

EL PRECIO EN AUMENTO DE LA ENERGÍA FOMENTA LA INVERSIÓN EN EQUIPOS DE AHORRO ENERGÉTICO

Eficiencia energética en invernaderos mediterráneos



Diego L. Valera, Francisco D. Molina,
Alejandro López y Araceli Peña.

Universidad de Almería.

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, y una industria auxiliar muy competitiva en los mercados internacionales. La buena situación de los agricultores ha variado sustancialmente por la subida del precio del combustible y por la competencia con otros países donde los costes de producción son más bajos.

El consumo energético en los invernaderos (**foto 1**) 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 rentabilidad de los cultivos forzados en invernadero en España está en continuo descenso y seriamente comprometida. Estos agrosistemas son cada vez menos rentables frente a otros invernaderos situados en zonas agroclimáticas similares como el norte de África, donde los costes de producción son sustancialmente inferiores –fundamentalmente la mano de obra–, e incluso se están instalando invernaderos más tecnificados que la mayoría de los se pueden encontrar por ejemplo en la costa andaluza. El consumo energético es un factor muy importante dentro de los costes de producción, por lo que resulta prioritaria su optimización.

Problemas ambientales, el cambio climático

El calentamiento global es un proceso que amenaza con alterar la sostenibilidad medioambiental de nuestro planeta. Según el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), para las dos próximas décadas las proyecciones indican un calentamiento de aproximadamente 0,2°C por década para toda una serie de escenarios de emisiones. El intervalo mayor previsto para el aumento de la temperatura (comparado con la era preindustrial) es de entre 1,1 y 6,4°C y la mejor estimación, que refleja el punto central de

los escenarios de emisiones máximo y mínimo, es de 1,8 a 4°C.

Las investigaciones sobre el efecto invernadero concluyen que la principal fuente de emisión de los gases causantes de este fenómeno, al absorber en la atmósfera las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie terrestre, es la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural). Estos combustibles son la principal fuente de energía tanto para su empleo directo en la calefacción de los invernaderos, como para la generación de la energía eléctrica que consumen (**cuadro I**). El IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) actualmente está en la fase final de aplicación del Plan de Energías Renovables 2005-2010 que preveía que el abastecimiento por las energías renovables del consumo de energía primaria pasaría del 9% en 2004 al 12,1% en el año 2010.

Problemas sociales, influencia en el empleo

Un uso inadecuado de la energía en los invernaderos compromete su rentabilidad, y por tanto la generación de empleo. Sin embargo, aun en tiempos de crisis el sector hortofrutícola, comparativamente con otros sectores, sigue manteniendo un adecuado nivel de empleo.

Según la Interprofesional de Frutas y Hortalizas de Andalucía, actualmente sólo en Almería y Granada este sector proporciona 110.000 empleos, 92.000 de los cuales se encuentran en Almería. Las 43.400 ha de invernadero abastecen el 60% del mercado nacional y el 30% de la demanda hortofrutícola europea. Se ha apostado seriamente por la calidad y la eliminación de todo tipo de residuos, con 13.500 ha que ya utilizan lucha integrada. Los invernaderos soportan directamente 76.350 puestos de trabajo (Almería y Granada) a los que hay que añadir 28.129 trabajadores en la comercialización (25% en alhóndigas, 50% en cooperativas y sociedades agrarias de transformación y 25% en mayoristas o almacenistas en origen), y 5.517 puestos de trabajo en la pujante industria auxiliar.

Toda esta importante masa laboral ve en riesgo su puesto de trabajo por la pérdida de rentabilidad de las explotaciones, por lo que habrá que incidir en la racionalización del consumo de energía, la mejora de las explotaciones, la incorporación de tecnología, y esencialmente en los mecanismos que solventen la gravísima crisis de precios que compromete seriamente la renta-

CUADRO I.

Características de los combustibles comúnmente utilizados en sistemas de calefacción (Valera *et al.*, 2008).

Combustible	PCS [kJ/kg]	PCI [kJ/kg]	ρ [kg·m ⁻³] (a 20°C)
Gasóleo B	44.000	42.500	0,840
Fuel-oil Tipo 1	42.740	40.650	-
Fuel-oil Tipo 2	44.000	39.800	-
Gas natural	56.530	51.060	0,7707
Propano	54.190	49.800	1,8785

PCS: poder calorífico superior, PCI: poder calorífico inferior del combustible y ρ : densidad.

