

## ESTUDIO TERMICO DE INVERNADERO CON CALENTAMIENTO GEOTERMICO Y DOBLE TECHO

J. Adaro, F. Caracoche, P. Galimberti

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Río Cuarto  
Ruta Nac. N° 36 km. 601 – 5800- Río Cuarto  
Tel. y Fax: (058) 676246, e-mail: aadaro@ing.unrc.edu.ar

**PALABRAS CLAVES:** Invernaderos, calefacción, energía geotérmica, mejoras en invernaderos

### RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio térmico realizado en un invernadero existente en el predio de una escuela agro técnica de la región de Río Cuarto. Se analizaron las condiciones físicas del invernadero y en función de sus posibilidades se realizaron mejoras para evitar las pérdidas de la producción por las bajas de temperaturas. Las nuevas condiciones se generaron teniendo en cuenta experiencias anteriores realizadas por el grupo de trabajo.

Las mejoras implementadas, han sido experimentadas en otros invernaderos, de las cuales el calentamiento por medio de mangas con circulación de agua templada proveniente de un surgente, es la más destacada.

Se registraron las temperaturas en distintos puntos del invernadero, y a partir de los valores obtenidos se analiza el comportamiento del invernadero con las mejoras introducidas y se infiere a cerca de las bondades de las mismas.

### INTRODUCCION

El Grupo de Energía Solar de la Facultad de Ingeniería lleva ya varios años implementando y adaptando mejoras en invernaderos de la zona, las cuales han sido presentadas y detalladas en trabajos precedentes (Adaro et al., 1995,1996), (Galimberti et al. 1997)

Experiencias anteriores mostraron que de acuerdo a las características climáticas de la Región Centro Sur de las Provincia de Córdoba, la colocación de mangas plásticas sobre el suelo y entre los surcos, por las cuales circula agua a 28°C, constituía una alternativa interesante, sobretodo si el fluido calefactor provenía de una fuente geotérmica. El agregado de una doble cubierta, mejoraba la respuesta del invernadero a la hora de combatir la destrucción de las plantas por las bajas temperaturas.

El conjunto de mejoras constituía una excelente propuesta pero con una fuerte limitación: la presencia de un surgente in situ. Luego, para extender los resultados era necesario encontrar invernaderos de producción que tuvieran disponible una fuente geotérmica de agua templada. La búsqueda nos llevó a establecer contacto con los directivos del Instituto Provincial de Enseñanza Media N° 213 Ingeniero Agrónomo Lorenzo Parodi, en la Provincia de Córdoba. Como dicho establecimiento orienta la enseñanza de sus alumnos hacia la formación agronómica, cuenta entre otras cosas, con una sección de vivero en donde hay un invernadero con cobertura plástica. A 30 metros del mismo, se encuentra un tanque de distribución de agua. El agua llega al tanque proviene de una perforación, sin necesidad de ser bombeada y a una temperatura permanente de 28 C.

Esto hace que las condiciones sean muy similares a las que se daban en la Granja SIQUEM, lugar este donde se realizaron las experiencias publicadas en trabajos anteriores.

Es de destacar que a los efectos de poder realizar sin inconvenientes las tareas en el invernadero se han realizados las gestiones y es inminente la firma de un convenio y protocolo de trabajo entre la Universidad Nacional e Río Cuarto y el Instituto Provincial Ingeniero Agrónomo Lorenzo Parodi.

### DESCRIPCION DEL SISTEMA

En la sección vivero de la escuela agro técnica se encuentra un invernadero con cobertura de polietileno de 200 µm. Los soportes son de madera, tiene cuatro en el ancho y cinco en el largo. El techo está armado con arcos prefabricados, lo que le confiere gran resistencia a los fuertes vientos.

La figura 1, muestra la orientación del invernadero en relación a los puntos cardinales y la ubicación de árboles cercanos al invernadero. Esta descripción gráfica es a los fines de mostrar cuales son las posibilidades del invernadero para recibir radiación solar.

Para poder evaluar la performance térmica del invernadero durante el período invernal, fue necesario acondicionar previamente el invernadero que se encontraba muy deteriorado. Las tareas de recuperación consistieron en restaurar el techo y la cobertura lateral norte.

Las infiltraciones de aire existentes, producidas por las malas juntas de algunas uniones, no se resolvieron satisfactoriamente, quedando por lo tanto inconvenientes vinculados a la hermeticidad del recinto.

