

SECADO DE PIMIENTO EN UN SECADERO INVERNADERO TUNEL

Miguel Condorí

Luis Saravia

Ricardo Echazú

INENCO*

Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional

Universidad Nacional de Salta

Calle Buenos Aires 177, (4400) Salta, Argentina.

Fax: (54-87) 255489, Email: Condori@ciunsa.edu.ar

RESUMEN

Un secadero invernadero del tipo túnel para secado semi industrial ha sido construido en Salta. En este trabajo se presentan las características del secadero, sus principales ventajas de diseño y los resultados de los ensayos de secado de pimiento para pimentón.

INTRODUCCION

Una alternativa de interés para la comercialización del pimiento es la producción de oleorresinas a partir del pimentón. El criterio de calidad mas importante es el color de la oleorresina. Desde hace un tiempo el INENCO está tratando de aplicar los secaderos invernaderos al secado de pimiento, buscando mejorar los diseños para evitar el secado desparejo y las eventuales pérdidas de color que se producen en los secaderos de una sola cámara con ganancia directa de radiación.

La doble función de operación de un secadero invernadero y el bajo costo de la instalación, prácticamente el costo del plástico y los soportes, hacen viable el secado en escala semi industrial por parte de los pequeños productores de pimiento del Valle de Lerma. Estos sistemas permiten dar mayor valor agregado al pimiento, el cual es tradicionalmente secado a cielo abierto en la zona, sin una gran inversión inicial. Dado el volumen de secado se hace necesario la utilización de sistemas con convección forzada, agregando ventiladores de baja potencia, a fin de mejorar la eficiencia térmica del sistema.

Durante los años 92 y 93 se comenzó a experimentar con un prototipo pequeño de secadero invernadero, en el cual se incluyó un túnel de plástico en el interior de un invernadero de cultivos [1]. En esta oportunidad se realizaron ensayos con agua y con pequeñas muestras de pimientos del tipo Calahorra, Negral y Trompa de Elefante. De los resultados se obtuvieron los datos y conclusiones necesarias para realizar el dimensionamiento y construcción de un secadero en escala semi industrial. El mismo fue construido en la zona del Valle de Lerma, Salta, Argentina, como parte de un sistema integrado que combina el invernadero de cultivo y el secadero [2]. Juntos cubren un área de $350 m^2$, de los cuales $91 m^2$ corresponden al secadero. Con este sistema se obtiene una producción continua de producto seco al trabajar el invernadero como un túnel de secado con aire circulando

*Instituto UNSa - CONICET

en contracorriente a la dirección del producto. Una vista del secadero es mostrada en la figura 1.

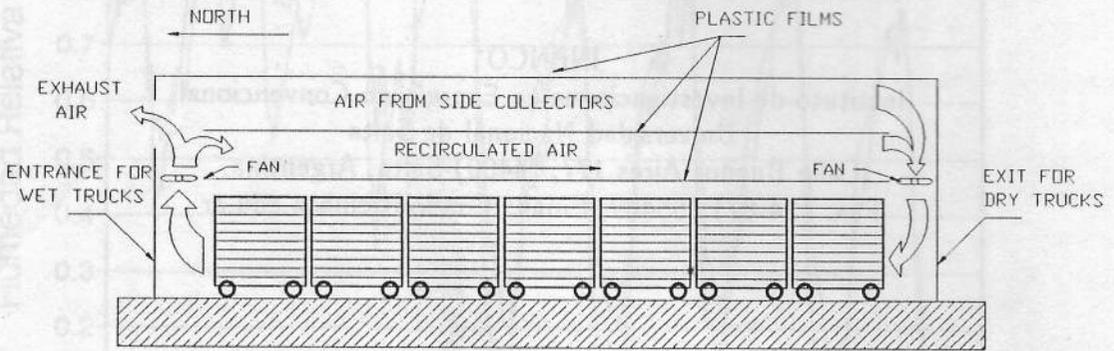


Figura 1: Vista del secadero invernadero túnel

CARACTERISTICAS DEL SECADERO

Si bien, la mejor orientación para un secadero de estas características es la dirección norte - sur, el secadero fue orientado en la dirección noreste - suroeste para protegerlo del viento mas fuerte de la zona, el zonda, que tiene esa dirección preferencial.

