

CURSO DE SECADO CON ENERGÍA SOLAR EN LA QUEBRADA DE HUMAHUACA

Echazú R. y Condorí M.
INENCO - Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5750 - A4408FVY Salta
email: echazur@inenco.net

Navarro H., Muro G., Maldonado G.
Adeso, Jujuy Activa, Fundación Cóndor
López 495 - Y4600XAL Ciudad de Nieva, Jujuy
email: guzmaldonado@arnet.com.ar

Palabras Claves: Secado Solar, colector solar de aire, Quebrada de Humahuaca

RESUMEN: Se presenta un curso para pequeños productores y operarios de una planta de secado solar de productos agrícolas en Huacalera, Jujuy. El curso, dictado en forma simultánea con la puesta en marcha del sistema comprende conocimientos generales de energía solar, instrumentación y técnicas de secado. Una parte de conocimientos teóricos es dictada con presentaciones gráficas y otra práctica se desarrolla sobre el terreno, basada en la instrumentación del sistema. A la fecha se completó un 60 % del dictado notándose un sostenido interés en los alumnos.

INTRODUCCIÓN

La Quebrada de Humahuaca, declarada Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad en el 2003 es un extenso valle montañoso de perfil asimétrico de 155 kilómetros de longitud que corre en dirección Norte-Sur, está ubicado en el extremo Noroeste de la República Argentina.

El clima se clasifica como de montaña, árido, con carácter continental intenso. Las precipitaciones se distribuyen en el verano y los inviernos son muy secos. Según la clasificación de Köppen, el clima de la región puede considerarse como BSK'Cw seco, semiárido tipo estepario, con precipitaciones estivales e invierno frío y seco al norte del área de estudio. Las bajas precipitaciones del centro de la Quebrada, otorgan las características de árido desértico al clima, correspondiendo la clasificación de BWK'Cw. (Franco, 2006)

La Quebrada se caracteriza por una acentuada amplitud térmica, tanto estacional como diaria. Durante el día, debido al balance de radiación positivo, la tierra toma temperatura calentando el aire y durante la noche, debido al balance negativo se produce el enfriamiento del aire. El régimen térmico está determinado en gran parte por el relieve y por la latitud y altitud.

Las lluvias son exclusivamente estivales con precipitaciones que varían entre los 170 a 180 mm anuales en promedio. Es también una zona de vientos con fuertes ráfagas, el promedio anual es de aproximadamente 5 m/s. La altura sobre el nivel del mar varía desde los 1.600 a los 2.700 metros.

En la Quebrada de Humahuaca, el sistema productivo predominante es mixto: hortifruticultura de estación (verano), con algo de cultivos forrajeros, cereales y floricultura; cría de ganado menor (ovinos y caprinos) para autoconsumo e intercambio.

Potencial productivo; En el fondo de la quebrada se dan buenas condiciones para el aumento y la diversificación de la producción hortícola bajo riego. En las quebradas laterales y valles intermontanos, el potencial es más limitado por la disponibilidad de suelos y agua.

La zona se caracteriza por su reciente incorporación como productora de hortalizas para el mercado.

La superficie cultivable, bajo riego, es de 1.800 ha en manos de 1.500 productores, lo que hace un promedio de 1.2 ha por productor, siendo algunos arrendatarios. Su principal actividad es la horticultura con una gran variedad de cultivos; le siguen en importancia la floricultura y fruticultura. Disponen también de una cierta cantidad de ganado menor destinado al autoconsumo. La mayoría de estos productores realiza sus labranzas con arado de manceras. Los insumos que utilizan (semillas y agroquímicos) son generalmente provistos por los intermediarios que compran la producción. La mano de obra empleada en estas explotaciones es básicamente familiar, aunque en algunos casos se contrata a terceros para trabajar en la cosecha. (INTA, s/f)

