

# APORTE GEOTÉRMICO PARA CALEFACCIÓN DE INVERNADEROS: ENSAYOS PRELIMINARES

J. Adaro, A. Lema, P. Galimberti

Facultad de Ingeniería

M.Schneider

Facultad de Agronomía y Veterinaria

Universidad Nacional de Río Cuarto - Ruta Nac. 36 Km. 601 - 5800

FAX: 0586 - 676246 - Río Cuarto - Córdoba

A. Fasulo

Universidad Nacional de San Luis - Chacabuco y Pedertera - 5700

FAX: 0652-30224 - San Luis

A. Iriarte

Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Catamarca

## RESUMEN

En el presente trabajo se exponen algunos resultados preliminares de lo que constituye la primera etapa del análisis de la contribución que efectúa la energía geotérmica al calefaccionamiento de un invernadero tipo capilla. La situación que se ha presentado es la de contar con un invernadero cercano a una perforación de agua a temperatura permanente de 28-29°C y se realizan los balances calóricos apropiados para su estudio.

## INTRODUCCIÓN

El procedimiento de cultivo bajo invernaderos para obtener productos agrícolas primicia (esto es anticipando la producción estacional propia) es practicado en diversas regiones del país con resultados poco satisfactorios en la región central, debido principalmente a problemas de congelamiento producidos en los pocos días de invierno en los cuales la temperatura desciende debajo de 0°C, ocasionando la destrucción de los cultivos.

Otro variable importante que afecta a los productos agrícolas primicia obtenidos mediante invernaderos, es el descenso de temperaturas nocturnas por debajo de 10-12°C produciendo la detención en el crecimiento de las especies.

Se encuentran en experimentación diversos sistemas que pretenden evitar el excesivo enfriamiento nocturno, trasladando a la noche parte de la energía solar colectada durante día (absorbedores, colectores, acumuladores, etc.).

Las heladas durante la época invernal en la zona de Río Cuarto se caracterizan por tener frecuencias bajas y la temperatura mínima media anual es cercana a los 3.4°C.

Los meses de mayor riesgo para el cultivo son junio, julio y agosto, con temperaturas mínimas medias entre -3.1°C y -3,7°C, mientras que los mínimos absolutos para estos meses varía entre -6.2°C y -7°C, en la década 81-90. La velocidad del viento oscila entre 3.5 y 4.5 metros/segundos, siendo el de dirección NNO el de mayor frecuencia. Para estos meses las temperaturas medias mensuales son 9.5, 8.95 y 11.18°C respectivamente [1].

## DESCRIPCIÓN DE SISTEMA

Se dispone de un invernadero de uso típico en la región que consta de 3 capillas de 7 m de ancho por 45 m de largo resultando una superficie total de aproximadamente 1000 m<sup>2</sup>. El invernadero se encuentra en la granja SIQUEN de propiedad privada a unos 10 Km. de la ciudad de Río Cuarto. Es importante destacar que existe un convenio con protocolo de trabajo entre la U.N.R.C. y la entidad privada a los fines de desarrollar libre y responsablemente los trabajos en el invernadero.

La granja donde se desarrolla la experiencia, mediante una perforación se abastece de agua proveniente un acuífero confinado con características surgentes. El agua es moderadamente tibia (28-29°C) y podemos suponerla, en las condiciones actuales, como una fuente infinita de energía. Luego, el problema sería cómo realizar el máximo aprovechamiento de la misma.

La temperatura del suelo que se requiere varía con la especie, y el calentamiento del suelo permite reducir las exigencias de temperatura en el ambiente del invernadero para un crecimiento normal. La acción de la temperatura del terreno sobre el crecimiento de la planta es favorable hasta un cierto valor, dependiendo del tipo de cultivo [2].

La propuesta de este trabajo es aportar calor al suelo del invernadero, en las inmediaciones de las raíces de la planta, haciendo uso de la energía geotérmica proveniente del acuífero. Esto se logra mediante mangas colocadas entre surcos, a lo largo del invernadero, por donde se hace circular el agua del surgente.

La disposición de mangas sobre el suelo entre surcos permite que la emisión de calor se realice simultáneamente hacia el ambiente del invernadero y a la zona radicular de la planta.

