

INVERNADERO COLECTOR SOLAR PARA SECADO DE
PRODUCTOS AGRICOLAS: ENSAYOS PRELIMINARES'

A. Iriarte*, V. García y E. Argüello^o
INENCO, Unidad Catamarca**
Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.Ca.
Avda. M. Quiroga N° 93 - 4700 - Catamarca

L. Saravia
INENCO, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta.

RESUMEN

El presente trabajo describe el estudio experimental de las condiciones de uso de un invernadero como colector solar para el calentamiento del aire asociado al secado de productos agrícolas.

Se analizan los datos obtenidos durante los ensayos realizados determinándose el calor instantáneo y global disponible, rendimiento y variaciones de temperatura en el interior del mismo, con y sin recirculación de aire, se incluyen ensayos con calefacción auxiliar por quema de leña, con intercambio de calor de combustión dentro de la cámara de secado.

Se muestran los resultados preliminares obtenidos durante los ensayos de secado con uva sin semilla variedad CG 102-011.

INTRODUCCION

La utilización de sistemas productivos bajo cubierta, se ha intensificado en forma importante en el país, particularmente en la región NOA, usándose principalmente durante el período invernal, lo que permite usar su estructura durante la época estival, propicia para el deshidratado de productos agrícolas. Esto ha inducido a estudiar la factibilidad técnica y económica de su uso como colector solar para calentamiento de aire, orientado al secado de frutas y hortalizas, aprovechando así la infraestructura e incurriendo solo en los costos para su acondicionamiento como colector y secadero.

La estacionalidad de la producción agrícola constituye un factor determinante de la necesidad del secado de productos agrícolas, ya que las demandas son irregulares, las distancias

* Miembro de la Carrera del CONICET
^o Becario SEDECyT
** Convenio U.N.Ca - U.N.Sa. - CONICET
Parcialmente financiado
INENCO - BID CONICET N° 307
SEDECyT - UNCa

a recorrer hasta los puntos de consumo aumentan los costos y en consecuencia, es conveniente esperar precios favorables de los mercados nacionales e internacionales.

En la Argentina, la industria del secado es todavía ineficiente, especialmente en el interior del país, donde se produce la deshidratación de los productos frutihortícolas a cielo abierto, principalmente por exposición de la radiación directa sobre el producto extendido en canchones de tierra.

Este tipo de secado, que tradicionalmente se realiza en el NOA, requiere de condiciones especiales de clima seco, mano de obra no especializada y muy pequeñas inversiones, pero el producto final es muy contaminado por polvo e insectos, es de baja calidad y las pérdidas son importantes durante el proceso, lo que resulta con un valor económico considerablemente disminuido.

Paralelamente en esta misma región, se está incrementando notablemente la utilización de sistemas productivos bajo cubierta, usándose principalmente durante el período invernal, lo que permite disponer de una estructura durante los meses de verano, época propicia para el deshidratado de productos agrícolas.

Básicamente la idea consiste en transformar una estructura de madera recubierta por un plástico especial con tratamiento antiultravioleta, tipo larga duración térmica -L.D.T.- de 150 micrones de espesor, en un colector solar y un gabinete de secado.

Con el propósito de que la medición del ensayo experimental refleje la situación real de uno de los posibles arreglos, se incorporó una cámara de secado construida con plástico transparente del tipo U.V. térmico de larga duración, en el interior del invernadero, usando como divisor entre el invernadero colector y el invernadero secador una cortina doble de polietileno negro en cuyo interior se colocan planchas de poliestireno expandido, constituyendo una pared divisoria aislante, como también se incluyó un sistema de calefacción auxiliar. Figura N° 1.

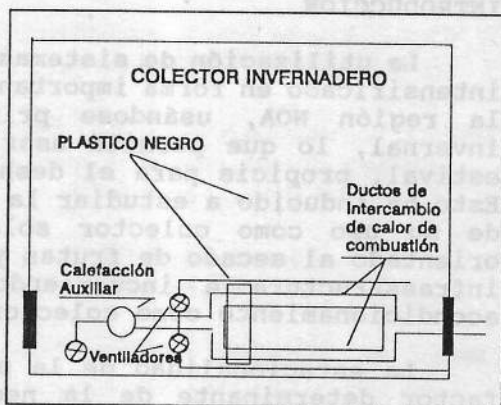


Figura N° 1

En el presente trabajo se discute el comportamiento del colector invernadero, analizando la variación de temperatura en diferentes puntos del mismo, la eficiencia global, así como la energía disponible para el secado.

