

# Tratamiento subletal en suelos de invernaderos

PÉREZ DE LOS REYES, Caridad; SORIANO, M<sup>a</sup> Luisa; PORRAS, Andrés; GÓMEZ, Pilar; CARRIÓN, M<sup>a</sup> Cruces  
Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real  
Universidad de Castilla- La Mancha

*El tratamiento térmico subletal es un método de control físico basado en el poder esterilizante del calor, con una reducción de los patógenos del suelo sin afectar negativamente a la población microbiana beneficiosa*



El tratamiento térmico subletal es un método de control físico basado en el poder esterilizante del calor, que tiene la ventaja de producir una importante reducción de los patógenos del suelo sin afectar negativamente a la población microbiana beneficiosa (Soriano, M.L. et al., 1998)

La utilización de energía solar pasiva en el tratamiento de suelos para el control de patógenos se ha extendido en la práctica agrícola desde que, hace dos décadas, Katan pusiera a punto la técnica de solarización en Israel (Katan et al., 1976). A partir de ese momento la experimentación sobre este sistema fí-

**La utilización de energía solar pasiva en el tratamiento de suelos para el control de patógenos se ha extendido en la práctica agrícola desde que, hace dos décadas, Katan pusiera a punto la técnica de solarización en Israel. Desde ese momento la experimentación sobre este sistema ha sido abundante**

*Vista general del interior del invernadero*

sico de control, en países con una climatología adecuada, ha sido abundante ya que ofrece la ventaja de ser un método no contaminante y que aprovecha un recurso energético renovable.

Estas dos ventajas medioambientales se enfrentan a algunos inconvenientes agronómicos y económicos. Entre ellos: la duración del tratamiento de solarización debe ser de un mes como mínimo para que el control de patógenos pueda considerarse eficaz, lo

que dificulta el cultivo intensivo, sobre todo en invernaderos; sólo es aplicable a zonas de elevada irradiación solar y altas temperaturas estivales, y únicamente durante esta época del año.

Los inconvenientes indicados tienen su origen en que el efecto letal del calor no sólo depende del nivel de temperatura alcanzado sino también del tiempo de exposición al mismo. Para el caso de un suelo de invernadero desnudo (no acolchado) a una profundidad de 10 a 20 cm se precisarían, alcanzando una temperatura máxima de 37°C, 430 horas de exposición (un equivalente de 30 días) para obtener efectos letales (DL90) sobre ciertos patógenos (Martínez, P.F. et al, 1986).

El objetivo de este trabajo es aportar una solución viable para superar estas dificultades, utilizando para ello idéntica fuente energética, el sol, pero a

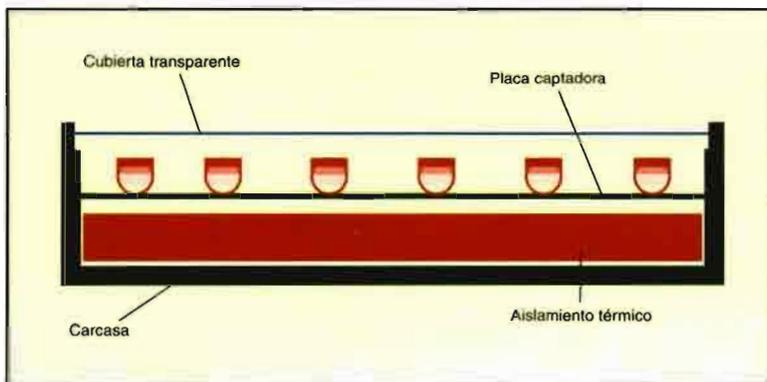
través del aprovechamiento activo de la misma. La energía solar térmica, desde un punto de vista tecnológico, se puede aprovechar de forma pasiva, como en el caso de la solarización, o de forma activa, gracias a la utilización de colectores solares planos, que aumentan la eficacia de la transformación energética.

