

## **EXPERIENCIAS COMPARATIVAS DE SECADO DE TOMATES BAJO DISTINTAS CONDICIONES**

V. Passamai<sup>1,2</sup>, S. Valdez<sup>3</sup>, T. Passamai<sup>1</sup> y S. Pareja<sup>1</sup>

INENCO – CIUNSa – CONICET – CFI

Facultad de Ciencias Exactas

Av. Bolivia 5150 – 4400 Salta. R. Argentina

Tel.: 0054-387-4255389 – Fax: 0054-387-4255489 – E-mail: passamai@unsa.edu.ar

### **RESUMEN**

El secado de tomates, como otros vegetales, se realiza con el objetivo de llegar al consumidor con un producto orgánico, libre de aditivos químicos conservantes, y que se pueda emplear rehidratado, para preparar salsas, aderezos, etc. Con tal motivo, desde el INENCO, el Consejo Federal de Inversiones (CFI) y el Gobierno de la Provincia de Salta, a través del Ministerio de la Producción y el Empleo, se viene realizando la promoción del uso de secadores de tipo invernadero. En este trabajo se presentan experiencias de secado de tomates cortados en rodajas, colocados en bandejas, dentro de secadores ubicados en tres localidades del Valle Calchaquí, en la provincia de Salta. Dichas experiencias fueron realizadas en Cachi, Payogasta y Luján, lugares cercanos entre sí. Los secadores de Cachi y Payogasta son de tipo invernadero, mientras que el de Luján tiene paredes de chapa galvanizada y, no obstante que no deja ingresar la radiación solar, permite deshidratar por ventilación con el aire seco del lugar. Con el objeto de comparar las velocidades con que se produce el secado del mismo producto en dichos secadores, se muestran curvas que permiten inferir los grados de avance del proceso y las perspectivas de cada uno de estos dispositivos.

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

### **INTRODUCCIÓN**

En el pueblo de Cachi, dentro de los predios del hospital perteneciente al mismo, se encuentra un secador-invernadero de policarbonato y madera, que fuera construido en 2004 y se describió en Passamai, et al. (2004). La figura 1 a) muestra dos fotografías del mismo, para los años 2004-2005.



Figura 1: Secador solar de policarbonato y madera: mayo de 2004 (a) y mayo de 2005 (b). Oxidación de un clavo (c).

Luego de un año de trabajo, las bandejas de plástico se mantienen intactas, observándose en la figura 1 b) un pequeño deterioro en el zócalo aluminizado de la puerta de entrada.

La figura 1 c) muestra la oxidación de las cabezas de los clavos usados para fijar las placas de policarbonato a la estructura de madera, debido a la voladura de las tapas plásticas de cierre a presión de las mismas. En cambio, la transparencia e integridad del sistema se han mantenido prácticamente intactas, desde el punto de vista de su funcionalidad, mostrando las bondades de los materiales empleados.

---

1 Facultad de Ciencias Exactas

2 Investigador del CONICET

3 Facultad de Ingeniería

En Payogasta se instaló un sistema secador que es también de tipo invernadero, con paredes y techo de policarbonato, siendo la diferencia fundamental respecto del anterior que su estructura es, en su totalidad, de aluminio. Si bien su costo es superior, no lleva clavos para alojar las placas de policarbonato y tiene mayor capacidad de almacenamiento. Ver figura 2.



Figura 2: Vistas laterales del secador de policarbonato y aluminio.

En el barrio Luján, ubicado a la entrada del pueblo de Cachi, se encuentra otro secador bajo análisis. Este fue construido por su propietario M Oliver (2005), quien se muestra interesado en que se analice su funcionamiento como esta. Como está construido con chapa galvanizada sin superficies transparentes, el mismo podría denominarse “acopiador” de productos vegetales. Su propietario decidió abaratar el costo en materiales y construcción, eliminando las placas de policarbonato. La figura 3 muestra un conjunto de fotografías del aspecto exterior del mismo. Si bien en un primer momento se pensó que esta construcción no iba a funcionar como secador, se encontró que puede ser usada como un deshidratador de baja temperatura, sin radiación, pero con baja humedad y alta ventilación. El secado es posible debido a que la altura del lugar es mayor que la del hospital de Cachi, los vientos son permanentes, el aire es seco y se trabaja activamente en controlar el ingreso de dicho aire al recinto, evitando la condensación de humedad, para lo cual se coloca poco producto para su secado.

