

SISTEMA SOLAR PARA USO COMO INVERNADERO O SECADERO: EXPERIMENTACION Y ANALISIS ECONOMICO

Luis Saravia*, Ricardo Echazú, Leonor Zunino**, Mirta Quiroga y Patricia Robredo

INENCO #, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177, 4400 Salta, Argentina.

RESUMEN

En un trabajo anterior (1) se vió la conveniencia de aumentar la utilidad de las instalaciones de secado solar, para acrecentar su rentabilidad, diseñando un sistema para uso alternativo como secadero o invernadero.

En el presente trabajo, se discuten los resultados de la campaña de secado de diciembre /87 a marzo /88 y se presenta un balance térmico de toda la instalación, en base a las medidas realizadas. Las instalaciones se encuentran en la localidad de Vaqueros - Departamento La Caldera- Provincia de Salta.

Para el ensayo como invernadero, en período otoño invierno, principio de primavera, se cultiva un híbrido de tomate y una variedad de pimiento de otra zona de la Provincia, como primer ensayo de manejo y viabilidad en una zona donde este tipo de práctica es casi inédita.

La siembra se efectuó en abril /88 y se lleva un registro del manejo agrícola, y de las medidas térmicas del sistema. El presente trabajo incluye resultados parciales pues a la fecha no se completó la cosecha.

INTRODUCCION

La Localidad de Vaqueros y el Valle de Lerma, están en general dedicados al cultivo de tabaco, cuyo precio ha comenzado a decaer. La zona tiene una precipitación media anual de 1200 mm, se encuentra en la provincia fitogeográfica de las Yungas - Distrito Selva de Transición -, la temperatura media es de 10C en el mes frío (julio) y de 20.2C en el mes caluroso (diciembre). La máxima absoluta registrada es de 39C y la mínima absoluta de -9C.

La Ciudad de Salta se provee en general de frutas y hortalizas provenientes de distintas zonas productoras como Colonia Santa Rosa, (Prov. de Salta), Tucumán y Santiago del Estero, zonas estas que comercializan el grueso de sus productos en Buenos Aires y en el exterior, siendo Salta un mercado cómodo para vender el remanente, no siempre de la mejor calidad.

En épocas de mayor demanda exterior de productos, se producen en la Provincia considerables picos de precios e incluso hay frutas y hortalizas que no obstante producirse localmente faltan totalmente en algunas épocas del año.

* Investigador del CONICET

** Becaria del CONICET

Instituto UNSa.- CONICET

El cultivo bajo invernáculos abre una buena posibilidad económica diferente, al cada vez menos rentable tabaco, que permitiría cerrar un ciclo productivo anual en una zona donde el período de heladas, aunque breve, veta toda posibilidad de producir vegetales sensibles en las épocas en que alcanzan los más altos precios.

I. SECADERO SOLAR

El sistema ha sido construido y ensayado en Salta, durante el verano 87 - 88, se muestra en la Figura 1.

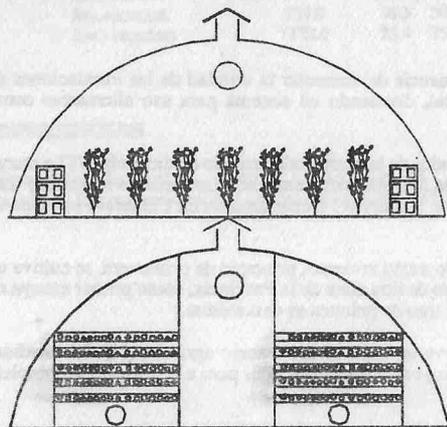


Figura 1: Esquema del sistema.

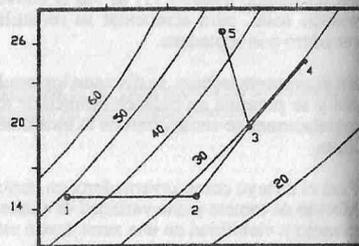


Figura 2: Temperatura y humedad en el diagrama psicrométrico

Se realizaron dos tipos de ensayo. Por un lado se secaron diversos tipos de productos de la región, tales como orégano, pimientos y uvas. Los resultados fueron buenos, obteniéndose un producto parejo y con buenas características disímiles de los productos. El tiempo de secado fue de dos días para el orégano, siete para los pimientos y para las uvas once. Estas últimas no eran del tipo más conveniente para el secado. El verano en Salta tiene un clima muy variable con frecuentes lluvias, a pesar de ello no se tuvieron problemas con entradas de agua al sistema que pudieran perjudicar al producto.

