

# LA ENERGÍA SOLAR COMO HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA EL SECADO DE PRODUCTOS AGRICOLAS DE LA REGIÓN HUETAR NORTE DE COSTA RICA

Tomás de Jesús Guzmán Hernández<sup>1</sup>, Javier Mauricio Obando Ulloa<sup>1</sup>, Freddy Araya Rodríguez<sup>1</sup>, Guillermo Castro Badilla<sup>2</sup>, Valentina Arguelles Ulloa<sup>3</sup>, Jacobo Ortiz Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Área académica del programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Local San Carlos.

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Local San Carlos.

<sup>3</sup> Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Benemérita Universidad Autónoma de Zacatecas.

## INTRODUCCIÓN

La incorporación de la tecnología en los sectores productivos, específicamente en actividades agropecuarias, beneficia de gran manera al productor pues mejora la eficiencia, optimiza los procesos productivos, incrementa la producción, controla la calidad e incorpora valor a los productos. Dicho valor también se ve favorecido por el aspecto ambiental mediante la inclusión de energías alternas para cumplir con las metas propuestas en el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. Con este, se pretende

lograr una “sostenibilidad energética con bajo nivel de emisiones” en los sectores productivos del país, originando la innovación en el uso y eficiencia de la energía (MINAE 2015).

En la dimensión ambiental, el sector energético costarricense encara el reto de contribuir con un desarrollo económico cada vez más bajo en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), ya que produce aproximadamente el 80% de la emisión total de éstos (MINAE 2015). Por esta razón, las energías limpias, como la solar, son actualmente una opción viable para reducir las emisiones a la atmósfera. De acuerdo con el último estudio del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Costa Rica presenta un potencial solar teórico de 10 000 MW, donde las dos mejores zonas de radiación solar del país son la región Huetar Norte y la Chorotega, las cuales tienen una radiación anual superior a 1700 kWh/m<sup>2</sup>. Sin embargo, el uso de esta energía en Costa Rica es mínimo, ya que solo un 0,34% de la energía que se consume proviene de fuentes solares (Flores, 2018; Guzmán-Hernández et al., 2016).

Sin embargo, el Grupo de Investigación en Sistemas Térmicos

Solares para la Agricultura del Programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCI-NADE) del Campus Tecnológico Local San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica (SSC-ITCR) trabaja en la aplicación de la energía solar en el proceso de secado de diferentes productos agrícolas. El objetivo es contribuir a la obtención de un producto final de buena calidad, reducir las pérdidas y mejorar la eficiencia productiva de las pequeñas asociaciones de productores agrícolas de la región Huetar Norte, como es el caso de la Asociación de Productores de Agro ambientalistas de Cacao (ASOPAC).

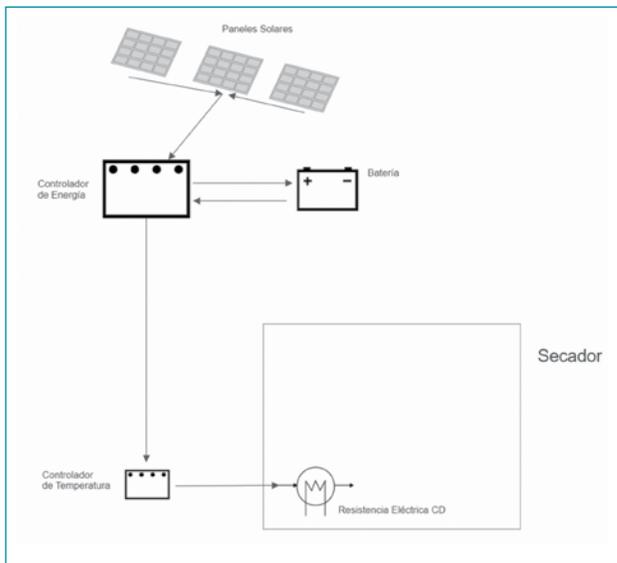
## SECADO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que se aplica para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos y evitar las reacciones de deterioro de los productos.

Para determinar la eficiencia del proceso de secado, es importante tomar en cuenta las características del producto que se va a



**Figura 1.** Sistema térmico solar pasivo – híbrido  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 2.** Esquema del circuito eléctrico del sistema térmico pasivo-híbrido.  
**Fuente:** Elaboración propia

secar, tales como porcentaje de humedad, contenido de humedad mínimo requerido, forma, tamaño, si es necesario realizar algún corte en el producto para optimizar el secado y el uso final que tendrá el producto. Además, se debe considerar la apariencia final y el mercado al que se desea dirigir el producto (Arce, 2018).