Entre los problemas u obstáculos existentes para el desarrollo agrícola se destacan el bajo nivel tecnológico de la producción, la baja eficacia del riego y mal mantenimiento de los sistemas. También la disponibilidad actual de agua para riego, tenencia de la tierra y el tamaño del mercado subregional para productos hortícolas. (Manzanal M. et. al. 2006)

En la problemática de comercialización debe destacarse la dificultad de acceso al mercado y la dependencia de intermediarios y acopiadores. Tsakoumagkos et. al. (2006)

EL PROYECTO PROSOL

En este contexto, hacia el año 2002, se inicia el proyecto PROSOL:” Producción y mercadeo de deshidratados fruti hortícolas con energía solar para la lucha contra la pobreza y el desempleo en la Quebrada de Humahuaca” por parte de la ONG “Proyecto Local” de Barcelona y su contraparte en Argentina ADESO (Asociación para el Desarrollo Social) con sede en La Plata. Las organizaciones locales articuladoras son Fundación Cóndor y Agencia de Desarrollo Jujuy Activa, ambas de Jujuy. (ADESO, 2006)

Participan también el gobierno de la provincia de Jujuy, INTA, las Universidades Nacionales de Salta y Jujuy, Programa Social Agropecuario, Municipalidades de la Quebrada, etc.

Para el período 2004/006 la Agencia Española de Cooperación, AECI aporta 427.352 euros, la ONGD española 2.400 euros y otros aportes suman 113.550 euros.

El proyecto tiene como objetivos, la mejora de las condiciones de vida de la población rural, contribuyendo a la lucha contra la pobreza y al desempleo en la Quebrada de Humahuaca y Valles de la Provincia de Jujuy y asimismo la generación de nuevas oportunidades económicas y de nuevos puestos de empleo estable en el sector de la producción fruti hortícola, a través de la incorporación de tecnologías sostenibles que generen valor agregado a sus productos y optimicen la comercialización.

Se promueve y apoya el desarrollo y la creación de microempresas agroindustriales rurales a través de acciones de formación, asistencia técnica y transferencia de tecnología sobre el procesamiento de frutas y hortalizas a pequeña escala mediante métodos artesanales. El desarrollo de pequeñas agroindustrias existentes y la generación de nuevas, posibilitará dar valor agregado a la materia prima, generar empleo, mejorar el nivel de nutrición de las poblaciones rurales y aprovechar los recursos que normalmente se pierden en cantidades importantes. Los beneficiarios directos del proyecto son micro productores rurales, en situación de vulnerabilidad económica social, severamente afectados por la crisis económica de La Argentina y del Noroeste del país en particular. Estos productores darán un aprovechamiento integral a los productos y recursos existentes a un costo adecuado a sus posibilidades.

Como resultados del proyecto, se espera el desarrollo del producto deshidratado través de la incorporación de tecnologías de deshidratación solar y eólica para la producción fruti –hortícolas, la capacitación de los beneficiarios para la mejora de las condiciones de trabajo y la incorporación de normas de calidad y legislación alimentaria y de preservación del medio ambiente.

A comienzos del 2005, la Unidad Ejecutora de Prosol firma un convenio con la Universidad Nacional de Salta, por el cual el INENCO proyecta y dirige las obras de construcción de dos secadores solares activos para frutas y hortalizas, con una capacidad de una tonelada de fresco cada uno, a construirse en Maimará y Huacalera. En el mismo se establece también el dictado de cursos teórico-prácticos para el personal de ambas plantas de secado.

Además del curso de secado solar que aquí se describe, el proyecto dictó también en la quebrada, para los mismos grupos de alumnos, cursos de técnicas agrícolas, de procesamiento de alimentos, de bromatología y de comercialización.

Al presente (julio de 2006) se concluyó el montaje del primer secador y se dictó un 60 % del curso en Huacalera. En este trabajo se describe la experiencia docente y en otro (Condorí et. al. 2006), las características del equipo y los primeros resultados.