**La duración del tratamiento de solarización debe ser de un mes como mínimo para que el control de patógenos pueda considerarse eficaz, lo que dificulta el cultivo intensivo sobre todo en invernaderos**

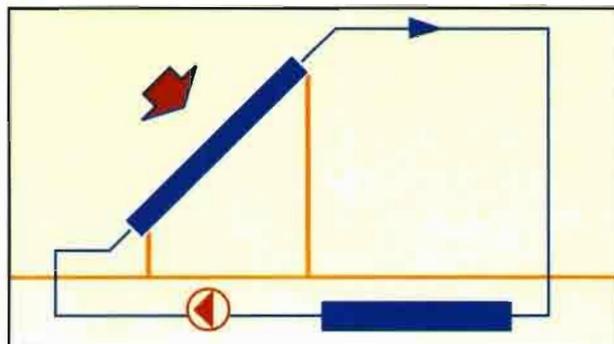
Este sistema, llamado calentamiento solar activo, consiste en calentar el agua que circula a través de un colector solar plano, debido a la absorción de radiación que se produce en el mismo, y transmitir dicha energía calorífica al suelo, gracias a intercambiadores de calor situados en los bancales de un invernadero. El calentamiento solar activo ya ha sido anteriormente utilizado para el mantenimiento de una temperatura adecuada de sustratos de invernadero de flor cortada (García, E. et al., 1987), para el calentamiento de agua utilizada en el riego de suelos posteriormente solarizados (Abu-Gharbich et al., 1990), o bien para la desinfección de sustratos utilizados en semilleros (Ghini, R. 1993).

Con un sistema activo de calentamiento instalado en un invernadero de la Escuela Universitaria de Ingeniería

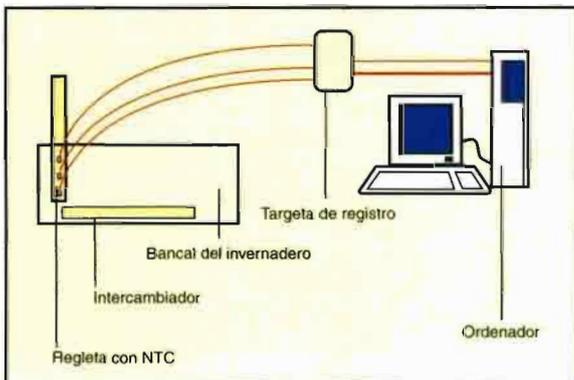
**Figura 1:**  
**Esquema de los componentes de un colector solar plano**



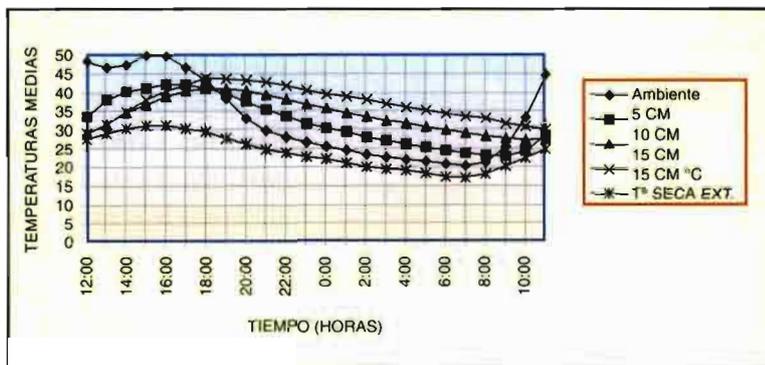
**Figura 2:**  
**Esquema del funcionamiento del sistema de calentamiento solar activo**



**Figura 3:**  
**Esquema del funcionamiento del sistema de registro de temperaturas**



**Figura 4:**  
**Variación diaria de la temperatura del suelo en septiembre. Tratamiento 1: colector solar plano con simple cubierta**



Técnica Agrícola de Ciudad Real, perteneciente a la Universidad de Castilla - La Mancha, se han alcanzado niveles térmicos en el suelo que permiten un tratamiento físico del mismo en menor tiempo y en épocas no características del sistema de solarización. Se han realizado ensayos durante los meses de septiembre y octubre de 1997 con colectores solares planos de simple cubierta y doble cubierta, obteniendo resultados alentadores en el caso de que el tratamiento se realizara en el primer mes.

### Materiales y métodos

Un sistema completo de captación térmica para aprovechamiento de energía solar activa de baja temperatura requiere el acoplamiento de un subsistema colector (constituido por el colector solar plano), destinado a captar o recoger la energía procedente del sol, y un subsistema de distribución y control, que tiene el objetivo de transportar el elemento portador de energía calorífica (agua) al lugar adecuado, y controlar el funcionamiento global del sistema.