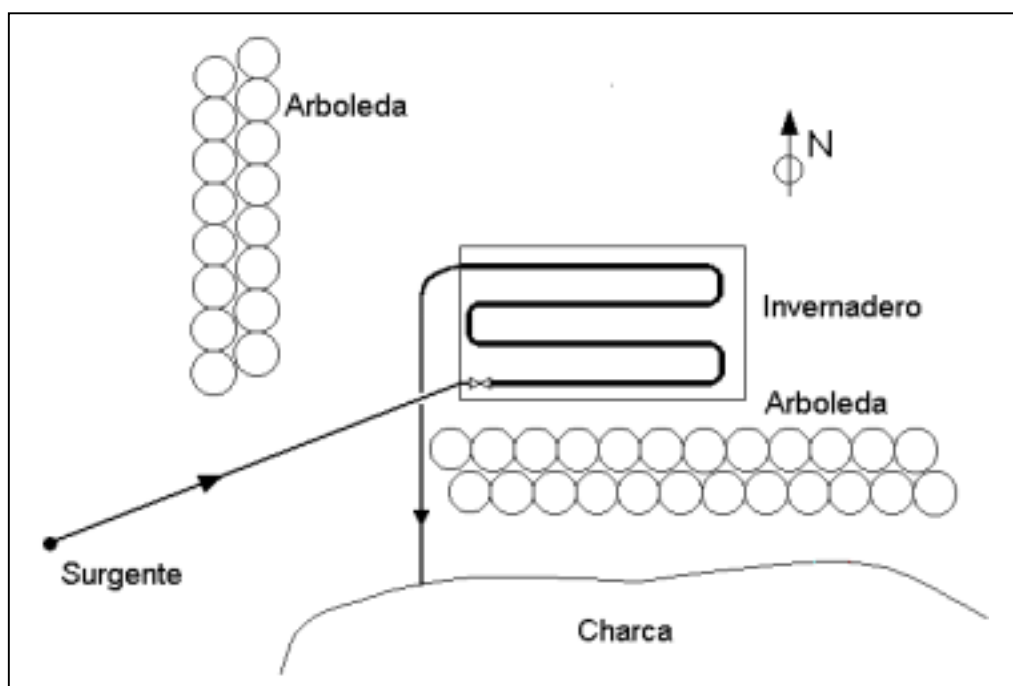


Figura 1: Ubicación relativa del invernadero

En la tabla 1, se muestran datos necesarios para evaluar el comportamiento térmico del ambiente del invernadero. Como se considera solamente el recinto, el tipo de cultivo es un dato irrelevante.

Largo	10 m
Ancho	6 m
Superficie del terreno	60 m <sup>2</sup>
Superficie de cubierta externa	150,7 m <sup>2</sup>
Volumen	183,2 m <sup>3</sup>
Superficie de la cubierta / Superficie del terreno	2,51
Volumen / Superficie del terreno	3,10 m

Tabla 1: Dimensiones del invernadero

## ENSAYO REALIZADO

Luego de acondicionar el invernadero, se procedió a implementar las mejoras. La primera de ellas consistió en colocar un entretecho plano de polietileno de 100  $\mu\text{m}$ , en toda la superficie del invernadero y en segundo término, extender una manga de polietileno negro de baja densidad de 200  $\mu\text{m}$  de espesor, sobre el suelo, entre los surcos. La superficie total de la manga es de 10,66 m<sup>2</sup> de los cuales aproximadamente el 40% está en contacto con el suelo.

El alcance de la doble cubierta ha sido analizado en otras oportunidades por el grupo de trabajo y por otros autores, coincidiendo en que el efecto más significativo es disminuir las pérdidas por convección, razón que definió la incorporación de esta mejora.

El agua templada proveniente del surgente, se hizo circular por las mangas, con la intención de entregar calor al ambiente radicular de las plantas y como una consecuencia inevitable se calienta el ambiente del invernadero. La cantidad de calor entregada es regulada por el caudal de agua que circula por las mangas.

A los efectos que el agua no pierda potencial calórico en el trayecto que va desde el surgente hasta la manga, se enterró la tubería que la conduce a una profundidad de 30 cm para que la tierra actúe como aislante.

Por medio de un termómetro para termocuplas, Digi Sense de 12 canales, se registraron las temperaturas en la entrada y salida de la manga, en el interior del invernadero sobre la pared norte, sur y en el centro a 1,2 m del suelo; la temperatura exterior en el sur y el norte; y en el suelo cerca y lejos de la manga.

Una estación meteorológica Weather Monitor II, registró valores de velocidad de viento y humedad relativa en el interior y exterior del invernadero.

