

OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA UN PROCESO SOSTENIBLE DE SECADO DE GRANOS DE CACAO

Mtro. Carlos Alfredo Sánchez Ramos
Mtro. David Jesús Jiménez Rodríguez

Centro Mexicano para la Producción más Limpia,
Unidad Tabasco, Instituto Politécnico Nacional

Abstract

Grain drying is a widely used method for preserving agricultural products. This allows the organoleptic properties of the grains to be maintained for a long time, reducing enzymatic activity and guaranteeing that the product reaches the industrial process in good condition. The temperature and speed of the drying air are critical parameters in the final quality of the cocoa beans. There are various technologies that allow grain drying, in the southeast of Mexico the most used are the "samoa" type convective dryers because they have a simple and economical construction for companies. The main deficiencies and problems found in convective type cocoa dryers are high consumption of electrical energy, lack of controls and automation, losses of thermal energy, high consumption of L.P. gas. There are several areas of opportunity to improve the efficiency of cocoa dryers and contribute to making the cocoa bean drying process sustainable.

Keywords: Grain dryer, drying process, industrial sustainability, energy efficiency.

Resumen

El secado de granos es un método muy utilizado para la conservación de productos agrícolas, esto permite que las propiedades organolépticas de los granos se mantengan por un tiempo prolongado, reduciendo la actividad enzimática y garantizando que el producto llegue al proceso industrial en buenas condiciones. La temperatura y la velocidad del aire de secado son parámetros críticos en la calidad final de los granos de cacao. Existen diversas tecnologías que permiten el secado de granos, en el sureste de México la más utilizada son las secadoras convectivas tipo "samoa" debido a que tienen

una construcción sencilla y económica para las empresas. Las principales deficiencias y problemáticas encontradas en secadoras de cacao de tipo convectivo son: alto consumo de energía eléctrica, falta de controles y automatización, pérdidas de energía térmica, alto consumo de gas L.P. Existen diversas áreas de oportunidad para mejorar la eficiencia de las secadoras de cacao y contribuir a que el proceso de secado de granos de cacao sea sostenible.

Palabras clave: Secador de granos, proceso de secado, sostenibilidad industrial, eficiencia energética.

Introducción

Cacao, cuyo nombre científico significa "alimento de los dioses" en griego (*Theobroma cacao*), es un árbol tropical de hoja perenne cultivado por sus semillas comestibles. El cacao es un producto muy apreciado en el mercado internacional. Sus derivados (chocolate, mantequilla, licores, alimento en polvo, productos cosméticos, etc.) son muy demandados y, por tanto, de alto valor comercial. Además, su industrialización representa una importante fuente de ingresos y empleos. Su uso diversificado, tanto alimentario como no alimentario, ofrece mayores oportunidades de mercado.

Un proceso industrial está constituido por una serie de etapas, en cada una de ellas ocurre una transformación de materia prima e insumos obteniendo productos, subproductos, residuos y desechos. Los procesos industriales sostenibles son procesos que potencian el aprovechamiento de la materia prima y los insumos (energía eléctrica, combustible, agua, etc.) y minimizan o eliminan la presencia de residuos y desechos (Loayza y Silva, 2013), impactando lo menos posible

al medio ambiente, contribuyendo al cumplimiento de las políticas ambientales y el desarrollo sostenible.

La sostenibilidad implica un enfoque integral que considera los aspectos ambientales, sociales y el desarrollo económico, una forma de mejorar la sostenibilidad de una empresa u organización es incrementar la eficiencia energética de sus equipos, sistemas y procesos productivos. La eficiencia energética es una medida fundamental para mantener un crecimiento saludable en las empresas a través de instalaciones más eficientes (Cicone *et al.*, 2007), también nos permite coadyuvar a cuatro grandes retos del sector energético mundial: el cambio climático, la calidad y seguridad del suministro, la evolución de los mercados y la disponibilidad de las fuentes de energía. Una de las principales maneras de ahorrar energía es a través de buenas prácticas aplicadas a la forma de operación y el uso de los equipos, lo cual no requiere ninguna inversión; de igual forma es posible contribuir al ahorro de energía, mejorando la eficiencia energética de nuestros sistemas o equipos a través de la sustitución de estos por más eficientes o realizando modificaciones o mejoras menores que puedan impactar positivamente en la eficiencia energética.