Se han diseñado y construido cuatro colectores solares planos de dimensiones 2m x 1m x 0,15m constituidos por los siguientes elementos:

- Placa absorbente negra con serpentín de cobre soldado a la misma.
- Carcasa de acero galvanizado con un capa aislante de fibra de vidrio.
- Cubierta transparente de cristal de 5 mm de grosor.

Dos de los colectores poseen cubierta transparente simple y, otros dos,

doble. Los colectores descritos se han montado sobre un soporte metálico, orientados al sur y con una inclinación fija de 45°.

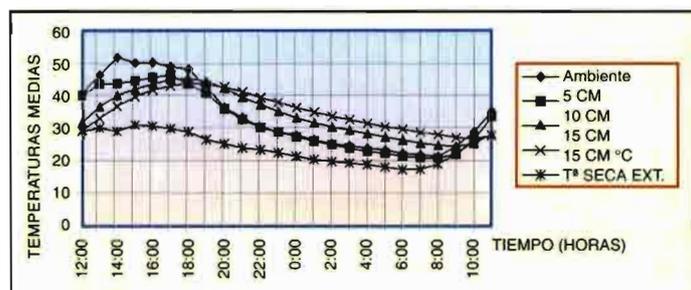
El subsistema de distribución está constituido por tuberías de cobre que introducen el agua fría desde la red en el colector, por la parte inferior del mismo y la impulsan, ya calentada, gracias a una bomba, hacia el serpentín o intercambiador situado en los bancales del invernadero a una profundidad de 25 cm. En el intercambiador se verifica la transmisión de calor hacia el suelo con el consiguiente aumento de temperatura del mismo.

El registro de temperaturas se realizó a lo largo de todas las horas de los días que duró la experiencia, haciendo una lectura cada 5 minutos, considerando la temperatura de tres profundidades distintas para cada bancal así como la del ambiente interior del invernadero.

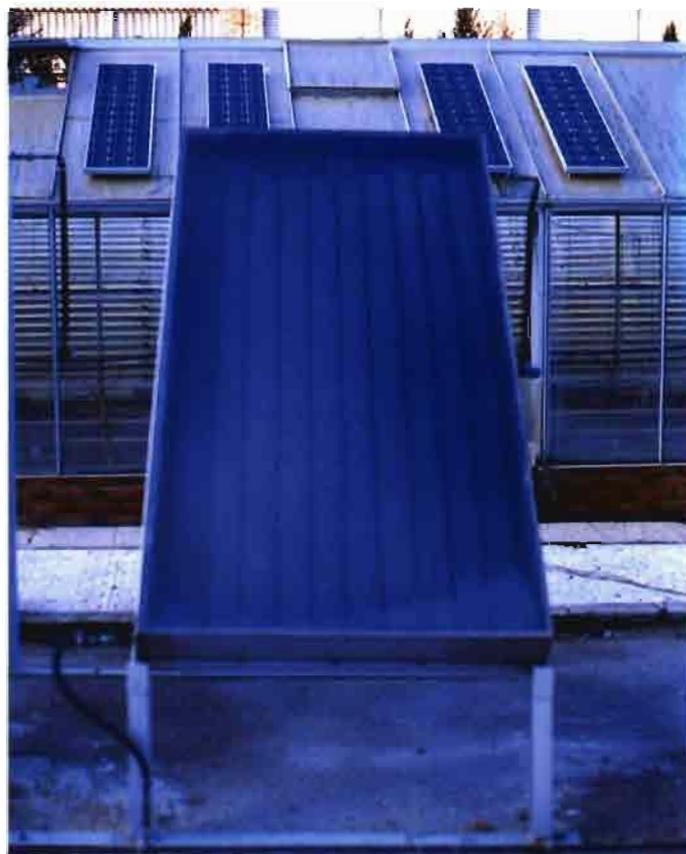
El método utilizado para toma de datos se basó en un sistema electrónico consistente en la instalación de tres resistencias NTC variables con la tempe-

**La energía solar térmica, desde un punto de vista tecnológico, se puede aprovechar de forma pasiva, como en el caso de la solarización, o de forma activa, gracias a la utilización de colectores solares planos, que aumentan la eficacia de la transformación energética**