El área de planta del secadero tiene 7 m de ancho por 13 m de largo. La estructura soporte es desmontable construida con caños estructurales de 2 m de alto y .045 m de diámetro para los postes laterales y de .026 m de diámetro para el techo semi circular[2]. Se utilizó polietileno transparente de 150 μm de espesor con anti UV y mejoramiento térmico para la cubierta, que fue sujeta a la estructura con una malla de alambre simple, esta última también sirve para proteger al plástico de las rupturas por efecto del viento. La estructura no contiene postes interiores por lo que el aprovechamiento de el suelo bajo cubierta es óptimo.

El túnel de secado, 1.2 m de ancho y 1.9 m de alto, se construyó bajo la cubierta a lo largo del eje central del invernadero, utilizando marcos de madera de 2 cm de espesor y 5 cm de ancho. Esta estructura también fue cubierta por plástico del mismo tipo que el de invernaderos.

Sobre el techo del túnel se agrega un tubo de recirculación. Este consiste en un tubo de plástico transparente de 0.6 m de diámetro. Sobre los pisos laterales, se colocó polietileno negro de 200 μm para mejorar la absorción de radiación en esta zona, donde el aire ambiente es precalentado. La puerta de entrada del túnel se coloca en el lado norte y la de salida en el lado opuesto. Durante el proceso de secado ambas puertas permanecen cerradas, lo cual disminuye las pérdidas por filtración de aire en el túnel. El secadero utiliza dos ventiladores axiales de 1/2 HP cada uno. Uno esta fijo al techo del túnel al lado de la puerta de entrada y el otro es un ventilador abatible colocado en frente de la puerta de salida, pero por delante de la entrada de aire al túnel, desde la zona de colectores. La ubicación de los ventiladores permite realizar un mejor uso del aire caliente en el interior del invernadero, el cual es tomado de los lugares mas altos y es dirigido a través de la hilera de vagones. Al final del trayecto, parte del aire procesado es sacado afuera y el resto se hace

recircular por el ducto superior. Por una cuestión de practicidad, la recirculación solo está controlada por la velocidad del aire, pero eventualmente se pueden agregar registros para que estos sean controlados por la computadora encargada de registrar los datos.

Es importante destacar que cuando la altitud del sol es baja, la radiación incidente que llega al producto debe atravesar por lo menos dos capas de plástico. Al medio día esta radiación deberá atravesar al menos cuatro capas. Como el calor se extrae mayormente de la zona de colectores, esto no afecta sustancialmente la eficiencia del sistema, pero si permite cortar en gran proporción la cantidad de radiación en el rango del ultravioleta, la cual es perniciosa para el producto.

La capacidad teórica de carga del secadero es de 800 *kg* de producto fresco distribuidos en 8 carros que contienen 10 bandejas cada uno, considerando una carga de 10 *kg* de producto fresco por cada 1.5 *m*² de bandeja. Esta densidad de carga corresponde a pimiento cortado longitudinalmente y a medida que el proceso avanza, debido al encogimiento del producto, dos bandejas pueden ser juntadas en una por lo que la capacidad de carga práctica puede ser aun mayor. El secadero solar es similar en su funcionamiento al secadero convencional tipo túnel en contracorriente y tiene producción continua, si por esto se entiende que uno o dos carritos con producto seco son retirados cada día y se agrega nuevo producto fresco.

RESULTADOS

Las principales variables se han monitoreado usando una computadora XT a la cual se le agregaron dos tarjetas de adquisición de datos. La radiación se midió con un piranómetro Kipp & Zonnen y la señal debió ser amplificada 100 veces antes de entrarla al conversor A/D. Pequeños semiconductores del tipo termistores se utilizaron para la medición de temperatura. La humedad relativa fue medida por medio de sensores capacitivos, usando sondas Vaisala HMP 35D. La velocidad del aire en el interior del túnel se midió manualmente usando un anemómetro de punta caliente.

El secadero como colector solar

La figura 2 muestra la temperatura a la salida de los colectores y la temperatura ambiente para los ocho primeros días de diciembre de 1994. El comportamiento de los dos colectores laterales no es simétrico respecto al medio día solar, debido a las varias capas de plástico que debe atravesar la radiación directa y a la acumulación de calor que se produce en el suelo del invernadero. El colector que mira hacia el este tiene mayor temperatura durante la mañana, mientras que el colector que mira al lado oeste tiene mayor temperatura por las tardes.