### SISTEMAS DE SECADO

Los secadores utilizados tienen por objetivo minimizar el tiempo de secado y mano de obra, reducir el espacio utilizado para secar,

mejorar la calidad e inocuidad del producto, y reducir costos y gastos en combustibles.

Existen muchas maneras de clasificar los secadores solares, ya sea por la forma en que fluye el aire, el tipo de incidencia de la radiación con respecto al producto, o el uso compartido de diferentes fuentes de energía (Mora, 2014).

### I. TENDIDO AL SOL

Esta técnica consiste en exponer directamente el producto a los rayos solares y al aire por un periodo de tiempo determinado hasta alcanzar la humedad necesaria para el almacenamiento del mismo.

El secado solar natural es una técnica ampliamente utilizada de conservación de los alimentos en muchos países. Este sistema sigue siendo muy utilizado por pequeños productores agrícolas en diversas zonas de Costa Rica, debido en gran medida al alto costo de los métodos mecánicos, a la falta de infraestructura y a las condiciones climáticas que permiten su uso a un costo muy reducido.

### II. SECADOR SOLAR PASIVO

En general, un secador solar pasivo consta de una cámara de secado donde se coloca el producto por deshidratar. Esta cámara puede ser un túnel aislado que cuenta con un

conducto de entrada de aire caliente y un conducto de evacuación de aire húmedo. Además, este secador tiene un colector solar como sistema de calentamiento de aire, colocado delante de la cámara de secado, el cual es la principal fuente de energía para el proceso. Adicionalmente, se pueden utilizar ductos para conducir el aire, ventiladores, chimeneas, sistemas de control y mecanismos de acumulación de energía o, en última instancia, fuentes auxiliares para calentar el aire y permitir la circulación de este (Mealla y Morales, 2018).

### III. SECADOR SOLAR HÍBRIDO FORZADO

El secador solar híbrido forzado consta de una serie de colectores (de fondo de color negro para incrementar la absorción térmica) donde se hace circular agua o aire forzadamente para que transfieran el calor a la cámara y seque el producto. Sin embargo, este secador requiere un sistema auxiliar, ya sea gas o eléctrico, para aquellas ocasiones en que las condiciones climáticas que afecten su rendimiento.

En algunos casos, la orientación de los colectores es diferente debido a la influencia climática y zona geográfica donde se requiera instalar, y su tamaño varía en cuanto al volumen y producto que se desee secar.

### METODOLOGÍA

Desde 2017 se ha instalado un total de tres sistemas de secado en diferentes zonas de la región Huetar Norte, los cuales aún están en etapa de evaluación.

#### 1. Sistema térmico solar pasivo - híbrido en el Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC-ITCR)

Este sistema se diseñó para que funcione en su totalidad con energía solar y cuenta con tres partes principales (Figura 1):

- Colectores solares externos unidos a la cámara de secado

con una inclinación de 16° que se instaló con dirección suroeste. En su parte interna se encuentra un serpentín para que el aire aumente su temperatura conforme asciende por el colector hasta entrar a la cámara de secado.

- Colector solar superior sobre el techo de la cámara de secado.
- Cámara de secado con capacidad para ocho bandejas de secado.

Durante el mes de marzo de 2019, se implementaron tres paneles fotovoltaicos que cargan una batería para el funcionamiento de dos resistencias. Estas se encuentran colocadas en el interior de la cámara de secado para mantener la temperatura de secado durante la noche, y para evitar que los productos se rehidraten y se prolongue el tiempo de proceso (Figura 2).

En los meses de marzo, abril y mayo de 2019 (temporada seca), se monitoreó la temperatura interna del sistema con un termómetro infrarrojo en la entrada del aire al colector, en la zona media del colector y a la salida del aire del colector a la cámara

De igual manera, se registraron los datos de temperatura de los 3 termómetros que están integrados en las mismas zonas donde se midieron las temperaturas descritas anteriormente.

## 2. Sistema térmico solar activo híbrido forzado en Katira de Guatuso

Este sistema ha sido descrito anteriormente por Guzmán-Hernández et al. (2017), y se caracteriza por tener una cámara de secado conectada a seis colectores planos independientes, un sistema termosifónico con capacidad para almacenar hasta 500 litros de agua y un sistema auxiliar que funciona con gas LP para el secado nocturno (Figura 3).