Los sistemas de medición ya instalados en el invernadero, registraron valores de temperatura cada 20 minutos durante 83 horas, desde las 19:00 hs. del día jueves 10 de agosto hasta las 6:00 hs. del día lunes 14 del mismo mes.

### CÁLCULO DE LA TEMPERATURA INTERIOR DEL INVERNADERO

Con los datos de temperatura de entrada y salida del agua, el flujo de agua y el calor específico del agua se calculó el flujo de calor aportado al sistema de origen geotérmico, obteniendo un valor promedio de 13,9 MJ/h.

Se calcularon las pérdidas de calor por convección – conducción, por radiación y las pérdidas por el suelo según las ecuaciones que propone Matallana González (1993).

Las pérdidas por renovación de aire no se calcularon por que no se pudo cuantificar el coeficiente de renovación de aire debido a la precariedad de las instalaciones.

En base a esto para estimar el valor real de las temperatura en una instalación en buenas condiciones se supuso máxima hermeticidad. Bajo estas consideraciones el flujo de calor resultante es proporcional a la diferencia de temperatura en un determinado tiempo. A partir del calor aportado, de las pérdidas y de las temperaturas medidas se encontró la constante de proporcionalidad. Una vez determinada esta, se calcularon las temperaturas que tendría un invernadero en condiciones óptimas de hermeticidad.

### RESULTADOS

Para mostrar los resultados, se seleccionó un período de tiempo durante el cual se relevaron datos y se graficaron en las Figuras 2 y 3.

En la Figura 2, se muestra la evolución de la temperatura del agua a la entrada y a la salida de la manga. La diferencia de temperatura entre ambas, indica el aporte calórico del agua al interior del invernadero y al suelo del mismo.

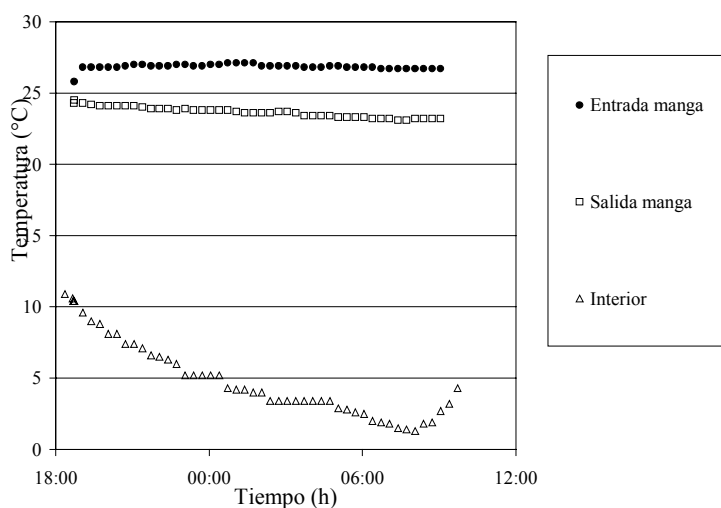


Figura 2: Evolución de temperaturas en el interior del invernadero y a la entrada y salida de las mangas

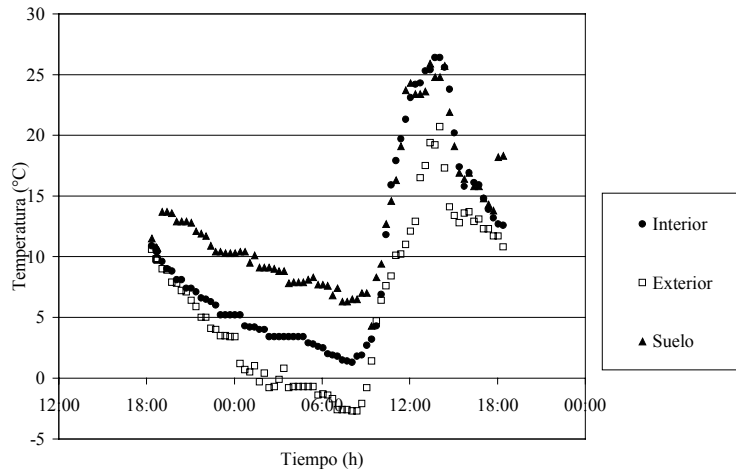


Figura 3: Detalle de temperaturas en el interior, en el suelo y exterior del invernadero

A los fines de caracterizar el desempeño térmico del ambiente del invernadero, se graficaron en la Figura 3 la evolución de temperaturas en distintos puntos del mismo. Se observan los efectos de la calefacción con mangas con circulación del agua del surgente y la presencia de la doble cubierta.