El acopiador permite procesar frutas y hortalizas en un tiempo mayor, en la medida que se coloquen en las bandejas los productos cortados en trozos más pequeños, y se atienda la ventilación y su funcionamiento como se dijo, según la humedad del aire, que depende de la estación del año y hora del día. En invierno, su uso es restringido, por las bajas temperaturas. No obstante, su usuario, reportó secado de apio en rama, manzanas, zanahorias, cebolla, remolacha, tomillo, salvia, zapallo, habas, repollo y cáscaras de: manzana, naranja y limón (que molidas en mortero sirven para saborizar). Los tiempos de secado van de 5 a 10 días, según la humedad ambiente. Los días nublados o de mucho rocío, los productos se atrasan uno a dos días



Figura 3: Fotografías del secador-acopiador de productos.

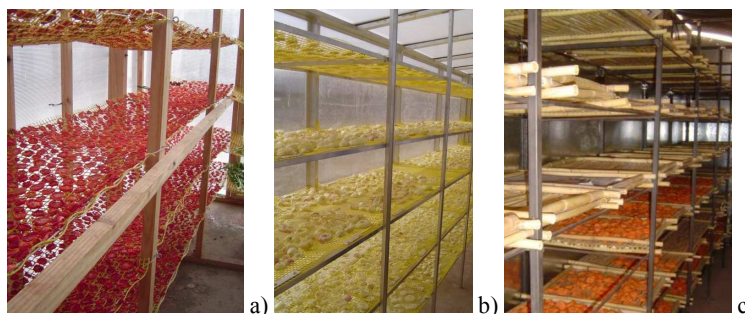


Figura 4: Bandejas de los secadores de a) Cachi, b) Payogasta y c) Luján.

Los dos secadores mostrados en las figuras 2 y 3, responden a un diseño modificado del que se encuentra en Cachi; ya que, a diferencia de aquél, como se observa, tienen un techo inclinado y dos registros para la entrada de aire, uno al ras del piso y el

otro a nivel del techo y no en la cumbre, de la cual carece. Estos registros están ubicados con orientación norte y sur, respectivamente. En los tres casos, el sistema para la colocación del producto consta de un pasillo central, con bandejas en los laterales y en el fondo, separadas entre 30 y 40 cm entre sí, como lo muestran las fotografías de la figura 4. El secador de Cachi tiene cuatro niveles, el de Payogasta cinco y el de Luján, seis, discontinuos. Además, las bandejas del acopiador se realizaron con cañas del lugar, yuxtapuestas, mientras que las de los secadores restantes, son de plástico.

## METODOLOGÍA DE TRABAJO

Dado que los procesos de secado en cada localidad no se pudieron realizar en forma simultánea, sino en tres jornadas consecutivas, cada uno se efectuó en paralelo con el secado del mismo producto al aire libre y en el mismo tipo de bandejas, para poder establecer un blanco de comparación. Aun cuando los procesos de secado se hubieran realizado en forma simultánea, los microclimas de cada lugar no son iguales, por lo que se midieron las condiciones de radiación, temperaturas y humedad relativa del aire en cada caso. Ello permitió, como se podrá inferir, tener un patrón de comparación y criterios para sacar algunas conclusiones. Se espera realizar repeticiones de estas experiencias en el futuro.

