



## SECADOR-INVERNADERO SOLAR EN CACHI, SALTA

V. Passamai<sup>1</sup>, M. Passamai<sup>2</sup>, F. Andolfi<sup>3</sup>, T. Passamai<sup>4</sup> y M. Di Fonzo<sup>5</sup>

INENCO – CIUNSA\* - CONICET

Facultades de Ciencias Exactas y de la Salud

Av. Bolivia 5150 – 4400 Salta. R. Argentina

Tel.: 0054-387-4255389 – Fax: 0054-387-4255489 – E-mail: [passamai@unsa.edu.ar](mailto:passamai@unsa.edu.ar)

### RESUMEN

Mediante este trabajo se hizo la transferencia de un secador-invernadero, construido con placas de policarbonato alveolar transparente, y estructura de madera de pino. Fue armado en la Ciudad de Salta, desarmado, transportado y vuelto a armar en su destino final, el Hospital del pueblo de Cachi, donde es operado en la actualidad. Dado que en un primer momento el usuario decidió emplear el secador para tomate “perita”, mediante otro secador portátil, de una sola bandeja, se realizó un estudio experimental previo acerca del comportamiento de este producto, cuando es pelado o no, cortado en mitades o en rodajas. Se detallan las alternativas analizadas, la decisión tomada y los resultados obtenidos, para el mismo producto, con el uso del secador en Cachi. Se mencionan otros vegetales de interés y producción en la zona, para los cuales también se usó el secador-invernadero.

**Palabras clave:** secado solar, secador-invernadero, secador de policarbonato, secado de tomate.

### INTRODUCCIÓN

En diversos trabajos anteriores (Saravia y otros, 1987, 1988a, 1988b, 1992a, 1992b, 1993, 1995, 1996; Iriarte y otros, 1992, 1993, 1994, 1996; Condorí y otros, 1994, 1995, 1998) se presentaron secadores-invernaderos construidos con estructura de caño y paredes de plástico. Ante la necesidad de realizar una prueba con la construcción en material más duradero, se pensó en un diseño de tipo invernadero, de tamaño relativamente chico, hecho de policarbonato alveolar. Como este material se provee en placas de 5 m de largo por 2,20 de alto, se diseñó un modelo que usara estas placas, sin necesidad cortar sus paredes laterales. Por otro lado, las experiencias de secado realizadas en el noroeste argentino con orégano, pimienta y otros productos, han mostrado que los sistemas solares de secado tienen perspectivas económicas si pueden ser usados durante un porcentaje elevado de periodo anual. En este trabajo se presenta un sistema que tiende a satisfacer este requisito, pues consiste en un secador-invernadero de policarbonato diseñado para permitir su utilización durante todo el año como secador de productos agrícolas, con perspectivas de mayor duración que los sistemas de plástico. De esta manera, al mantenerse la instalación en uso productivo durante todo el tiempo, aunque el costo inicial sea alto, si su rendimiento es igualmente elevado, permite la recuperación de los costos. La iniciativa ha sido encarada en conjunto con el ministerio de la producción y el empleo de la provincia de Salta, el consejo federal de inversiones, y miembros del INENCO, dentro del marco del programa de apoyo a productores del interior de la provincia iniciado por dicho ministerio con el fin de difundir y alentar desarrollos productivos a partir del recurso natural solar.

### DESCRIPCIÓN DEL SECADOR

Las figuras 1 y 2 muestran fotografías del sistema construido. Está formado por paredes y techos de policarbonato transparente, de tipo alveolar, sin colector, pues la estructura y su lugar de emplazamiento son suficientes para lograr el efecto de secado. Para facilitar la ventilación, el secador permite el ingreso de aire a través de un registro situado a lo largo del lado este, su circulación a través de las bandejas dentro del secador, y su evacuación a lo largo de otro registro ubicado en la zona del techo. No existe recirculación del aire. Se han instalado ventiladores con calefacción eléctrica para que, en caso de ser necesario, se realice el aporte de calefacción auxiliar, principalmente en días muy fríos de invierno y horario nocturno o al amanecer. La estructura del invernadero consiste en columnas y vigas de madera, con los extremos atornillados al suelo. Las láminas de policarbonato se atornillan también sobre la estructura, dando al exterior el lado con tratamiento anti ultravioleta. El prototipo de secador ha sido colocado en un terreno del hospital de Cachi y, por razones de espacio y comodidad de trabajo, se realizó un contrapiso de dieciocho metros cuadrados de superficie, con seis metros de largo por tres de ancho, quedando una altura que va desde 2,20 m en la periferia hasta tres metros de alto en la zona central. La duración de esta estructura, igual que las paredes se asegura en la medida que se realicen tareas de mantenimiento y observación de normas de