EL SECADOR SOLAR DE HUACALERA

Huacalera es un pequeño pueblo al norte de la quebrada, ubicado en la intersección de la ruta 9 y el trópico de Capricornio. La altura sobre el nivel del mar es 2460 m.

El secador solar consta básicamente de dos campos de colectores solares con una superficie total de 100 m², dos cámaras de secado con capacidad de 500 Kg de producto fresco cada una, ventiladores, ductos y filtros de aire.



Figura 1: Vista en corte de un colector

En el interior de las cámaras de secado se dispone el producto en bandejas de 1.5 m² apiladas sobre carros metálicos.

La figura 1 muestra un corte de los colectores y la 2 es un plano simplificado de la planta con la distribución de los colectores, los ductos y las cámaras de secado, junto al edificio de procesamiento, laboratorios y oficinas.

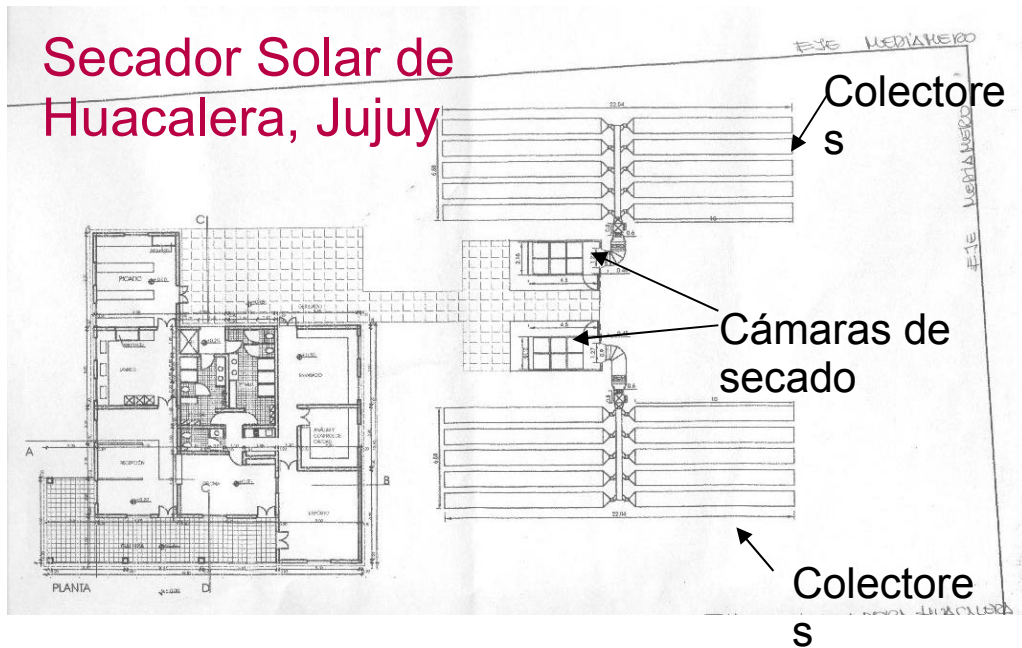


Figura 2: Vista en planta del secador y edificio.

La figura 3 es una fotografía que muestra, además de la belleza del paisaje, la tradicional ofrenda a la Pachamama el día de la inauguración del secador solar. Participan las autoridades, pobladores de Huacalera y alrededores y visitantes de Salta y Jujuy. Nótese a la izquierda la banda de sicuris.



Figura 3: Ofrenda a la Pacha Mama en la inauguración.

Los colectores planos están formados por un gabinete de chapa galvanizada, aislamiento térmico de lana de vidrio y cubierta de policarbonato alveolar de 4 mm. La placa colectora es una chapa galvanizada sinusoidal curvada de modo de formar un ducto inferior y uno superior para que las dos caras de la chapa intercambien calor con el aire circulante. En la figura 4 se aprecia una parte del campo de colectores y las cámaras de secado.