Las velocidades de viento registradas fueron menores que las habituales para esa zona, situación que se explica por la presencia de las arboledas que rodean al invernadero.

En la Figura 4, se presentan las temperaturas registradas en el interior del invernadero y las calculadas suponiendo máxima hermeticidad.

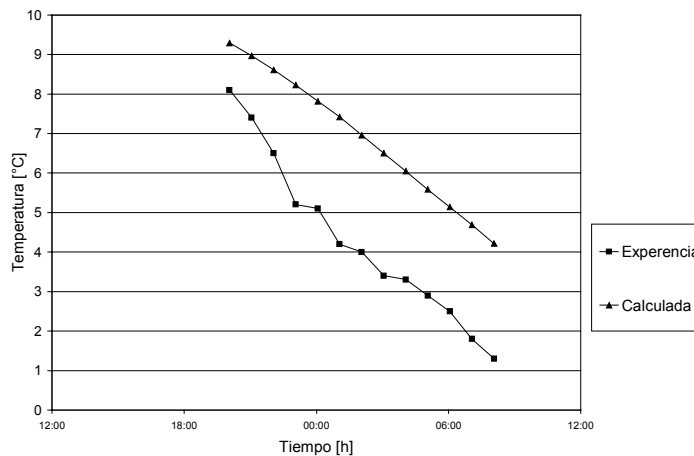


Figura 4: Temperaturas en el interior del invernadero

## CONCLUSIONES

La reducida diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior del invernadero, dan cuenta de una baja eficiencia del invernadero. Esto puede atribuirse en primera instancia a que la relación entre la superficie de la cubierta del invernadero y la superficie del terreno es demasiado alta, lo que hace que las pérdidas sean más significativas que las observadas en otras experiencias. Otra razón importante son las pérdidas calóricas por la poca hermeticidad del recinto, como era de esperar la temperatura interior del invernadero fue menor en todos los casos que la teórica calculada, quedando en evidencia que de mejorarse la hermeticidad, los valores de temperatura en el interior del invernadero serían más elevados.

La presencia de la arboleda sobre el oeste juega un papel importante al momento de ser un barrera para el viento, pero impide el aprovechamiento de la radiación directa a partir de las 16:00 hs. en la época invernal, constituyendo un serio inconveniente debido que es un período clave en la acumulación de energía del invernadero.

Otro de los aspectos a destacar es que la presencia de cultivos, que en este caso no fue tenida en cuenta, sin lugar a dudas hubiese contribuido a mejorar la inercia térmica del sistema.

Por último y en líneas generales se considera que la experiencia fue satisfactoria, ya que la temperatura interior del invernadero estuvo en todo momento sobre 0 °C, a pesar que la temperatura exterior estuvo por debajo de cero, lográndose una diferencia entre ellas de 4 °C.

Si el invernadero hubiese estado en producción, se hubieran evitado las pérdidas por heladas con tan sólo una inversión de aproximadamente \$80, considerando los costos de la doble cubierta, la manga y accesorios para la provisión del agua.

## REFERENCIAS

- Adaro, A.; Galimberti, P.; Lema, A.; Barral, J.; Fasulo, A.; (1995); Variables Climáticas de la Región Centro Sur de Córdoba; *Asades 1995*.
- Adaro, A.; Lema, A.; Galimberti P.; Barone, A.; Fasulo, A.; Iriarte, A.; (1996) Aprovechamiento Geotérmico en la calefacción de invernaderos – Mar del Plata – *Asades 96*
- Galimberti, P.; Adaro, A.; Lema, A.; Barone, A.; Grosso, L.; Fasulo, A.; (1997) Estudio comparativo de diferentes mejoras en Invernaderos – *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 1 N° 2*
- Mattalana González, Montero Camacho. (1993) Invernaderos, Diseño, Construcción y Ambientación – Mundi-Prensa

## ABSTRACT

A thermal preliminary study was made in a greenhouse located in a technical agriculture school near Río Cuarto. Physical conditions of the greenhouse were analyzed and improvements were carried out according to their possibilities and the work group experience. Then, the conditions were achieved to avoid the damage of the production for the drops of temperatures.

Improvements made, have already been experienced in the other greenhouses where a system of heating by means of geothermal energy, is the most outstanding.

The values of temperature were registered in different points of the greenhouse, from what is was inferred the results of implementing the suitable improvements.

The presented improvements are already those experienced in other greenhouses where the heating by means of systems of sleeves with circulation of warm water from a geothermal source in the most outstanding.