

# ENSAYOS DE UN SISTEMA COMBINADO SOLAR BIOMASA PARA CALENTAMIENTO DE INVERNADEROS

L. Saravia, R. Echazú, C. Cadena, M. Condorí, M. Quiroga, y C. Cabanillas

INENCO

Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional

Universidad Nacional de Salta,

Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina

## RESUMEN

Se presentan los primeros resultados del ensayo de una instalación que integra un invernadero con un secadero. Este equipo cuenta con un sistema activo de captación de energía solar y acumulación de calor en agua y una fuente de energía auxiliar consistente en un horno para leña o rastrojos. Se consideran aspectos térmicos y agronómicos. Las medidas y el control de algunas funciones de operación se realizan con una computadora.

## INTRODUCCION

En un trabajo anterior (1), se propuso la utilización de un sistema integrado invernadero - secadero y se presentó el diseño y detalles constructivos.

Para calefacción del invernadero, se aprovecha el excedente de energía del día, acumulando calor en un depósito de agua.

Este calor se transfiere al invernadero durante la noche. El diseño del sistema colectores - intercambiadores, se perfeccionó a partir de otros experimentados anteriormente (2).

En el invernadero se cultiva pimiento para pimentón y oleoresina y se monitorean las variables térmicas, a la vez que se realiza un seguimiento agronómico del cultivo.

## EL CULTIVO

Con fecha 12/7/94 se implantó un cultivo de pimiento híbrido doble propósito, para pimentón y oleoresinas, dispuesto a tres bolillos y con una densidad de 25000 pl/ha. Se instaló un equipo de riego por goteo con goteros autocompensados que erogan 3.75 l/hs, con presiones de trabajo entre 0.5 y 5 kg/cm<sup>2</sup>.

El 20 % de los plantines que ingresaron al invernadero en el momento del trasplante presentaban síntomas de virosis, debido a una infección temprana en el almácigo, la transmisión de virus se produce principalmente a través de insectos vectores que los portan en su aparato bucal inyectándolos en las plantas al alimentarse y también en el caso de los virus del pimiento, las plantas se contagian por jugos celulares de plantas enfermas que se llevan en los dedos, la ropa, o toman contacto simplemente por rozamiento entre una planta enferma y una sana.

En la provincia de Salta se presentan problemas para controlar la alta población de áfidos, insectos vectores de virus, que debido a las condiciones de protección que encuentran en los invernáculos, y a la mayor resistencia al frío que han adquirido, proliferan aún en períodos invernales en poblaciones numerosas.

El suelo es de textura franca con PH 7, 0.86 % promedio en contenido de materia orgánica, relación Carbono - Nitrógeno 6, se presentaron problemas debido a que el caudal de los goteros superó la velocidad de infiltración del suelo, por lo que se reemplazaron los picos por otros que erogaron 2 lt/hs.

La frecuencia y la dosis de riego se calcula en base a los valores de evapotranspiración que mide el lisímetro.

El manejo agronómico del cultivo es llevado a cabo por personal de INTA, EEA - Cerrillos - Salta, quienes realizan además experiencias con diferentes manejos de fertilización en el cultivo.

### EQUIPO DE MEDIDAS

El sistema de mediciones y control, consta de una computadora XT, con dos tarjetas PCLAB a las que ingresan las señales de sensores y de las que salen líneas de control hacia un tablero de potencia que comanda la bomba de circulación de agua y un motor para la apertura y cierre de las cortinas del invernadero.

A este sistema que es una versión mejorada de otros ya estudiados (3), se le agregó un modem y un radio enlace telefónico con otra máquina instalada a 25 Km. (4)

En la figura 1 se indica la ubicación de los sensores en el invernadero - secadero.