CARACTERISTICA DEL DISEÑO

El invernadero utilizado en la experiencia, se encuentra ubicado en la Estación Experimental INTA, Sumalao - Catamarca, es una estructura tipo Armería simplificada, de 336 m² de superficie útil, esto es, 16 m de ancho, 21 m de largo; 2 m de altura en los laterales y 3,5 m de altura máxima. Figura N^o 2.

La estructura del invernadero, construido básicamente con una infraestructura de postes de eucaliptos, ubicados verticalmente, sobre los cuales se tensa una malla de alambres de alta resistencia N^o 17/15, soportada convenientemente con "muertos" ubicados a lo largo de todo el perímetro. Toda la estructura es cubierta por una membrana de plástico de larga duración térmica (L.D.T.) con tratamiento antiultravioleta de 150 micrones de espesor, fijada a los maderos transversales - laterales mediante varillas clavadoras de 1/2" de espesor por 1" de ancho. Una nueva malla de alambre de iguales características a la ya citada, de tensión independiente, se dispone por encima de la membrana plástica a fin de lograr una óptima protección contra los vientos característicos de la zona.

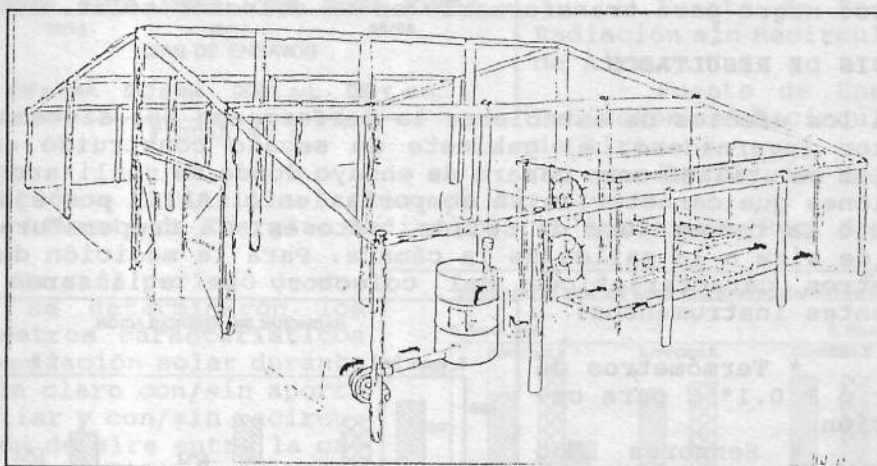


Figura N^o 2

Los laterales del invernáculo, permiten su elevación independientemente a fin de alcanzar los niveles de aireación necesaria para la producción bajo cubierta.

El módulo se encuentra orientado en dirección Este - Oeste, con el propósito de tener una cara lateral de exposición completa hacia el Norte, que es precisamente la que actúa como secadero.

En coincidencia con el sector de secado, se ubican dos puertas de ingreso de 2m x 2m, divididas en dos hojas de 1,30m y 0,70m cada una.

El módulo de secado o cámara de ensayo se divide del resto del invernadero mediante una pared aislada constituida por

plástico negro de 200 micrones y poliestireno expandido de 30mm de espesor. Dicha pared se divide en paños independientes que se fijan a los parantes de madera de la estructura en forma rápida al momento de constituirse el secadero.

En uno de los extremos del módulo se ubica la entrada coincidiendo con una de las puertas del invernadero. El sistema cuenta con dos ventiladores axiales de 1/2 HP de potencia alimentado con 220 Voltios, estos están colocados en forma vertical uno arriba del otro al fondo del módulo y conectado de manera tal que el aire es forzado a entrar en él. Esta ubicación permite una mejor utilización del aire caliente.

El aporte auxiliar de energía se realiza mediante la quema de leña o desechos agrícolas, en un recinto especialmente acondicionado. Los gases de combustión salen impulsados por un pequeño ventilador a través de tubos metálicos que están ubicados en el piso del módulo de secado.

El piso del resto del invernadero se recubre con el mismo plástico negro para transformarlo en un colector solar.

ANALISIS DE RESULTADOS

A los efectos de establecer la performance del sistema del colector invernadero, el gabinete de secado construido en su interior se utilizó como cámara de ensayo donde se realizaron las mediciones que caracteriza su comportamiento. Allí, por ejemplo se midió la temperatura de salida, esto es, la temperatura del flujo de aire a la salida de la cámara. Para la medición de los parámetros característicos del colector, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- * Termómetros de mercurio $\pm 0.1^\circ \text{C}$ para calibración.