## ENSAYOS PRELIMINARES

La experiencia consistió en colocar una manga plástica a lo largo de un surco, en un sector extremo del invernadero. Las características de la manga son: espesor 200 micrones, longitud 43 m, diámetro 114 mm. La misma se alimentó con caudal de agua de 0.13 Lts/s, registrándose los valores de temperaturas en distintos puntos durante varios días con el objeto de confeccionar los balances térmicos pertinentes. También se registraron temperaturas del suelo, a 3 y 8 Cm. de la manga, y en varios lugares del interior del invernadero. Se calculó el calor y la potencia que se entrega al sistema en las condiciones dadas. Se discriminó entre la energía entregada al aire y a la tierra, como así también lo no aprovechado.

Para efectuar el cálculo del calor entregado al aire, se necesitó disponer del coeficiente pelicular de la manga. Este valor se determinó experimentalmente realizando un ensayo de laboratorio que consistió en hacer circular agua a temperatura constante por el interior de un trozo de manga. Se registraron los valores de temperaturas a la entrada y a la salida de la manga y la temperatura del aire inmediato a la manga. Luego mediante un balance energético se determinó el  $h_{ma}$  (coeficiente pelicular de la manga, en relación al aire).

## RESULTADOS

La información que se obtuvo, si bien conduce a las mismas conclusiones, presenta variaciones ocasionadas por la ausencia de homogeneidad climática durante los días que se realizaron las experiencias. Por tal motivo para presentar los resultados se elige un día variable.

Los registros de las temperaturas son mostrados en el gráfico N° 1. En el gráfico N° 2 se muestra las temperaturas del agua a la entrada y salida de la manga comparadas con la temperatura del invernadero. Los flujos caloríficos cedidos al invernadero por la manga se representan en el gráfico N°3 conjuntamente con la eficiencia térmica del sistema.

Finalmente se presentan en un cuadro los balances energéticos y los rendimientos calculados.

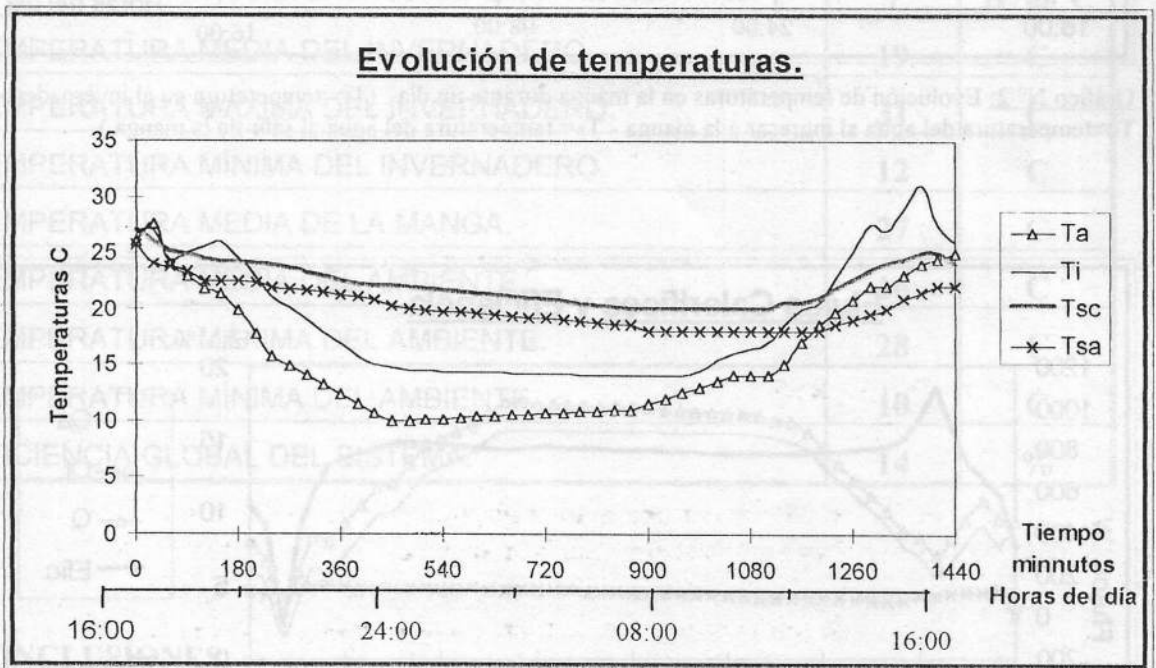


Gráfico N° 1: Evolución de temperaturas durante un día. (Ta= temperatura ambiente - Ti= temperatura en el invernadero - Tsc= temperatura del suelo cercano a la manga - Tsa= temperatura del suelo alejado de la manga ).