La temperatura en la zona de colectores siempre se mantuvo por encima de la ambiente, debido al efecto invernadero, y la máxima diferencia entre ellas se sitúa alrededor de 25 °C con túnel cargado. Esta se obtiene durante el máximo de radiación y la diferencia baja por las noches a algunos grados. En la figura 3 se muestra la humedad relativa correspondiente para los mismos días. La humedad relativa en el interior del túnel siempre se mantuvo por debajo de la ambiente, debido a la mayor temperatura del interior, y la máxima diferencia entre ellas fue del 20 % aproximadamente con túnel cargado, debido a que el secadero no

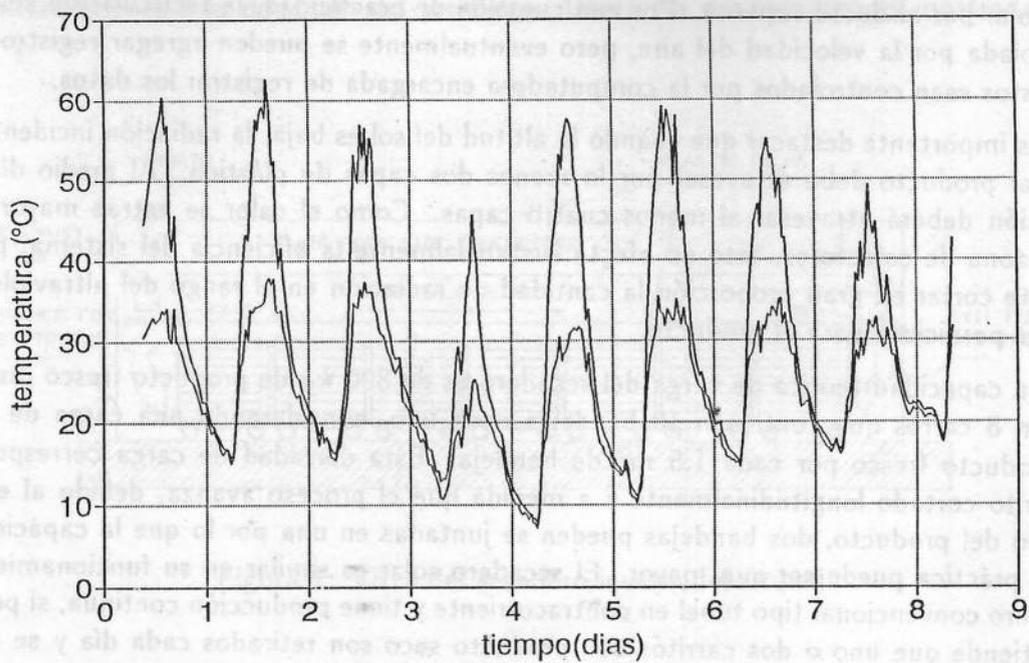


Figura 2: Temperatura a la entrada del túnel

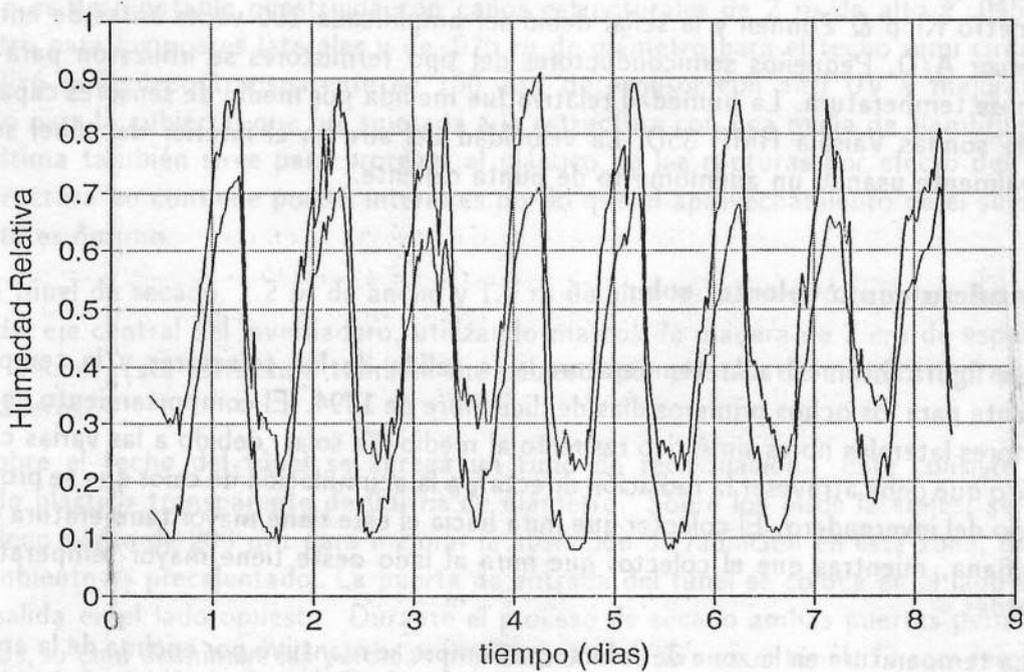


Figura 3: Humedad relativa en el interior del túnel

se cargó al máximo de su capacidad en ningún momento. Durante la noche la humedad se incrementa considerablemente por encima de 60 % debido a las condiciones ambientales locales, en la que la temporada de secado coincide