- * Sensores LM35 encapsulados metálico, medición de temperatura, rango $0 - 100^\circ \text{C}$.

- * Radiómetro Kipp - Zonnen.

- * Sensor Vaisala y psicrómetro de bulbo seco y bulbo húmedo para medición de humedad.

- * Sistema integrado de adquisición de datos con tarjeta Lab 812PC 16#.

- * Sistema de adquisición de datos DELTALOG 60#

La experiencia se dividió en tres etapas caracterizados por distintas épocas del año, así se tomó un período de ensayo desde

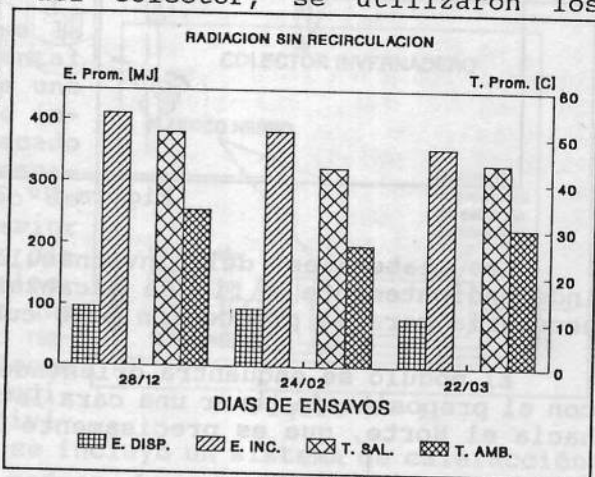


FIGURA Nº 3

el 12 de Diciembre de 1992 hasta el 28 de Diciembre de 1992, la segunda etapa, donde se mejoró las condiciones de circulación de aire y los aspectos constructivos del gabinete de secado se realizó desde el 01 de Febrero al 01 de Marzo de 1993 y la última etapa donde además de ajustar los parámetros mencionados anteriormente, se incorporó producto a secar para analizar el comportamiento.

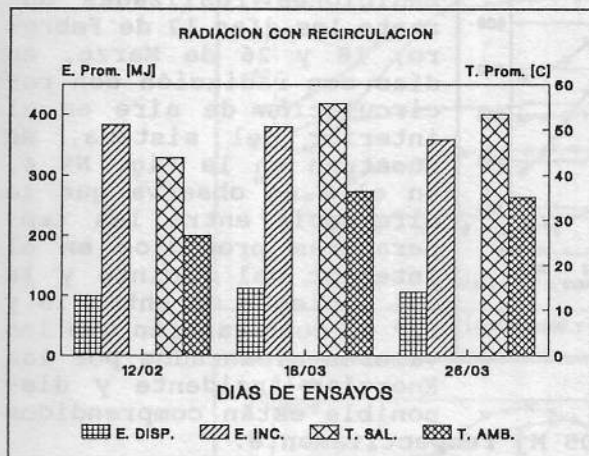


FIGURA Nº 4

A los efectos de la discusión de los resultados se han tomado días característicos de cada período en las condiciones preestablecidas.

Para cada período se ha determinado la performance del colector en las siguientes condiciones.

- Fuente de Energía: Radiación sin Recirculación de Aire.

- Fuente de Energía: Radiación con Recirculación de Aire.

- Fuente de Energía:

Radiación + C. Auxiliar s/Rec. de Aire.

- Fuente de Energía: Radiación + C. Auxiliar c/Rec. de Aire.

En cada período de ensayo se determinaron los parámetros característicos con radiación solar durante un día claro con/sin aporte auxiliar y con/sin recirculación de aire entre la cámara de medición y el colector cada 30 minutos.

A los efectos de la discusión se ha seleccionado los resultados promedios significativos de los períodos y se los presenta representados en gráficos de barras.

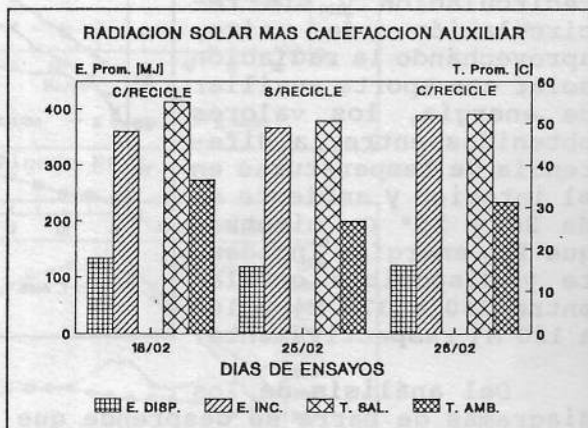


FIGURA Nº 5

En los gráficos Nº 3, 4, y 5, se muestran los promedios diarios de la energías incidente y disponible y también las temperaturas en la cámara de ensayo, y la ambiente.