<sup>1</sup> Investigador del CONICET

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias de la Salud.

<sup>3</sup> Médico del Hospital de Cachi, encargado del Secador.

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Exactas.

<sup>5</sup> Dirección de Bromatología de la Provincia.

\* Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta, organismo financiador.

higiene, protección y reparación contra eventuales acciones que lo puedan dañar.

### **COSTO DEL SECADOR**

Sobre un costo total (material y mano de obra) de 7000 \$, se observa la mayor incidencia del precio del policarbonato sobre el resto (40 %). No obstante, se piensa que su duración y facilidad de limpieza son dos factores fundamentales para su elección, así como la excelente calidad del producto, que se produce en poco tiempo y permite el pago del secador al cabo de pocos ciclos de secado, de alrededor de dos meses, suponiendo la colocación del producto en los mercados, como se hizo.

### **RECUPERO DE LA INVERSIÓN PARA TOMATE**

El precio de venta al público del tomate seco es de 50 \$/kg. Con una producción media de 24 kg, esto implica una venta de 1200 \$. Como fácilmente se logró una producción de cuatro veces esta cantidad por mes, el ingreso fue de 4800 \$, con lo que el secador se pagó en menos de dos meses, como se dijo. Dado que el costo del tomate fresco es bajo, del orden de 2 a 3 \$/cajón, con un peso aproximado por cajón de entre 15 y 20 kg, se estima un precio inicial de 20x2,5 o sea 50 \$, lo que resta 100 \$ al ingreso. Sumando el costo de operación, de sólo 100 \$, hizo una merma de alrededor de 200 \$ al precio de venta en bruto final. Luego incide positivamente el uso continuo del secador, durante casi todo el año, con otros productos.



Figura 1: Secador-invernadero de policarbonato.



Figura 2: Bandejas de producto (tomates).

### **ESTUDIO PREVIO ACERCA DE ALTERNATIVAS PARA SECAR EL TOMATE**

#### **a) Escaldado**

Consiste en el pelado de los tomates mediante el hervor de los mismos durante un corto intervalo de tiempo, suficiente como para producir un fácil desprendimiento de la piel (Morón Jiménez, 2004). No obstante ser un proceso que implica el uso de energía para hervir agua, mano de obra para sumergir el producto y pelarlo (Figuras 3 y 4), se decidió hacer esta prueba dado que podría presentar una disminución significativa en el tiempo de secado, además de la ausencia de la piel, que puede interesar por razones de exigencias de mercado. Para no perder materia fresca en demasía, se cortaron los tomates en dos para luego colocarlos en una bandeja de malla plástica (Figura 5).



Figura 3: Proceso de escaldado en agua.



Figura 4: Tomates pelados y su cáscara.



Figura 5: Tomates partidos en dos.

#### **b) Tomates partidos en dos, sin pelar y puestos a secar.**

En este caso, los tomates se lavaron y partieron en dos con cuchillo, disponiéndose para su secado sobre la misma bandeja, separados de los anteriores, y apoyados sobre el lado de la piel. Véase la Figura 6.

#### **c) Tomates cortados en rodajas y puestos a secar.**

Se lavaron, cortaron en rodajas parejas de 7 mm de espesor aproximadamente, sin pelar. Figura 7.



Figura 6: Tomates partidos en dos

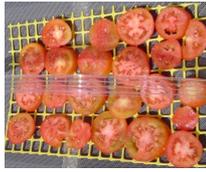


Figura 7: Cortados en rodajas.