El ángulo de inclinación de los colectores al norte, puede modificarse para tener un óptimo funcionamiento todo el año. El modo en que se realiza esta operación es parte del curso y junto con un manejo básico de geometría solar permitirá en el futuro que los alumnos realicen este ajuste.



Figura 4: Colectores y cámara de secado



Figura 5: Lavado y pelado del producto previo al secado



Figura 6: Un carro cargado de producto, rumbo a la cámara.

En la figura 5 se ve, luego de la recepción, el lavado y pelado de las zanahorias que luego de trozarse se cargarían en las

bandejas. Otro cajón de plástico a la izquierda, contiene perejil. La disposición de los productos dentro del túnel, en bandejas separadas, permite cargas mixtas.

En la figura 6, uno de los carros cargado con el producto fresco, es llevado al túnel de secado. La fotografía se tomó a comienzo del invierno, al mediodía.

EL PROGRAMA DEL CURSO

El curso que se dicta actualmente en Huacalera, consta de una parte formal basada en presentaciones gráficas y otra parte práctica en la que, a la vez que se pone en marcha el sistema, se miden e interpretan las variables de funcionamiento. Los niveles de formación de los alumnos son: con estudios primarios el 18%, secundarios 66%, terciarios 14% y universitarios el 2%. En todos los casos los porcentajes incluyen estudios incompletos. Las clases están a cargo de los autores de este trabajo, que anteriormente participaron en diversos proyectos de secado solar e impartieron clases de la temática en diferentes ámbitos. (CYTED, 2006), (Saravia L. et. al., 1996), (Echazú R. et. al. 2001).

El grupo de trabajo de INENCO, forma parte de la Red Iberoamericana de Secado Solar de Alimentos del Programa Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED (CYTED, 2006)

El programa que aquí se presenta, constituye una versión adecuada para este ámbito, del desarrollado anteriormente en otros cursos:

El recurso solar. Geometría solar, radiación, espectro solar
Fuentes de energía renovables y no renovables. Cuestiones ambientales.
Aprovechamiento de la energía solar. Colectores
Principios de secado, psicrometría
Secadores pasivos y activos
Equipos auxiliares. Ventiladores, registros, tuberías.
Consideraciones económicas y ambientales.
Panorama de otras aplicaciones de la energía solar: cocinas, invernaderos, fotovoltaicos.
Práctico: Construcción y ensayo de un secador artesanal de tipo pasivo
Práctico: Puesta en marcha e instrumentación. del secador activo.
Medidas de radiación solar, temperaturas, humedad, caudal.
Peso de muestras y cálculo de curvas de secado.

LAS CLASES PRÁCTICAS

El total de alumnos se divide en cuatro grupos de 6 ó 7 que trabajan en forma simultánea en distintas tareas intercambiando los instrumentos de modo que todos tengan ocasión de familiarizarse con las técnicas de medida. Cada grupo transcribe sus datos a archivos digitales con una computadora portátil.

Al presente, se realizaron medidas de temperatura, radiación solar, velocidad de aire, humedad y peso de muestras de algunos productos como cebolla, zanahoria, apio y ajo.

Temperaturas y humedad: se midieron las temperaturas y humedad del aire en distintos puntos del circuito con un psicrómetro de bulbo seco y bulbo húmedo y una sonda Vaisala. Con las lecturas de bulbo seco y bulbo húmedo se calcularon la humedad relativa con el diagrama psicrométrico correspondiente a la altura del lugar. Se empleó también para los cálculos de humedad del aire, el programa psico. (Saravia D., 2002)



Figura 7: Medida de la radiación solar "horizontal"

La radiación solar global, se determinó con piranómetros portátiles sobre plano horizontal y sobre el plano de los colectores. Se emplearon un instrumento térmico Ishikawa RS-5 y uno fotovoltaico LI-250, ambos contrastados con un patrón Eppley PSP. Con los mismos se realizaron también medidas de radiación difusa sombreando el sensor y algunas mediciones de la transmitancia del policarbonato de los colectores y de otros materiales como vidrio de ventanas, polietileno LDT, PET de botellas, etc.