En la Figura Nº 3, se observa que la diferencia entre la temperatura promedio del aire en el interior del recinto y la

temperatura promedio ambiente está comprendida entre 14 y 18° C, mientras que las Energías incidentes y disponibles alcanzan valores que van desde los 357 a 411 Mj y 81 a 97 Mj, respectivamente, para los días elegidos, 28 de Diciembre, 24 de Febrero, y 22 de Marzo, con radiación sin recirculación de aire.

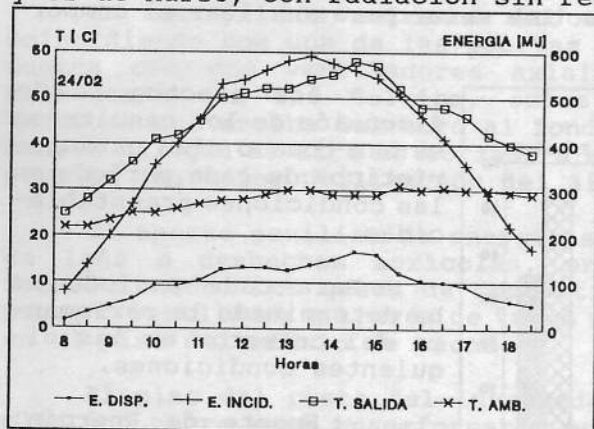


Figura Nº 6

Los resultados de las mediciones realizadas durante los días 12 de Febrero, 18 y 26 de Marzo, en días con radiación con recirculación de aire en el interior del sistema, se muestran en la Fig. Nº 4, en ella se observa que la diferencia entre las temperaturas promedio en el interior del recinto y la del ambiente es entre 15 y 22° C, como también que los valores alcanzados por las Energías incidente y disponible están comprendidos

entre 361 - 380 Mj y 99 - 105 Mj respectivamente.

Los días de ensayos 18 de Febrero, 25 de Febrero y 26 de Febrero se han realizado ensayos con recirculación y sin recirculación de aire, aprovechando la radiación solar con aporte auxiliar de energía, los valores obtenidos entre la diferencia de temperaturas en el interior y ambiente es de 20 y 25° C, mientras que las energías incidente y disponible oscilan entre 360 a 370 Mj y 108 a 120 Mj respectivamente.

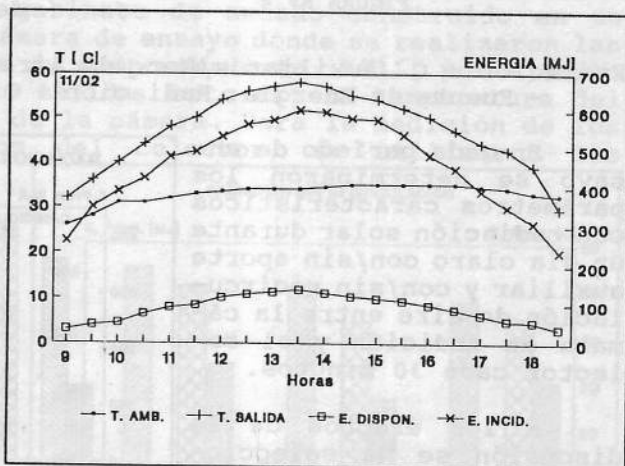


Figura Nº 7

Del análisis de los diagramas de barra se desprende que la energía y la temperatura del aire disponible resultan entre 80 a 120 MJ y 50° C, respectivamente.

En las Figuras Nº 6, 7, 8 y 9 se muestran los mismos parámetros para un día característico de ensayo.

Para valores típicos de radiación del mes de Febrero la eficiencia promedio del colector, Figura Nº 10 sin aporte auxiliar, está en el orden del 20%.

Durante el mes de Abril se "cargó" la cámara de ensayos con

uva sin semilla, variedad CG 102-011, esta experiencia se realizó con aporte auxiliar de calor proveniente de la quema de leña. Figura N° 11.

