



Avances en Investigación Agropecuaria

ISSN: 0188-7890

revaia@ucol.mx

Universidad de Colima

México

Romero Frasca, Enrique; Álvarez Vargas, José Roberto; Ferrer Carrera, Nerissa
Evaluación del desempeño de un secador solar directo sobre semillas de cacao
(Theobroma cacao L.)
Avances en Investigación Agropecuaria, vol. 20, núm. 1, enero-abril, 2016, pp. 23-28
Universidad de Colima
Colima, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83747942003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Evaluación del desempeño de un secador solar directo sobre semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.)[♦]

Performance evaluation
of a direct solar dryer for cocoa beans (*Theobroma cacao* L.)

**Enrique Romero Frasca,^{1*} José Roberto Álvarez Vargas²
y Nerissa Ferrer Carrera¹**

¹ Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG)
(Campus Tabasco)
Escuela de Bioingeniería
Prolongación Paseo Usumacinta km 3.5, fraccionamiento El Country
Villahermosa, Tabasco (México)
Teléfono 01 993 3105170 | Extensión 1021

² Universidad Valle de México (UVM)
(Campus Villahermosa)
Av. México 101 (antes 703), fraccionamiento Guadalupe
Villahermosa, Tabasco (México)

* Correspondencia: enriquerf@uagtabasco.edu.mx

♦ Nota técnica

Resumen

Se desarrolló un secador solar directo con un diseño basado en dispositivos deshidratadores rudimentarios de uso regular, en granjas cacaoteras de Tabasco; con el objetivo de evaluar su desempeño en la obtención de cacao seco conforme a la NMX-F-352-S-1980, mediante una exposición a luz solar durante cuatro días. Resultados: disminución paulatina del contenido de humedad hasta en un 7.50%, en promedio, en un producto con valor comercial a insertarse en el mercado.

Palabras clave

Deshidratadores, reciclados, seco, luz solar, humedad.

Abstract

A direct solar dryer was developed with a design that resembles basic dehydrators systems used in cocoa farms in Tabasco, Mexico. The objective of this device was to perform a drying evaluation in order to obtain dried cocoa as established in the Mexican Law NMX-F-352-S-1980 through direct sunlight in a period of five days, resulting in a gradual decreased of its humidity content up to a steady 7.50%, on average, resulting in a product to be inserted in the market with a commercial value.

Keywords

Dehydrators, recycled, dried, sunlight, humidity.

El cacaotero, árbol de cacao (o *Theobroma cacao*) es una especie arbórea de la familia *Sterculiaceae*, nativo del trópico americano, específicamente de Mesoamérica. Su domesticación —iniciada hace más de tres mil años— ha dado como resultado el árbol cacaotero que se conoce hoy en día: de hasta ocho m de alto, con semillas que contienen una cantidad significativa de grasas, polifenoles y una variedad de componentes beneficiosos para la salud (Díaz *et al.*, 2013). A pesar de estas propiedades, el cacao se produce principalmente para la elaboración del chocolate, por lo que se requiere un cacao poco húmedo y conservable.

Uno de los métodos más antiguos utilizados por el ser humano para la conservación de los alimentos es la deshidratación o desecado, por el hecho de que en los ambientes secos no actúan ni microorganismos ni enzimas que descompongan los alimentos; se trata de uno de los métodos más efectivos para preservar los frutos a consumir. Este motivo fue el que dio origen al diseño y desarrollo de secadores y deshidratadores, con métodos de eliminación de humedad; éstos pueden ser: desde medios mecánicos, utilizando prensas, máquinas centrífugas, hasta el secado por procesos térmicos con aire caliente por tiro natural o forzado (Ospina y Tinoco, 2010).

En la actualidad se utilizan, principalmente, los sistemas de deshidratación mecánicos por medio de combustibles fósiles, cuyo proceso se lleva a cabo por efecto del calor y los gases generados al quemar el combustible o al calentar el aire; el cual también es conocido como “proceso de secado industrial” (Castañeda *et al.*, 2012). Dicho secado industrial presenta ventajas atractivas, ya que se logran temperaturas más altas en menor tiempo y se obtiene menor grado de humedad, por lo que se facilita y acelera la deshidratación; además de que se protegen los granos contra la lluvia, el polvo e insectos o animales indeseables; sin embargo, es considerado un procedimiento de altos costos económicos y ambientales (Piacentini y Mujumdar, 2009).