La mayoría de los granos de cacao producidos en todo el mundo son producidos por pequeños agricultores y luego combinados en lotes cada vez mayores hasta llegar al fabricante de chocolate. Dado que las actividades de los agricultores son responsables de definir muchas de las características cualitativas de los granos de cacao, es fácil imaginar que los fabricantes de chocolate reciben a menudo lotes muy

heterogéneos de granos de cacao debido a las diversas prácticas agrícolas (Saltini *et al.*, 2013).

El secado de productos alimenticios ha sido una técnica de conservación de alimentos desde la antigüedad. El secado es una tecnología de procesamiento generalizada y accesible que implica principalmente la eliminación del agua de los productos alimenticios. El objetivo principal del proceso de secado es reducir la actividad del agua del material para prevenir el crecimiento de microorganismos y reducir la actividad de la enzima, prolongando así la vida útil a temperatura ambiente. El desafío del secado del cacao ha sido utilizar eficientemente las fuentes de energía disponibles para reducir la humedad a niveles de almacenamiento seguros y, al mismo tiempo, producir granos de calidad aceptable.

El presente trabajo busca resaltar la importancia del proceso de secado en la conversión de los granos de cacao en productos derivados, describir las principales fuentes de desperdicio de energía en las secadoras, analizar las áreas de oportunidad para mejorar el proceso de secado de granos de cacao y reducir los desperdicios de energía. Se busca que los centros de acopio de cacao realicen el secado de granos de cacao mediante un proceso con tendencia a la sostenibilidad.

Proceso de beneficiado del cacao

El proceso de beneficiado del cacao consiste en lo siguiente:

La fermentación y el secado son las principales operaciones para la preservación de los granos de cacao.

La conservación de granos implica principalmente la extensión del período de almacenamiento de un producto con



Figura 1: Postcosecha del cacao para su conservación. Elaboración propia.

la calidad deseada. Los productos agrícolas como el cacao se cosechan gran parte del año y los granos deben secarse inmediatamente después de la fermentación para reducir las pérdidas de masa y evitar el deterioro.

La fermentación de los granos de cacao frescos generalmente se realiza en cajas de madera durante aproximadamente 5 a 7 días, dependiendo de las condiciones de los granos. Durante la fermentación, la temperatura de los granos generalmente aumenta desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente 50°C a 55°C debido a la reacción de oxidación exotérmica (Oke y Omotayo, 2012). La fermentación del cacao tiene varios objetivos: Eliminar el embrión de la semilla, fijar el sabor y el aroma, reducir el amargor y la

astringencia, separar la pulpa (mucílago) del cacao permitiéndole escurrir para mejorar el proceso de secado.

Después de la fermentación, los granos se secan hasta un contenido de humedad del 5% al 8% antes de empaquetarlos, almacenarlos, venderlos o transportarlos. Esto previene la infestación de moho y permite la continuación de algunos cambios químicos que ocurrieron durante la fermentación y mejora el desarrollo del sabor. El secado es un proceso térmico complejo en el que se produce simultáneamente una transferencia inestable de calor y humedad. Este complejo proceso depende principalmente de los siguientes parámetros:



Figura 2: Parámetros principales que intervienen en el secado de granos de cacao. Elaboración propia.

La velocidad de secado es crítica para la calidad final de los granos de cacao, una velocidad de secado muy rápida da como resultado granos excesivamente ácidos que se endurecen y se arrugan, si el secado demora más de 7 días, puede ocurrir contaminación por moho. En el proceso de secado, se suministra calor

para la vaporización del agua con aire forzado. Este proceso mediante el cual se produce la vaporización del agua como resultado del suministro de calor al producto se conoce como transferencia simultánea de calor y masa. En muchos procesos, un secado inadecuado puede provocar daños irreversibles a la calidad

del producto y, por tanto, un producto no vendible. Estas son consecuencias probables de un secado insuficiente o excesivo del producto cuando no se aplican condiciones de secado adecuadas, como la temperatura del aire de secado.