con la época de precipitaciones. Este nivel de humedad es peligroso para el secado, porque puede favorecer la aparición de hongos. En estos casos se hace necesaria la utilización de calefacción auxiliar para elevar la temperatura del túnel y bajar a la vez la humedad del aire. Las condiciones extremas para la zona de los colectores fueron un máximo de temperatura próximo a los 60 °C y una humedad relativa mínima alrededor del 10 % durante días soleados.

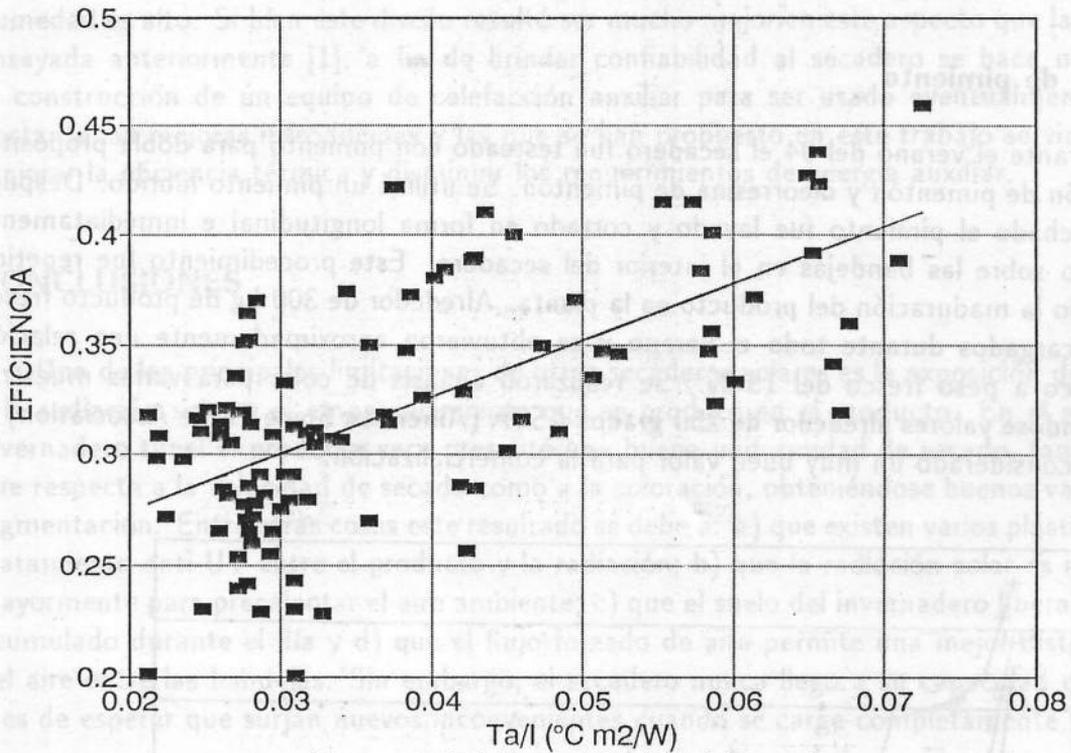


Figura 4: Eficiencia térmica del secadero

De acuerdo a la teoría de colectores [3], debido a que la temperatura de entrada al secadero es la del aire ambiente, la eficiencia del secadero visto como un colector solar debe ser una constante que depende de las pérdidas ópticas, lo cual es un resultado erróneo. Esto es equivalente a suponer que bajo condiciones de estado estacionario la eficiencia no depende de las variables meteorológicas. El análisis anterior indica que la usual variable $(T_e - T_s)/I$ no puede ser utilizada.