CUADRO II.

Consumos energéticos en invernaderos europeos (Valera *et al.*, 2008)

Zona	Demanda energética para calefacción [W/m ²]	Consumo energético en calefacción [kWh/m ² -año]	Consumo energético en iluminación [kWh/m ² -año]
Pamplona	128	150	-
Finlandia	350	500	850
Dinamarca	350	300	99
Reino Unido	250	400	50
Holanda	100	80	40

CUADRO III.

Consumos energéticos en invernaderos de Almería y Holanda.

Zona	Cultivo	Consumo energético	Nº de días	Fuente
Almería	Pepino	60-214 [MJ/m ²]	112	López <i>et al.</i> , 2000
	Judía	120-254 [MJ/m ²]	120	
Holanda	C. ornamental	423-750 [MJ/m ²]	120	Andersson y Skov, 2005
Holanda	Valor promedio	1.366 [MJ/m ²]	Anual	Van der Velden y Verhaegh, 1992

Con la aplicación de distintas técnicas de ahorro energético se pueden producir reducciones del consumo de calefacción en invernaderos de hasta un 30-40%

bilidad de los invernaderos en España, y de la agricultura en nuestro país.

Consumo energético y emisiones de CO₂

El consumo energético en España según la Agencia Internacional para la Energía fue en el año 2008 de 144,56 Mtep lo que supuso unas emisiones equivalentes de 327,65 Mt de CO₂. Esto supone una equivalencia entre energía y emisiones de 53,98 x 10⁻⁶ toneladas CO₂/MJ.

Sólo el consumo eléctrico en los invernaderos de Europa central (**cuadros II y III**) es de aproximadamente 7,8 kWh/m², con un consumo energético de 1.366 MJ/m² y una emisión anual de CO₂ de 76 kg CO₂/m² (**cuadros IV y V**). En España es sustancialmente inferior (**cuadros II y III**), alcanzando un valor aproximado en calefacción por agua caliente que oscila entre 150 y 190 kWh/m²-año, lo que se traduce en un intervalo entre 60 y 254 MJ/m², que supondrían unas emisiones equivalentes de 3,3 a 19 kg CO₂/m² (**cuadros IV y V**).



Foto 2. Optimización energética de extractores. Foto 3 (derecha). Caldera de biomasa.

Los cinco aspectos básicos sobre los que se puede incidir en las explotaciones agropecuarias en función de sus características particulares para contribuir al ahorro y eficiencia energética, son los siguientes: mejora del diseño de las estructuras y de los materiales de cerramiento, diseño y mantenimiento de los equipos de climatización (foto 2), regulación correcta de los equipos de control ambiental y aplicación de energías renovables para la generación de calor o energía eléctrica.

Las modificaciones de los sistemas de calefacción tratan de optimizar la recuperación de energía calorífica y suministrar el calor de manera más eficiente. Las principales medidas de actuación son las siguientes: aislamiento de las calderas, mantenimiento y limpieza periódica, calibración de los sensores, aislamiento térmico de las conducciones de climatización, calderas de mayor eficiencia energética, uso de calefacción localizada, instalación de variadores de velocidad

en los ventiladores, o uso de calefacción por agua caliente en lugar de sistemas por aire caliente.

Técnicas de ahorro energético

Considerando la aplicación de distintas técnicas de ahorro energético (cuadro VI) se pueden producir reducciones del consumo de calefacción en invernaderos de hasta un 30-40%, lo que supondría reducciones en las emisiones anuales de hasta 10-20 kg CO₂/m².

Ayudas para el uso eficiente de la energía

Está previsto que para los primeros meses de 2011 puedan convocarse subvenciones destinadas a mejorar la productividad de los cultivos en invernadero mediante el uso eficiente de la energía en los sistemas de control de la producción. Andalucía recibirá la mayor parte de los fondos estatales dirigidos a esta medida, por ser la región española con mayor superficie de invernaderos. Los 121 millones de euros destinados a los productores andaluces que se acogen a esta nueva línea de ayuda, se completan en el ámbito estatal con otros 70 millones destinados a Murcia, Valencia y Canarias.

La Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía permitirá que todas las producciones hortofrutícolas de invernadero pue-

CUADRO IV.

Factores de emisión de CO₂ de diferentes combustibles.