Para las mediciones de temperaturas, se usaron termocuplas de tipo K, conectadas a un sensor M890G de Mastech, con un grado centígrado de apreciación. La humedad relativa porcentual se midió con un humidostato RS 540-558, HYG 6001, con 2 % de apreciación. La radiación solar se midió con equipo Kipp & Zonnen CM5, cuyo error en la lectura de la radiación se estima entre el 5 y 10 % en relación a piranómetros de precisión. Las masas de producto se midieron con una balanza de un plato, de tipo mecánica, con un gramo de apreciación.

## AHORRO ENERGÉTICO EN LA VENTILACIÓN Y CALEFACCIÓN AUXILIAR

Ante la posibilidad de tener que usar algún método auxiliar para la calefacción del aire del secador, se pensó en un primer momento en emplear calefactores-ventiladores domésticos de bajo costo, con posibilidad de calentar el aire mediante resistencias eléctricas incandescentes. La potencia eléctrica máxima de estos equipos rondan los 1500 W, por lo que se aconsejó usarlos en casos excepcionales (durante algunas noches de invierno), disminuyendo la potencia a la mitad mediante un selector analógico. Sin embargo, la experiencia de los usuarios terminó aconsejando la eliminación de dicho sistema calefactor, limitándose únicamente al uso del equipo como ventilador. El éxito de este procedimiento se debe a la baja humedad del aire de esas localidades, el inicio del proceso de secado antes del mediodía y su arranque en coincidencia con un día asoleado, lo que se puede conocer por la observación del pronóstico del tiempo, a través de Internet, evitando secar durante varios días con pronóstico de nublado o mal tiempo. El tipo de dato que se obtiene mediante este método se observa en la figura 5.

El manejo de la ventilación natural se realiza gracias a los registros que se encuentran en los cuatro costados de los secadores, ya sea mediante los paneles de ventilación de los lados norte y sur, o las puertas y/o ventanas de los costados este y oeste. Para prevenir la entrada de insectos, todas estas aberturas se encuentran detrás de telas mosquiteras.

El resultado de estos procedimientos de fácil manejo por parte del usuario cuidadoso, ha sido la eliminación de los sistemas forzadores del aire, reservándose la ventilación mediante electricidad para aquellos casos en que la provisión de energía eléctrica esté disponible. La mayoría de los nuevos usuarios que se interesan por el secado, como los de otra localidad vecina, La Aguada, no disponen de energía eléctrica. Por lo que, el manejo de las condiciones de humedad, se realiza con los cuidados puestos en la carga temprana durante el primer día de secado, la disminución de los kilogramos de producto fresco por metro cuadrado, espaciándolo más; y la apertura de puertas y ventanas controlada, de ser necesario.

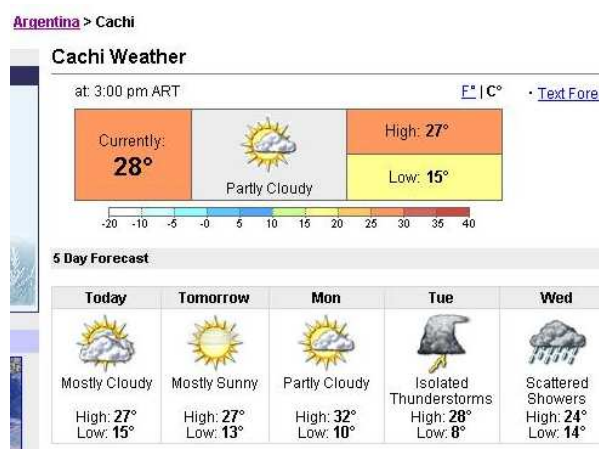


Figura 5: Pronóstico del tiempo en el lugar (05/3/2005).

## RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

La figura 6 muestra la variación del peso porcentual de muestras de tomate puestas a secar, en cada uno de los secadores

analizados, en función del tiempo. Se tomaron sólo ocho horas porque este tiempo es suficiente para conocer la efectividad del secado (que se manifiesta especialmente al principio del proceso, cuando el producto es fresco). Como es sabido (Passamai, V. y Saravia, L., 1995), el producto tiene una resistencia interna al secado que hace su evolución a posteriori más lenta en comparación con esas primeras horas de proceso. Además, si se alcanza cierto nivel de porcentaje de agua evacuada, suficiente como para inhibir la producción de hongos, el proceso queda asegurado para su finalización con éxito durante el resto del tiempo.