Figura 8: Vista del conjunto.

c) Resultados. La Figura 8 muestra el conjunto puesto a secar en un secador portátil de un solo cuerpo, similar al descrito en Passamai y Terán (2000). El mismo consta de una cubierta de plástico transparente que no se muestra en la fotografía, dos ventiladores pequeños de 12 V, alimentados mediante un panel fotovoltaico, que proveen una velocidad del aire de alrededor de 1 m/s.

Las figuras 9 y 10 muestran las condiciones medidas de radiación y temperatura durante el proceso de secado comparativo de las tres variantes de tomates. El mismo fue realizado en la ciudad de Salta, durante el mes de abril de 2004, pudiéndose observar que sólo los dos días iniciales del proceso estuvieron despejados y el resto, como el tiempo fue lluvioso, el proceso se realizó bajo techo, y sólo con ventilación, alimentada eléctricamente. No obstante, a los fines de esta experiencia, y como se puede ver en la Figura 11, se pudo concluir acerca de cuál era el método más conveniente para el secado.

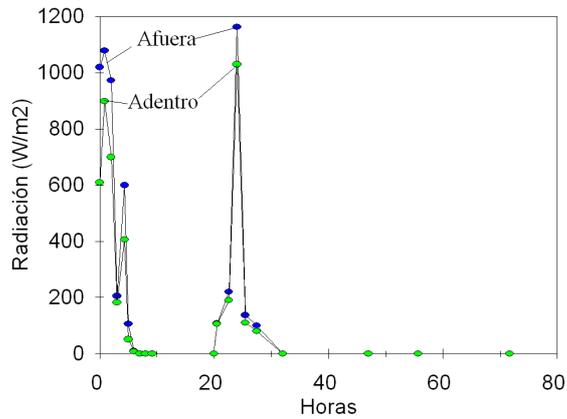


Figura 9: Radiación sobre el secador portátil.

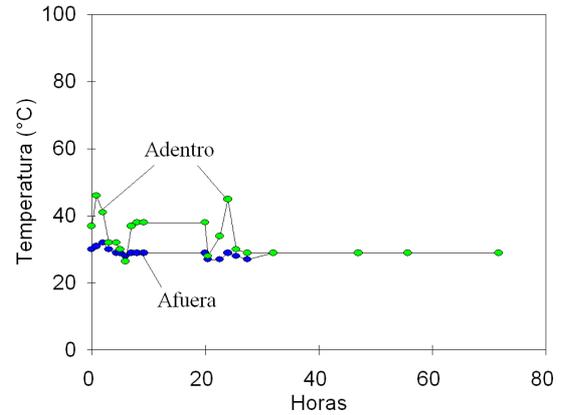


Figura 10: Temperaturas medidas para el secador.

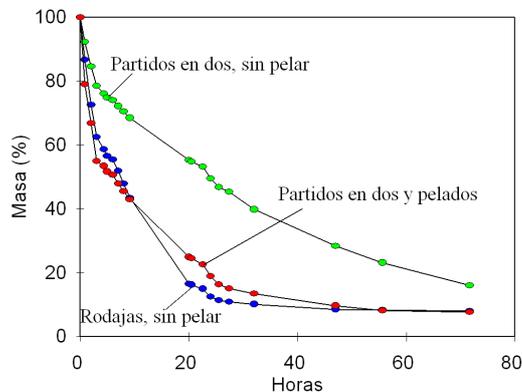


Figura 11: Variación porcentual del peso de tomate.



Figura 12: Aparición de hongos en el producto.

Luego de realizar esta prueba preliminar de secado, se hizo el gráfico comparativo de la evolución porcentual de peso vs. tiempo de secado, mostrado en la figura 11. Como se observa, aun cuando durante el primer día de secado el producto partido en dos y pelado mediante escaldado disminuye más rápidamente su peso, al finalizar la jornada y durante la noche, es el producto cortado en rodajas el que termina secándose más rápidamente, finalizando el proceso al cabo de unas 40 horas con igualación de ambas velocidades. Para el producto partido en dos, con la piel, el proceso de secado fue mucho más lento, no habiendo finalizado luego de más de 70 horas de proceso. Como conclusión, se decidió elegir el pre tratamiento más sencillo, con ahorro energético y de mano de obra, es decir el corte de los tomates en rodajas, sin pelar. La decisión de dejar la piel para el tomate seco se tomó en virtud de la observación, en el mercado local, de que el producto seco similar se vende sin pelar.

