los cuales pueda escaparse el aire). Lograr un óptimo aislamiento térmico permite proteger mejor el cultivo del frío en el periodo invernal. Si el material de cubierta está fisurado (polietileno rasgado, paneles de vidrio fracturados o placas de policarbonato rotas) hay que reemplazarlo inmediatamente para reducir las pérdidas de calor.

Del mismo modo conviene que las instalaciones de pantallas térmicas y las dobles cubiertas plásticas sean lo más herméticas posible, para evitar el movimiento del aire a través de ellas. Así, en el caso de las pantallas térmicas se pueden utili-

zar pequeñas láminas del mismo material para sellar la unión entre los paños consecutivos o en su unión con las mallas colocadas verticalmente en los laterales.

En zonas muy frías se pueden aislar los cimientos colocando juntas de poliuretano o poliestireno de unos 5 cm de espesor a unos 30-40 cm bajo tierra. Esto puede incrementar la temperatura del suelo al lado de los laterales en más de  $5^\circ\text{C}$  durante el invierno. Otra medida que puede contribuir a ahorrar energía es el aislamiento de las paredes laterales mediante juntas de protección de gomaespuma de 2 a 5 cm de espesor.

## Compartimentación del invernadero

La creación de diferentes compartimentos dentro de los invernaderos de cultivos ornamentales o en los semilleros, en los que es bastante habitual tener cultivos con diferentes necesidades térmicas, puede reducir considerablemente las necesidades de calefacción y refrigeración. Para ello se disponen verticalmente láminas de polietileno. Esta técnica también se puede utilizar en invernaderos de gran longitud situados sobre parcelas con fuertes desniveles para evitar que el aire caliente se desplace (por efecto de su menor densidad) hacia la parte más elevada del invernadero.

## Cortavientos

El viento exterior es un aspecto fundamental en las pérdidas de energía del invernadero. Se debe minimizar su efecto mediante cortavientos y eligiendo correctamente la orientación de los invernaderos. Vientos de tan solo 25 km/h pueden duplicar la pérdida de calor de un invernadero. Para evitar que los cortavientos actúen como barreras al proceso de ventilación en los periodos cálidos, la medida más aconsejable es la instalación de cortavientos móviles; cuando esto no es posible se hace necesario mantener una distancia adecuada entre el cortavientos y la estructura del invernadero.



## Aumento del rendimiento de la combustión

La primera mejora que se puede realizar en los generadores es la optimización del rendimiento de la combustión para que se desarrolle en concordancia al combustible, tipo de generador y el régimen de trabajo. En los sistemas de calefacción por agua caliente para invernaderos es fundamental un control periódico de la combustión, para detectar posibles defectos de funcionamiento en la caldera.

## Quemadores de funcionamiento fraccionado

En los generadores con potencia superior a 2.000 kW es conveniente instalar quemadores modulantes que permiten adaptar el consumo de energía a las necesidades de la instalación. Estos quemadores ofrecen la posibilidad de regular la cantidad de combustible y la potencia térmica en una proporción de 1 a 3, mientras que el aire para la combustión se regula automáticamente en función de la cantidad de combustible.

Los quemadores de menos de 2.000 kW pueden ser de funcionamiento escalonado con dos posiciones de funcionamiento y con regulación automática del caudal de aire comburente. Cuando las necesidades de calefacción no son muy altas el quemador genera una sola llama, mientras que cuando el calor generado por ésta es insuficiente para mantener la temperatura del agua de abastecimiento se utiliza una segunda llama que permite alcanzar la potencia máxima de la caldera.

## Recuperación de calor en los humos de escape

El calor transferido a la atmósfera por los gases de combustión constituye la principal pérdida energética en los generadores de calor en los invernaderos con combustión indirecta. Por ello es importante disminuir la temperatura de salida de los humos de las calderas para mejorar su rendimiento y eficiencia energética.

Los economizadores son elementos que permiten recuperar calor sensible de los gases de salida de una caldera para aumentar la temperatura del fluido de alimentación de la misma. Los precalentadores son intercambiadores de calor entre gases, que se colocan en el conducto de salida de la caldera de los humos y después del economizador para precalentar el aire de combustión.

## Instalación de turbuladores

Se utilizan para disminuir la temperatura de salida de los gases en calderas pirotubulares. Consiste en la introducción de láminas de acero enrolladas helicoidalmente en los tubos de humos, con el fin de aumentar la turbulencia y con ello la transferencia de calor.

## Aislamiento del sistema de calefacción

Las pérdidas de calor en la red de distribución de agua caliente suponen un incremento en el consumo del combustible que se precisa para atender una determinada demanda, por lo que el aislamiento térmico se traduce

en una economía de combustible. Además la presencia de superficies calientes es una causa potencial de accidentes, por lo que debe controlarse la temperatura superficial de las tuberías de distribución del agua caliente y de la caldera.

## Mantenimiento de los sistemas de calefacción

Los sistemas de calefacción pueden calentar el invernadero eficazmente, pero disminuye su eficiencia si no se realiza su mantenimiento con regularidad. Con el tiempo, los tubos sufren acumulaciones de depósitos dentro de la caldera, el hollín también se acumula en los tubos de humo en los que se produce el intercambio de calor, y los quemadores se desajustan.

Otra forma de mejorar la eficiencia energética en los sistemas de calefacción es distribuyendo adecuadamente la cantidad de calor necesaria para un correcto desarrollo del cultivo. Para ello hay que evitar calentar excesivamente ciertas zonas del invernadero que no redundan en una mejora de las condiciones de crecimiento del cultivo.

## Inversiones en tecnologías de ahorro energético

La energía es un factor de producción muy importante en la horticultura de invernadero, fundamentalmente en climas fríos. En los últimos años los agricultores se ven enfrentados a unos precios de la energía en aumento y a variaciones climatológicas

cada vez más acusadas (nieve en los invernaderos de la costa de Almería en 2005), lo que fomenta la inversión en equipos de ahorro energético.

Las inversiones más importantes que suelen realizar los agricultores son el cambio de gasoil a gas natural e inversiones en pantallas térmicas. Un obstáculo importante para el cambio a gas natural es la falta de gasoductos en las proximidades de los invernaderos. Las inversiones en pantallas térmicas son las más importantes para los productores de plantas ornamentales y los semilleros, en los que se realiza un uso intensivo de energía. En la mayoría de los casos estas inversiones consisten en la sustitución de las pantallas térmicas existentes por otras más eficientes.

Los gastos de energía en los invernaderos de países centro-europeos y del norte de España tienen un papel importante en la competencia con los situados más al sur. Por consiguiente, tanto por razones ambientales como económicas los agricultores se ven en la necesidad de realizar un uso más eficiente de la energía.

Por último, destacar el papel fundamental que debe tener el uso de energías renovables en los invernaderos. Para ello debemos conseguir que estén a un precio competitivo para los agricultores, los cuales están padeciendo en las últimas campañas caídas en los precios de venta de sus productos y un incremento generalizado de los costes de producción. ■



Para todo tipo de marcas y modelos de tractor

Recambios y accesorios para Tractores y Maquinaria Agrícola

**AGRINAVA**

Pol. Industrial Agustinos, C/ A, Nave D-13  
31013 PAMPLONA (Navarra - España)  
Teléfonos: 902 312318 - 948 312318  
Fax: 948 312341  
e-mail: agrinava@agrinava.com  
www.agrinava.com



**GUARDABARROS, CONTRAPESOS, TRIANGULOS, ENGANCHES**