En la fotografía de la figura 7, tomada los primeros días del curso, se ve un grupo de alumnos haciendo una medida con el solarímetro Ishikawa sobre sus cabezas, sin nivelarlo. Luego se midió sobre un plano bien nivelado y se discutió la diferencia en las lecturas.

La velocidad del aire se determinó con un anemómetro de hilo caliente TSI 8345, en distintos puntos del circuito. En la cañería maestra se midió en 9 puntos equidistantes para calcular el flujo por promedio y se repitió el procedimiento para diferentes situaciones de carga de las cámaras de secado. Se midió también la velocidad en cada colector y se ajustó un registro de cada uno con el objeto de que trabajen todos a igual caudal. Esto se realizó en forma recurrente con la participación de todos los alumnos.

Deliberadamente, mientras se medía se plantearon cuestiones del tipo: “¿ cuánto será el promedio, no ?” lo que entendemos contribuye a la posterior interpretación de los resultados. En la figura 8 se ve a dos alumnas midiendo la velocidad del aire en un colector.



Figura 8: Medida de velocidad en un colector con anemómetro de hilo caliente

No pudo medirse aún la caída de presión en el circuito, tema de las próximas clases, en las que se empleará un manómetro de agua de columna inclinada.

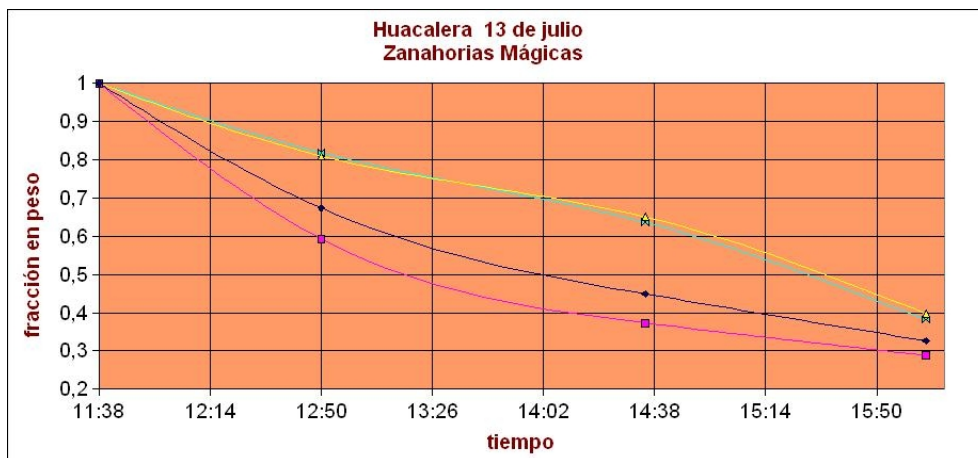


Figura 9: Curvas de secado calculadas por los alumnos.

Con una balanza electrónica de tipo granataria, se pesaron muestras de material de 4 bandejas de cada producto en todas las cargas realizadas hasta el presente. También en esta tarea participaron todos los asistentes al curso, siendo de destacar el extremo cuidado puesto en el manejo de las muestras y en el pesado. Cada grupo registró en un cuaderno los resultados y

luego los transcribió a una hoja de cálculo, turnándose en el teclado. A pesar de que algunos no tenían ninguna experiencia anterior en este tipo de trabajo, alcanzaron un aceptable comprensión del concepto cinética de secado llegando a resultados como las curvas de secado que se muestran en la figura 9.

Las muestras se colocaron en bandejas a diferentes alturas y el diferente grado de avance del secado se corresponde con la distribución del aire en la entrada de la cámara de secado. El secado se realizó un día soleado de invierno, con temperatura ambiente máxima de 22 C. La temperatura de la cámara alcanzó los 55 C y la radiación solar a mediodía llegó a 690 W/m² sobre plano horizontal y 970 W/m² en el plano de los colectores.