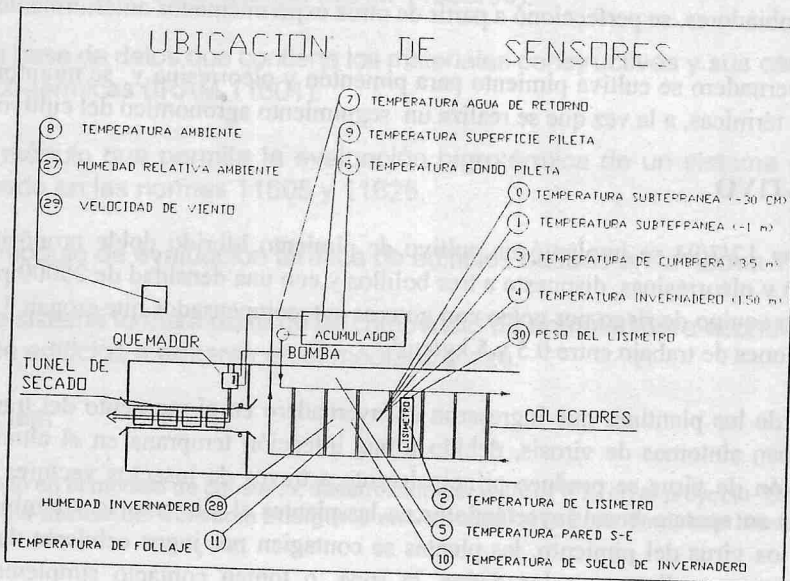


figura 1

Los sensores de temperatura son termistores NTC serie 2000 He Murata y los de humedad sondas Vaisala HMP 35D. La radiación solar se mide con un solarímetro Kipp Zonen de constante  $4.68 \text{ E } -6 \text{ V/W m}^2$  y la velocidad de viento con un anemómetro BAPT SV-1.

Los sensores de temperatura se calibraron con un equipo termostático de calibración Techne, a la décima de grado.

Se registra también la evolución del peso de un lisímetro (5) instalado en el invernadero.

Las lecturas de estos instrumentos se adicionan cada media hora a un archivo numérico y se graban en diskette.

Además de estas medidas automáticas se midió la radiación global, sobre plano horizontal, en el exterior y en el centro de la nave, a distintas alturas, con un pireliómetro Eppley de  $\text{cte}=8.46 \text{ E } -6 \text{ V/W m}^2$  para determinar la distribución de radiación.

También se midieron los espectros de radiación, exterior e interior a distintas alturas, con un espectrorradiómetro Li-Cor 1800.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se presentan en forma gráfica, algunos datos tomados de los archivos generados por el equipo de adquisición:

La figura 2 corresponde a una secuencia de días en que la temperatura ambiente fué subiendo gradualmente. La temperatura del invernadero se mantiene algunos grados por arriba de la ambiente y la del acumulador aumenta rápidamente cuando la bomba funciona de día y baja más lentamente durante la noche.

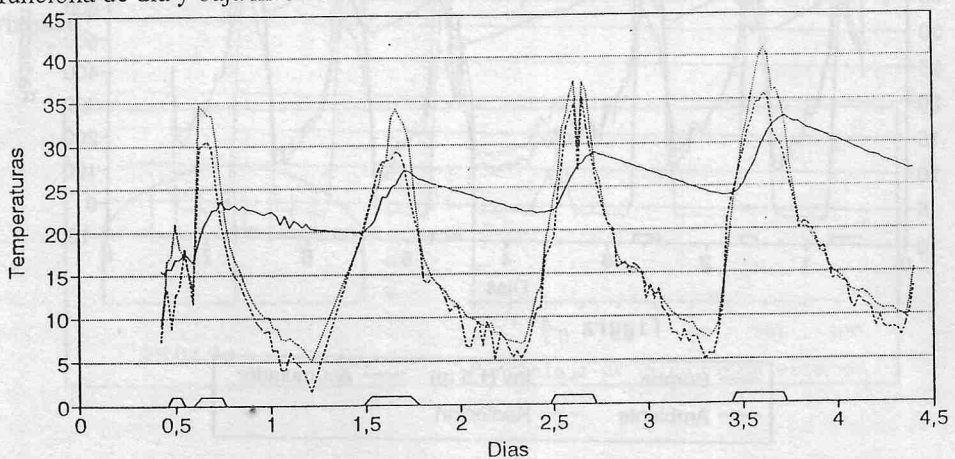
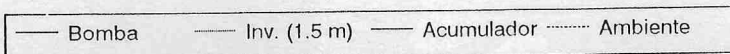