En los gráficos se observa que cuando la temperatura del interior del invernadero es inferior a la del agua que circula por la manga, esta última entrega un calor que de acuerdo a los valores obtenidos es significativo, este efecto repercute directamente en el suelo. Se observa un gradiente de temperatura, en función de la distancia a la manga.

Cuando la temperatura en el interior del invernadero es mayor que la temperatura del agua que circula por la manga, esto ocurre en las horas de máxima radiación, el agua a la salida de la manga tiene una temperatura mayor que a la entrada, oficiando la manga de colector, evacuando fuera del invernadero parte de calor absorbido.

### Temperaturas del agua en la manga.

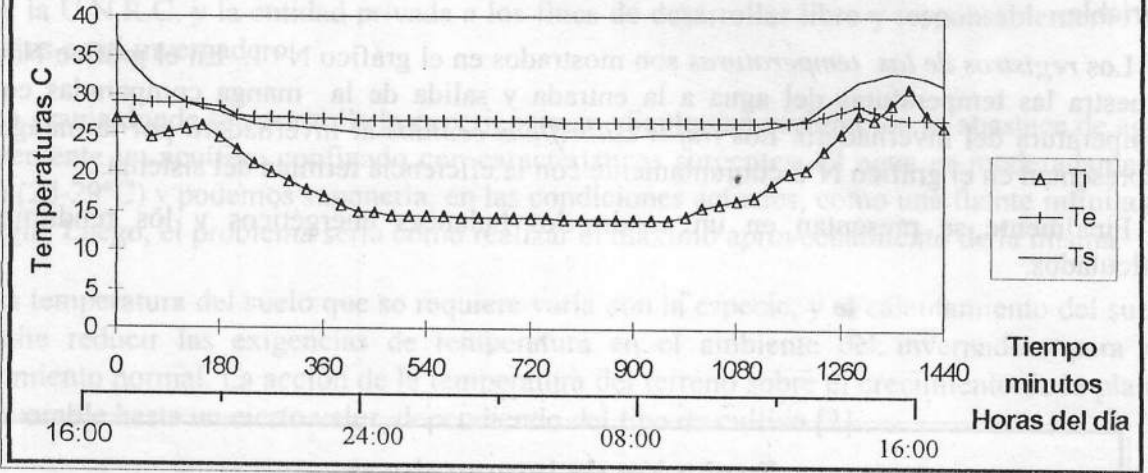


Gráfico N° 2: Evolución de temperaturas en la manga durante un día . (Ti= temperatura en el invernadero - Te=temperatura del agua al ingresar a la manga - Ts= temperatura del agua al salir de la manga ).

### Flujos Caloríficos y Eficiencia

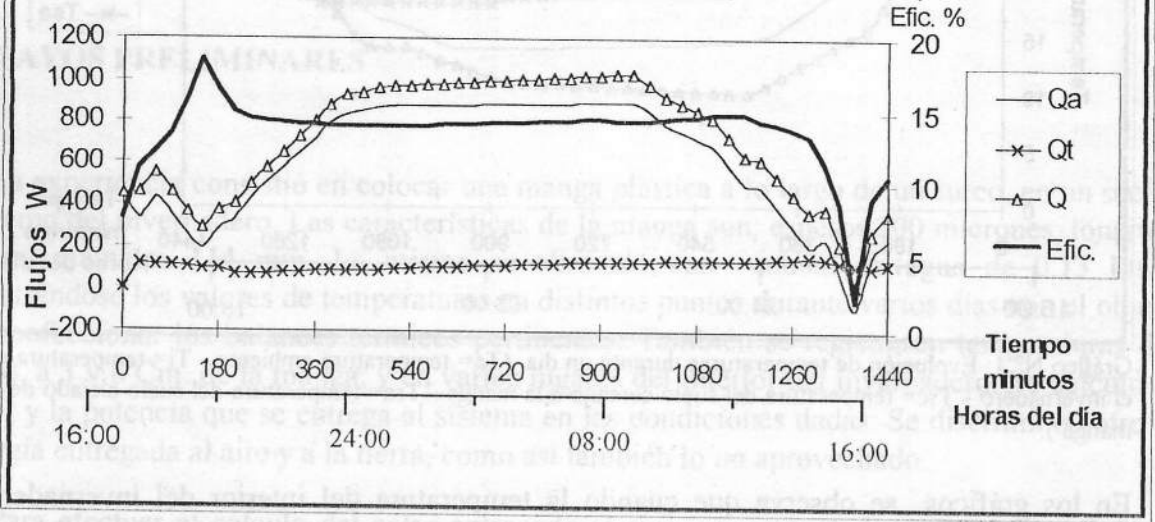


Gráfico N° 3: Flujos de calor y eficiencia. ( Qa= Calor transferido al aire - Qt= Calor transferido a la tierra -Q= Calor total transferido al invernadero-Efic= Eficiencia del sistema ).