Tipos de secado de cacao

Las técnicas de secado varían entre los productores de cacao y van desde los métodos tradicionales de secado natural al sol hasta los métodos de aire caliente artificial. En la actualidad, el secado al sol es utilizado principalmente por los pequeños productores de cacao debido a su simplicidad, su bajo costo y la necesidad de luz solar directa, que es abundante, regular y gratuita. El secado artificial con aire caliente (convección forzada) requiere energía mecánica o eléctrica para proporcionar flujos de aire. Se trata de la transferencia de energía térmica entre un fluido en movimiento y la superficie del producto.

Los métodos tradicionales para secar productos agrícolas se han empleado ampliamente en todo el mundo. Los métodos más comunes son la luz solar directa o indirecta y la quema de madera. Aunque estos métodos son baratos, existen problemas asociados con ellos, como la mala calidad de los productos secos, poco o ningún control sobre el proceso de secado, posible contaminación del producto por suciedad, contaminación por desechos de animales, contenido de humedad relativamente alto debido a variaciones inconsistentes de temperatura, gran espacio de tierra necesario para esparcir los productos, infestación por insectos o moho, exposición del producto a la lluvia y al viento y trabajo intensivo debido al giro constante de los productos y los movimientos de las bandejas de secado

durante las lluvias.

El secado artificial con aire caliente es uno de los métodos más comunes para el secado de productos agrícolas, alimentos y plantas medicinales. Las desventajas de utilizar el secado con aire caliente incluyen pérdidas considerables de energía térmica y baja conductividad térmica, endurecimiento superficial del material, tiempos de secado relativamente largos, así como encogimiento del producto secado. La limitación más importante de los sistemas de secado con aire caliente es su baja eficiencia de secado debido a las pérdidas por convección en el calentamiento y transporte del fluido de trabajo.

El uso de secadores artificiales para secar los granos de cacao tiene algunas desventajas: los granos de cacao son más frágiles y producen granos más agrietados o rotos, el secado artificial de los granos de cacao también puede considerarse económicamente costoso debido al uso de electricidad y/o combustible. Dependiendo de la idoneidad, el valor económico y la calidad del producto final, se selecciona el método de secado (Guda *et al.*, 2017). A continuación, se muestra un diagrama con las diferentes tecnologías utilizadas para secar granos de cacao:

Principales problemáticas existentes en el proceso de secado de granos de cacao y oportunidades de mejora

A continuación, se muestra un diagrama con las principales problemáticas y sus causas, existentes en las secadoras de cacao, esto aplica para la mayoría de los tipos de secadoras de granos:

