
 EL CULTIVO NO PRESENTA DIFERENCIAS CON EL REALIZADO MEDIANTE ENERGÍA CONVENCIONAL

La energía solar,

una alternativa energética viable para el control climático en invernaderos



Foto izquierda. Detalle de las placas solares que alimentan los motores que accionan los sistemas de ventilación del invernadero. **Foto derecha.** El ensayo se ha realizado en una plantación de cítricos variedad Lane Late, llevando a cabo un seguimiento hídrico, nutricional y fitosanitario, así como el control de las condiciones climáticas del interior del invernadero.

■ Marisol Bermejo Carrillo.

Departamento I+D+i Cifacita.

En este artículo se resumen los resultados de un proyecto cuya finalidad última es la construcción de un prototipo de invernadero cuyos motores de accionamiento de los sistemas de ventilación se alimenten de un dispositivo especialmente diseñado para el suministro de energía eléctrica a través de paneles solares. Los resultados muestran que el uso de placas solares fotovoltaicas en los invernaderos es una alternativa viable tanto económicamente como funcionalmente.

El proyecto realizado por la Compañía Regional de Energía Solar, el Centro de Investigación y Formación Aplicada a Cultivos Intensivos de Tecnología Avanzada y la empresa Agrocomponentes con la colaboración del CDTI, lleva a cabo un estudio del uso de la energía solar como fuente de alimentación para el funcionamiento de los automatismos que componen el control climático en un invernadero. Por otro lado, el estudio contempla también el uso de energía solar como fuente

de alimentación complementaria en el funcionamiento de dichos automatismos, en el caso de que contemos con las dos fuentes, eléctrica y solar.

Para ello es necesario el diseño y dimensionado de los paneles solares que mejor se adecúen a las necesidades de energía de un invernadero.

El proyecto pretende demostrar la viabilidad del funcionamiento de un invernadero sin necesidad de contar con suministro de corriente eléctrica, estableciendo una comparación y viabilidad económica entre electricidad y células fotovoltaicas como fuente de alimentación para el funcionamiento de un invernadero, viendo la eficacia de éstas y optimizando el número de placas que se colocarán. Con el proyecto se logrará una mayor eficiencia medioambiental.

Tras un hito de medición y toma de valores, se definieron varias tareas para una segunda fase (habiéndose desarrollado las mismas en las fechas comprendidas entre septiembre de 2005 y agosto de 2006): toma de datos y estudio comparativo de energía solar-eléctrica y una evaluación de datos y elaboración de conclusiones.

Diseño de la segunda fase del ensayo

Para la valoración de la parte agronómica del proyecto y estimación de su viabilidad, en esta segunda fase se ha llevado a cabo el desarrollo del mismo cultivo que en la primera fase (plantones de cítricos variedad Lane Late, injertada sobre patrón de *Citrus macrophylla* en cultivo hidropónico), siguiendo el mismo procedimiento: seguimiento hídrico, nutricional y fito-

Cuadro I.

Consumo energético por tiempo total de activación y medio por hora (kWh) durante los meses de toma de datos.

Mes	Cuatro motores			Por motor y hora	
	Tiempo activación (seg.)	Consumo eléctrico	Consumo solar	Consumo eléctrico	Consumo solar
Septiembre 05	26.017,20	4,32	2,87	0,17	0,11
Octubre 05	19.264,08	4,60	3,29	0,23	0,17
Noviembre 05	15.525,84	4,87	3,14	0,29	0,20
Diciembre 05	7.775,54	4,04	3,20	0,48	0,38
Enero 06	7.047,80	3,43	2,80	0,46	0,38
Febrero 06	11.046,22	6,09	5,16	0,51	0,43
Marzo 06	15.296,45	12,05	10,91	0,86	0,78
Abril 06	28.679,64	8,75	6,89	0,32	0,25
Mayo 06	34.987,92	7,50	5,41	0,21	0,16
Junio 06	32.981,52	4,39	3,33	0,12	0,09
Julio 06	28.191,24	3,75	2,87	0,12	0,09
Agosto 06	13.007,28	1,90	1,33	0,13	0,10
Total/Media	239.820,73	65,69	51,20	0,33	0,26

sanitario, así como control diario de las condiciones climáticas del interior del invernadero (temperatura, humedad y radiación).

Para la valoración del consumo eléctrico, el invernadero quedó dividido en dos tratamientos: uno dedicado a la energía eléctrica, que comprendía tres módulos de invernadero, y una segunda parte dedicada a

Cuadro II.

Consumo energético medio (kWh) durante los meses de altas temperaturas.

Mes	Por motor y hora	
	Consumo eléctrico	Consumo solar
Septiembre 05	0,17	0,11
Junio 06	0,12	0,09
Julio 06	0,12	0,09
Agosto 06	0,13	0,10
Media	0,14	0,10

energía solar-eléctrica, también con tres módulos de invernadero (la instalación se realiza de modo que en caso de deficiencia de energía solar los motores sean accionados por energía eléctrica). Según este diseño, el control del consumo energético en los dos tratamientos se llevó a cabo mediante tres contadores: uno para el tratamiento 1 (energía eléctrica), que registra el consumo de cuatro motores (tres cenitales y uno lateral), y dos contadores para el tratamiento 2 (energía solar/eléctrica), que registran el consumo de cuatro motores (tres cenitales y uno lateral). Uno de ellos registra el consumo de los motores accionados por energía solar y el otro registra el consumo eléctrico cuando los motores son accionados mediante el sistema complementario de energía eléctrica, para salvar el déficit de la instalación solar.

