

# OPTIMIZACIÓN DE SECADEROS SOLAR-BIOMASA PARA PEQUEÑAS UNIDADES PRODUCTIVAS<sup>1</sup>

Jorge Senn<sup>2</sup>, Silvina V. García<sup>3</sup>, Liliana Palomo<sup>4</sup>

## Resumen

Se trata de un proyecto financiado por el Programa AGROVALOR (SPU – Ministerio de Agricultura y Pesca de la Nación), continuación de un Proyecto Especial (UNaM) desarrollado anteriormente. Tiene por objetivo la optimización del diseño de secaderos, basado en tres prototipos ya desarrollados, con el concepto de aprovechamiento de fuentes de energía renovables (González Velasco, 2009), tecnología y materiales disponibles en la zona, independencia de la energía eléctrica y apropiado a las necesidades de pequeñas unidades productivas de la provincia de Misiones y la región. Investigación aplicada, orientada a satisfacer necesidades del ámbito de la agricultura familiar y de media escala, basada en experiencias previas y de diagnóstico participativo, con fuerte intervención de los usuarios en la ejecución y uso de la tecnología. Al presente se han construido nuevos secaderos de uso comunitario, así como un secadero transportable para uso uni-familiar. Los ensayos de los nuevos secaderos demuestran una mejora significativa en su desempeño y una gran utilidad práctica para los usuarios.

**Palabras Clave:** Secaderos, Optimización, Diseño

## Introducción

El presente trabajo se refiere a resultados parciales alcanzados en el marco de un proyecto de investigación anterior (16/D160) y continuación a través de uno nuevo, financiado por el Programa AGROVALOR a partir del mes de noviembre de 2014. Como antecedente, en el informe final (García, 2011) del Proyecto PROINDER, Código 85- 8500951, desarrollado en conjunto entre la AER-INTA-Oberá y las Facultades de Ingeniería y de Arte y Diseño (UNaM). Presentando en esta oportunidad los resultados del diseño y desarrollo de un nuevo modelo, logrado a partir de tres prototipos de secaderos solar-biomasa, ubicados en unidades productivas en el Departamento Oberá.

Para el diseño original se establecieron algunas premisas básicas que aún se mantienen: uso de fuentes de energía renovables y de fácil disponibilidad para los productores, independencia de la energía eléctrica, construcción con tecnología y materiales accesibles en la zona, e introducción de tecnologías apropiadas y apropiables que faciliten procesos de autoconstrucción, mantenimiento sencillo y capaces de generar mejoras en las condiciones socio-económicas de los productores adoptantes, a través del agregado de valor a productos excedentes de granja y al aprovechamiento de especies aún no explotadas (hierbas aromáticas y medicinales). En las fig. 1 y 2 se visualizan dos de los prototipos desarrollados.

Misiones se caracteriza por poseer una importante irradiación solar media a lo largo del año, tal como lo indican los mapas solares de Argentina, elaborados por Ceballos *et al.* (2005). Por otra parte, esta eco-región corresponde a uno de los pocos reservorios supervivientes de selva paranaense, cuyos remanentes también se encuentran en mayor o menor medida en las chacras misioneras. Pese a una explotación desmedida y a la

---

<sup>1</sup> Proyecto de Investigación, Proyecto del Programa AGROVALOR, Presentado como Proyecto Incentivado (evaluado, en proceso de acreditación)

<sup>2</sup> Director de Proyecto, Fac. de Ingeniería, Mgter. Ing. Electromecánico, [jorgesenn1@gmail.com](mailto:jorgesenn1@gmail.com)

<sup>3</sup> Co-Directora de Proyecto, INTA, Mgter. Ing. en Alimentos, [silvinavgarcia@gmail.com](mailto:silvinavgarcia@gmail.com)

<sup>4</sup> Integrante de Proyecto, FAyD, Diseñadora Industrial, [lilianamp77@gmail.com](mailto:lilianamp77@gmail.com)



Fig. 1: Secadero S-B Colonia Maipú – S. Martín



Fig. 2. Secadero solar Sección Cuarta

implementación de la Ley Provincial 106/2010 del “Marco Regulatorio de Recursos Dendroenergéticos Renovables”, que regula el uso de leña proveniente de bosques nativos, la biomasa existente y disponible en las pequeñas unidades productivas es más que suficiente para su uso a pequeña escala, particularmente si se utiliza de manera sustentable y en especial considerando la implantación de bosques o árboles aislados con fines energéticos, como lo indican Bohren *et al.* (2012). En función de ello, ambas fuentes se encuentran disponibles y fácilmente al alcance de los pequeños productores agropecuarios de Misiones.