figura 2



En la figura 3 podemos ver la distribución de temperaturas a distintas alturas en el invernadero, con el cultivo recién implantado. La oscilación de la temperatura a nivel del suelo, se mantiene dentro de los niveles óptimos, mientras que la del aire del invernadero tuvo algunos picos, a pesar de estar funcionando el sistema intercambiador.

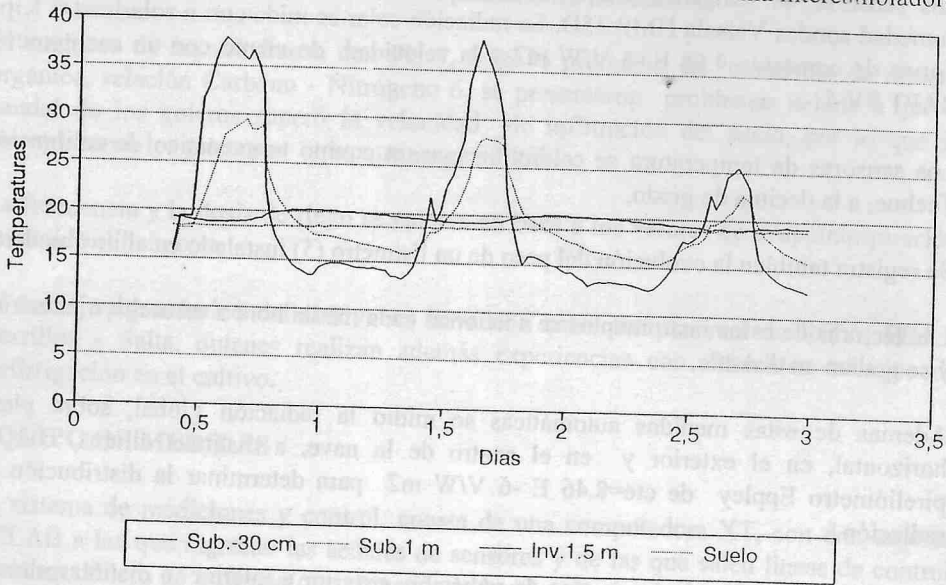


figura 3

Desde mediados de agosto en adelante, la temperatura ambiente es muy alta, y se vió la necesidad de refrigerar el invernadero. Se modificó el umbral de temperatura del invernadero que controla la operación de la bomba durante la noche. Al pasar de 10 a 20 C esta temperatura de control, la bomba trabaja mas horas durante la noche, enfriando el acumulador. Vemos los resultados en la figura 4.