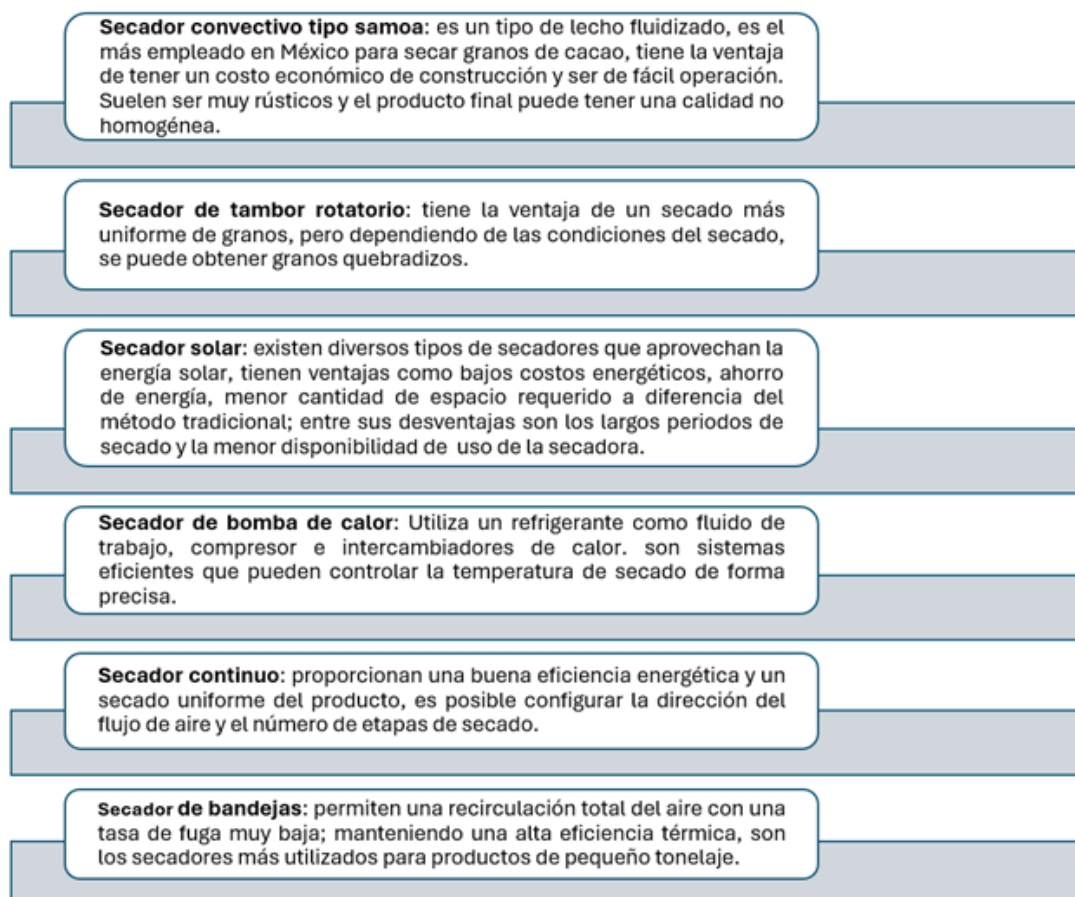


Figura 3: Tipos de secadores de granos de cacao. Elaboración propia.

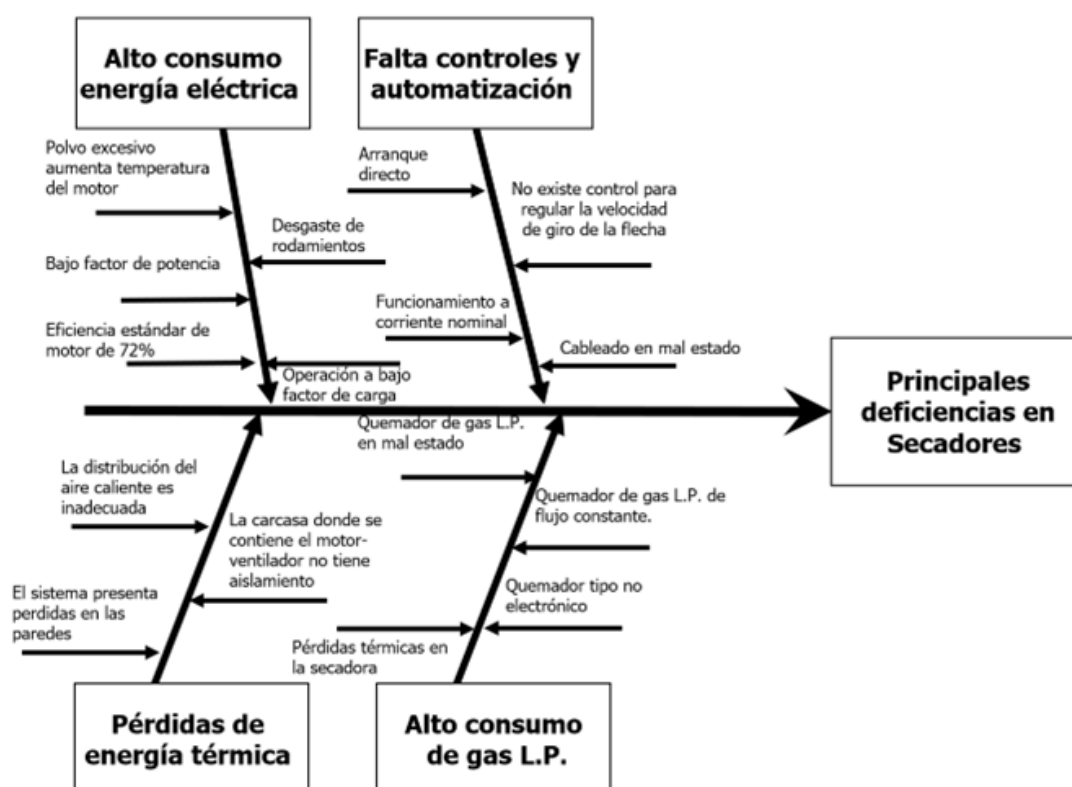


Figura 4: Principales deficiencias y problemáticas de las secadoras de cacao. Elaboración propia.