En la figura 4 se muestra la eficiencia para los valores medidos alrededor del medio día solar durante dos meses y como variable independiente se utiliza el cociente entre la temperatura ambiente y la radiación incidente. Se ve claramente del gráfico, que la eficiencia del secadero invernadero tiene una fuerte dependencia con este cociente, indicando que las pérdidas térmicas del invernadero son importantes y se incrementan con la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior o con el aumento de la radiación. Este resultado es debido a las grandes dimensiones del invernadero, con una área de exposición al viento usualmente del orden del doble que el área de planta. Estos resultados sugieren que un mayor esfuerzo se debe realizar ya sea, para disminuir el área de cubierta o cortar la convección con el viento, si se desea incrementar la eficiencia del secadero.

La densidad de puntos del gráfico indican que una eficiencia instantánea alrededor del

30 % puede considerarse para el secadero solamente visto desde un punto de vista térmico. El valor del cociente entre la temperatura ambiente y la radiación se sitúa en 0.27 para este caso. Durante la tarde cuando la radiación solar directa desaparece, se puede observar que aun continúa el proceso de secado, en forma suave, este efecto es causado principalmente por el calor que se ha acumulado durante el día en el suelo. Por lo que una manera sencilla de evitar altos niveles de humedad es mejorar la absorción del suelo y su capacidad de acumulación de calor. Esto puede ir desde mejorar el material del suelo, por ejemplo hacer uno de concreto, hasta destinar la zona como almacenamiento del producto seco o para terminar de secar el producto semi seco.

Secado de pimienta

Durante el verano del 94 el secadero fue testeado con pimienta para doble propósito, obtención de pimentón y oleoresina de pimentón. Se utilizó un pimienta híbrido. Después de cosechado el pimienta fue lavado y cortado en forma longitudinal e inmediatamente colocado sobre las bandejas en el interior del secadero. Este procedimiento fue repetido siguiendo la maduración del producto en la planta. Alrededor de 300 kg de producto fresco fueron cargados durante todo el verano y se obtuvieron aproximadamente una relación peso seco a peso fresco del 15 %. Se realizaron análisis de color para varias muestras obteniéndose valores alrededor de 250 grados ASTA (American Spice Trade Association) el cual es considerado un muy buen valor para la comercialización.