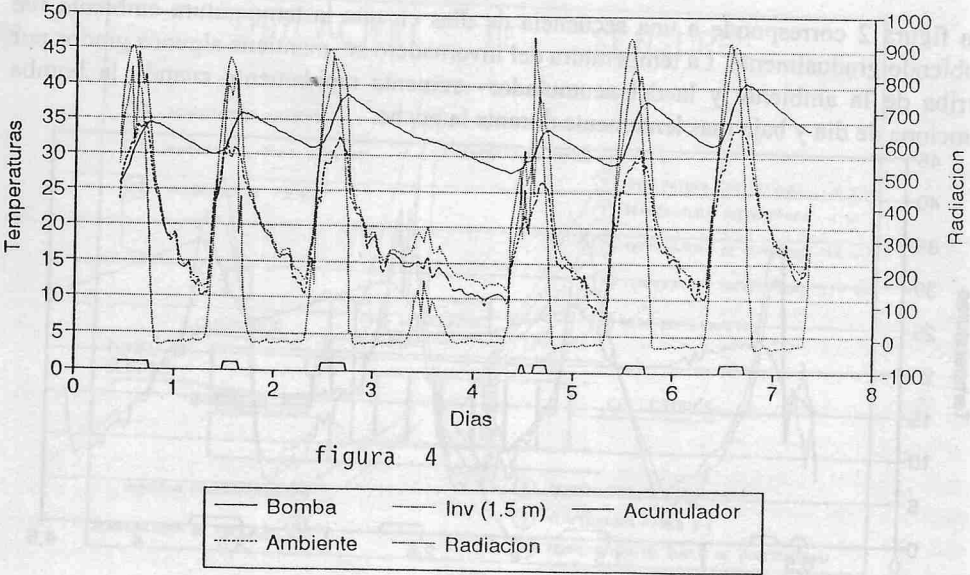


figura 4

En la figura 5 se muestra, con datos de un día de alta radiación, una curva de eficiencia, similar a la habitual para colectores planos.

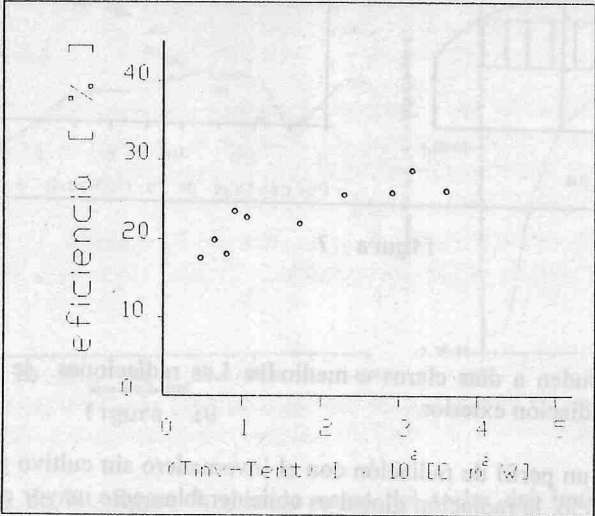
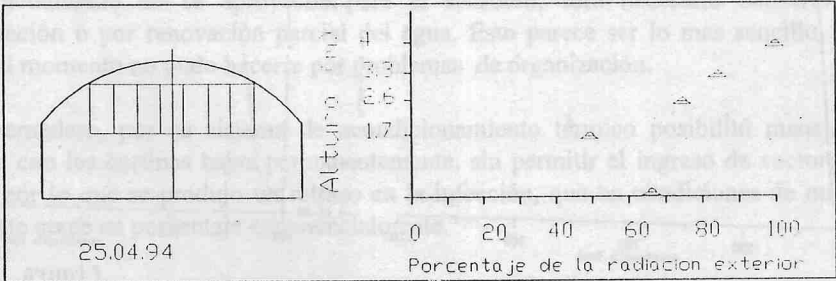


figura 5

En ordenadas se representó la relación entre la energía captada por unidad de superficie y la absorbida por el sistema y en absisas la diferencia entre la temperatura de entrada al sistema y la del invernadero divididas por la radiación.

Los puntos se agrupan aproximadamente sobre una recta de pendiente positiva, al contrario de lo que sucede en un colector plano. Una eficiencia de 20 % no es muy baja, si se considera que estos colectores absorben solo radiación infrarroja y son transparentes a la visible. Esto es deliberado para no entorpecer la fotosíntesis del cultivo.

En las figuras 6 y 7, vemos a la izquierda un corte del invernadero, y el sistema colector. A la derecha, en la misma escala de alturas, un perfil de radiación global sobre plano horizontal.