En los últimos años ha aumentado en gran medida no sólo la preocupación por el desarrollo sustentable, las regulaciones y limitaciones de los impactos ambientales de la industria alimenticia, sino también la demanda de cacao para la producción de chocolate tanto en el mercado nacional como internacional; por lo que existe el interés en desarrollar procesos que permitan lograr un grano de cacao deshumidificado de manera económica y con el menor consumo posible de energía eléctrica (Molnár y Farkas, 2010). Una propuesta para lograr este propósito es usar la energía solar.

El secador solar, al hacer uso de la luz del sol y de las corrientes de aire caliente naturales, permite llevar a cabo el proceso de una manera eficiente e higiénica, si se lleva a cabo mediante la exposición directa al sol en un dispositivo sellado herméticamente. Aunque el método es de bastante provecho y ecológico, en algunos casos no es regulable en cuanto a: tiempo exacto de secado, protección completa del producto y uso de energía solar; variables que son determinantes en la optimización del proceso de deshidratación (Nogales *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2010).

En virtud de que esta semilla sea de alta producción en México —específicamente en el estado de Tabasco— y su auge económico a nivel regional y local, su obtención y

procesamiento conllevan a la generación de altas ganancias económicas para los cacaoteros en el estado (Espinosa *et al.*, 2015).

Por ende, el objetivo de la presente investigación consistió en evaluar la efectividad de obtener cacao seco conforme a la normatividad mexicana vigente NMX-F-352-S-1980; la cual establece los requisitos del cacao en grano, mediante un secador solar directo por función de medios térmicos y aire caliente de tiro natural que pueda considerarse como una alternativa a los métodos de deshidratación de alimentos tradicionales.

El ensayo se desarrolló en las inmediaciones de la Universidad Autónoma de Guadalajara (Campus Tabasco) entre febrero de 2015 y febrero de 2016. Se utilizaron semillas de cacao extraídas de mazorcas sanas y maduras de árboles de cacao, del municipio de Huimanguillo, Tabasco (México), de la especie *Theobroma cacao* L. var. Criollo, identificados mediante descriptores taxonómicos sugeridos por Cillas *et al.* (2010).

En total, se colectaron doce mazorcas de cacao, que contabilizaron un total de 1,134 g de semillas del mismo. Enseguida, se extrajo el endocarpio y otros residuos de la pulpa alrededor de las semillas, bajo un lavado abundante con agua y cepillado (de fibra dura) hasta el total desprendimiento de la pulpa, para remover cualquier residuo higroscópico que altere los valores de humedad total de las semillas. Posteriormente, se seleccionó de manera aleatoria 1,000 g de cacao para ser secados, y se dispuso de manera tal que formara una capa sobre la malla del dispositivo de secado.

Durante el periodo de prueba, la temperatura de la zona fue de 30°C (en promedio) y precipitaciones promedias de 5 mm, humedad relativa hasta del 42% y 12 h 15 min de luz diurna, de acuerdo a SMN (2015). El muestreo se realizó cada 12 h durante un periodo de cuatro días, donde se tomaron tres muestras diarias de 15 g de granos de cacao; y, posteriormente, se determinó el porcentaje de humedad total de las semillas de cacao, de acuerdo a la siguiente ecuación establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana 0173 del Instituto Ecuatoriano de Normalización “Cacao en grano. Determinación de la humedad”:

En donde:

m_0 = masa de la cápsula, crisol o envase vacío (g)

m_1 = masa de la cápsula, crisol o envase con la muestra húmeda (g)

m_2 = masa de la cápsula, crisol o envase con la muestra seca (g)

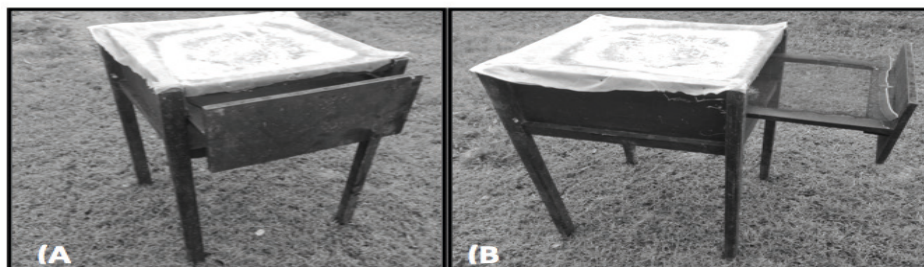
En cuanto a la construcción del dispositivo de secador solar, los materiales utilizados fueron los siguientes: una cajonera de cedro español (*Cedrela odorata*) de 80x80x80 cm, con un solo cajón hueco de 75x75x10 cm (costo de \$250 pesos mexicanos) que poseía un margen de cinco centímetros, cuyo espacio se aprovechó para colocar una malla fina (poros de 0.70 mm, costo de \$50 pesos mexicanos).