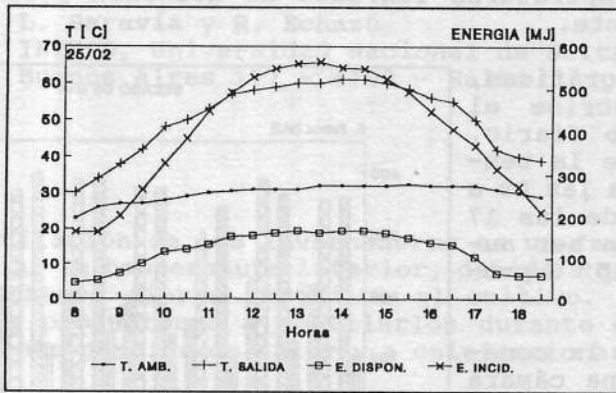


Figura N° 8

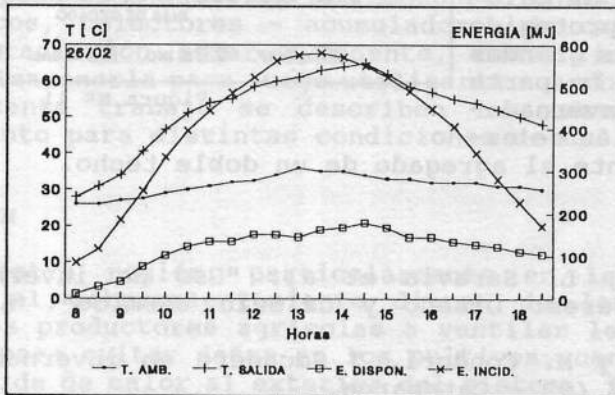


Figura N° 9

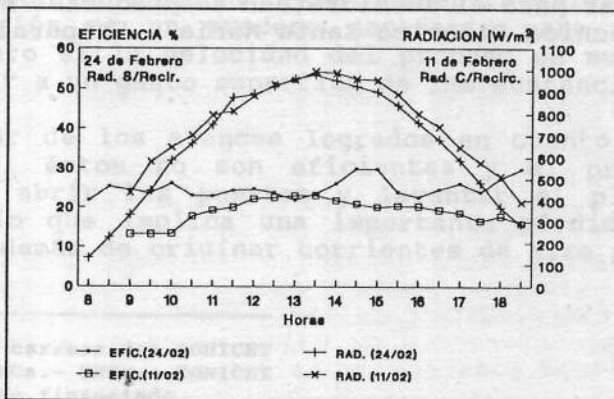


Figura N° 10

CONCLUSIONES

El comportamiento del sistema es óptimo, pero se advierte que es necesario analizar el sistema de calefacción auxiliar, por cuanto las temperaturas logradas no alcanzan para mantener un secado constante.

En las gráficas, donde se describe el comportamiento diario, se observa que la temperatura desde las 08 a 10 hs., y desde las 17 a 19 hs. deben ser aumentada unos 15°C promedio.

Se prevé la construcción de una cámara tipo túnel y lograr de que el sistema de calefacción sea protegido para evitar las grandes pérdidas por la parte superior del invernadero. Como también se estima conveniente el agregado de un doble techo.

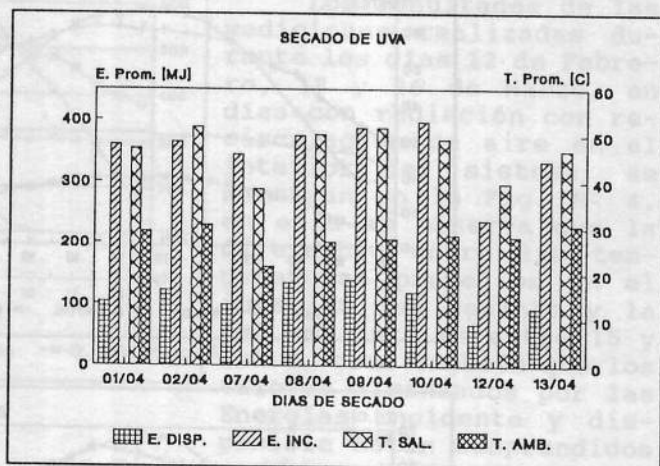


Figura N° 11

REFERENCIAS

- A. Iriarte, L. Saravia et al. "Uso de invernaderos como secaderos solares: Diseño y cálculo térmico". ASADES '92 - Catamarca.
- L. Saravia y M. Condorí. "Secadero en invernadero de tipo túnel". ASADES '92 - Catamarca.
- A. Arata Andreani. "Uso de invernaderos como fuente colectora de Energía Solar para el deshidratado de productos hortofrutícolas". Univ. Técnica Federico Santa María . Valparaiso - Chile.