**Figura 5:**  
**Variación diaria de la temperatura del suelo en septiembre. Tratamiento 2: colector solar plano con doble cubierta**

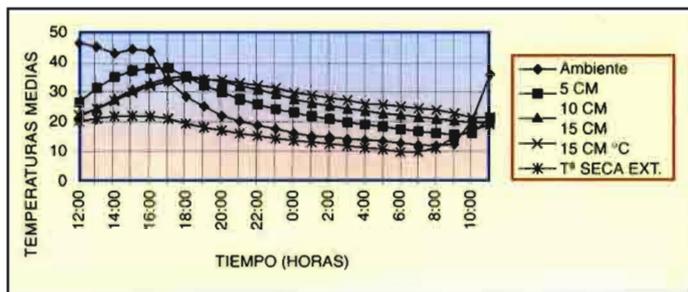


**Figura 6:**  
**Variación diaria de la temperatura del suelo en septiembre. Tratamiento 3: Testigo. Sin tratamiento térmico**



En la fotografía, colector solar plano

**Figura 7:**  
**Variación diaria de la temperatura del suelo en octubre. Tratamiento 1: Colector solar plano con simple cubierta**



*Vista de un intercambiador situado en un bancal del invernadero*

ratura colocadas en una regleta, convenientemente aisladas y situadas en cada bancal a la profundidad considerada. La variación de temperatura que se produce en el suelo hace que la resistencia NTC modifique su valor y la señal eléctrica así generada es apreciada por un sistema informatizado de control inteligente constituido por:

- Un ordenador 286 (o superior) con sistema operativo MS DOS, dotado de puerto de conexión para tarjetas de 8 bits.

- Tarjeta digitalizadora de señales analógicas PC 812 PG con capacidad de recepción de hasta 16 señales, frecuencia de lectura máxima de 135 Mhz y precisión de 0,0015 %, incorporada al ordenador.

- Tarjeta de conexión rápida de señales analógicas externas PCLD-780, dotada de limitadores de voltaje y contactos para condensadores de estabilización de señales.

- Programa informático en lenguaje BASIC para el manejo del sistema.

Un esquema del prototipo utilizado se presenta en la figura 3.

El ensayo se realizó durante los meses de septiembre y octubre de 1997 en el suelo seco del referido invernadero. El hecho de que el suelo no fuera humedecido antes del tratamiento suponía una menor conductividad térmica y, por lo tanto, una menor eficiencia energética. Se ha comprobado que la mayor eficiencia térmica en el tratamiento de un suelo de invernadero se obtiene realizando un primer riego antes del tratamiento, frente a un humedecimiento continuo o a la no humectación del mismo (Martínez, P.F. et al., 1988). A pesar de ello se consideró conveniente mantenerlo seco, con el objeto de determinar las temperaturas alcanzadas en las condiciones térmicas más desfavorables.

Se realizaron 3 tipos de tratamiento:

- Tratamiento 1: calentamiento solar activo con paneles de simple cubierta.

- Tratamiento 2: calentamiento solar activo con paneles de doble cubierta.

- Tratamiento 3: sin tratamiento térmico.

**Resultados**

Las gráficas 4, 5 y 6 representan las temperaturas medias obtenidas cada hora durante el mes de Septiembre en los tres casos considerados: tratamientos 1, 2 y 3, para distintas profundidades y la temperatura ambiente del invernadero.

Se representa también la temperatura en el exterior del invernadero obtenida gracias a una Estación Meteorológica situada a escasos metros del mismo.

Las gráficas 7, 8 y 9 representan las temperaturas medias obtenidas cada hora durante el mes de octubre en los casos citados anteriormente.

**Conclusiones**

Como se observa en las distintas

**Figura 8:**  
**Variación diaria de la temperatura del suelo en octubre. Tratamiento 2: Colector solar plano con doble cubierta**



**Figura 9:**  
**Variación diaria de la temperatura del suelo en octubre. Tratamiento 3: Testigo. Sin tratamiento térmico**



gráficas la distribución de la temperatura del suelo sigue una estructura lógica si se consideran las características térmicas del suelo, es decir, las variaciones de temperatura del suelo en la superficie son similares a las del ambiente, y dichas variaciones se amortiguan cuando aumenta la profundidad. Este hecho implica que cuando a mayor profundidad se alcanza una temperatura elevada, ésta se mantiene durante más tiempo y disminuye más lentamente, factor importante en el equilibrio tiempo-temperatura necesario para la eliminación de patógenos.