Por otra parte, se complementó el potencial de secado con una mezcla 1:1 de 2 kg, en total, de arena sílica (\$6 pesos/kg) y carbón vegetal (\$12 pesos/kg) ubicada en la parte baja de la cajonera. Finalmente, en la superficie de la cajonera (igualmente hueca) de unos 70x70 cm, se colocaron cuatro capas de plástico semiduro, reutilizados. El di-

seño final del secador solar tuvo un costo aproximado de \$500 pesos mexicanos, el cual se muestra en la figura 1.

Figura 1

Diseño final del secador solar directo con vista (A) frontal y (B) transversal.



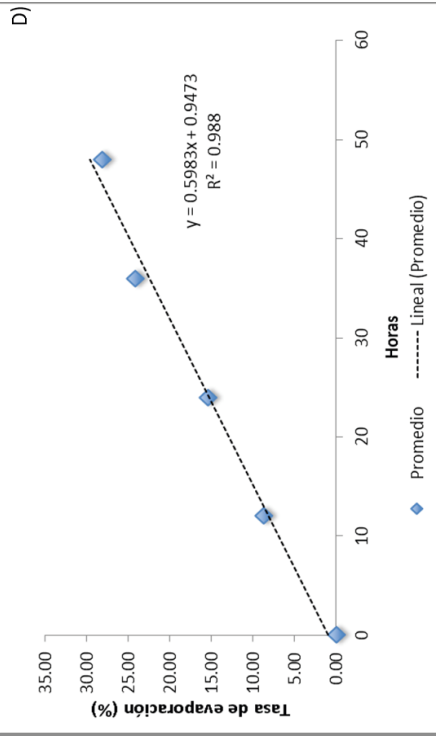
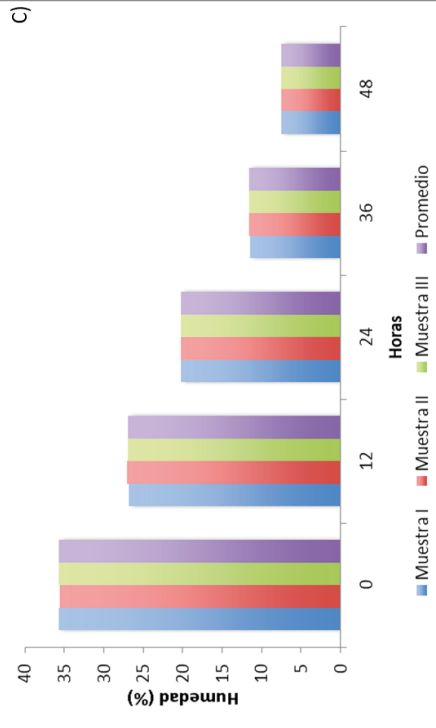
De manera general, el proceso de secado requirió de cuatro jornadas enteras de 12 h para un total de 48 h de tiempo de secado total.

En el cuadro 1 (puntos A y C), se observa que la humedad inicial de las muestras fue de un 35.67% en promedio, y descendió de manera exponencial hasta un 7.50%; siendo éste un valor aceptado por la legislación vigente en el territorio mexicano (NMX-F-352-S-1980). Por otra parte, en los puntos B y D, se observa cómo la tasa de desecación de las semillas aumenta de manera lineal durante todo el proceso hasta llegar a una pérdida del 28.17% de volumen final.

Los puntos A y B no muestran una diferencia significativa ($p \geq 0.05$) al comparar la cantidad de humedad persistente entre muestras, por lo que se asevera que el proceso se lleva a cabo de manera uniforme en todo el dispositivo. Estos resultados sugieren que el diseño experimental del secador solar propuesto es viable para la obtención de cacao seco, al obtener un porcentaje de humedad comercialmente aceptado; lo que denota el gran potencial de valorización y procesamiento que posee el dispositivo.