### OBSERVACIONES Y MEDICIONES EN CACHI

Luego de su traslado a Cachi, el secador fue usado por su usuario en forma continua desde el mes de marzo hasta la redacción de este trabajo, en agosto. Por ese motivo, varias experiencias fueron extraídas, resultando todas de provecho para los fines propuestos.

Al inicio, y debido a que la primera carga del secador se realizó durante la tarde, con lo cual el proceso de secado comenzó sin radiación solar, ni ventilación o calefacción auxiliar, el producto, en su mayor parte, se descompuso, iniciando un proceso de putrefacción, como lo muestra la Figura 12. Este fenómeno había sido observado hace unos años atrás en un caso similar para pimiento, pues se había puesto a secar en condiciones de alta humedad, días nublados, poca ventilación y temperaturas bajas (Saravia y Condorí, 1992; Passamai y Saravia, 1992). Comprobado este fenómeno a la mañana siguiente de producido, se abrieron la puerta y el registro de ventilación observándose la rápida remisión del mismo, pudiéndose salvar una parte de la carga de producto. Los procesos de secado siguientes no tuvieron el inconveniente señalado antes, debido a que en todos los demás casos se respetó el horario de carga del secador, no superándose el mediodía para darlo por finalizado y, además, se mantuvo ventilado el secador. Afortunadamente, además, los días estuvieron despejados en su mayoría, como suele ser típico para el lugar. Otra medida que se decidió tomar fue el lavado del producto, antes del corte en rodajas, con agua conteniendo diez gotas de lavandina por litro, aproximadamente. Se decidió también realizar el trabajo de manipuleo con barbijo y guantes de látex, como lo sugiere la figura 13, tomada de la experiencia con un secador de bananas, ubicado en el vecino país de Bolivia (Pinal, 2004).

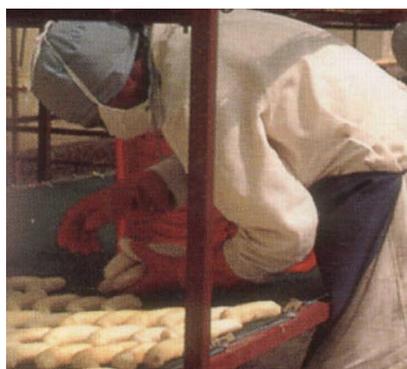


Figura 13: Medidas de higiene.

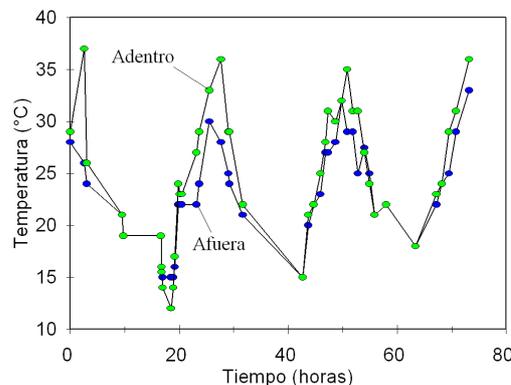


Figura 14: Condiciones de temperatura.

Realizada una campaña de medición de las condiciones de temperatura y radiación afuera y dentro del secador-invernadero en el mes de abril (entre los días 2 y 5), se obtuvieron las figuras 14 y 15 para las mismas. Estas fueron tomadas con una carga plena de tomate fresco cortado en rodajas (300 kg, aproximadamente), no pudiéndose medir la variación del peso en función del tiempo por no haberse contado con una balanza en dicha oportunidad. El tiempo de secado fue de dos días y medio, contado desde el momento de finalización del proceso de corte y carga, realizada hasta las 12:00 del primer día.

En el mes de junio (días 27-30), se realizó otra campaña de medición, en condiciones más adversas por ser un mes frío, obteniéndose no obstante resultados satisfactorios desde el punto de vista de la evolución del peso del producto, la que esta vez pudo medirse como se muestra en la figura 16. Las condiciones de temperatura y radiación se midieron también, como se indica en las figuras 17 y 18.