En el cuadro siguiente se destaca el valor elevado de la energía no aprovechada (baja eficiencia), generado por el relativamente alto nivel térmico del agua a la salida de la manga, esto nos indica que las dimensiones de la manga se deben modificar incrementando el área de transferencia.

## VALORES OBTENIDOS PARA UN DÍA

MAGNITUD	VALOR	UNIDAD
ENERGÍA TOTAL.	461.0	MJ
ENERGÍA CEDIDA AL AIRE.	53.9	MJ
ENERGÍA CEDIDA AL SUELO.	9.7	MJ
ENERGÍA NO APROVECHADA.	397.3	MJ
FLUJO MÁSSICO DE AGUA.	0.135	Kg/s
COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR.	6.5	W/m <sup>2</sup> C
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR MANGA-SUELO.	5	W/m <sup>2</sup> C
COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR MANGA-AIRE.	7	W/m <sup>2</sup> C
TEMPERATURA MEDIA DEL INVERNADERO.	19	C
TEMPERATURA MÁXIMA DEL INVERNADERO.	31	C
TEMPERATURA MÍNIMA DEL INVERNADERO.	12	C
TEMPERATURA MEDIA DE LA MANGA.	27	C
TEMPERATURA MEDIA DEL AMBIENTE.	16	C
TEMPERATURA MÁXIMA DEL AMBIENTE.	28	C
TEMPERATURA MÍNIMA DEL AMBIENTE.	10	C
EFICIENCIA GLOBAL DEL SISTEMA.	14	%

## CONCLUSIONES

De las variaciones de la temperatura del suelo en las inmediaciones de la manga y de los resultados obtenidos se puede inferir que el aporte de calor permitiría mantener a la raíz de la planta, en condiciones tales de sobrevivir a las heladas. Lo que permitiría efectivamente adelantarse a la producción estacional.

En los campos de la región ha alumbrado también este acuífero, alcanzando en algunas zonas hasta 35°C. Esta información permite estimar que al realizarse perforaciones en estos lugares para la provisión de agua, esta podría ser utilizada para mejorar el rendimiento de los invernaderos.

Se contempla también la posibilidad de introducir otras variantes que nos permitan no solo evitar la destrucción de las plantas por heladas, sino llevarlas a condiciones de crecimiento

más favorables. Estas alternativas son: (a) la instalación de bolsas de plástico funcionando como intercambiadores de calor por las cuales circula el agua que abandona las mangas o bien agua proveniente directamente del surgente [3], y (b) la colocación durante la noche de una película aluminizada en el cielo raso del invernadero, que evite las pérdidas por radiación [4].

## NOMENCLATURA

- $T_a$  : temperatura ambiente [C].  
 $T_i$  : temperatura del invernadero ( a 20 Cm ) [C].  
 $T_e$  : Temperatura del agua a la entrada de la manga [C].  
 $T_s$  : Temperatura del agua a la salida de la manga [C].  
 $T_{sc}$  : Temperatura del suelo cercano (a 3 Cm) de la manga [C].  
 $T_{sa}$  : Temperatura del suelo alejado (a 8 Cm) de la manga [C].  
 $T_m$  : temperatura promedio de la manga [C].  
 $Q$  : flujo calorífico cedido por la manga al invernadero [W].  
 $Q_a$  : flujo calorífico cedido al aire [W].  
 $Q_t$  : flujo calorífico cedido a la tierra [W].  
 $Q_{na}$  : flujo calorífico no aprovechado [W].

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] VARIABLES CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN CENTRO SUR DE CÓRDOBA. ESTADO DE AVANCE. Barral, Adaro, Lema, Fasulo. ASADES 94
- [2] INVERNADEROS, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AMBIENTACIÓN. Mattalana Gonzalez, Montero Camacho. De. Mundi-Prensa 1993.
- [3] CALENTAMIENTO SOLAR DE INVERNADEROS EN LA PROVINCIA DE SALTA. Saravia, Echazú, Cadena, Cabanilla. ASADES 92
- [4] PANTALLAS TÉRMICAS ALUMINIZADAS EN INVERNADEROS - MODELIZACIÓN Y ENSAYOS. Levit, Lara, Piacentini.