Cuadro 1
 Datos estadísticos obtenidos durante el proceso de deshidratación solar directa.

Tiempo	Humedad (%)				Desv. est.	Tiempo	Tasa de evaporación (%)				Desv. est.
	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Promedio			Muestra I	Muestra II	Muestra III	Promedio	
0	35.68	35.61	35.71	35.67	0.051	0	0	0	0.00	0.000	
12	26.84	27.01	26.93	26.93	0.085	12	8.84	8.60	8.79	8.74	0.127
24	20.23	20.22	20.23	20.23	0.006	24	15.45	15.39	15.49	15.44	0.050
36	11.49	11.53	11.51	11.51	0.020	36	24.19	24.08	24.20	24.16	0.067
48	7.43	7.52	7.48	7.48	0.045	48	28.25	28.09	28.24	28.19	0.090



NOTA: A) Porcentaje de humedad, (B) Tasa de pérdida de humedad, (C) Porcentaje de humedad por muestra y (D) pérdida de humedad relativa.

La efectividad de obtener cacao seco (7.50% humedad) mediante un secador solar directo por medios térmicos y de aire caliente de tiro natural, como alternativa a métodos tradicionales, fue estudiado. A pesar de las temperaturas y la humedad registrada, el dispositivo de secado solar mostró resultados alentadores para su inserción como método de deshidratación con tiempos de secado óptimos y un producto comercial de acuerdo a sustentos legislativos. Si bien es cierto que el secador solar deja una ganancia neta de aproximadamente \$3 pesos/kilogramo seco (Toledo, 2014), además de ser portátil, de fácil manejo y poca inversión (\$500 por el prototipo diseñado) no se puede competir con las temperaturas y cantidades procesadas por los secadores mecánicos, como las Samoas a gas, comunes en el procesamiento de los granos de cacao.

Es por ello que, para generar ganancias mayores no sólo se recomienda realizar secadores de mayor tamaño, sino utilizar materiales que capten más el calor (aluminio, vidrio, etcétera), que ayuden a reducir la humedad en menos tiempo (zeolitas, etcétera) y utilizarlo en temporadas secas para aprovechar en mayor medida la insolación.

Literatura citada

- Álvarez, C.; Tovar, L.; García, H.; Morillo, F.; Sánchez, P.; Girón, C. y Farías de, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista científica UDO Agrícola*. 10(1): 76-87.
- Castañeda, A.; González, A.; Guzmán, R. e Ibarra, O. G. (2012). Desarrollo de un horno solar para el secado de plantas y vegetales usando control difuso. *Acta Universitaria* 22(3): 14-19.
- Cilias, C.; Machado, R. y Motamayor, J. (2010). Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed weight. *Tree Genetics & Genomes* 6(2): 219-226.
- Díaz, O.; Aguilar, J.; Rendón, R. y Santoyo, H. (2013). Current state of and perspectives on cocoa production in Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 40(2):279-289.
- Espinosa, J.; Uresti, J.; Vélez, A.; Moctezuma, G.; Inurreta, H. y Góngora, S. (2015). Productividad y rentabilidad potencial del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(5): 1051-1063.
- Molnár, M. y Farkas, M. (2010). Social and economic impacts of climate change policies and measures: a case study. *International Journal of Social Sciences and Humanity Studies* 2(2): 73-79.
- Nogales, J.; Graziani, L. y Ortiz, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Tropical* 56(1): 5-20.
- Ospina, D. y Tinoco, H. (2010). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía* 13(5): 53-63.
- SMN. Servicio Meteorológico Nacional. (2016). *Temperaturas y lluvias*. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=77 (Consultada el 13 de mayo de 2015).
- Toledo, L. (2014). *Análisis económico entre los dos métodos de secado de cacao* (*Theobroma cacao* L.): el secado con Samoa y secado con secador solar. http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/7/2013/anales/anu_288-25-2014-05-6.pdf (Consultada el 15 de julio de 2015).
- Piacentini, R. D. y Mujumdar, A. S. (2009). Climate change and drying of agricultural products. *Drying Technology* 27(5): 629-635.

Recibido: 30 de junio de 2015
Arbitraje: 12 de agosto de 2015
Dictamen: 11 de febrero de 2016
Aceptado: 09 de marzo de 2016