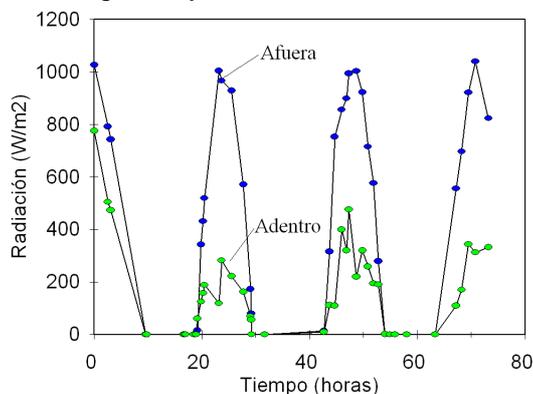


Figura 15: Condiciones de radiación.

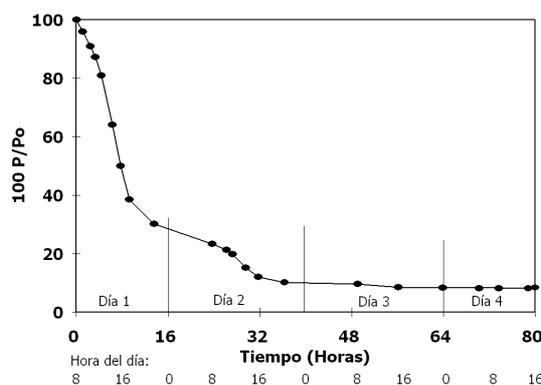


Figura 16: Disminución del peso de una muestra de tomate.

No obstante haberse registrado temperaturas bajo cero y ser la radiación relativamente baja dentro del secador (comparar con las mediciones obtenidas en abril, figura 15), de la figura 16 se puede observar que –al igual que los resultados obtenidos anteriormente en Salta, figura 11– el proceso de secado de tomate finalizó a los 2,5 días, aproximadamente. En ambos, el peso perdido para el tomate fue de un 92 %. En Salta la humedad relativa del ambiente se mantuvo entre un 40 y 60 %, mientras que en Cachi esta estuvo entre un 20 y 40 %. Estos datos muestran la incidencia de esta variable en el secado, favorable para la zona de Cachi, pues, por otro lado, la velocidad del aire a nivel de las bandejas dentro del secador invernadero se mantuvo alrededor de 0,5 m/s.

## MATERIAL Y MÉTODO

Los aparatos usados para realizar las mediciones fueron:

- 1) Balanza electrónica de precisión, marca “Metler-Toledo PB3001”, con 0,1 g de apreciación;
  - 2) Cronómetro digital marca Casio, con 1 de segundo de apreciación
  - 3) Datalogger Keithley, manejado por una PC AT 386, con sensores de temperatura de cobre constantán y solarímetros medidores de radiación marca Kipp and Zonnen, CM 5, con error en la lectura de radiación estimado entre el 5 y 10 % en relación a piranómetro de precisión.
  - 4) Medidor de humedad de hilo marca RS, con 5 % de apreciación.
  - 5) Medidor de velocidad de aire con anemómetro TA 400T “Airflow”, de apreciación 0,1 m/s y rango hasta 4 m/s.
- Con la balanza se midió el peso de por lo menos 500 gramos de muestras testigo de tomates cortados en rodajas de 7 mm de espesor.

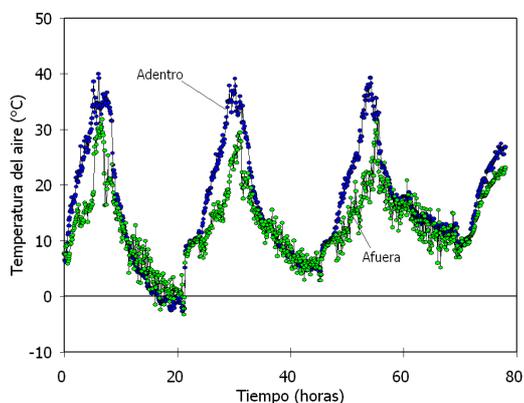


Figura 17: Condiciones de temperatura.