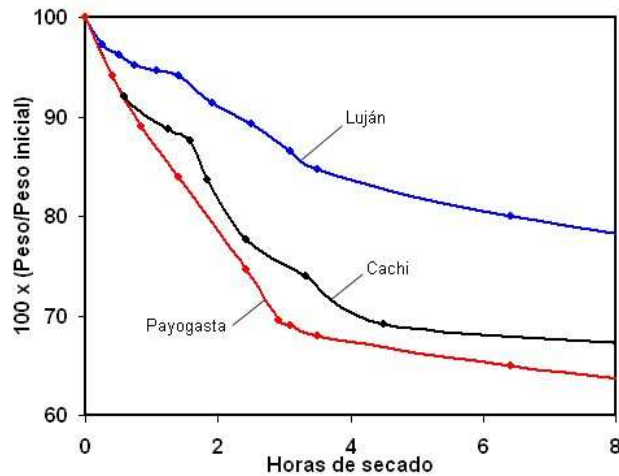


Figura 6: Secado de tomates en los invernaderos, en función del tiempo para los tres lugares de estudio.

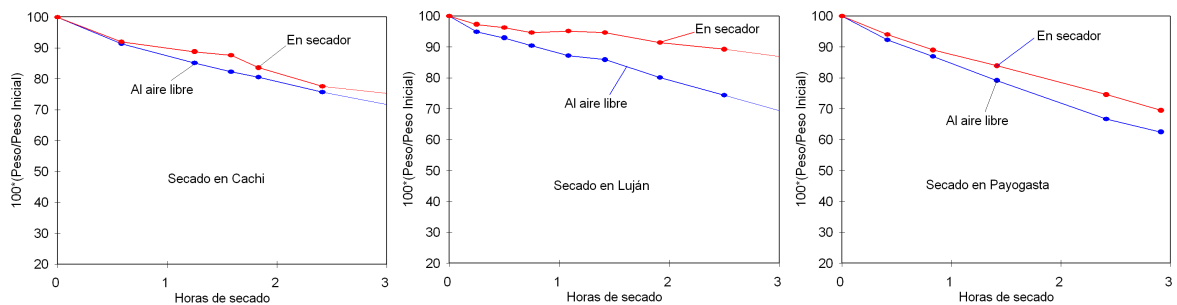


Figura 7: Curvas de secado en invernaderos y al aire libre en los lugares indicados.

Para revelar la influencia del microclima del lugar, se pusieron a secar muestras testigo al aire libre, cada una en su zona, con inicios simultáneos con el secador correspondiente, y sólo durante las tres primeras horas de proceso, tiempo que se consideró suficiente para controlar su contaminación o la acción de animales o insectos. La figura 7 muestra una superposición de los tres pares de gráficos comparativos correspondientes.

Las figuras 8, 9 y 10 muestran, respectivamente, datos de radiación exterior, sobre superficie horizontal, así como en el interior de cada secador; temperaturas y humedades del aire exterior y dentro de cada uno de los secadores para el mismo período de tiempo.

#### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS MEDIDOS

Como se muestra, el gráfico de la figura 6 compara la evolución temporal del peso porcentual en los tres secadores. Del mismo se puede inferir que en Luján el secado es más lento que en Cachi y Payogasta. De la comparación del secado en los tres secadores, resultan los siguientes datos de pérdida de peso porcentual de los tomates cortados, para el intervalo de 8 horas: Payogasta: 36 %; Hospital de Cachi: 34 % y Luján: 22 %.