En otro orden, de los ensayos realizados sobre los prototipos (Senn, 2015), se denota que varios de los productos requieren para su adecuada deshidratación, una cantidad de horas que superan las de insolación diaria útil, lo cual, sumado a la incertidumbre de la climatología local a lo largo de un día, justifica la necesidad de complementar la fuente energética solar con alguna otra que permita completar el ciclo más allá de las condiciones climáticas o los tiempos de secado.

El problema de investigación es el dispar e insatisfactorio desempeño de los prototipos, presentando cada uno de ellos ventajas y desventajas en su funcionamiento.

Se propone como solución al problema enunciado, el análisis de las mediciones, observaciones y ensayos de funcionamiento de los prototipos existentes para realizar un nuevo diseño optimizado, en base a las dos fuentes energéticas indicadas anteriormente, capaz de resolver los problemas detectados en aquellos, aprovechar sus ventajas individuales y optimizar el conjunto, manteniendo las originales premisas de diseño.

### Metodología

Se trata de una investigación aplicada, con desarrollo experimental y ensayo de prototipos, con fuerte participación de los usuarios en la determinación de las performances de funcionamiento de los secaderos y su uso.

Se comenzó por un exhaustivo análisis de los parámetros de funcionamiento de los tres prototipos existentes (Senn, 2015), a través de la medición de diversas variables y características de funcionamiento, de la operatividad práctica de los mismos, así como de sus características de uso y mantenimiento en general.

Las principales mediciones que se realizaron en el marco del proyecto fueron: radiación solar incidente, temperaturas en colector solar, temperaturas en diferentes puntos y niveles del secadero, flujos de aire en colector solar, en el intercambiador de calor y en diferentes puntos del secadero, medición de humedad ambiente, medición de tiempos de secado, pérdida de peso de los productos deshidratados, consumo de biomasa, etc.

En los tres prototipos también se determinó la relación entre la superficie del colector solar y la superficie de secado y su incidencia sobre su capacidad de deshidratación. Así como características de funcionamiento y de operación práctica de los mismos.

Desde el punto de vista físico de los secaderos, los colectores y los quemadores de biomasa con sus respectivos intercambiadores de calor, se observaron características y comportamientos de materiales utilizados, ángulos de inclinación de paneles colectores, inercia térmica, aislación, fluctuación de temperaturas, funcionamiento de sistemas de extracción de aire por convección natural, infiltraciones, disposiciones generales, ubicación y funcionamiento de intercambiadores y difusores, pérdidas energéticas, etc.

## **Resultados y Discusión**

Las mediciones y observaciones realizadas sobre los prototipos (Senn, 2015), arrojaron una serie de datos respecto de su funcionamiento, el desempeño de su diseño y de los materiales utilizados.

Del conjunto se pudieron determinar sus principales performances, a saber: disminución del tiempo de secado (respecto de otros métodos), posibilidad de complementar con energía proveniente de la quema de biomasa en el caso de jornadas no plenamente soleadas o tiempos de secado más extensos, buena presentación del producto (valores organolépticos), mejor inercia térmica en secaderos de mampostería, flexibilidad en el uso para diferentes productos, dependencia exclusiva de energías alternativas, etc.

A su vez se determinaron sus principales problemas, consistentes en: flujo de aire no uniforme en todas las superficies de secado (bandejas), caudal de aire insuficiente en el secadero, fluctuaciones de temperatura de secado a lo largo del tiempo/proceso, pérdidas de energía térmica en secaderos, intercambiadores y hornos, algunos materiales utilizados que no resistieron las condiciones climáticas a las que están expuestas, a pesar de tratamientos superficiales especiales, filtraciones de aire secundario en fisuras y deformaciones, etc.