El nombre “Zanahorias Mágicas” merece una aclaración: Los grupos de trabajo no son Comisión 1, 2 etc, sino que se dieron nombres de fantasía al estilo de la comparsas quebradeñas, como “Puya Puya”, “Mariposas”, “Grupo Vientos” y “Mágicas”. A este último pertenece el gráfico presentado.

Con las medidas de radiación solar, temperaturas y caudal se calcularon algunos puntos de una curva de eficiencia de los colectores. Estos resultados preliminares, se consideran aceptables pero el tema requiere todavía mas trabajo para ser cabalmente comprendido.

CONCLUSIONES

A pesar de no haberse completado aun el dictado del curso, los alumnos ya pueden resolver por si mismos la mayor parte de las situaciones que se plantean durante el secado solar de productos diversos, en cantidades variables y con diferentes condiciones climáticas.

Las mediciones que se realizan durante el dictado, sirven para poner a punto el equipo y también permitieron ajustar el diseño del secador solar de Maimará, que forma parte del mismo proyecto.

Es también destacable que el dictado del curso resulta una estimulante experiencia para los autores. A pedido de los alumnos, se repitieron algunos temas como psicrometría y curvas de secado.

Desde la puesta en marcha del equipo, se ha secado ajo, apio, cebolla, espinaca, orégano, perejil, puerro, repollo y zanahoria, todos de excelente calidad, los que se comercializan en el lugar y en S. S. de Jujuy. Se ha presentado un stand en la feria de la Sociedad Rural Argentina en Palermo con muestras de productos.

REFERENCIAS

ADESO, 2006 www.adeso.org.ar

Condori M., Echazú R. y Saravia L. 2006 “Secador Solar Indirecto con Flujo de Aire Forzado para Huacalera, Quebrada de Humahuaca” Presentado en AVERMA N 10

Echazú R., Iriarte N. et. al., 2001 " Secado Solar de Carne de Llama " Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 5 No 1 ISSN 0329-5184 p. 25-02

Franco , 2006 “ El Clima de la Quebrada de Humahuaca “www.franco.jujuy.gov.ar/quebrada

Manzanal Mabel, Neiman Guillermo y Lattuada Mario (comp.) (2006). “Desarrollo Rural. Organizaciones, Instituciones y Territorio.” ED. CICCUS. Buenos Aires, Argentina. ISBN 987-9355-27-X.

Red Iberoamericana de Secado Solar de Productos Agroalimenticios (RISSPA) del programa CYTED, 2006 www.cytcd.org

Saravia D., 2002 “Psicro” en www.psicro.com

Saravia L., Román R. Et. al., 1996 " Ingeniería del Secado Solar " Subprograma VI: Nuevas Fuentes y Conservación de la Energía del Programa CYTED-D, Edición de la Universidad de Chile

Tsakoumagkos P., Soverna S., Craviotti C., 2006 “ Campesinos y Pequeños Productores en las Regiones Agroeconómicas de Argentina” ed. PROINDER en www.sagpya.mecon.gov.ar

SOLAR ENERGY DRYING COURSE AT HUMAHUACA VALLEY

ABSTRACT: This paper deals with the teaching to workers of solar drying in Huacalera, at Humahuaca Valley, Jujuy. The designed equipments are of the indirect solar radiation type and works with forced airflow. Each one of them has a recline bank of collectors with 100 m² of soil area. The drier chamber, 10 m² of soil area, has a load capacity around 500 kg of fresh product and approximately a daily production of 100 kg of dried product. The driers allow a drying process under controlled conditions of hygiene and temperature, obtaining a very good quality in the final product. The driers have been used in the production of carrots, spinach, onion, garlic and other dehydrated vegetables

Keywords: Solar dryer, air solar collector, Humahuaca Valley.