En la figura 7, se observa que, tanto en Cachi como en Luján, los procesos de secado al aire libre tuvieron un comportamiento prácticamente idéntico; en cambio en Payogasta, por el microclima que lo favoreció, la deshidratación al aire libre fue 10 % mayor, aproximadamente.

Aun cuando las radiaciones solares medidas fueron mayores en Luján y menores en Cachi y Payogasta, el orden de velocidades de secado fue inverso, mostrando el desaprovechamiento de la radiación por la falta de transparencia de la chapa. Obviamente, como se ve en el gráfico de la derecha de la figura 8, la radiación fue casi nula en Luján, por el tipo de material.

De los gráficos de la figura 9 se observa que las temperaturas dentro de los secadores fueron mayores, inicialmente, en Payogasta, luego Cachi y menores en Luján. Esto último guarda correspondencia con las velocidades de secado respectivas.

Los gráficos de humedades relativas de la figura 10, revelan una tendencia que favorece a Payogasta y, no obstante favorecer al secador de Luján con respecto al de Cachi, la incidencia de la radiación fue determinante.

Para aclarar, en este punto conviene analizar lo dicho respecto de la contaminación o acción de animales sobre las muestras testigo, que se produce exclusivamente cuando el producto es secado al aire libre. Por eso este método de secado, aunque económico y tradicional, por ser a la intemperie, no favorece las condiciones de higiene. En cambio el producto resguardado en un secador cerrado a la acción exterior, no sufre deterioro.

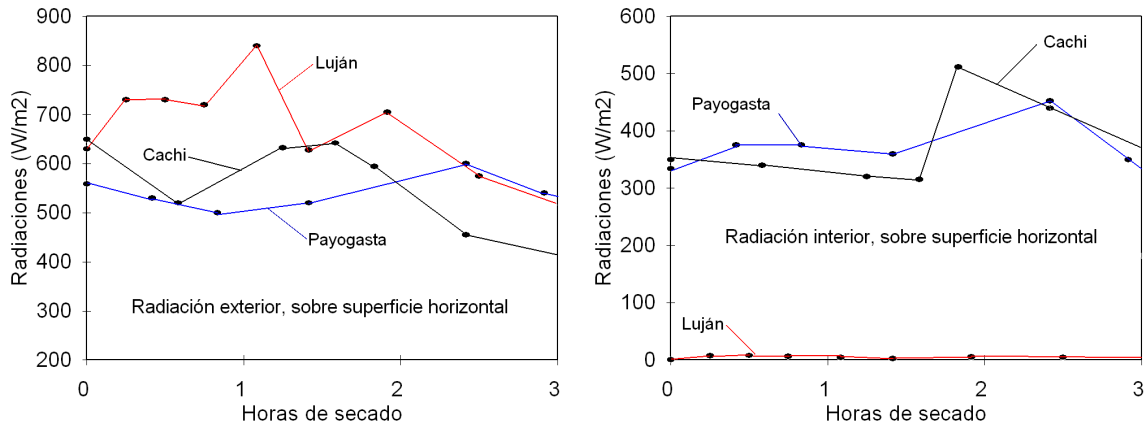


Figura 8: Comparación de las respectivas curvas de radiación solar fuera y dentro de los secadores, en los tiempos correspondientes.