A partir de los datos registrados por los contadores (consumo de los cuatro motores por tiempo total de activación) se halla el consumo medio por motor y unidad de tiempo (expresado en kWh), para cada una de

FuturEco BotaniGard SC

INSECTICIDA BIOLÓGICO

Único registrado (ROPF 22.648)



Bioinsecticida eficaz para el control de mosca blanca y otras plagas
No necesita refrigeración, coadyuvantes ni reguladores del pH.
Evita resistencias y residuos.



**BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA
 PROTECCIÓN Y NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS**



Laboratorios de I+D de FUTURECO

Cuadro III.

Consumo energético medio (kWh) durante los meses de media-baja temperatura.

Mes	Por motor y hora	
	Consumo eléctrico	Consumo solar
Octubre 05	0,23	0,17
Noviembre 05	0,29	0,20
Diciembre 05	0,48	0,38
Enero 06	0,46	0,38
Febrero 06	0,51	0,43
Abril 06	0,32	0,25
Mayo 06	0,21	0,16
Media	0,36	0,28

Cuadro IV.

Consumo energético medio (kWh) durante el mes de marzo.

Mes	Por motor y hora	
	Consumo eléctrico	Consumo solar
Marzo 06	0,86	0,78

las diferentes fuentes de alimentación (eléctrica y solar) como muestra el **cuadro I**.

En los **cuadros II, III y IV** se resume el consumo medio del motor por hora (kWh) en función de la época del año.

Resultados de la segunda fase

Al igual que en la fase de toma de muestras, se mantuvo un buen estado nutricional y sanitario del cultivo durante el ensayo, no observándose diferencias con la evolución de cultivos desarrollados en las mismas condiciones ambientales. Tampoco se observaron diferencias entre los plantones ensayados bajo los diferentes módulos de invernadero, hecho debido al correcto funcionamiento de las dos fuentes de alimentación ensayadas, para el accionamiento de los motores, posibilitando una ventilación adecuada para el desarrollo del cultivo en todo el invernadero.

La valoración del consumo energético de los motores del invernadero pone de manifiesto, como cabría esperar, que en los meses donde las temperaturas son más o menos constantes durante la mayor parte del día (invierno/verano), el consumo es menor que en los meses otoñales/primaverales, en los que la temperatura es variable.



El consumo energético de los motores accionados por energía eléctrica es ligeramente superior al consumo de los accionados por energía solar, siendo el consumo medio por motor obtenido en los doce meses de toma de datos de 0,33 kWh y 0,26 kWh, respectivamente.

Los registros de los contadores muestran que, en las condiciones ensayadas, la energía solar por sí sola es suficiente para el accionamiento de los motores, puesto que durante todo el período de toma de datos no tuvo lugar la activación de la energía eléctrica complementaria.

Conclusiones

En la mitad del invernadero correspondiente al accionamiento de los motores utilizando como fuente de alimentación la energía solar, cuya instalación se realizó de modo que en caso de deficiencia de energía solar los motores fueran accionados por energía eléctrica; durante los doce meses de desarrollo de los ensayos únicamente se registró consumo en el contador de energía solar, no siendo necesaria, por tanto, la energía eléctrica de modo complementario, incluso en los meses donde la incidencia de radiación solar es más baja. El consumo energético de los motores accionados por energía eléctrica es ligeramente superior al consumo de los accionados por energía solar.

Cabría destacar las diferencias existentes en consumo energético medio en función de la época; observándose dos etapas bien diferenciadas: de junio a septiembre, donde se registra un consumo energético más bajo, y de octubre a mayo, donde se registran consumos mayores, debidos a la resistencia que ejercen las ventanas en condiciones de viento.

El cultivo se ha desarrollado en todos los módulos del invernadero con un buen estado nutricional y sanitario, no apreciándose diferencias con la evolución de cultivos desarrollados en las mismas condiciones ambientales; este hecho es debido al correcto funcionamiento de las dos fuentes de alimentación ensayadas, para el accionamiento de los motores, posibilitando una ventilación adecuada para el desarrollo del cultivo en todo el invernadero.

Para las características del invernadero construido para la realización de las pruebas con un motorreductor por ventilación cenital y lateral (un total de cuatro motores en este caso), el costo correspondiente a instalación, montaje y mantenimiento de la instalación solar fotovoltaica asciende a 56.000 euros, según el estudio llevado a cabo por la Compañía Regional de Energía Solar, para un invernadero tipo con una superficie de una hectárea, el costo correspondiente a la energía solar ascendería a 197.000 euros.

El costo correspondiente a la instalación, montaje y mantenimiento del suministro eléctrico tiene un componente fijo (CTI de 50 kVA) de 10.800 euros y uno variable en función de la distancia del invernadero al punto de conexión a la red más próximo, que asciende a 19.300 euros/km. Considerando una distancia del invernadero al punto de conexión a la red de 10 km, el costo total ascendería a 203.800 euros.

Por tanto, se puede considerar viable la instalación solar frente a la eléctrica a partir de estas condiciones (10 km de distancia del invernadero al punto de conexión a la red más próximo).

Una vez llevado a cabo el análisis de los resultados obtenidos durante las dos fases del proyecto, se pone de manifiesto la consecución de los objetivos previstos inicialmente. ■