El análisis de los principales problemas indicados, así como la determinación de las performances de funcionamiento de cada uno de los secaderos, permitió elaborar propuestas y mejoras de diseño. Se diseñaron dos nuevos modelos, de similares características constructivas, pero de diferentes escalas. El de menores dimensiones, con destino a ser utilizado en unidades productivas unifamiliares y el de mayor escala, a ser utilizado para volúmenes de producción más significativos (grupos de productores, productores individuales con importante capacidad de producción, feriantes, cooperativas de productores, escuelas agrícolas, etc.). Del rediseño obtenido se describen los resultados más destacados:

- Estructura del secadero (recinto de secado): construcción en mampostería de ladrillos comunes; con ello se pretende dar al secadero un mayor tiempo de vida útil, mayor estabilidad y durabilidad ante las condiciones climáticas imperantes en la provincia. Paralelamente se ha comprobado que los secaderos construidos en mampostería poseen una mayor inercia térmica, lo que reduce las fluctuaciones de temperatura; poseen menos filtraciones, son más fáciles de mantener, permiten una mayor higiene, poseen mayor estabilidad estructural, etc.

- Horno: se ha reemplazado el horno (para quema de biomasa) externo con intercambiador y difusor, por un horno directamente instalado en la base del secadero. La posibilidad de realizar el fuego directamente en la base del secadero (por debajo de las bandejas de secado), hace que el aprovechamiento del recurso energético sea muy superior al de un horno externo. Un “chapón” de hierro semicilíndrico, reforzado, hace las veces de horno e intercambiador de calor y evita el contacto de los humos y gases de combustión con el producto a secar.

- Acumulador de energía: para acumular energía térmica y reducir las fluctuaciones de temperatura en el secadero y con ello no depender tanto de mantener un fuego constante, se ha diseñado un acumulador térmico, consistente en una carga de piedras basálticas semi redondas, las que se colocan sobre el chapón intercambiador, directamente por debajo de las bandejas de secado. En consecuencia, el intercambiador de calor calienta las rocas colocadas por encima de él. Desde los laterales del secadero se encuentran orificios de entrada de aire externo, el que atraviesa las piedras precalentadas, se calienta y atraviesa las bandejas con el producto a secar. Como las piedras calentadas mantienen el calor por un tiempo prolongado, en primer término se produce un efecto de acumulación de energía térmica y segundo se logra una mayor estabilidad de la temperatura a lo largo del tiempo, reduciendo las fluctuaciones de temperatura en el secadero, y por ende en el producto, produciendo a su vez una mayor autonomía del propio secadero.

- Optimización energética: para utilizar gran parte de la energía térmica remanente de los gases de combustión, se ha diseñado el secadero de manera que la chimenea atraviese el centro del deshidratador. Siendo la misma de chapa, permite el intercambio de calor y por lo tanto su aprovechamiento en el recinto de secado. De esta manera se aporta calor adicional por debajo y entre las bandejas de secado.

- Optimización del flujo de aire: tiene por objeto mejorar la extracción del aire cargado de humedad, proveniente del producto en proceso de deshidratado. Una mejor extracción aumenta la velocidad de circulación del aire de secado a través de las bandejas, acelerando el proceso de deshidratado, ya que facilita e incrementa la transferencia de humedad del producto al aire circulante. La chimenea de doble función, montada en la parte más elevada del secadero, permite la extracción por separado del aire húmedo de secado y de los gases de combustión e induce una mayor convección natural, generando un “efecto chimenea” que aumenta la velocidad de circulación del aire en el secadero. En futuros ensayos se pretende reemplazar la parte superior aquí descrita, por un extractor eólico giratorio, a fin de poder realizar estudios comparativos y determinar mejores performances de funcionamiento para luego seleccionar la opción más conveniente.

- Mejora de relación superficie de absorción/superficie de secado: de los ensayos descriptos con anterioridad se determinó una deficiencia en esta relación en dos de los prototipos. A fin de mejorar esta relación de superficies y con ello lograr un mayor aporte de aire caliente proveniente de la energía solar, se construyó un panel de absorción de mayores dimensiones, alcanzándose a una relación de 12/1. El panel actualmente instalado posee una dimensión de 2 x 8 m. En los dos prototipos anteriores, las relaciones fueron de 4/1 y 8/1 respectivamente, logrando un significativo incremento de esta relación.