Mediante termografía se ha identificado la forma en la que se distribuye el calor en una secadora de tipo samoa encontrando lo siguiente:

- La distribución del aire caliente es inadecuada, presentando zonas con demasiada variación de temperatura, haciendo con esto que el secado de los granos de cacao sea mejor en algunas zonas que en otras, esto repercute directamente en la homogeneidad del secado y la calidad final del producto.
- Se aprecia que el quemador pudiera estar funcionando de manera inadecuada, ya que la flama se aprecia en color naranja en algunas partes, lo que indica condiciones de

una combustión incompleta.

- Existen pérdidas de energía térmica debido a que la carcasa donde se contiene el motor-ventilador no tiene aislamiento térmico y la unión al conducto de aire de entrada es deficiente.
- En las paredes de la samoa existen perdidas térmicas por conducción y convección debido a que no poseen aislamiento térmico en las superficies.

De manera ilustrativa en la figura 5 se observa se observa una termografía general donde se visualiza la distribución de temperaturas del lecho de secado:

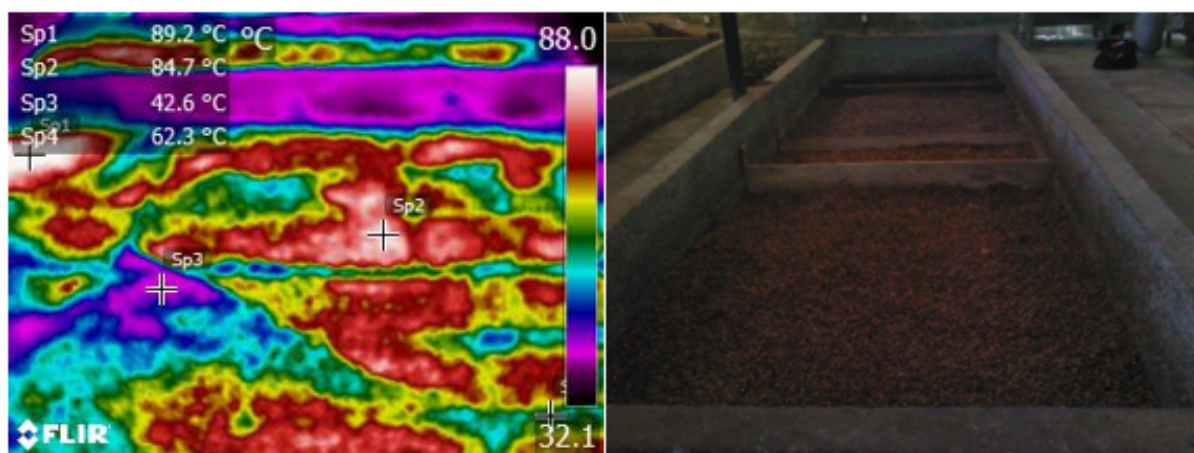


Figura 5: Imagen térmica general de la distribución de temperaturas de la secadora e imagen fotográfica. Elaboración propia.

Se observa que no existe homogeneidad en la distribución de temperaturas del lecho de secado de la secadora, en las diferentes zonas del lecho de secado la temperatura es variable encontrando zonas desde 40 °C hasta 89 °C. La temperatura del aire de salida de la rejilla es en promedio 74.3 °C.