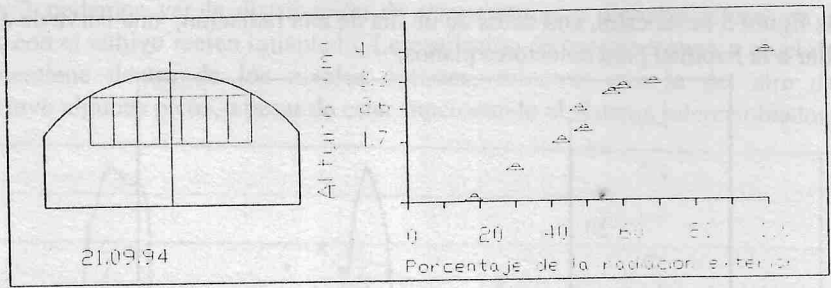


figura 7

Las medidas corresponden a días claros a mediodía. Las radiaciones se representan como fracción de la radiación exterior.

En la figura 6 vemos un perfil de radiación con el invernadero sin cultivo y el plástico limpio. A nivel del suelo, la radiación global es considerablemente mayor que entre los colectores. Esto se atribuye a la radiación difusa recibida de las paredes.

En la figura 7 las medidas se hicieron con el plástico sucio y el cultivo con una altura de 80 cm.

De el mismo modo se midió el espectro solar a distintas alturas.

En las figuras 8 a 11 se representan los cocientes entre los espectros medidos en cada punto y exterior. Así cada curva es la transmitancia en función de la longitud de onda.