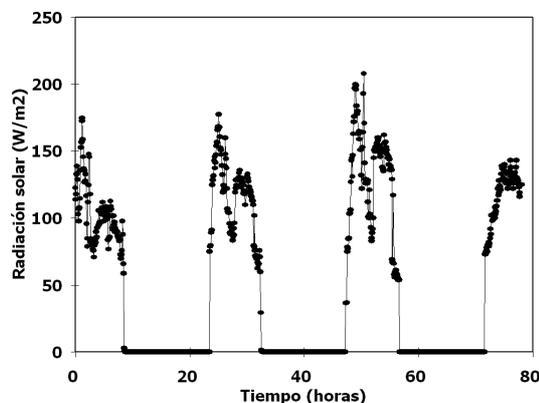


Figura 18: Condiciones de radiación dentro del secador.

Una vez armado el sistema de computación para la toma de datos de temperatura y radiación, la humedad se tomó periódicamente a mano.

### SECADO DE OTROS PRODUCTOS EN CACHI

Además del tomate, se secaron los siguientes productos: 1) Manzanas, 2) Perejil, 3) Ajo, 4) Orégano y 5) Pimiento. En el caso de las manzanas, se pelaron, cortaron en gajos y, sin ningún tratamiento blanqueador, fueron dispuestas en las bandejas al igual que se había realizado con el tomate. En todos los casos, las bandejas fueron lavadas cuidadosamente para evitar olores o sabores extraños al producto. En este caso, el proceso duró alrededor de siete días. Con perejil, ajo y orégano fue necesario introducir hojas de papel sobre las bandejas para impedir que el producto caiga al piso. Esto lo realizó el usuario por cuenta y decisión propia, no observándose inconvenientes en el procedimiento, ya que los productos se secaron adecuadamente. Orégano y perejil se secaron en estas condiciones en no más de cinco días, mientras que el ajo debió estar en el secador durante poco más de 20 días. Los dientes de ajo no se pelaron con anterioridad, separándose únicamente entre sí, como se muestra en la fotografía de la figura 19. Se secó pimiento tipo trompa de elefante, partido longitudinalmente, siendo su tiempo de proceso de una semana. Las fotografías siguientes muestran el aspecto de todos estos productos, luego del respectivo proceso de secado.



Figura 19: Fotografías de manzanas, perejil, ajo, orégano, pimiento y tomate secados mediante el secador-invernadero en Cachi.

## CONCLUSIONES

El secado de productos en Cachi se realiza óptimamente debido a las condiciones de irradiación, humedad relativa del ambiente baja y presión atmosférica reducida del lugar. Además, contando con un sistema de secado tipo invernadero, con prevención del ingreso de animales o insectos, así como de polvo y otros materiales acarreados por el aire, se garantiza un producto sano, de buen aspecto y de buenas condiciones bromatológicas para la ingesta.

El caso del tomate demostró tanto sus defectos como buenas posibilidades cuando se manejaron las distintas variables involucradas en el proceso de secado. Una de ellas, el momento más oportuno para el inicio del proceso, es de fundamental importancia, pues no debe comenzarse el mismo sin garantizar la disminución del peso durante el primer día en el orden del 60-70 %, pues sólo así se estará en condiciones de impedir la producción de hongos en la superficie del producto, debido a la baja actividad acuosa que se logra.

Si bien el proceso de secado en condiciones de alta ventilación produce una curva de evolución del peso del producto que tiene una concavidad siempre positiva (ver Figura 11), y en el caso del proceso en invernadero, medido en invierno, se encontró que la concavidad de esta curva es inicialmente negativa para luego cambiar a positiva (Figura 16), indicando procesos internos del secado diferentes, las duraciones totales respectivas coinciden, manteniéndose en alrededor de 2,5 días para tomate cortado en rodajas y sin pelar.