**El calentamiento solar activo consiste en calentar el agua que circula a través de un colector solar plano, debido a la absorción de radiación que se produce en el mismo, y transmitir dicha energía calorífica al suelo, gracias a intercambiadores de calor situados en los bancales de un invernadero**

Las temperaturas alcanzadas para cada profundidad (5, 10 y 15 cm respectivamente), son más elevadas en el tratamiento con colectores solares planos de doble cubierta, frente al tratamiento con colectores de cubierta simple, aunque, cuanto mayor es la profundidad, menor es la influencia del tipo de tratamiento. Lógicamente las temperaturas alcanzadas con los tratamientos 1 y 2 siempre son superiores a las obtenidas sin tratamiento térmico.

Las temperaturas obtenidas durante el mes de septiembre en el suelo del invernadero sometido a calentamiento solar activo se sitúan, para cualquier profundidad, entre los 40 y 50°C durante un tiempo de 6 a 7 horas en el caso de un tratamiento térmico con doble cubierta, y entre los 40 y 45°C durante un tiempo algo menor (de 4 a 6 horas). Si no se realizara tratamiento térmico las temperaturas de profundidades superiores a los 10 cm no superarían en ningún caso los 40°C. Estos niveles térmicos hacen prever un con-

## Bibliografía

- Abu-Gharbich, W.I.; Saleh, W.I.H.; Al-Banna, L. (1990). «Application of Solar-Heated Water for Soil Solarization». pag. 69- 77
- García, E.; Gutiérrez, J.L.; Cruz, J.M.; Adrados, C. (1987). «El calentamiento de suelos de invernadero mediante captadores solares planos. Evaluación experimental bajo diferentes condiciones de funcionamiento». III Congreso ISEI Madrid.
- Ghini, R. (1993). «A solar collector for soil desinfestation». Netherland Journal of Plant Pathology 99: 45-50.
- Katan, J.; Greenberger, A.; Alon, H.; Grinstein, A. (1976). «Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soilborne pathogens». Phytopathology 19: 211-236.
- Martínez, P.F.; Cenis, J.L.; González, A.; Aragón, R. (1986). «Niveles térmicos en la desinfección del suelo por energía solar (solarización)» Actas del II Congreso de la Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Vol II: 1099-1116.
- Porras, A.; Soriano, M.L.; Poblador, N.; Porras Soriano, A. (1999). «Control inteligente de la propagación bajo nebulización». Olivae (en prensa)
- Soriano, M.L.; Porras, A.; Pérez, C.; Fernández, M. (1998). «Tratamiento térmico de *Fusarium oxysporum* f.sp. melonis». Phytoma España, 99: 28-32.

rol efectivo en un mes no hábil normalmente para solarización, en el caso de patógenos muy característicos en suelos de invernadero.

Las temperaturas alcanzadas en octubre oscilan, en el mejor de los casos, entre 35 y 40°C, que no aseguran un correcto control de patógenos en el suelo. Se debe pues descartar la posibilidad de uso del sistema durante estas fechas, a no ser que se introdujeran condiciones que mejoraran el balance térmico del suelo, por ejemplo, un riego al inicio del tratamiento y el acolchado de los bancales del invernadero.

## LIDER EN DISEÑO Y CALIDAD



INVERNADEROS



FOG SYSTEM



PERFIL DE SUJECIÓN



BANDEJAS DE SUBIRRIGACIÓN

Cuenta con nosotros y nuestra experiencia para hacer realidad sus proyectos.



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO  
EUROPEO, S.L.

C/. Valencia, s/n.  
46210 PICANYA  
(Valencia)  
Telf. 96 159 09 54\*  
Telefax 96 159 06 09

e-mail: [inst.tech@ehome.encis.es](mailto:inst.tech@ehome.encis.es)  
web: <http://www.encis.es/ite>  
**Invernaderos y complementos  
para todas las necesidades.  
CALIDAD CONTROLADA**