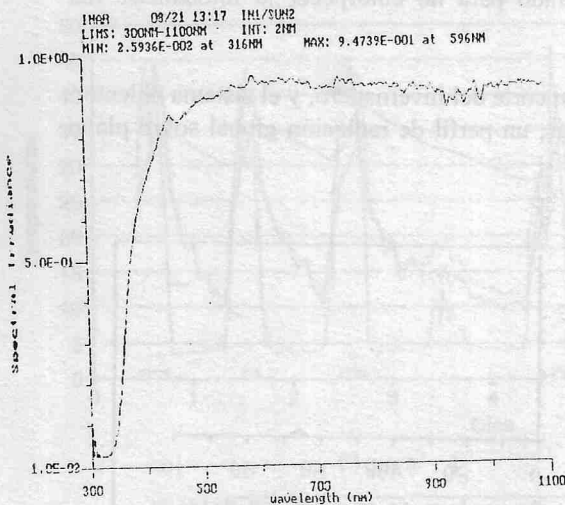


figura 8

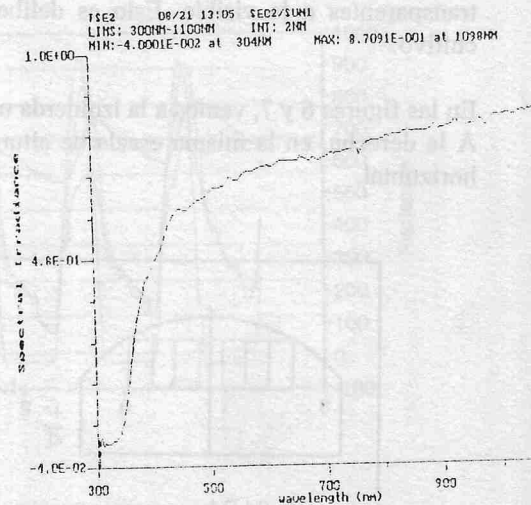


figura 9

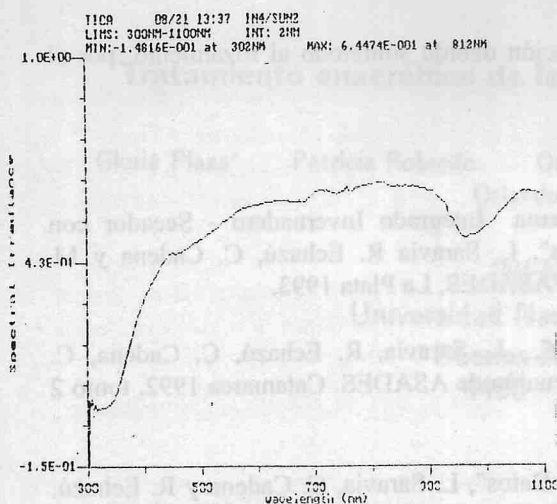


figura 10

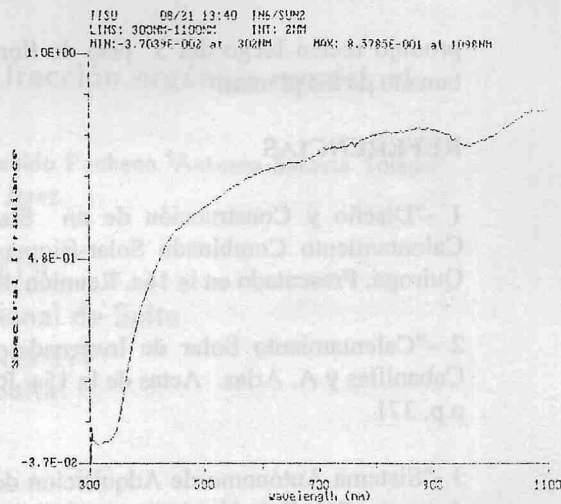


figura 11

El espectro de la figura 8, medido cerca del techo del invernadero representa la transmitancia de un plástico limpio con un año de uso.

Resulta interesante compararlo con la figura 9 que corresponde al mismo plástico pero con polvo atmosférico depositado sobre él.

En la figura 10 vemos el espectro medido a 2 m de altura, dentro del invernadero. Nótese el pico de absorción del agua.

Por último la figura 11 es el espectro a nivel del suelo, sin cultivo.

## CONCLUSIONES

El invierno del 94 fué particularmente caluroso, por lo que el cultivo estuvo siempre a temperaturas lejanas de las de riesgo por helada. El sistema de calefacción permitió mantener temperaturas nocturnas cercanas a las óptimas fisiológicas.

El sistema de transferencia de calor, sirve también para refrescar el invernadero, pero se ve la necesidad, ya en setiembre, de enfriar más el agua del acumulador. Cuando el calor acumulado no se aproveche para el secadero, será necesario enfriarlo por evaporación o por renovación parcial del agua. Esto parece ser lo más sencillo, pero hasta el momento no pudo hacerse por problemas de organización.

El invernadero, por su sistema de acondicionamiento térmico posibilitó manejar el cultivo con las cortinas bajas permanentemente, sin permitir el ingreso de vectores de virus, por lo que se produjo un retraso en la infección, que en condiciones de manejo corriente crece en porcentaje exponencialmente.

Las plantas cuentan actualmente con 93 cm. de altura promedio, con tres pisos de floración cuajados, entre 23 y 30 futos por planta sanos y el porcentaje de plantas con virus ha alcanzado un 24.84 %, el aumento en porcentaje de plantas infectadas, se

produjo recién luego del 3° piso de floración debido sobretodo al rozamiento, por el tamaño de las plantas.

## REFERENCIAS

- 1 -"Diseño y Construcción de un Sistema Integrado Invernadero - Secador con Calentamiento Combinado Solar-Biomasa". L. Saravia R. Echazú, C. Cadena y M. Quiroga. Presentado en la 16a. Reunión de ASADES, La Plata 1993.
- 2 -"Calentamiento Solar de Invernaderos", L. Saravia, R. Echazú, C. Cadena, C. Cabanillas y A. Arias. Actas de la 15a. Reunión de ASADES. Catamarca 1992. tomo 2 p.p. 371.
- 3 -"Sistema Autónomo de Adquisición de Datos", L. Saravia, C. Cadena y R. Echazú. Actas de 76a. Reunión de la Asociación de Física de la Argentina. Tucumán, 3 al 7 de octubre de 1991. p.p. 399.
- 4 -"Adquisición y transmisión de Datos desde Terminales Remotas. Aplicación a un Invernadero - Secadero". D. Hoyos, M. Condorí y R. Echazú. Presentado en esta Reunión.
- 5 - "Diseño y Primeros Ensayos de Lisímetro Gravimétrico para Medidas de Evapotranspiración en Invernadero" M. Quiroga, L. Saravia y R. Echazú. Presentado en esta Reunión.