Sobre el modelo nuevo se han hecho mediciones y ensayos, con los siguientes resultados preliminares principales (aún aproximados):

- Reducción del tiempo de secado: tomando como producto testigo la cebollita de verdeo, el tiempo de deshidratado se redujo en aprox. 40% respecto de los secaderos anteriores.
- Estabilización de la temperatura de secado: significativa inercia térmica, 5 a 6 veces superior respecto de los secaderos anteriores.
- Mayor aporte proporcional de energía proveniente de la placa solar.
- Mejora del flujo de aire, tanto en cantidad como en uniformidad en todas las superficies de secado.
- Reducción del consumo de leña, tanto por el mayor aporte de energía solar, como por el aumento de la eficacia y eficiencia en el uso de la energía producida por la biomasa.

En la fig. 3 se indica el esquema de funcionamiento correspondiente al nuevo diseño de secadero. La fig. 4 corresponde a la imagen de uno de los secaderos realizados con el nuevo

diseño, perteneciente a un grupo de productores feriantes de Colonia Seguín (Campo Viera), el día de su inauguración.

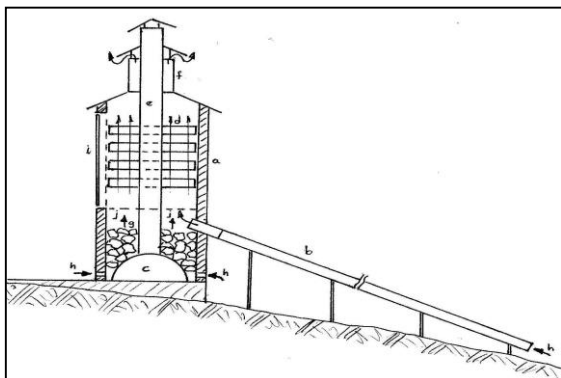


Fig. 3. Esquema de funcionamiento



Fig.4. Secadero Colonia Seguín – Nuevo diseño

## Conclusiones

Los resultados alcanzados representan un impacto positivo, tanto desde el punto de vista del desempeño del secadero, como de su utilización por parte de los usuarios productores:

- La reducción del tiempo de secado permite optimizar los tiempos de uso, pudiendo en algunos casos, producir varios batch de deshidratado durante una misma jornada.
- La acumulación de energía y consecuente estabilización de la temperatura permite un incremento significativo de la autonomía de funcionamiento del secadero, pasando de una atención cuasi-permanente a lapsos de tiempo relativamente prolongados (pasando de 15 min a 75 - 90 min), lo que permite al productor realizar una serie de otras actividades complementarias o distintas.
- El aumento de energía obtenida en la placa solar, permite una reducción significativa del consumo de biomasa, además de lograr el secado solo con energía solar en los meses de mayor insolación.
- La optimización en la combustión de la biomasa, así como el aprovechamiento de la energía térmica de los humos, permite reducir adicionalmente en forma significativa el consumo de leña.
- El incremento, como la mayor uniformidad del flujo de aire caliente a través de las bandejas de secado, se traduce en un secado más uniforme del producto en toda la superficie expuesta, así como un aumento en la velocidad del proceso de deshidratado, reduciendo consecuentemente los tiempos del proceso.

## Referencias

- Bohren, A.V.; Zaderenko, C.; Eibl, B.I.; Barney, E.; Niella, F.; Rocha, P.; Gonzales, C; Aguilera, A. y Branco, F. (2012). Ensayo de especies leñosas nativas para la producción de biomasa mediante bosques energéticos en la provincia de Misiones. Facultad de Ciencias Forestales. UNaM.
- García, S. y Senn, J. (2011). Informe Final. Proyecto PROINDER: Tecnología de Secado para Secadero de Hortalizas, Aromáticas y Medicinales Cultivadas en Misiones – INTA-AER-Oberá, Misiones.
- Gonzalez Velasco, J. (2009). Energías Renovables. Edit. Reverté S.A., Barcelona
- Senn, J. y García, S. (2015). Informe Final de Proyecto Código 16/D160: Diseño y Desarrollo de Secaderos Solar-Biomasa para Pequeñas Unidades Productivas. Proyecto Especial, UNaM.