## 3. Sistema térmico solar híbrido forzado en el Tanque de la Fortuna para la empresa artesanal Chocolates Fusión

Este sistema se terminó de instalar en mayo de 2019 y se encuentra en proceso de evaluación y estandarización de operaciones. Este



Figura 3. Sistema térmico solar activo híbrido forzado.

Fuente: Elaboración propia



Figura 4. Sistema térmico solar activo híbrido forzado instalado.

Fuente: Elaboración propia

sistema es similar al descrito anteriormente, como al que se encuentra en el Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC-ITCR), con la única diferencia de que el registro de datos se genera y se emite, de forma automática, a una plataforma virtual (Figura 4).

## RESULTADOS

### SECADO TENDIDO AL SOL

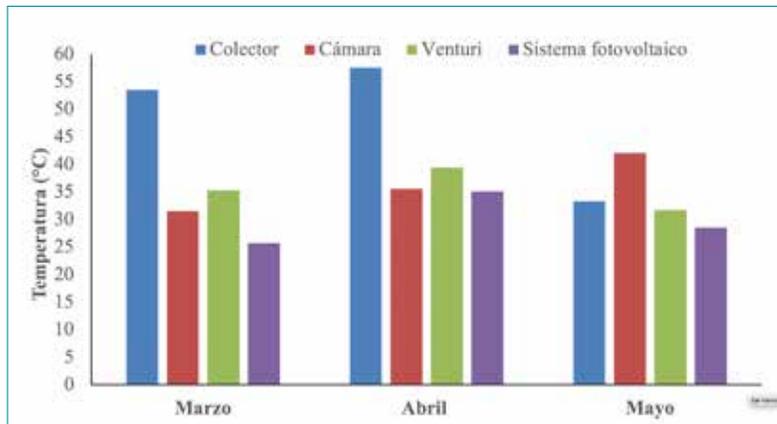
De acuerdo con Juan Carlos Sibaja, productor afiliado a la Asociación de Productores Agro ambientalistas de Cacao (ASOPAC), el secado de cacao con el método tradicional

de tendido al sol (Figura 5) tardaba hasta 15 días en completarse, durante los cuales se presentaba pérdidas por crecimiento de hongos, debido al alto contenido de humedad del aire.

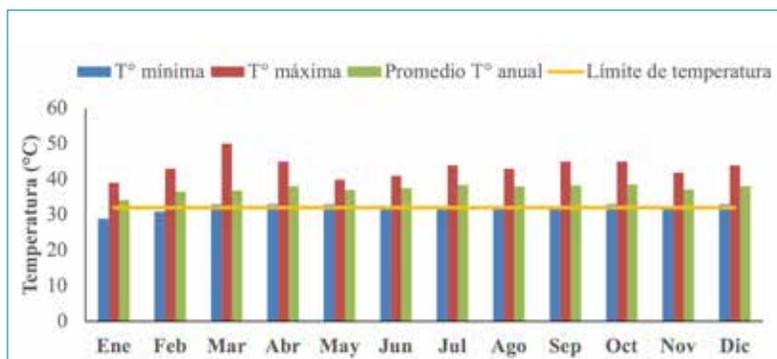
De acuerdo con los datos analizados en el periodo 2015-2017, las pérdidas promedio fueron de 741 kg de cacao, empleando un secado tradicional, mientras que en el sistema térmico solar activo híbrido no se registró pérdidas en el 2018 (Tabla 1).



**Figura 5.** Secado solar tradicional tendido al sol con plástico superior.  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.** Temperaturas promedio alcanzadas por termómetros del secador pasivo en el periodo marzo- mayo de 2019  
Fuente: Elaboración propia



**Figura 7.** Temperaturas promedio alcanzadas por el sistema térmico solar activo híbrido forzado en 2018  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 1.** Cantidad de cacao seco y pérdidas obtenidas en el sistema tradicional en comparación con el secador solar térmico híbrido forzado.

| Sistema de secado            | Año  | Cantidad de cacao (Kg) |              | Pérdidas (Kg) |
|------------------------------|------|------------------------|--------------|---------------|
|                              |      | Inicial                | Final (seco) |               |
| Tradicional                  | 2015 | 2241                   | 1746         | 495           |
|                              | 2016 | 1792                   | 1458         | 334           |
|                              | 2017 | 4474                   | 3080         | 1394          |
| Térmico solar activo híbrido | 2018 | 4837                   | 1737         | 0             |