## REFERENCIAS

- Condorí, M., Saravia, L., Echazú, R. y Cadena, C. (1994). Secadero invernadero con calefacción auxiliar. Ensayos preliminares. ASADES, 17, T. II, 389-396.
- Condorí, M., Saravia, L., Echazú, R. (1995). Secado de ajo y perejil en un secadero invernadero asistido con calefacción auxiliar. ASADES, 18, T. I, 01.65-72.
- Condorí, M. y Saravia, L. (1998). El uso de invernaderos como colector solar. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen II, N° 1, 01.21-24.
- Iriarte, A., de Biagi, S., García, V., Sequi, J., Rodríguez, C. y Saravia, L. (1992). Uso de invernaderos como secaderos solares: diseño y cálculo térmico. ASADES, 15, T. II, 485-492.
- Iriarte, A., García, V., Arguello, E. y Saravia, L. (1993). Invernadero colector solar para secado de productos agrícolas: ensayos preliminares. ASADES, 16, T. II, 453-460.
- Iriarte, A., García, V. y Saravia, L. (1994). Secador solar semi-industrial de productos agrícolas: resultados experimentales. ASADES, 17, T. II, 381.-388.
- Iriarte, A., García, V., Carabajal, D., Tomalino, L., Saravia, L. y Passamai, V. (1996). Secado de productos agrícolas con invernadero doble macro túnel: ensayos preliminares. ASADES, 19, T. I, 01.17-20.
- Morón Jiménez, J. (2004). Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Salta. Comunicación personal.
- Passamai, V. y Saravia, L. (1992). Pruebas de secado en un equipo de laboratorio. ASADES, T. II, 395-402.
- Passamai, V. y Terán, M. (2000). Secado solar: Proceso de requerimiento de información y generación de transferencia. Comunicación del XXIII Congreso de ASADES. 10.11-10.12.
- Pinal, G. (2004). Ministerio de la Producción y el Empleo, Provincia de Salta. Comunicación personal.
- Saravia, L., Passamai, V. y Echazú, R. (1987). Sistema solar para uso alternativo como secadero o invernadero. Diseño y construcción. ASADES, Vol. 12, T. I, 1-9.
- Saravia, L., Echazú, R., Zunino, L., Quiroga, M. y Robredo, P. (1988). Sistema solar para uso como secadero o invernadero: nuevo diseño. ASADES, Vol. 13. T. I, 15-20.
- Saravia, L., Echazú, R., Zunino, L. y Quiroga, M. (1988). Sistema solar para uso como secadero o invernadero: experimentación y análisis económico. ASADES, Vol. 13. T. I, 21-28.
- Saravia, L., Echazú, R., Cadena, C. y Cabanillas, C. (1992). Calentamiento solar de invernaderos en la Provincia de Salta. ASADES, T. II, 371-378.
- Saravia, L. y Condorí, M. (1992). Secador invernadero de tipo túnel. ASADES, T. II, 379-386.
- Saravia, L., Echazú, R., Cadena, C., Quiroga, M. (1993). Diseño y construcción de un sistema integrado invernadero-secador con calentamiento combinado solar-biomasa. ASADES, 16, T. II, 405-412.
- Saravia, L. y Quiroga, M. (1995). El Secado Solar de Productos Agrícolas, Parte I. CYTED,.
- Saravia, L., Echazú, R., Cadena, C. y Condorí, M. (1996). Transferencia de un sistema secadero-invernadero a productores de aromáticas en la provincia de Salta. ASADES, 19, T. I, 01.33-36.

## ABSTRACT

A polycarbonate greenhouse type drier was made and transferred to the Hospital of Cachi. Its wooden structure made of pine was constructed in the City of Salta. After being unmounted, it was transported and mounted again in its end destination, where it is operated to the present time. As the user decided to employ the dryer to dry tomato of the "perita" type, a previous experimental study was done by means of another portable, single tray, dryer. This procedure allowed to get experience about the behavior of this product when dried, either when peeled out or not, cut in halves or in slices. The alternatives are analyzed, so as to make a decision. Results are shown, for the same product being used with the drier in Cachi. Other vegetables of interest and production in the zone were also dried with the drier-cum-greenhouse.

**Keywords:** solar drying, dryer-cum-greenhouse, polycarbonate dryer, tomato drying.