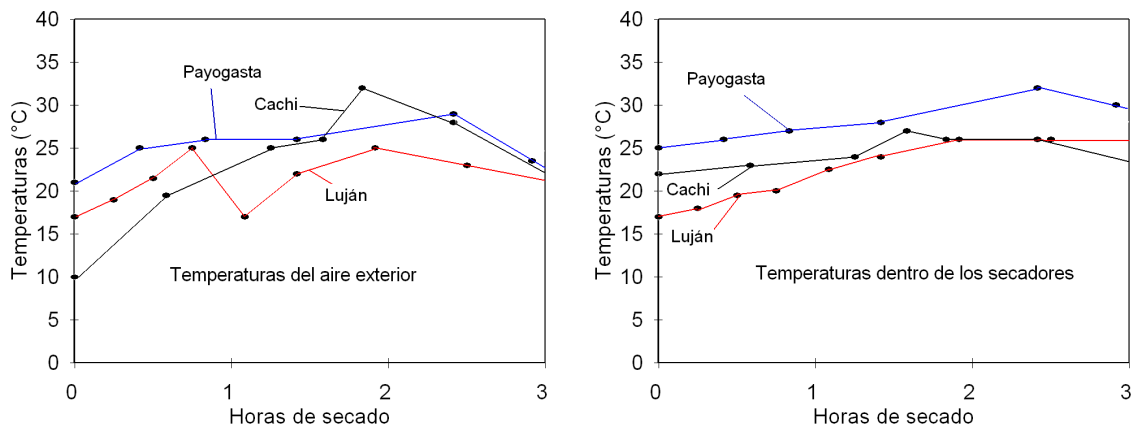


Figura 9: Temperaturas, tanto del aire exterior como dentro de los secadores.

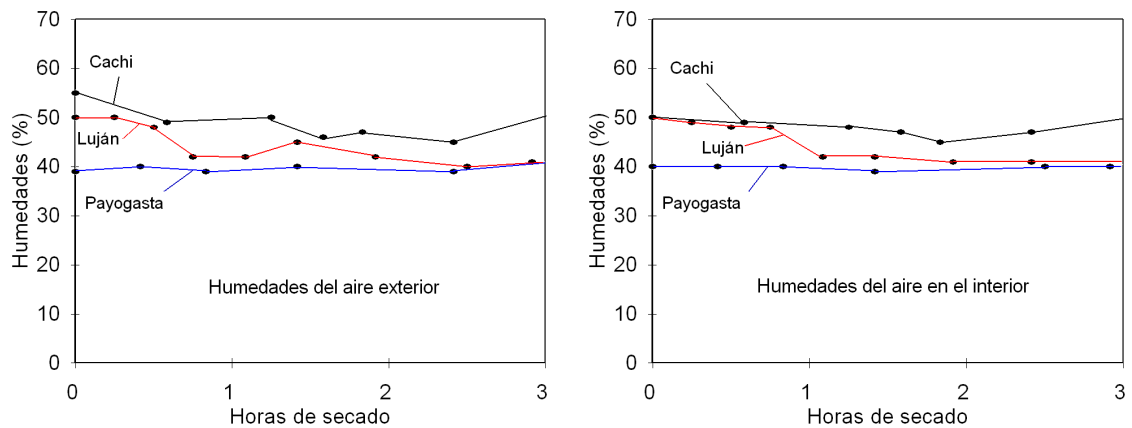


Figura 10: Se observa que las humedades del aire son similares tanto dentro como afuera.

### COSTOS DE LOS SECADORES

El secador de Cachi costó \$ 8000 a diciembre de 2003 (Passamai, 2004). La capacidad en metros cuadrados de bandejas es de 26,4 m<sup>2</sup>, por lo que el precio por unidad de área disponible para producto es de 303 \$/m<sup>2</sup>. El acopiador de Luján costó \$ 7000



en marzo de 2005 y su capacidad en metros cuadrados de bandejas es de 46 m<sup>2</sup>. Su costo por unidad de área disponible resulta, por tanto, 152 \$/m<sup>2</sup>. El secador de Payogasta costó \$ 11000 en mayo de 2005 y su capacidad en metros cuadrados de bandejas es de 46 m<sup>2</sup>. Su costo unitario es de 239 \$/m<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

Se propone cambiar la forma de secado tradicional, al aire libre, por lo observado en relación al ataque de insectos y animales sobre el producto. Una de las alternativas es la propuesta en este trabajo con los secadores de tipo invernadero, debido a que los mismos impiden el acceso de los agentes dañinos.