A continuación, se muestra un diagrama con las mejoras de mayor relevancia en

las secadoras de granos de cacao:

Conclusiones

El presente trabajo permitió conocer detalles sobre el proceso que se realiza al cacao para poder almacenarlo y/o resguardarlo, sin que los granos de cacao presenten problemas de degradación o daño, dando tiempo a distribuirlo hacia

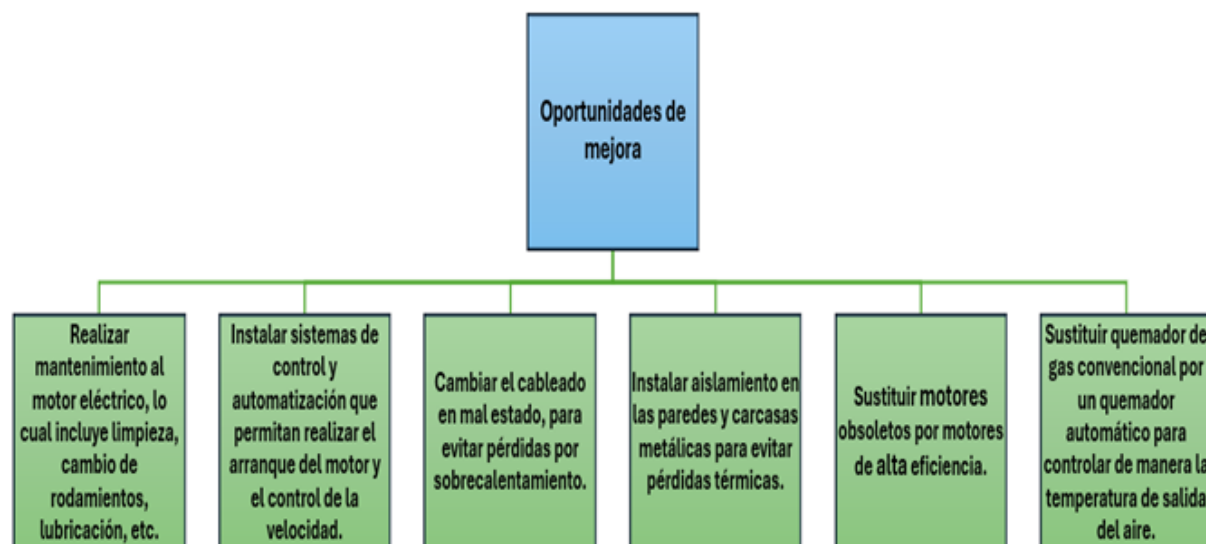


Figura 6: Principales áreas de oportunidad identificadas en las secadoras de granos de cacao. Elaboración propia.

los centros donde se produce su procesamiento y conversión en subproductos; se identificaron los principales parámetros que intervienen en el proceso de secado siendo la humedad del producto, la temperatura y velocidad del aire de secado, los más principales, se analizaron los tipos de secado y las tecnologías empleadas, destacando en México para secar granos de cacao las secadoras convectivas de tipo samoa por su facilidad de construcción y de operación. Se enlistaron las principales problemáticas de las secadoras de cacao y sus oportunidades de mejora, que de implementarse lograrían que el proceso de secado de granos de cacao sea más sostenible, permitiendo ahorros tanto energéticos como económicos y una reducción de los impactos indirectos al medio ambiente.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional por apoyar con el financiamiento del proyecto SIP 20241516 de convocatoria interna, denominado: “Estudio del desempeño del proceso y uso de la

energía mediante la simulación de un secador de granos de cacao”.

Referencias

- [1] Cicone, D., Correa, F., Morales, M., y Baesso, J., Atratividade financeira e tomada de decisão em projetos de eficiência energética, Brasileira de Energia, 13(2), 129-146, 2007.
- [2] Guda, P., Gadhe, S., y Jakkula, S., Drying of Cocoa Beans by Using Different Techniques, International Journal of Agriculture Innovations and Research, 859-865, 2017.
- [3] Loayza, J., y Silva, V., Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales, Industrial Data, 108-117, 2013.
- [4] Oke, D., y Omotayo, K., Effect of forced-air artificial intermittent drying on cocoa beans in South-Western Nigeria, Journal of Cereals and Oil seeds, 1-5, 2012.
- [5] Saltini, R., Akkerman, R., y Frosch, S., Optimizing chocolate production

through traceability: A review of
the influence of farming practices

on cocoa bean quality, Food Control,
167-187, 2013.