Por otro lado se realizaron medidas térmicas. Con el fin de no incurrir en gastos de compra de productos y obtener mayor uniformidad, los mismos fueron sustituidos por bandejas chatas de agua, llevando cada una alrededor de tres cuartos de litro. Las bandejas eran de un color oscuro para obtener una absorción adecuada de la radiación solar. El total de agua colocada fue de 300 litros.

La medida de temperaturas y radiación se realiza con un registrador de datos Fluke. Se utilizaron 25 termocuplas de cobre constantan y un solarímetro Kipp-Zonnen CM 10. La humedad relativa se midió en forma manual varias veces al día con un termómetro de bulbo húmedo. El flujo de aire se midió con una sonda TSI determinando velocidades en varios radios de una sección del caño. La distribución de temperatura y humedad absoluta en las distintas partes del secadero se muestra en

la Figura 2 sobre un diagrama psicrométrico. Los valores corresponden a una hora cercana al mediodía para un día soleado, al comienzo de un ciclo de secado. Los números que identifican los puntos corresponden a los de la Figura 1. Como se aprecia, se logran en la cámara de secado temperaturas del orden de los 45 a los 50 C al mediodía, con temperaturas externas del orden de los 30 C. El colector levanta la temperatura del aire en unos 10 C. A medida que avanza el secado, los puntos 1 a 4 no se modifican mucho, pero el punto 5 baja su humedad absoluta.

La Figura 3 muestra las curvas de temperatura en la cámara, temperatura ambiente y radiación sobre superficie horizontal a lo largo de un ciclo de secado, así como la caída del peso de agua en el producto.

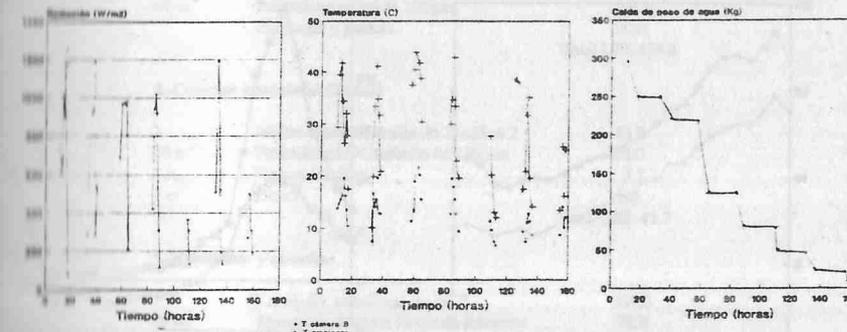


Figura 3

Con los datos recogidos es posible realizar un balance energético primario en la cámara de secado. Aunque la precisión con que se determinan las cantidades de calor intercambiadas es baja, igualmente nos permite tener una idea básica de la distribución de la energía solar que llega.

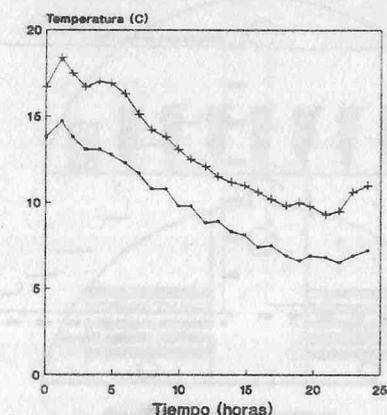
El balance es instantáneo y corresponde a una hora cercana al mediodía de un día soleado. La radiación horizontal es de 972 w/m². De esta cantidad solo el 59 % es realmente absorbido en la cámara. Las medidas realizadas a esa hora muestran que de la radiación incidente, el 74 % pasa el plástico, pero el 19 % es reflejado como albedo dentro del secadero. Por tanto la potencia absorbida es de 13300 vatios. Parte de ella se pierde como diferencia de entalpía del intercambio de aire. Teniendo en cuenta las temperaturas y humedades de entrada y salida de aire, se obtiene una pérdida del 43 % por este rubro.

Otra parte es absorbida por el piso. Se determina a través de la medida del perfil de temperaturas en la tierra. Se obtiene una pérdida del 9 % por este concepto. El 46 % restante debe eliminarse a través de las paredes, lo que da un coeficiente global de pérdidas de 10,5 w/m² C.

II. INVERNADERO

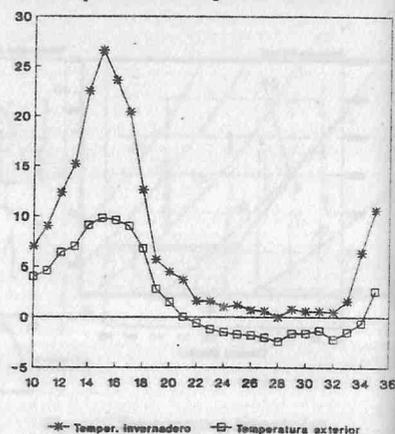
El funcionamiento del sistema como invernadero, ha sido ensayado a partir de mayo de 1988. Se retiraron las divisiones internas, las bandejas y se colocaron plantas de tomate y de pimiento en bolsas de plástico individuales. Estas macetas se colocaron sobre un plástico negro para aumentar la absorción de radiación en el suelo y para impedir el crecimiento de malezas.