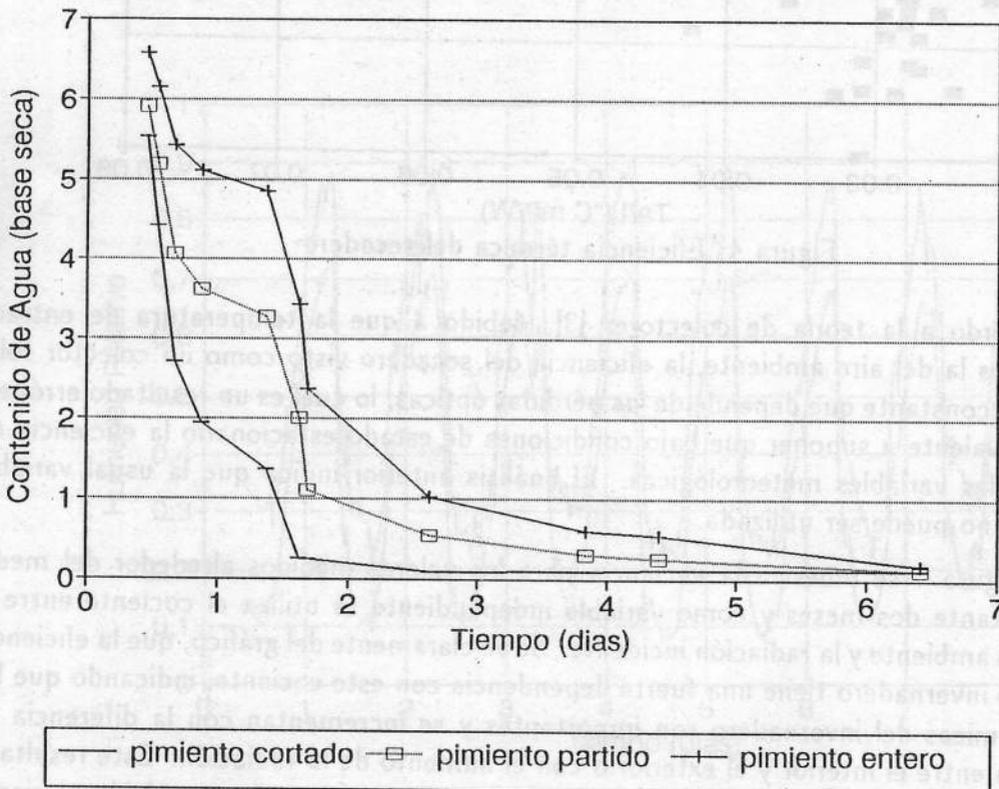


Figura 5: Curvas de secado para pimienta

En la figura 5 se muestran tres curvas de secado obtenidas en los ensayos previos. Estas corresponden a pimienta entero, cortados transversalmente y cortados longitudinalmente.

Como el trabajo de pre tratamiento se incrementa en el orden expuesto anteriormente, este gráfico permite realizar una decisión del tipo tiempo de secado frente al gasto en el pre tratamiento. El pimiento con corte longitudinal es el que presenta mejor velocidad de secado, alrededor de dos días y medio, mientras que el pimiento entero necesita alrededor de seis días para llegar a similares niveles de secado final. El pimiento con corte transversal resulta interesante por que puede ser realizado en forma manual por una o dos personas de acuerdo al volumen de carga, el tiempo final de secado se sitúa en un termino medio de los otros dos. Los ensayos muestran que el secadero trabaja bien durante los días soleados pero algunos problemas siguen apareciendo en el producto fresco cuando el contenido de humedad es alto. Si bien este diseño resultó ser mucho mejor en este aspecto que la versión ensayada anteriormente [1], a fin de brindar confiabilidad al secadero se hace necesaria la construcción de un equipo de calefacción auxiliar para ser usado eventualmente. No obstante las mejoras introducidas y las que se han propuesto en este trabajo servirán para mejorar la eficiencia térmica y disminuir los requerimientos de energía auxiliar.

CONCLUSIONES

Una de las principales limitaciones de otros secaderos solares es la exposición despareja a la radiación solar y el empardecimiento que se produce en el producto. En el secadero invernadero túnel el producto seco presentó una buena uniformidad de secado, tanto en lo que respecta a la velocidad de secado como a la coloración, obteniéndose buenos valores de pigmentación. Entre otras cosas este resultado se debe a: a) que existen varios plásticos con tratamiento anti UV entre el producto y la radiación; b) que la radiación solar es utilizada mayormente para precalentar el aire ambiente; c) que el suelo del invernadero libera el calor acumulado durante el día y d) que el flujo forzado de aire permite una mejor distribución del aire entre las bandejas. Sin embargo, el secadero nunca llego a su capacidad de carga y es de esperar que surjan nuevos inconvenientes cuando se cargue completamente.

Otra mejora tiene que ver con la carga y descarga del producto, la cual es sencilla lo que disminuye los costos de operación. El secadero tiene una aceptable capacidad de carga por unidad de área de túnel, alrededor de $80\text{kg}/\text{m}^2$. Pero en ésta no se consideran las áreas laterales del invernadero. Estas pueden eventualmente utilizarse como cámaras de presecado o para terminar de secar el producto, con lo cual la capacidad de carga mejora.

Un cambio en el diseño que utilice una fuente auxiliar de energía se hace necesario implementar para obtener mayor temperaturas internas durante los días nublados. También, un aporte de energía adicional permitirá al secadero trabajar durante mas horas por día, incrementando su productividad. El gasto de energía obviamente aumentará también. Sin embargo, asumiendo que se pueden usar como combustible la biomasa de los desechos agrícolas, el ahorro de energía es aun considerable.

En otros tipos de climas con menos precipitaciones durante la época de verano el secadero túnel, puede trabajar perfectamente.

REFERENCIAS

1. Saravia L. y Condorí M. *Secador Invernadero del Tipo Túnel*. Actas 15° Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. Catamarca, 1992.

2. Saravia Luis et. al. *Diseño y Construcción de un Sistema Integrado Invernadero - Secador con Calentamiento Combinado Solar - Biomasa*. Actas 16° Reunión de Trabajo de la ASADES. La Plata, 1993.
3. J. Dufie and W. Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes*. Jonh Wiley and sons Ltd., 2ed., New York. (1990)

REFERENCIAS