El secador de Cachi, luego de un año de funcionamiento, ha mejorado sus características debido a la introducción de una puerta que permite mayor circulación del aire. El reporte del usuario, a un año de uso intensivo y rotativo con productos variados (ajos, pimiento, apio, manzanas, perejil, cebollas, orégano), es muy positivo (Andolfi, 2005). En la actualidad se han construido otros tres secadores-invernadero, del tipo descrito para Payogasta, y otros dos en madera, con techo inclinado, de 8 metros de longitud. Alrededor de este ejemplo de emprendimiento, se ha formado una cooperativa que integran los usuarios de los otros secadores de tipo invernadero construidos más recientemente.

El secador de Payogasta, realizado con estructura de aluminio, ha empezado a mostrar un mejor desempeño con respecto al anterior. Los cambios introducidos, además de su ubicación en una zona favorecida por vientos debido a que no se encuentra protegido por edificios circundantes, como lo es el Hospital de Cachi, tiene la ventaja que aprovecha mejor la zona del techo, pues no es a dos aguas, sino que tiene inclinación de 15° hacia el norte. Los invernaderos de estructura de aluminio son más resistentes a la intemperie, su armado es más fácil y rápido, evitan la acción de insectos, son higiénicos y de fácil limpieza. Su costo por metro cúbico es similar al de Cachi. Luego de las experiencias recogidas con el uso del primer secador-invernadero de policarbonato de Cachi, se implementaron mejoras tales como el techo, que reduce la cantidad de placas de policarbonato; se mejoró la ventilación a lo largo del corredor y laterales del secador, con la incorporación de dos ventanas a ambos lados de la pared del fondo. Se aumentaron la longitud y número de bandejas para colocar el producto, realizando un aprovechamiento del espacio sin desmedro de la calidad y tiempo del proceso. Se espera una mayor vida útil, tienen mejor conservación de la limpieza y no corren riesgo de aparición de insectos que deterioran la madera.

El secador-acopiador de Luján, tiene la desventaja de mayores tiempos de proceso, alrededor de tres veces los que demanda el secado en los otros secadores que permiten el ingreso de la radiación solar. Por lo tanto su productividad es menor. Sus bandejas, si bien abaratan el costo, comprometen la higiene y ventilación del producto. Existe un costo mayor de mano de obra, por la presentación del producto.

## REFERENCIAS

- Andolfi, F. (2005). Una idea para cambiar la economía regional. *Emprender Salta*. Año 2, N° 8, p. 31.
- Oliver, M. (2005). Comunicación personal del usuario del acopiador de chapa ubicado en Luján.
- Passamai, V. y Saravia, L. (2005). Mejoras y Validación de un Modelo de Secado con Radiación, *ASADES*, Vol. 18, Tomo II, pp. 35-42.
- Passamai, V. et al. (2004). Secador-invernadero solar en Cachi, Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 8, N° 1, pp. 02.07-02.12.

## AGRADECIMIENTOS

A la Lic. G. Pinal, Ing. W. Bernal e Ing. G. Párraga, del Ministerio de la Producción; Méd. F. Andolfi de Cachi y Payogasta y M. Oliver de Luján, por los aportes realizados para este trabajo.

## ABSTRACT

The goal of tomato (or any other vegetable) drying is to provide the consumer with an organic product, free of chemicals, which can be rehydrated for later consumption. For this purpose, the INENCO (Non –conventional Energy Research Institute), the CFI (Federal Council of Investment) and the Government of the Province of Salta, through the Ministry of Production and Employment have been promoting the use of greenhouse-dryers. Experiments on drying of tomato slices on trays were carried out in dryers located in three locations of the Calchaquí Valley, in the Province of Salta: Cachi, Payogasta and Luján. Cachi and Payogasta dryers are of greenhouse type, made of polycarbonate. Luján dryer has walls of galvanized steel foil. Although the latter prevents solar radiation from getting in, it allows dehydration through ventilation caused by the dried air of the region. To compare the drying processes of the same product in these dryers, curves that allow the inference of their rate and the perspectives of each one of these devices are shown.

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