Se ha seguido la evolución térmica horaria del sistema, con el mismo equipo utilizado para el secadero. La Figura 4 muestra la evolución de temperatura dentro y fuera del invernadero, para un día frío, no habiendo puesto en funcionamiento el ventilador, para la carga diurna del acumulador. En la Figura 5 se ven las mismas temperaturas para un día en que se cargó el acumulador durante el día. En la Figura 6 se graficaron las temperaturas de suelo para diferentes profundidades.



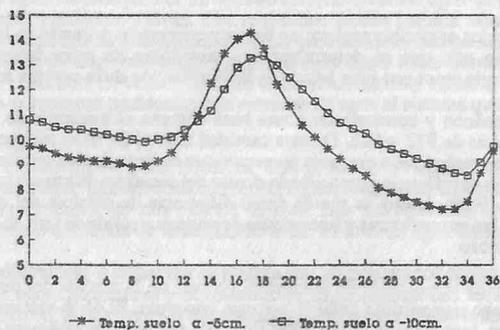
* Temperatura invernadero
 . Temperatura exterior

Figura 4



* Temper. invernadero -□- Temperatura exterior

Figura 5



* Temp. suelo a -5cm. -□- Temp. suelo a -10cm.

Figura 6

III. COSTOS

TABLA I: COSTOS DE COMPONENTES DE LOS SISTEMAS
 VALORES EN DOLARES A JULIO DE 1988

Cantidad	Descripción	Valor
1.-Estructura de invernadero semicilíndrico (50 m²)		
15	Cafios estructurales de 1"x 1.2 mm	135.0
3	Cafios estructurales de 15x30x1.2 mm	15.8
20 m	Madera blanda de 2"x1/2"	16.0
300	Bloques de hormigón de 20x20x40 cm	72.0
240 m ²	Poliuretano U.V. térmico de 150 μm	120.0
40 m ²	Poliuretano negro de 100 μm	46.0
	Bulonería y pintura	20.0
	Total	US\$ 424.8
2.-Colector horizontal (20 m²)		
2	Mallas electrosoldadas de 25x25x4.2	43.2
20 m ²	Poliuretano U.V. térmico de 150 μm	10.0
2 lt. ₃	Pintura sintética	5.7
1 m ³	Piedra	2.8
	Total	US\$ 41.7
3.-Ventilador y cañerías		
1	Ventilador centrífugo de 1H.P.	337.0
25 m	Manga de riego de 32 cm de diámetro	78.8
	Distintas piezas de acople en chapa	42.6
	Total	US\$ 458.4

IV. METODOLOGIA AGRICOLA Y CONDICIONES DE CULTIVO

Características del suelo: PH. 7 - Clasificación textural franco arcillo arenoso (22% de arcilla, 34% de limo 44% de arena) abundante pedregosidad, tendencia a la compactación y baja permeabilidad. N total 0.18%, P disponible: 36ppm K int.: 1,13 meq/100 grs.

Se trabajó con *Lycopersicon esculentum* (mill) tomate Híbrido de La Plata -Petoseed y con *Capsicum annuum* (Var longum) dulce, largo, del empleado en la zona de Los Valles Calchaquíes para la elaboración de pimentón, con el objeto de establecer pautas de manejo y observar rendimiento y calidad en condiciones controladas.

Se realizó el cultivo en bolsas de plástico con una capacidad aproximada de 0,1 m³, 15 kg. a la densidad del suelo de trabajo, con el objeto de poder medir el agregado exacto individual de fertilizantes y por comodidad de trabajo. Se empleó una densidad de 4 plantas por m². La dosis de fertilizante se calculó sobre la base de los requerimientos del cultivo, considerando la disponibilidad de nutrientes que arrojó el análisis de suelo, se agregó en forma de fertilizante combinado NPK (15-11-15) 60 g/planta y urea 13 g/planta.

En tomate se practicó la poda a un solo tallo, realizándose la primera el 17 de junio.

Al suelo descripto se le agregó mantillo, para mejorar las condiciones texturales y permeabilidad.

Se agregan tablas de crecimiento (ver TABLA II) y de tratamiento para ambos cultivos (ver TABLA III).