Fuente: Elaboración propia

### SISTEMA TÉRMICO SOLAR PASIVO - HÍBRIDO

La radiación promedio registrada en el CTLSC-ITCR fue de 1 971 kWh/m<sup>2</sup> durante el periodo marzo – mayo 2019, lo cual hizo que la temperatura del sistema oscilara entre 34 a 56° C (Figura 6). Se determinó que las máximas temperaturas se alcanzan

alrededor del mediodía, por lo que este sistema es propicio para el secado de semillas, hortalizas y frutas, de acuerdo con Arce (2018).

### SISTEMA TÉRMICO SOLAR ACTIVO HÍBRIDO FORZADO

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos por la

empresa SIBAELI, la cual forma parte de los productores afiliados a ASOPAC, se observó que las temperaturas alcanzadas por el sistema térmico solar activo híbrido forzado se mantuvieron sobre el límite mínimo de temperatura requerida (32 °C) para el secado eficiente de cacao, alcanzando hasta máximas de 50 °C, y un promedio anual de 38°C en la cámara de secado (Figura 7).

En general, el sistema térmico solar ha logrado obtener un secado homogéneo del cacao y un ahorro de gasto energético del 83%, aproximadamente.

### CONCLUSIONES

El uso de energía solar aplicada al secado de productos agrícolas representa una herramienta eficiente para preservar la calidad de

productos alimenticios, optimizar el tiempo del proceso y disminuir las pérdidas.

Existen ventajas que dan pauta para un producto de mayor calidad, es decir:

El sistema pasivo – híbrido evita que el producto quede expuesto a polvo, insectos y animales, menos probabilidad de microorganismos y el tiempo de secado es menor en comparación con el tendido al sol.

- El sistema activo híbrido forzado mantiene las temperaturas constantes a lo largo del proceso, lo que garantizan una mayor eficiencia del proceso al reducirse el tiempo y lograr secados uniformes y en corto tiempo.

Los resultados han demostrado que el método de secado con estas alternativas constituye una opción viable. En cuanto a lo social, ayudan a pequeños productores a emprender sus negocios; en el nivel económico, se perciben beneficios al incorporar valor agregado al producto; y, desde el punto de vista ambiental, el uso de energías limpias mitiga la emisión de gases de efecto invernadero. Por tales motivos, los sistemas térmicos solares implementados son una opción sostenible para el desarrollo agropecuario de la región Huetar Norte de Costa Rica y pueden ser replicables en otras zonas del país y el mundo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arce, N. (2018). Diseño y evaluación de cuatro prototipos de secado solar para productos agrícolas en Costa Rica. *Tesis Máster Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción*.
- Flores, B. (2018). ¿Qué tan rentable es utilizar la energía solar? *La República*. Disponible en <https://www.larepublica.net/noticia/que-tan-rentable-es-utilizar-energia-solar>
- Guzmán-Hernández, T.J.; Obando-

Ulloa, J.M.; Castro-Badilla, G.; Rodríguez-Rojas, D.A.; Arce-Hernández, N.; Ortega-Castillo, J.M.; Araya-Rodríguez, F. (2017). Aplicación de tecnologías solares térmicas híbridas, para la deshidratación y secado de productos agrícolas en la Región Huetar Norte de Costa Rica. *Ventana*, 11 (1): 21-25.

Guzmán, T; Araya F; Obando-Ulloa, J; Rivero, M; Castro, G. (2016). Uso de tecnología solar en actividades agropecuarias de la Región Huetar Norte de Costa Rica. *Ventana*, 10 (1): 12-18.

Mealla-Sánchez, L. E., y Morales-Olaciregui, J. D. (2018). Evaluación del comportamiento térmico de secadores solares en régimen pasivo. *Tecnológicas*, 21 (41): 29-44.

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. Disponible en <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>

Mora, A. (2014). Dimensionamiento, construcción y puesta en marcha de un sistema de secado de granos de café con uso de colectores solares. *Tesis Lic. Ing. químico*. Disponible en <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/3501/1/36174.pdf>



¿Sabías que...

**TOMAR 1,4 G DE CACAO DIARIOS PUEDE MEJORAR TU ESTADO METABÓLICO. SEGÚN UN ESTUDIO REALIZADO POR IDOIA IBERO, DOCTORA DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y NUTRICIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA.**