Fuentes de energía	Unidades	Equivalencia de CO ₂
Gas natural	1 [caloría]	2,312 x 10 ⁻⁴ [g-CO ₂ cal ⁻¹]
	1 [MJ]	55,22 x 10 ⁻⁶ [t]
	1 [kWh]	0,1988 [kg] = 198,79 x 10 ⁻⁶ [t]
Gasóleo	1 [tonelada]	3,187 [t]
	1 [MJ]	74,99 x 10 ⁻⁶ [t]
	1 [kWh]	0,2699 [kg] = 269,96 x 10 ⁻⁶ [t]

CUADRO V.

Conversiones de unidades.

1 kWh	3,6 MJ
1 cal	4,1868 J
1 tep*	41.868 MJ
1 tep*	11.630 kWh

*tep: toneladas equivalentes de petróleo.

dan acogerse a esta nueva línea de ayudas, que estarán dirigidas con carácter preferente a atender las necesidades estratégicas de incremento de la productividad en los invernaderos de tomate, aunque también se beneficiarán otras producciones intensivas que cumplan con los requisitos establecidos.

Los objetivos de estas ayudas son la mejora de la eficiencia energética de los invernaderos, reduciendo los costes de producción, aumentando la productividad mediante prácticas sostenibles y el uso de energías renovables.

Factores que influyen en las inversiones en ahorro energético

La energía es un factor de producción muy importante en la horticultura intensiva en invernadero, fundamentalmente en zonas frías. En los



Foto 4. Invernadero calefactado con biomasa.

últimos años los agricultores se ven enfrentados a unos precios de la energía en aumento lo que fomenta la inversión en equipos de ahorro energético. Tanto por razones ambientales como eco-

nómicas 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.

Energías renovables como la biomasa (**fotos 3 y 4**) tendrían una aplicación directa a la calefacción

de los invernaderos. El problema fundamental para los agricultores es la logística de la distribución de la biomasa así como la garantía de la calidad de la misma. Ambos aspectos comprometen su uso generalizado en invernaderos. ●

CUADRO VI.

Ahorro energético potencial de diferentes técnicas de control climático en invernaderos.

Técnicas de control climático	Ahorro del consumo de calefacción	Fuente bibliográfica
Doble cubierta	40-50%	Bauerle y Short, 1977 Bianchi, 1989
Mejoras estructurales + pantallas térmicas	30%	Andersson y Skov, 2005
Pantallas térmicas	15-75%	Plaisier, 1992
	35%	Tantau, 1998
	16-20%	Dieleman <i>et al.</i> , 2006
Control automatizado del quemador	20%	Liao y Dexter, 2004
Reducción temperatura de consigna en 2°C	16%	Dieleman <i>et al.</i> , 2006
Algoritmos de control para consigna de temperatura	16%	Spanomitsos, 2001
Variación de la consigna de temperatura en ±1°C	10%	Garzoli, 1986
Control mediante integración de la temperatura	7%	Tantau, 1998
Control de la temperatura en función del viento	5-10%	Bailey, 1985
	4%	Tantau, 1998

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Junta de Andalucía la financiación parcial de este trabajo mediante el Proyecto de Investigación de referencia P09-AGR-4593.

Bibliografía ▼

- Valera D.L., Molina-Aiz F.D. y Álvarez A.J., 2008a. Ahorro y eficiencia energética en invernaderos. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Serie: Eficiencia y ahorro energética en la Agricultura 7. Madrid, 64 pp.

- Valera D.L., Molina-Aiz F.D. y Álvarez A.J., 2008b.- Protocolo de Auditoría Energética en Invernaderos. Auditoría Energética de un invernadero de flor cortada en Mendigornía. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Serie: Eficiencia y ahorro energética en la Agricultura 8. Madrid, 56 pp.

ENGANCHES TRASEROS

Para todo tipo de marcas y modelos de tractor

Enganches regulables a diferentes alturas, con corredera, de bola, barra de tiro...



AGRINA



**SOLUCIONES
INTEGRALES EN
TRACTORES Y
MAQUINARIA
AGRÍCOLA, CON EL
MEJOR SERVICIO.**

www.agrinava.com

Pol. Ind. Agustinos Calle A, Nave D-13. 31013 Pamplona Navarra España. T 902 312 318 T 948 312 318 F 948 312 341 agrinava@agrinava.com