TABLA II: CRECIMIENTO

	TOMATE	PIMIENTO
Siembra	26.04.88	04.04.88
Emergencia	27.04.88 (total 98%)	19.04.88 (total 65%)
Inicio Floración	16.06.88 (75%)	16.06.88 (58%)
Altura Promedio Al Inicio De Floración	24,5 cm	15,41 cm
No. Promedio De Entrenudos A Inicio De Floracion	8,25	6,25
Estado actual del cultivo		
Comienzo De Cosecha	30.09.88	
Peso Promedio Fruto	77,8 gr	14,62 gr
Altura Promedio De Planta al 15.10.88	1,71 m	,64 m
Inflorescencias Sin Fruto	11,2/m ²	
Tamaño De Fruto Formado En Planta	diámetro < .07 m 81,72 fruto/m ²	longitud < .13 m 6,96fruto/m ²
	diámetro > .07 m 15,12 fruto/m ²	longitud > .13 m 26,88fruto/m ²
Tamaño Máximo Al 15.10.88	diámetro=.12 m	longitud=.18 m
Peso Máximo Al 15.10.88	312 gr fruto inmaduro	45 gr fruto inmaduro
Promedio De Fruto Formado Por Inflorescencia	5,21	1a. floración

TABLA III: TRATAMIENTOS PARA AMBOS CULTIVOS

Brumuro De Metilo	Desinfección del suelo previo a la siembra
Metalaxil (Fung.)	Riego Previo a la siembra
Dimetoato	26/5/88 sin repeticiones
Fertilizante Foliar	25/5/88 c/ repeticiones semanales hasta el 8/7/88.
Sulfato de Estreptomicina	23/5/88 c/ repeticiones c/8-10 dias hasta la fecha
Metil Tiofanato(Fung)	23/5/88 combinado con el anterior idem hasta la fecha
Fertilizante N P K	16/5/88 5 aplicaciones en el ciclo del cultivo
Urea	26/5/88, 3 aplicaciones en el ciclo.
Riego	Inicialmente cada 10 dias, con periodos acortándose hasta llegar a riegos diarios para tomate desde el 20/9/88 en adelante y día de por medio en pimiento

Nota: en pimiento aún no se ha alcanzado el estado de cosecha, el peso promedio de frutos se ha calculado por muestreo.

Se limitó el crecimiento en las plantas de tomate, despuntando ápices el 8.10.88 y fueron calculados con esa fecha límite, los promedios de altura y número de inflorescencias sin cuajar.

V. CONCLUSIONES

El sistema ha sido usado como secadero durante un período de tres meses, funcionando a satisfacción. Se han logrado temperaturas de secado en el orden de los 45 a 50 C durante las horas del mediodía, habiéndose llegado a cargar unos 13 Kg. de agua a evaporar por metro cuadrado de piso de secadero. En esta etapa de trabajo no se ha llegado a optimizar la carga ideal ni la masa horaria de aire que se circula, lo que se espera pueda evaluarse por medio de un modelo basado en los datos obtenidos.

La temperatura a la salida del colector podría haber sido más alta, para lo cual habría que aumentar su área, lo que no pudo llevarse a cabo por limitaciones del terreno disponible. La recirculación de aire caliente, proveniente de la segunda sección del secadero, ha funcionado bien, observándose que se obtiene aire a temperaturas cercanas a los 50 C.

Ello implica una recuperación de calor, del orden del 17 % de la radiación que llega a las dos secciones.

La cámara semiseca está funcionando como un colector con una eficiencia de 32 %. Las medidas realizadas muestran que el colector solar colocado en el suelo tiene una eficiencia cercana al 26 %.

Desde el punto de vista agrícola se sacaron las siguientes conclusiones parciales:

El cultivo en bolsas de plástico es discutible bajo varios aspectos. Representa varias ventajas como comodidad de trabajo y facilidad de cuantificar exactamente los nutrientes de cada planta; pero presenta un problema, cuando la temperatura y evapotranspiración son altas tienen poca capacidad de retención de agua. Además limitan el crecimiento radicular y aumentan el costo.

El pimiento usado es un cultivar con poca resistencia al Tizón Tardío *Phytophthora* sp., lo que causó las pérdidas de numerosas plantas; observándose en general baja adaptación a este tipo de manejo.

El ciclo total del tomate resultó largo, se supone que la causa pueden ser los períodos de baja temperatura de raíces y períodos de déficit hídrico, que aunque breves, causaron pérdidas de flores por aborto y maduración prematura de frutos con poco tamaño. El tamaño de frutos aumentó al aumentar la frecuencia de riegos.

REFERENCIAS

- 1- Saravia, L. ; Echazú, R. ; Passamai, V. : "Sistema Solar de Uso Alternativo como Secadero o Invernadero" Actas de la 12 Reunión de ASADES.